

Учреждение образования  
«Брестский государственный университет имени А.С.Пушкина»

## **ВОЗРАСТНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ И ШКОЛЬНАЯ ГИГИЕНА**

Электронный учебно-методический комплекс  
для студентов специальности  
6-05-0112-02 «Начальное образование»

Брест  
БрГУ имени А.С.Пушкина  
2026

УДК 612.6/69;591.139

ББК 28.903.7

В64

Автор-составитель

**Г.Е. Хомич**

Учебно-методический комплекс включает содержание учебного материала по курсу возрастной физиологии и школьной гигиены, теоретический лекционный курс, практикум, вопросы для самоконтроля, вопросы к зачету, список литературы. Представленные материалы ставят своей целью формирование у студентов системы знаний и умений, необходимых в их будущей профессиональной деятельности.

Комплекс адресован студентам факультета педагогики и психологии специальности 6-05-0112-02 «Начальное образование» дневной и заочной формы обучения. Он также будет полезен студентам других специальностей университета.

Рецензенты:

кандидат биологических наук, доцент кафедры оздоровительной и адаптивной физической культуры Института повышения квалификации и переподготовки учреждения образования «Белорусский государственный университет физической культуры»

**Р.Н.Ясюченя**

кандидат биологических наук, доцент кафедры биологических и химических технологий «УО Брестский госуниверситет имени А.С.Пушкина»

**Н.М.Матусевич**



## Оглавление

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА.....	5
СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА .....	7
ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН .....	10
ЛЕКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ .....	12
Лекция 1. Возрастная физиология как наука .....	12
Лекция 2. Общебиологические закономерности онтогенеза.....	13
Лекция 3. Возрастные особенности центральной нервной системы. .....	20
Лекция 4. Развитие сенсорных систем в онтогенезе .....	26
Лекция 5. Гуморальная регуляция организма в онтогенезе .....	52
Лекция 6. Развитие опорно-двигательного аппарата в онтогенезе.	63
Лекция 7. Возрастные особенности системы крови и кровообращения .....	67
Лекция 8. Возрастные особенности дыхательной и пищеварительной систем.....	88
Лекция 9. Возрастные особенности органов выделения. ....	99
Лекция 10. Гигиена учебно-воспитательного процесса.....	104
МАТЕРИАЛЫ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ.....	106
Практическая работа 1. Динамометрия .....	107
Практическая работа 2. Проприоцептивные рефлексы человека	109
Практическая работа 3. Исследование состояния вегетативной нервной системы .....	111
Практическая работа 4. Оценка устойчивости человека к стрессовым воздействиям.....	118
Практическая работа 5. Исследование влияния соматотропного гормона на рост человека .....	121
Практическая работа 6. Измерение артериального давления у человека по методу Н.С. Короткова.....	123
Практическая работа 7. Измерение артериального давления у человека с помощью электронного измерителя (электронного тонометра).....	126
Лабораторная работа 8. Определение систолического и минутного объема крови расчетным методом.....	128
Практическая работа 9. Определение частоты пульса в покое, во время и после физической нагрузки.....	130
Практическая работа 10. Спирометрия.....	132
Практическая работа 11. Определение минутного объема дыхания .....	135
Практическая работа 12. Определение основного обмена по таблицам.....	137

Практическая работа 13. Определение основного обмена по формуле Рида .....	138
Практическая работа 14. Определение собственного суточного расхода энергии хронометражно-табличным способом .....	141
Практическая работа 15. Составление пищевых рационов .....	144
Практическая работа 16. Наблюдения за рефлексными реакциями зрачка.....	146
Практическая работа 17. Опыт Шейнера .....	147
Практическая работа 18. Определение ближней точки ясного видения .....	148
Практическая работа 19. Обнаружение астигматизма и слепого пятна .....	149
Практическая работа 20. Определение остроты зрения и поля зрения.....	152
Практическая работа 21. Исследование костной и воздушной проводимости звука .....	155
Практическая работа 22. Исследование функциональной устойчивости вестибулярного анализатора путем оценки величины артериального давления и частоты пульса .....	157
Практическая работа 23. Определение тактильной чувствительности участков кожи человека .....	160
Практическая работа 24. Двигательный анализатор .....	161
Практическая работа 25. Исследование функционального состояния высшей нервной деятельности с помощью рефлексометрии .....	163
Практическая работа 26. Определение типов ВНД .....	164
Практическая работа 27. Определение объема памяти.....	169
Практическая работа 28. Гигиеническая оценка школьного режима и расписания уроков в классе. ....	172
ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ .....	173
ПРИЛОЖЕНИЯ .....	175
ЛИТЕРАТУРА .....	186

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Учебная дисциплина «Возрастная физиология и школьная гигиена» предусмотрена учебным планом подготовки студентов в учреждении высшего образования по специальности 6-05-0112-02 «Начальное образование» (компонент учреждения образования, модуль «Здоровьесбережение»).

Учебная программа по дисциплине «Возрастная физиология и школьная гигиена» разработана в соответствии с образовательным стандартом высшего образования для специальности 6-05-0112-02 «Начальное образование», учебных планов учреждения высшего образования: регистрационный №Пп-6-001-23/уч., регистрационный № Пп-6-003-23/уч.ЗФ, утвержденных 23.02.2023г.

Возрастная физиология изучает особенности жизнедеятельности организма в различные периоды онтогенеза, функции органов, систем органов и организма в целом по мере его роста и развития, своеобразие этих функций на каждом возрастном этапе. Дисциплина «Возрастная физиология и школьная гигиена» - наука, изучающая взаимодействие организма ребенка с внешней средой с целью разработки на этой основе гигиенических нормативов и требований, направленных на охрану и укрепление здоровья, гармоничное развитие и совершенствование функциональных возможностей организма детей и подростков. Получение систематических знаний в области возрастной физиологии и школьной гигиены способствует формированию научного кругозора будущего педагога, вооружает его необходимыми знаниями по организации учебно-воспитательного процесса в школе.

Актуальность дисциплины возрастной физиологии и школьной гигиены заключается в необходимости системного изучения цикла жизни человека: от оплодотворения яйцеклетки до глубокого старения с учетом особенностей регуляции гомеостаза в онтогенезе; актуальность обусловлена возрастающими требованиями к правильной организации работы педагога для обеспечения гармоничного развития и совершенствования функциональных возможностей организма детей и подростков.

**Целью учебной дисциплины является** – формирование знаний о возрастных особенностях онтогенеза, основных закономерностях роста, развития детей и подростков, о базовых гигиенических школьных нормативах, направленных на поддержание и укрепление здоровья учащихся об особенностях функционирования систем органов и аппаратов на разных этапах индивидуального развития.

**Задачами дисциплины являются:**

- ознакомление студентов с общими закономерностями роста и развития человеческого организма; с основными методами повышения защит-

ных сил организма;

- формирование представлений о взаимодействии развивающихся органов и систем,
- формирование представлений о становлении нейрогуморальной регуляции физиологических функций в онтогенезе; о возрастных уровнях и ритмических колебаниях работоспособности детей и подростков;
- осуществление анализа роли физического воспитания в формировании здорового и гармонично развитого организма;
- формирование представлений о материальной природе сложнейших форм приспособления организма к условиям среды и психической деятельности, о здоровом образе жизни человека.

В результате изучения дисциплины **студент должен знать:**

- общие закономерности развития организма;
- особенности функционирования органов и систем;  
возрастные особенности и возможности растущего организма
- приоритетные факторы, формирующие здоровье ребенка;
- факторы, негативно влияющие на здоровье ребенка;
- признаки нарушений основных функций организма и методы их профилактики;
- условия, необходимые для гармоничного развития организма;

**должен уметь:**

- организовать учебный процесс, препятствующий развитию переутомления с учетом возрастных особенностей и возможностей;
  - учитывать особенности возрастного развития и функционирования организма при организации всех видов деятельности ребенка (труда, отдыха, всех режимных моментов);
  - способствовать сохранению и укреплению здоровья;
  - проводить профилактические мероприятия по предупреждению болезней;
  - формировать здоровый образ жизни.
- владеть навыками:**
- построения учебного и воспитательного процесса для учащихся с учетом физиолого-гигиенических знаний

Материал дисциплины «Возрастная физиология и школьная гигиена» составляет базу для изучения дисциплины «Основы медицинских знаний» модуля «Здоровьесбережение», освоения модулей государственного компонента «Педагогика начального образования», учебной дисциплины «Безопасность жизнедеятельности человека».

***Требования к формированию компетенций.***

В результате изучения учебной дисциплины «Возрастная физиология и школьная гигиена» формируется следующая компетенция:

СК-1. Обеспечивать здоровьесберегающие условия образовательного процесса, участвовать в разработке и реализации программ, способствующих сохранению и укреплению физического, психического здоровья обучающихся и педагогов.

Для осуществления поставленных целей и задач следует использовать:

– в процессе обучения метод физиологического эксперимента, в результате которого студенты исследуют с помощью приборов показатели функций организма;

– для проверки знаний студентов следующие виды контроля знаний: текущий (на каждом практическом занятии), итоговый (после изучения каждого раздела).

При проведении практических занятий ЭУМК является необходимым средством обучения, поскольку в нем каждое из занятий четко определено по объему изучаемого материала, сопровождается использованием справочного материала и оборудования.

**Структура ЭУМК.** Настоящее издание включает в себя теоретический раздел, который представлен лекционным курсом; практический раздел (практические работы с заданиями); вспомогательный раздел (содержание учебной программы и список литературы); раздел контроля знаний (вопросы для самоконтроля после лекций, контрольные вопросы после практических работ, вопросы к зачету).

## СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

### *Раздел 1 ВВЕДЕНИЕ В ПРЕДМЕТ*

#### **Тема 1.1. Возрастная физиология как наука**

Предмет и задачи возрастной физиологии, ее связь с другими науками. Значение возрастной физиологии для психологии и педагогики. История и основные этапы развития возрастной физиологии. Исследования М. Рубнера: «правило поверхности». Русская и немецкая физиологическая школа. П.С. Лесгафта - основоположника основ школьной гигиены и физического воспитания детей и подростков. Достижения возрастной физиологии XX века: работы Э. Гельмрейха, И.А. Аршавского, П.К. Анохина, Н.А. Бернштейна, А.А. Маркосяна. Методы исследования в возрастной физиологии. Метод поперечного и продольного исследования. Антропометрия. Физиологические и биохимические методы. Функциональные пробы. Естественный эксперимент. Экспериментальное и математическое моделирование. Статистические методы и системный анализ.

## **Тема 2. Общебиологические закономерности онтогенеза**

Понятие об онтогенезе. Рост и развитие детей и подростков. Периодизация этапов развития. Хронологический и биологический возраст. Гетерохронность развития. Гармоничность развития. Наследственность и развитие организма. Генотип и фенотип. Влияние внешней среды на развитие. Здоровье ребенка и внешняя среда. Неорганические факторы (температура, свет, парциальное давление газов во вдыхаемом воздухе, уровень радиации и т.д.), органические факторы (воздействие, оказываемое на организм ребенка другими живыми существами) и социальные факторы (воздействия, оказываемые на ребенка членами семьи, уклад, традиции, социальные ориентиры, материальный достаток семьи). Возрастные особенности развития организма и его систем. Акселерация и ретардация развития. Сенситивные периоды развития детей и подростков.

## **Тема 3. Возрастные особенности центральной нервной системы**

Функции и классификация нервной системы. Развитие центральной нервной системы в онтогенезе. Формирование спинного мозга. Рост и развитие головного мозга. Продолговатый мозг, задний мозг, средний и промежуточный мозг, кора больших полушарий. Роль ретикулярной формации в обеспечении работы головного мозга. Лимбическая система.

## **Тема 4. Развитие сенсорных систем в онтогенезе**

Особенности сенсорной функции у детей и подростков. Закономерности созревания сенсорных систем. Возрастные особенности зрительной сенсорной системы. Аккомодация и возраст. Становление остроты зрения и стереоскопии. Развитие поля зрения. Возрастные особенности слуховой сенсорной системы. Специфическое и неспецифическое действие шума. Развитие вестибулярной, проприоцептивной и соматосенсорной систем. Вкусовая и обонятельная чувствительность.

## **Тема 5. Гуморальная регуляция организма в онтогенезе**

Становление эндокринной функции в онтогенезе. Чувствительность тканей к гормонам. Гипоталамо-гипофизарная система, ее роль в регуляции деятельности желёз внутренней секреции. Возрастные особенности функций щитовидной железы, паращитовидных желёз, надпочечников. Влияние гормонов на рост организма. Роль гормонов в адаптации организма к физическим нагрузкам. Эндокринная функция поджелудочной и половых желёз. Половое созревание. Половое воспитание.

## **Тема 6. Развитие опорно-двигательного аппарата в онтогенезе**

Скелет и его возрастные особенности. Изменение химического состава костей с возрастом. Рост и развитие костей. Формирование естественных изгибов позвоночника. Особенности строения черепа новорожденного. Рост головы. Формирование костей конечностей. Развитие мышечной системы. Возрастные особенности двигательных навыков и координации движений. Нарушения опорно-двигательного аппарата.

#### **Тема 7. Возрастные особенности системы крови и кровообращения**

Возрастные особенности количества и состава крови. Сердце и его возрастные особенности. Становление системы кровообращения. Возрастные особенности системы кровообращения. Кровообращение плода. Перестройка системы кровообращения после рождения. Возрастные особенности реакции сердечно-сосудистой системы на физическую нагрузку.

#### **Тема 8. Возрастные особенности дыхательной и пищеварительной систем**

Развитие органов дыхания в онтогенезе. Рост и развитие дыхательных путей. Формирование гортани в период полового созревания. Становление дыхательных движений. Регуляция дыхания и её возрастные особенности. Возрастные особенности органов пищеварения. Развитие желудочной секреции в онтогенезе. Особенности обмена веществ у детей и подростков. Энергетический обмен у детей и подростков.

#### **Тема 9. Возрастные особенности органов выделения**

Формирование почек в пренатальном периоде. Возрастные особенности функции почек. Профилактика заболеваний органов выделения. Энурез и его профилактика. Возрастные особенности строения и функции кожи. Уход за кожей, ногтями и волосами. Изменения функций кожных желёз в период полового созревания. Гигиенические требования к одежде и обуви.

### ***РАЗДЕЛ 2 ШКОЛЬНАЯ ГИГИЕНА***

#### **Тема 10. Гигиена учебно-воспитательного процесса**

Работоспособность детей и подростков. Утомление. Изменение работоспособности в процессе учебной деятельности. Гигиенические требования к внешней среде (мебель, освещение, воздушная среда). Гигиена письма и чтения. Совершенствование условий обучения и воспитания в школе. Основные элементы режима школы. Понятие «школьной зрелости». Профилактика возможных нарушений

## ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

№ п/п	Наименование тем	Всего	Лекции	Практ. занятия
<b>1.</b>	<b>Раздел 1. Введение в предмет</b>	<b>48</b>	<b>20</b>	<b>28</b>
1.1.	<b>Возрастная физиология как наука</b> 1. Предмет и задачи возрастной физиологии, ее связь с другими науками 2. История и основные этапы развития возрастной физиологии 3. Методы исследования в возрастной физиологии	4	2	2
1.2.	<b>Общебиологические закономерности онтогенеза</b> 1. Понятие об онтогенезе 2. Рост и развитие детей и подростков 3. Акселерация и ретардация развития 4. Сенситивные периоды развития детей и подростков.	4	2	2
1.3.	<b>Возрастные особенности центральной нервной системы</b> 1. Развитие центральной нервной системы в процессе онтогенеза 2. Формирование спинного мозга 3. Рост и развитие головного мозга	2		2
1.4.	<b>Развитие сенсорных систем в онтогенезе</b> 1. Возрастные особенности зрительной системы 2. Возрастные особенности слуховой сенсорной системы 3. Вкусовая и обонятельная чувствительность	6	2	4
1.5.	<b>Гуморальная регуляция организма в онтогенезе</b> 1. Становление эндокринной функции в онтогенезе 2. Влияние гормонов на рост организма 3. Роль гормонов в адаптации организма 4. Половое созревание	2		2
1.6.	<b>Развитие опорно-двигательного аппарата в онтогенезе</b> 1. Скелет и его возрастные особенности 2. Развитие мышечной системы 3. Возрастные особенности двигательных навыков.	6	2	4
1.7.	<b>Возрастные особенности системы крови и кровообращения</b> 1. Сердце и его возрастные особенности 2. Становление системы кровообращения 3. Возрастные особенности реакции сердечно-сосудистой системы	4		4
1.8.	<b>Возрастные особенности дыхательной и пищеварительной систем</b> 1. Развитие органов дыхания в онтогенезе 2. Регуляция дыхания и ее возрастные особенности	4	2	2

	3. Гигиена дыхания 4. Возрастные особенности органовпищеварения в онтогенезе 5. Энергетический обмен у детей и подростков			
1.9.	<b>Возрастные особенности органов выделения</b> 1. Выделительные процессы. Строение почки. 2. Мочеобразование в почках человека. 3. Мочевыделение.	2		2
<b>2.</b>	<b>Раздел 2. Школьная гигиена</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	
2.1.	<b>Гигиена учебно-воспитательного процесса</b> 1. Работоспособность детей и подростков. Утомление 2. Изменение работоспособности в процессе учебной деятельности 3. Гигиена письма и чтения	4		4
	<b>Итого</b>	<b>48</b>	<b>20</b>	<b>28</b>
	<b>Итоговая аттестация</b>	<b>Зачет</b>		

## ЛЕКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

### Раздел 1. Введение в предмет

#### Лекция 1. Возрастная физиология как наука

План:

1. История возникновения.
2. Связь возрастной физиологии с другими науками.
3. Задачи возрастной физиологии как науки

##### **1. История возникновения.**

Возрастная физиология как наука была введена в состав изучаемых дисциплин в 1980 году И.И.Брехманом. Данная наука предполагает совокупность знаний о закономерностях и механизмах формирования, сохранения, укрепления и воспроизводства здоровья человека. Данная наука тесно связана с медициной. В рамках данного направления успешно развиваются реабилитология, которая изучает восстановление нарушенных функций после лечения, санология, изучающая реактивность организма, механизмы сохранения гомеостаза и восстановления нарушенных функций при действии чрезвычайных раздражителей, валеология, пропагандирующая здоровый образ жизни.

**2. Связь возрастной физиологии с другими науками.** Будучи интегративной наукой, возникшей на стыке многих областей знаний, таких как медицина, гигиена, биология, химия, экология, психология, возрастная физиология существенно дополняет, расширяет их границы. Объектом возрастной физиологии является здоровье человека во всех его проявлениях, во взаимодействии с окружающей природой и социальной средой. Предметом исследований являются критерии количества, качества здоровья и способы его совершенствования.

**3. Задачи возрастной физиологии.** Наука о здоровье человека в период онтогенеза не ограничивается охранными, профилактическими мероприятиями, она нацелена на здравосозидание, разработку технологий оздоровления и расширения резервных возможностей организма, повышение уровня адаптации организма к изменяющимся факторам среды, совершенствование механизмов здоровья.

Основные задачи могут быть сформулированы следующим образом: 1. разработка методов диагностирования и прогнозирования здоровья; 2. создание индивидуальных оздоровительных программ и систем мониторинга за состоянием здоровья; 3. формирование психологического отношения к здоровью; 4. мотивация к коррекции образа жизни в целях укрепления здоровья; 5. реализация индивидуальных оздоровительных программ и оценка их эффективности.

Гигиена представляет собой раздел профилактической медицины. Она изучает влияние факторов среды на организм человека, разрабатывает мероприятия, направленные на улучшение условий жизни людей, сохранение и укрепление их здоровья, повышение работоспособности и увеличение продолжительности жизни. Школьная гигиена – одна из направлений возрастной физиологии – исследует взаимодействие детского организма с внешней средой и разрабатывает способы охраны здоровья, методы организации учебно-воспитательного процесса, способствующие сохранению здоровья школьников.

Целью данного учебно-методического комплекса является создание научно обоснованного представления о феномене здоровья, его основных компонентах, сущности здорового образа жизни, здоровосберегающей педагогике, факторах риска и мерах профилактики наиболее распространенных заболеваний.

Для реализации поставленной цели с помощью данного учебно-методического комплекса необходимо:

- сформировать у студентов представление о здоровье человека, способах его сохранения, укрепления и факторах, разрушающих здоровье, на основе знаний о строении и жизнедеятельности организма,

-отразить закономерности развития организма в единстве со внешней средой и возрастные физические, психические особенности с учетом половой принадлежности,

-ознакомить с методами оценки здоровья и рекомендациями по коррекции и оптимизации режима жизнедеятельности,

-воспитать активную жизненную позицию, направленную на рациональное использование приумножение индивидуальных резервных возможностей своего организма.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Что изучает возрастная физиология?
2. Что изучает школьная гигиена?
3. Какие задачи ставятся при изучении возрастной физиологии и школьной гигиены?

## **Лекция 2. Общебиологические закономерности онтогенеза**

План:

1. Рост и развитие организма.
2. Влияние наследственных признаков и факторов среды на процессы онтогенеза.
3. Возрастная периодизация. Гетерохронность роста и развития. Акселерация и ретардация.

### **1. Рост и развитие организма.**

Процессы роста и развития являются общебиологическими свойствами живой материи. Рост и развитие человека, начинающиеся с момента оплодотворения яйцеклетки, представляют собой непрерывный поступательный процесс, продолжающийся всю жизнь. Процессы роста и развития в детском организме находятся в определенной взаимозависимости, связаны с активно растущими и функционально изменяющимися тканями, имеют возрастные и половые особенности.

Под развитием в широком смысле понимают процесс количественных и качественных изменений в организме человека, приводящих к повышению уровня организации и взаимодействия всех его систем. Различают физическое и психическое развитие. Психическое развитие представляет собой процесс формирования познавательной деятельности детей и подростков, формирование у них различных свойств личности. Психическое развитие изучают психологические науки, педагогика и социология. Физическое развитие включает в себя три основные факторы: рост, дифференцировку органов и тканей, формообразование (приобретение организмом характерных для него форм). Данные факторы находятся в тесной взаимосвязи и взаимозависимости. Физическое развитие изучают возрастная физиология, физиология физической культуры и спорта и другие науки.

Одной из основных физиологических особенностей процесса развития, отличающей организм ребенка от организма взрослого, является рост. Это количественный процесс, характеризующийся непрерывным увеличением массы организма и сопровождающийся достаточно значительным изменением количества его клеток или размеров. Так, в одних органах и тканях – костях, легких – рост осуществляется преимущественно за счет увеличения количества клеток. В других, например, мышцах, нервной ткани, увеличиваются размеры самих клеток. Более достоверным показателем роста организма является увеличение общего количества белка и размеров костей. Рост человека зависит от сочетания факторов среды и наследственных качеств и обнаруживает возрастную, половую, групповую, индивидуальную и эпохальную изменчивость. Нарушение здорового образа жизни матерью (алкоголь, наркотики, курение), перенесенные физические и психические травмы отрицательно влияют на рост и развитие ребенка как до рождения так и определенное время после него.

Постепенные количественные изменения, происходящие в процессе роста ребенка, обуславливают появление у него новых качественных особенностей. Например, прорезывание зубов у грудного ребенка приводит к приобретению функции жевания.

Основные закономерности индивидуального развития организма. В процессах роста и развития организма наблюдаются следующие основные закономерности: 1. Рост и развитие органов и систем организма детей и

подростков происходят не одновременно и неравномерно, т.е. гетерохронно. Раньше других развиваются и совершенствуются те органы, функционирование которых жизненно необходимо для организма. При этом гетерохронность развития не отрицает его гармоничности, которая характеризуется тем, что на каждом возрастном этапе онтогенеза функциональные возможности организма детей и подростков отвечают требованиям, предъявляемым со стороны внешней среды.

2. В протекании процессов роста и развития наблюдаются половые различия. Основные морфологические показатели (рост, масса тела, окружность грудной клетки) в среднем при рождении у мальчиков выше, чем у девочек. Такие соотношения сохраняются до периода полового созревания. У девочек этот период начинается раньше – в 10–12 лет, поэтому уже в 12–13 лет их рост, масса тела, окружность грудной клетки превышают такие же показатели мальчиков. Однако с началом полового созревания мальчиков (13–14 лет) данные показатели у них резко увеличиваются и к 14–15 годам мальчики вновь обгоняют девочек.

3. В соответствии с законом надежности биологической системы весь путь развития от зачатия до смерти проходит при наличии запасов жизненных возможностей. Например, стенка сонной артерии способна выдерживать давление 20 атмосфер, тогда как при обычных условиях оно редко превышает 1/3 атмосферы.

## **2. Влияние наследственных признаков и факторов среды на процессы онтогенеза.**

Рост и развитие ребенка зависят от полученных наследственных задатков и от факторов внешней среды. Наследственность определяет потенциальные пределы физического и психического развития детей и подростков. Степень же конкретного проявления физических и психических особенностей ребенка зависит от факторов внешней среды.

Различают благоприятную и неблагоприятную (отягощенную) наследственность. При благоприятной наследственности полученные задатки в нормальных условиях внешней среды обеспечивают развитие способностей ребенка и гармоничность личности. Однако в негативных условиях внешней среды полученные хорошие наследственные задатки угасают, не достигая уровня развития родителей.

Неблагоприятная наследственность даже в хороших условиях среды и воспитания часто не позволяет обеспечить нормальное развитие ребенка. Она может являться причиной отклонений от нормы и даже уродств, длительной болезни и смерти.

Способности и одаренность ребенка определяется действием множества генов. В связи с этим, необязательно, чтобы у гениальных родителей рождались одаренные дети. Даже незначительная рекомбинация генов,

происходящая при слиянии сперматозоида и яйцеклетки при оплодотворении, может привести к потере удачного сочетания генов. И, наоборот, у обычных родителей в результате благоприятной комбинации генов может родиться высокоодаренный ребенок. Поэтому важной задачей является выявление в раннем возрасте наследственных задатков ребенка и на основании индивидуального дифференцированного подхода создание оптимальных условий для развития его способностей.

Необходимо подчеркнуть, что важнейшим качеством, необходимым для яркого проявления одаренности и гениальности, является трудолюбие. Выдающийся американский изобретатель Т. Эдисон писал: «Гений – это один процент вдохновения, а на девяносто девять процентов потение». Без труда нельзя достичь больших успехов в любом виде человеческой деятельности, несмотря на самые выдающиеся наследственные задатки.

### **3. Возрастная периодизация. Гетерохронность роста и развития. Акселерация и ретардация.**

Развитие организма человека в онтогенезе делят на внутриутробный и внеутробный (постнатальный) периоды. Развитие ребенка представляет собой непрерывный процесс, в котором периоды накопления медленных количественных изменений приводят к скачкообразным преобразованиям в организме. Для учета меняющихся в процессе онтогенеза физиологических и морфологических свойств организма, для разработки научно обоснованной системы охраны здоровья, воспитания и обучения, которая была бы адекватна каждой возрастной ступени, необходима возрастная периодизация постнатального развития человека.

К настоящему времени предложены разные классификации периодов роста и развития и их возрастных границ. Значительное распространение имеет возрастная периодизация, построенная на основе морфофункциональных, психологических и социологических критериев. Согласно ей постнатальный период жизни человека подразделяется следующим образом:

- 1) новорожденный – 1–10 дней;
  - 2) грудной возраст – 10 дней – 1 год;
  - 3) раннее детство – 1–3 года;
  - 4) первое детство – 4–7 лет;
  - 5) второе детство – 8–12 лет мальчики, 8–11 лет девочки;
  - 6) подростковый возраст – 13–16 лет мальчики, 12–15 лет девочки;
  - 7) юношеский возраст – 17–21 год юноши, 16–20 лет девушки;
  - 8) зрелый возраст – I период – 22–35 лет мужчины, 21–35 лет женщины;
- II период – 36–60 лет мужчины, 36–55 лет женщины;
- 9) пожилой возраст – 61–74 года мужчины, 56–74 года женщины;
  - 10) старческий возраст – 75–90 лет мужчины и женщины;
  - 11) долгожители – свыше 90 лет.

Разные возрастные границы для лиц мужского и женского пола, начиная со второго детства и заканчивая юношеским возрастом, обусловлены разными темпами полового созревания. Разные возрастные границы для мужчин и женщин во втором периоде зрелого и в пожилом возраста обусловлены разными сроками выхода на пенсию. В связи с изменением сроков выхода на пенсию в нашей стране верхние границы второго периода зрелого возраста будут изменены.

Гетерохронность роста и развития организма. Темпы физического развития детей и подростков могут быть легко оценены с помощью антропометрических измерений. Наиболее информативны такие основные антропометрические показатели, как длина и масса тела ребенка. Они на разных этапах онтогенеза меняются с разной интенсивностью, что свидетельствует о гетерохронности роста и развития. Гетерохронность обуславливает особенности функционирования организма детей и подростков разного возраста.

В детском и подростковом возрасте выделяют периоды ускоренного роста (периоды вытягивания), сменяющиеся периодами замедленного роста (периоды округления), когда более интенсивно протекает формообразование. Период первого вытягивания наблюдается в возрасте до одного года, второго – в 5–7 лет, третьего – с 11–12 до 15–16 лет. При благоприятной наследственности и нормальных условиях внешней среды правильное чередование периодов вытягивания и округления приводит в конечном итоге к гармоничному физическому развитию.

Внешним показателем развития является также изменение пропорций тела: с возрастом увеличивается абсолютная и относительная длина рук и ног и уменьшаются относительные размеры головы.

Календарный и биологический возраст. Следует иметь в виду, что всякая возрастная периодизация довольно условна. Вследствие этого календарный (паспортный) возраст детей и подростков может не всегда соответствовать их биологическому возрасту (биологической зрелости). Календарный возраст – это количество прожитых лет, его определяют по паспорту. Биологический возраст отражает меру старения организма, состояние его здоровья и даже в какой-то мере продолжительность предстоящей жизни. Многие исследователи наряду с определением биологического возраста организма в целом предлагают определять биологический возраст его систем – нервной, сердечно-сосудистой, дыхательной и др. Более того, некоторые выделяют психологический, интеллектуальный и социальный возраст человека.

Чем больше календарный возраст индивидуума опережает биологический, тем медленнее темп его старения и тем больше лет жизни у него в запасе.

Могут встречаться как ускорение физического развития, так и его задержка. Особенно важно определение биологической зрелости детей перед поступлением их в школу, привлечением к занятиям в спортивных секциях, кружках и т.д.

Определение биологического возраста детей и подростков осуществляется с помощью различных методов. Наиболее часто биологический возраст определяется по степени окостенения скелета (костный возраст, или скелетная зрелость) и стадиям развития вторичных половых признаков. В спортивной практике определяют так называемый двигательный возраст ребенка, т.е. оценивают его двигательные возможности, которые сравнивают с существующими стандартами для того или иного возраста.

Акселерация и ретардация. Наличие общих закономерностей роста и развития не исключает возможности осуществления этих процессов с разной скоростью. Так, на протяжении последних ста лет во всех странах мира наблюдаются значительные изменения в физическом развитии детей: увеличение роста и массы тела, окружности грудной клетки, ускорение полового созревания и окостенения скелета по сравнению с этими показателями у их сверстников в конце XIX века. Немецкий школьный врач Е. Кох в 1935 г. назвал этот феномен акселерацией (от лат. *acceleratio* – ускорение). Различают акселерацию эпохальную и внутригрупповую (индивидуальную).

Эпохальная акселерация проявляется в ускорении физического развития современных детей и подростков в сравнении с предшествующими поколениями 50–100 лет назад. Длина тела новорожденных за последние 80–90 лет увеличилась на 2–2,5 см, а их масса на 0,5 кг. Длина тела у 15-летних подростков увеличилась на 6–10 см, а масса на 3–10 кг в сравнении с их сверстниками начала XX века. Значительно быстрее происходят развитие и рост некоторых отделов скелета и эндокринной системы, обеспечивающей и более раннее половое созревание (на два года раньше, чем это было в начале XX века). Рост юношей и девушек в настоящее время в среднем заканчивается в 16–19 лет, тогда как в начале XX века рост продолжался до 25–26 лет. Также наблюдается акселерация роста и развития сердечно-сосудистой, дыхательной и двигательной систем детей и подростков.

Внутригрупповая акселерация обозначает ускорение роста и развития отдельных детей и подростков в определенных возрастных группах. Такие дети-акселераты составляют в среднем 15–20 % от общего числа детей данного возраста.

С явлением акселерации возникли проблемы, касающиеся вопросов охраны здоровья детей, научного обоснования педагогического процесса, нормирования физических и психических нагрузок, полового воспитания детей и подростков.

Биологические механизмы акселерации до конца не выяснены. Предполагают, что причины акселерации физического развития различны и наиболее значимыми являются следующие.

1. Эффект гетерозиса (свойство гибридов первого поколения превышать по размерам, жизнеустойчивости и другим показателям родительские формы), обусловленного широкой миграцией современного населения и увеличением количества смешанных браков. При этом потомство первого поколения имеет временное превосходство в физическом развитии.

2. Урбанизация населения (процесс концентрации населения в городах), дающая в результате стимулирующее влияние условий городской жизни на темпы физического развития.

3. Значительное увеличение уровня радиоактивного фона Земли, вызванное широким использованием ионизирующего излучения и радиоактивных веществ в военных и мирных целях по сравнению с естественным радиоактивным фоном нашей планеты.

4. Улучшение социальных и гигиенических условий жизни, медицинского обслуживания населения развитых стран.

У некоторых детей и подростков может наблюдаться не акселерация, а *ретардация* роста и развития. Ретардация (от лат. *retardation* – замедление, задержка) – задержка физического развития и формирования функциональных систем организма детей и подростков. Биологические механизмы ретардации роста и развития детей и подростков недостаточно изучены. Причинами ретардации могут быть: алкоголизм и наркомания родителей, тяжелая болезнь, радиоактивное облучение, отравление химическими веществами и др.

Явление ретардации детей необходимо учитывать при поступлении детей в школу. Определение степени школьной зрелости поступающих в школу детей дает возможность своевременно организовать специальные группы для детей с замедленным физическим развитием и осуществлять адекватный учебно-воспитательный процесс. В случаях выраженной ретардации с целью предупреждения нарушений здоровья ретардированных детей целесообразна временная отсрочка их поступления в школу.

*Критические и сенситивные периоды.* В процессе онтогенеза человека различают критические и сенситивные периоды. *Критическим периодом* является диапазон развития, когда функция или способность могут быть реализованы только в этот период. Если функция или способность не имели возможности проявления в критический период своего развития, то они могут быть потеряны безвозвратно.

Примером критического периода в развитии человека может служить развитие бинокулярного зрения у младенцев. Критический период для развития бинокулярного зрения определяется от 13 недель до 2-летнего возраста.

Если у ребенка косоглазие, поврежден один глаз или врожденная катаракта одного или обоих глаз и дефекты не исправлены в данный период, то бинокулярное зрение у него будет неразвито, компенсация данного нарушения в более позднем возрасте уже невозможна. Критические периоды характеризуются повышенной активностью генов. В эти периоды происходит значительная перестройка регуляторных процессов, качественный и количественный скачок в развитии органов и функциональных систем.

*Сенситивный период* – это временной диапазон, максимально чувствительный и благоприятный для развития той или иной функции, той или иной способности человека. Например, сенситивным периодом в развитии речи является возраст от 9 месяцев до 2 лет. Это не означает, что речевая функция не развивалась ни до, ни после данного возраста. Это свидетельствует о том, что именно в этот период ребенок должен иметь опыт речевого общения, поддержку и поощрение взрослых в его речевых попытках

1. Чем моложе детский организм, тем более интенсивно протекают процессы роста и развития. Наиболее значительные темпы роста наблюдаются в раннем детском возрасте. К концу первого года жизни рост ребенка увеличивается на 47 %, а масса тела – в 3 раза. В последующие годы темп нарастания снижается.

#### **Вопросы для самоконтроля**

1. Каковы основные закономерности развития организма?
2. Дать понятия роста и развития?
3. Что такое акселерация, ее виды?
4. Охарактеризовать пренатальный и постнатальный периоды развития.?

### **Лекция 3. Возрастные особенности центральной нервной системы.**

План:

1. Значение нервной системы и ее эволюция.
2. Стадии развития нервной системы в онтогенезе
3. Нейроглия. Гематоэнцефалический барьер.

#### **1. Значение нервной системы и ее эволюция.**

В организме человека особую роль играет нервная система. Она выполняет следующие функции: 1) связывает между собой и объединяет различные части многоклеточного организма; 2) управляет деятельностью различных органов и систем; 3) регулирует физиологические процессы во всех частях организма; 2) координирует и согласовывает функции органов и систем в организме; 3) обеспечивает приспособление организма к усло-

виям среды. С деятельностью центральной нервной системы тесно связаны мышление, сознание, память и поведение человека.

Нервная система отсутствует у простейших одноклеточных организмов. У кишечнополостных появляется примитивный тип нервной системы – диффузная, или сетчатая. Она состоит из одинаковых нервных клеток, соединенных между собой отростками. Диффузная нервная система реагирует на раздражение как единое целое, а точные местные реакции отсутствуют.

В результате развития нервной системы у червей, членистоногих, моллюсков образуются нервные узлы, или ганглии, связанные между собой нервными волокнами. Такая система называется ганглионарной, или узловой.

Дальнейший процесс эволюции приводит к возникновению трубчатой нервной системы, которая имеется у позвоночных животных, в том числе и у человека. У позвоночных животных и человека вся центральная нервная система состоит из трубки, расположенной со спинной стороны. Передний конец трубки расширен и из него образован головной мозг, а задняя, цилиндрическая часть, образует спинной мозг.

Основными направлениями эволюции нервной системы были централизация элементов, возникновение и развитие головного мозга, общее увеличение числа нейронов и их синаптических связей. Чем более эволюционно развитым является класс позвоночных животных, тем большие размеры приобретает головной мозг, тем более развит передний мозг; появляется и усложняется кора больших полушарий. Усложнение высших отделов мозга при увеличении сложности задач по переработке информации и по обеспечению управления поведением получило название энцефализации.

Параллельно с совершенствованием структур нервной системы шла дифференциация и специализация нейронов. Появление в процессе эволюции миелиновой оболочки у нервных волокон позволило значительно повысить скорость нервной сигнализации.

Рефлекторный механизм, как основной способ деятельности нервной системы, тоже появился не сразу. У низших кишечнополостных один отросток нервной клетки воспринимает раздражение эпителия и возникшее возбуждение передаётся по другому отростку этого же нейрона на мышечную клетку. У высших кишечнополостных нейроны уже специализируются на чувствительные и двигательные. Раздражение воспринимается эпителиальными клетками и возникшее возбуждение передается по чувствительным и двигательным нейронам на мышечные клетки. У червей между чувствительными и двигательными нейронами в ганглиях расположены вставочные нейроны. У позвоночных животных увеличивается количество

вставочных нейронов и возникают тормозные вставочные нейроны. Появляются рецепторы в мышцах, участвующие в осуществлении обратной связи, и поэтому рефлекторная дуга дополняется новыми элементами и превращается в рефлекторное кольцо.

## 2. Стадии развития нервной системы в онтогенезе.

Развитие нервной системы в онтогенезе проходит ряд фаз (рис. 1). На ранних этапах развития зародыша из клеток эктодермы возникает нервная пластинка, которая вследствие деления клеток растет, изгибается и образует желобок. Край желобка постепенно сходятся и вскоре срастаются, формируя нервную трубку, которая отделяется от эктодермы. Во время сворачивания нервной трубки некоторые нервные клетки остаются вне ее, и из них формируется ганглиозная пластинка (нервный гребень). Она лежит между нервной трубкой и кожей и в дальнейшем дает начало периферической нервной системе.

Клетки, возникающие из нервной трубки, могут быть либо предшественниками нейронов, либо предшественниками клеток нейроглии. Внутренний слой стенки нервной трубки дает начало эпендиме, выстилающей полости центральной нервной системы, из среднего слоя образуется серое вещество, а из наружного слоя – белое вещество.

Общий принцип развития нервной системы сводится к тому, что возникшие нейроны не остаются на месте появления, а мигрируют на свои окончательные позиции. Миграция обусловлена тем, что нервная система возникает в виде тонкой эктодермальной трубки (нервная трубка), а, в конечном счете, становится гораздо более крупной структурой – нервной системой.

Из нижнего отдела нервной трубки образуется спинной мозг. Головной конец нервной трубки утолщается и уже на 4-й неделе эмбрионального развития различают три мозговых пузыря. К концу 4-й недели передний мозговой пузырь начинает делиться на два, а на 5-й неделе на два делится задний (ромбовидный) пузырь. В результате головной конец нервной трубки состоит из пяти пузырей, из которых развиваются все отделы головного мозга (рис. 2). Из пятого (заднего) мозгового пузыря развивается продолговатый мозг, из четвертого – варолиев мост и мозжечок, из третьего – средний мозг, из второго – промежуточный мозг, из первого (передне-

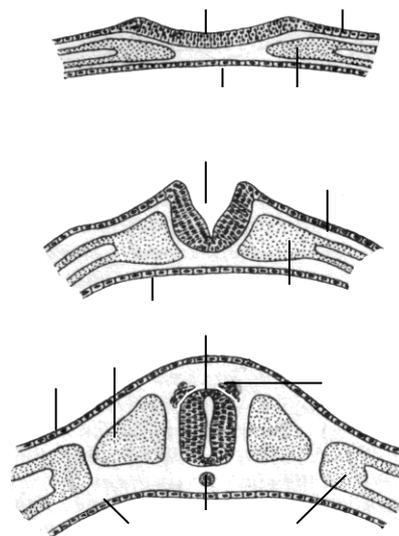


Рисунок 1 – Фазы развития нервной трубки: 1 – нервная пластинка; 2 – эктодерма; 3 – энтодерма; 4 – мезодерма; 5 – желобок; 6 – миотом; 7 – нервная трубка; 8 – ганглиозная пластинка; 9 – хорда

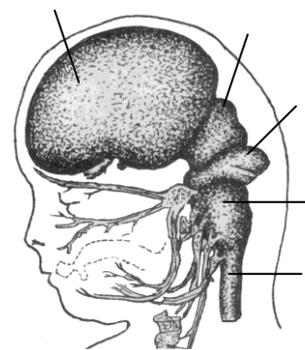
го) – большие полушария головного мозга (рис. 2). Полости мозговых пузырей изменяются и развиваются в желудочки мозга и силвиев водопровод.

Наиболее интенсивно растет первый пузырь. К 6-му месяцу внутриутробного периода большие полушария полностью покрывают мозг. К этому времени все отделы мозга хорошо выражены. До 4-го месяца развития плода поверхность больших полушарий гладкая, на ней отмечается лишь вдавливание будущей боковой борозды. В дальнейшем наружный корковый слой полушарий растет быстрее внутреннего, что приводит, начиная с 5-го месяца, к появлению борозд, делящих поверхность полушарий на доли, а затем и на извилины.

В процессе развития коры нейроны, мигрировавшие первыми, заполняют сначала глубинные слои, а последующие клетки обосновываются в более поверхностных слоях. Клетки, являющиеся предшественницами нейронов, располагаются в так называемых пролиферативных зонах, выстилающих поверхность желудочков мозга. В этих зонах происходят и все последние митотические деления клеток, становящихся нейронами. Созревание нейронов происходит гораздо медленнее, чем их образование.

У новорожденного ребенка тела нервных клеток невелики, ветвление дендритов развито слабо. В дальнейшем происходит рост и дифференцировка нервных клеток. В пределах коры раньше всего созревают крупные пирамидные нейроны, а затем более мелкие вставочные нейроны, образующие локальные сети. Созревание нейронов коры связано с формированием нервных сетей коры. В первые дни после рождения ребенка происходит бурный рост числа синапсов. Одновременно в тех или иных размерах происходят гибель нейронов и перестройка нервных связей.

Все основные борозды и извилины формируются у ребенка к моменту рождения. Но развитие формы и величины борозд и извилин, формирование мелких новых борозд и извилин продолжается и после рождения. Филогенетически более молодые отделы коры больших полушарий (новая кора) у новорожденных развиты слабее и с возрастом относительно увеличиваются, а более старые (древняя и старая кора), наоборот, с возрастом относительно уменьшаются.



**Рисунок 2 – Головной мозг пятимесячного человеческого плода: 1 – большие полушария, под которыми скрыт промежуточный мозг; 2 – средний мозг; 3 – мозжечок; 4 – продолговатый мозг; 5 – спинной мозг**

### **3. Нейроглия. Гематоэнцефалический барьер.**

Нейроглию подразделяют на макроглию и микроглию. Клетки макроглии – астроциты, олигодендроциты и эпендимоциты выполняют в нервной системе важные функции.

Олигодендроциты образуют мягкотные (миелиновые) оболочки вокруг нервных волокон. Олигодендроциты также окружают со всех сторон нейроны и обеспечивают для них питание и выделение.

Астроциты осуществляют опорную функцию, заполняя пространство между нейронами, а также замещая погибшие нервные клетки. На нейроне обычно оканчиваются аксоны многих других нервных клеток, и все они изолированы друг от друга астроцитами. Астроциты очень часто заканчиваются своими отростками на кровеносных сосудах, образуя так называемые сосудистые ножки и участвуя в образовании гематоэнцефалического барьера. Астроциты также способны уничтожать микробы и вредные вещества.

Эпендимоциты – это эпителиальные клетки, выстилающие полости желудочков мозга. Один отросток эпендимоцита доходит до кровеносного сосуда. Полагают, что эпендимоциты являются посредниками между кровеносным сосудом и полостью мозговых желудочков, заполненных спинномозговой жидкостью.

Источником клеток микроглии служат мозговая оболочка, стенка кровеносных сосудов и сосудистая оболочка желудочков мозга. Клетки микроглии способны передвигаться. Они осуществляют захват и последующую переработку попавших в организм микробов, инородных веществ, а также отмерших элементов мозга. Скопления клеток микроглии часто наблюдаются около участков поврежденного мозгового вещества.

Большую роль клетки нейроглии играют в осуществлении барьера между кровью и мозгом, так называемого гематоэнцефалического барьера. Не все вещества, попадающие в кровь, могут проникнуть в мозг. Они задерживаются гематоэнцефалическим барьером, который предохраняет мозг от поступления из крови различных вредных для него веществ, а также многих бактерий. В выполнении барьерных функций наряду с другими структурными образованиями участвуют астроциты. Сосудистые ножки астроцитов со всех сторон окружают кровеносный капилляр, плотно соединяясь между собой.

Если по каким-то причинам гематоэнцефалический барьер нарушается, то микробы или ненужные вещества могут проникнуть в мозг и в первую очередь в цереброспинальную жидкость. Цереброспинальная, или спинномозговая жидкость, или ликвор – это внутренняя среда мозга, поддерживающая его солевой состав, участвующая в питании мозговых клеток и

удалении из них продуктов распада. Она также поддерживает внутричерепное давление, является гидравлической подушкой мозга, предохраняющей нервные клетки от повреждений при ходьбе, беге, прыжках и других движениях.

Цереброспинальная жидкость заполняет желудочки головного мозга, центральный канал спинного мозга, пространства между оболочками, как головного, так и спинного мозга. Она постоянно циркулирует. Нарушение ее циркуляции ведет к расстройствам деятельности ЦНС. Количество цереброспинальной жидкости у взрослого человека равно 120–150 мл. Главным местом ее образования являются сосудистые сплетения желудочков мозга. Спинномозговая жидкость обновляется 3–7 раз в сутки. В ней отсутствуют ферменты и иммунные тела, содержится небольшое количество лимфоцитов. В ней меньше, чем в крови, белков и примерно такое же, как в крови, содержание минеральных солей.

Многие вещества, находящиеся в крови или искусственно вводимые в кровь, совсем не попадают в спинномозговую жидкость и соответственно в клетки мозга. Гематоэнцефалический барьер практически непроницаем для многих биологически активных веществ крови: адреналина, ацетилхолина, серотонина, гамма-аминомасляной кислоты, инсулина, тироксина и др. Также он мало проницаем для многих антибиотиков, например пенициллина, тетрациклина, стрептомицина. Поэтому некоторые лекарства, например многие антибиотики, для лечения нейронов спинного или головного мозга приходится вводить непосредственно в цереброспинальную жидкость, прокалывая оболочки спинного мозга. Вместе с тем, такие вещества как алкоголь, хлороформ, морфий, столбнячный токсин легко проникают через гематоэнцефалический барьер в цереброспинальную жидкость и быстро действуют на нейроны мозга.

Проницаемость гематоэнцефалического барьера регулируется центральной нервной системой. Благодаря этому мозг может в определенной мере сам регулировать собственное функциональное состояние. Кроме того, в отдельных областях головного мозга гематоэнцефалический барьер слабо выражен. В этих областях капилляры не полностью окружены астроцитами и нейроны могут непосредственно контактировать с капиллярами. Гематоэнцефалический барьер слабо выражен в гипоталамусе, эпифизе, нейрогипофизе, на границе продолговатого и спинного мозга. Высокая проницаемость барьера в этих областях мозга позволяет ЦНС получить информацию о составе крови и спинномозговой жидкости, а также обеспечить попадание в кровь секретируемых в ЦНС нейрогормонов

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Строение и функции нервной системы.
2. Как осуществляется формирование центральной нервной системы?

3. Назовите функции всех отделов центральной нервной системы.?
4. Что такое нейроглия и гематоэнцефалический барьер?

#### **Лекция 4. Развитие сенсорных систем в онтогенезе**

##### **План**

1. Понятие о рецепторах, органах чувств, анализаторах и сенсорных системах.
2. Общие свойства анализаторов.
3. Физиология зрительного анализатора.
4. Слуховой анализатор.
5. Вестибулярный и обонятельный анализаторы.
6. Вкусовой, кожный, интероцептивный и двигательный анализаторы.

##### **1. Понятие о рецепторах, органах чувств, анализаторах и сенсорных системах**

Восприятие любой информации о внешней и внутренней среде начинается с раздражения рецепторов. Рецептор – это нервное окончание или специализированная клетка, которая способна воспринимать раздражение и преобразовывать энергию раздражения в нервный импульс.

Рецепторы обладают специфичностью (модальностью), т.е. способностью хорошо воспринимать только определенный вид раздражителя, к которому они приспособились в процессе эволюции (адекватные раздражители), на чем основан первичный анализ. Например, зрительные рецепторы приспособлены к восприятию света, слуховые рецепторы – звука, рецепторы кончика языка – сладкого вкуса и т.д. Кроме мономодальных рецепторов, приспособленных к восприятию лишь одного вида раздражения, существуют и полимодальные рецепторы, которые способны воспринимать несколько видов раздражителей. Примером полимодальных рецепторов могут служить болевые рецепторы кожи, вызывающие болевые ощущения при сильном механическом, а также температурном и химическом раздражении.

Участок рецепторной поверхности, от которого сигнал получает один чувствительный нейрон (одно афферентное волокно), называется его *рецептивным полем*. В данном случае рецепторы образованы окончаниями разветвлений дендритов чувствительного нейрона. При одновременном раздражении нескольких рецепторов одного рецептивного поля в афферентном волокне регистрируется ответ только одного рецептора, возбуждающегося с наиболее коротким латентным периодом или с наибольшей частотой. Нервный импульс не только направляется по нервному волокну

в ЦНС, но и по разветвлениям волокна может поступать к соседним рецепторам, изменяя их активность.

Один и тот же участок чувствительной поверхности может быть иннервирован несколькими афферентными нейронами, вследствие чего их рецептивные поля в значительной степени перекрывают друг друга. Перекрывание рецептивных полей на ладони и подушечках пальцев человека может быть 10–40-кратным, что существенно увеличивает чувствительность, так как возрастает дублирование каналов информации. Перекрывание также обеспечивает более точное и надежное определение места нанесения раздражения.

Раздражение центра и периферии рецептивного поля оказывает противоположное влияние на частоту образующихся импульсов в нейроне, связанном с данным полем. Если раздражение рецепторов в центре рецептивного поля вызывает повышение частоты разрядов в нейроне, то стимуляция их на периферии поля приводит к снижению частоты разрядов, и наоборот. Наличие в рецептивном поле центра и периферии с противоположными свойствами улучшает способность к пространственному различению в сенсорных нервных центрах и усиливает *контраст*.

В зависимости от выбранного критерия существует несколько классификаций рецепторов. В соответствии с видом воспринимаемого раздражителя рецепторы делят на несколько групп.

1. *Механорецепторы* расположены в коже, стенке внутренних органов и сосудов, опорно-двигательном аппарате, слуховой и вестибулярной системах. Они воспринимают давление, вибрацию, растяжение.

2. *Хеморецепторы* воспринимают химические изменения внешней и внутренней среды организма. К ним относятся вкусовые и обонятельные рецепторы, а также рецепторы, реагирующие на изменение содержания некоторых веществ в крови, лимфе, межклеточной и цереброспинальной жидкости. Такие рецепторы есть в слизистой оболочке языка и носа, синусокаротидной зоне и зоне дуги аорты, гипоталамусе и продолговатом мозге.

3. *Терморецепторы* подразделяются на тепловые и холодовые. Они воспринимают изменения температуры и расположены в коже, слизистых оболочках, внутренних органах, сосудах, гипоталамусе, среднем, продолговатом и спинном мозге.

4. *Фоторецепторы* воспринимают световую энергию. Они находятся в сетчатке глаза.

5. *Болевые рецепторы* (ноцицепторы) воспринимают болевые раздражения. Раздражителями этих рецепторов являются сильные механические, термические и химические (гистамин, брадикинин,  $K^+$ ,  $H^+$  и др.) факторы.

6. *Электрорецепторы* обнаружены у животных (в составе боковой линии у рыб). Они чувствительны к действию электромагнитных колебаний.

С психофизиологической точки зрения рецепторы подразделяют в соответствии с возникающими ощущениями на *зрительные, слуховые, вкусовые* и т.д.

По расположению в организме рецепторы подразделяют на *экстерорецепторы*, воспринимающие раздражения из внешней среды, и *интерорецепторы*, сигнализирующие о состоянии внутренних органов. Разнообразием интерорецепторов являются *проприорецепторы*, информирующие о состоянии и деятельности опорно-двигательного аппарата, и вестибулярные рецепторы.

Если одна и та же разновидность рецепторов (например, хеморецепторы, чувствительные к  $\text{CO}_2$ ) локализована как в ЦНС (в продолговатом мозге), так и за ее пределами (в кровеносных сосудах), то такие рецепторы подразделяют на *центральные* и *периферические*.

По скорости адаптации рецепторы делят на: 1) *быстро адаптирующиеся* (фазные), 2) *медленно адаптирующиеся* (тонические), 3) *смешанные* (фазнотонические).

По морфологическому признаку различают три типа рецепторов. Первый тип – *свободные нервные окончания* – рассеяны по всему телу, на его поверхности и во внутренних органах. Обеспечивают грубые виды чувствительности. Они плохо дифференцируют место воздействия и его модальность. Второй тип – *инкапсулированные нервные окончания* – достаточно дифференцированные по строению и локализации структуры, имеют более узкую специализацию по воспринимаемой энергии и вызываемым ощущениям. Первый и второй тип рецепторов являются первичночувствующими рецепторами, в которых возбуждение возникает при действии раздражителя непосредственно на мембраны нервных окончаний (рис. 3).

К третьему типу относятся так называемые *вторичночувствующие (вторичные) рецепторы*. Во вторичночувствующих рецепторах имеется специализированная клетка, например, фоторецептор (палочка, колбочка), имеющий синаптическую связь с окончанием дендрита сенсорного нейрона (рис. 3).

Трансформирование энергии раздражителя в процесс возбуждения, или нервный импульс, происходит за счет обмена веществ самих рецепторов. Раздражитель, взаимодействуя с рецептором, вызывает изменение ионной проницаемости его мембраны. В результате происходит изменение электрического заряда на мембране, т.е. возникновение *рецепторного потенциала*. Когда рецепторный потенциал достигает достаточно большой величины, то он вызывает возникновение афферентного импульса в нервном волокне, идущем от рецептора.

Во вторичночувствующих рецепторах местные потенциалы образуются дважды в течение одного восприятия раздражения: рецепторный по-

тенциал раздражаемой рецепторной клетки и ВПСП чувствительного нейрона. Чтобы различать эти потенциалы, было предложено называть градуальный электрический ответ рецепторной клетки рецепторным потенциалом, а постсинаптический потенциал связанного с ней через синапс нервного волокна *генераторным потенциалом*, имея в виду, что он генерирует в чувствительном нейроне потенциалы действия. В первичночувствующих рецепторах, рецепторный потенциал, являясь источником потенциала действия, выполняет функцию генераторного потенциала.

Во вторичных рецепторах между рецепторной клеткой и афферентным нервным волокном имеется синапс (рис. 3). Рецепторный потенциал вызывает выделение медиатора из рецепторной клетки в синаптическую щель. В результате на постсинаптической мембране тела афферентного или вставочного нейрона возникает генераторный потенциал, который, нарастая, образует потенциал действия.

Более широким понятием, чем рецептор, является понятие *орган чувств*, под которым понимают образование, включающее рецепторы, а также другие клетки и ткани, способствующие лучшему восприятию рецепторами какого-то определенного раздражения. Например, рецепторы зрения (фоторецепторы) – это палочки и колбочки сетчатки глаза. Вместе с преломляющей системой, оболочками, мышцами, кровеносными сосудами глазного яблока фоторецепторы составляют орган чувств – глаз.

Однако для возникновения ощущения одного органа чувств недостаточно. Необходимо, чтобы возбуждение от органа чувств было передано по афферентным путям в ЦНС в соответствующие проекционные зоны в коре больших полушарий (рис. 4). Это было установлено русским ученым И.П. Павловым, который ввел в физиологию понятие *анализатор*. Анализаторами И.П. Павлов назвал специальные структуры нервной системы, обеспечивающие вход чувственной информации в мозг и ее анализ, в результате чего возникает ощущение. Следует отметить, что в настоящее время в термин орган

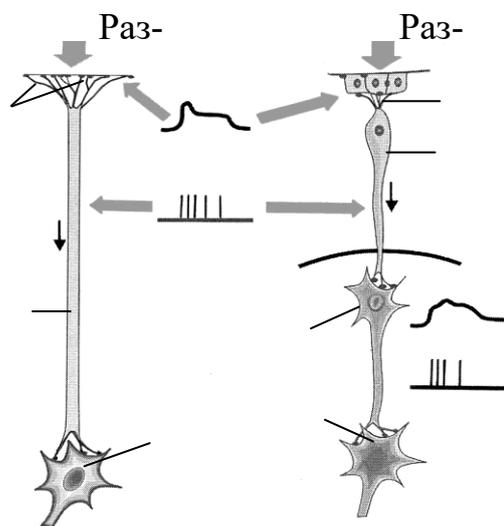


Рис. 3. Морфофункциональная организация первичночувствующих (А) и вторичночувствующих (Б) рецепторов: 1 – афферентное волокно; 2 – свободные нервные окончания; 3 – рецепторный потенциал; 4 – рецепторные окончания; 5 – рецепторная клетка; 6 – импульсный потенциал действия; 7 – генераторный потенциал; 8 – вставочный нейрон; 9 – эфферентный нейрон

чувств часто вкладывают то же понятие, что и в анализатор.

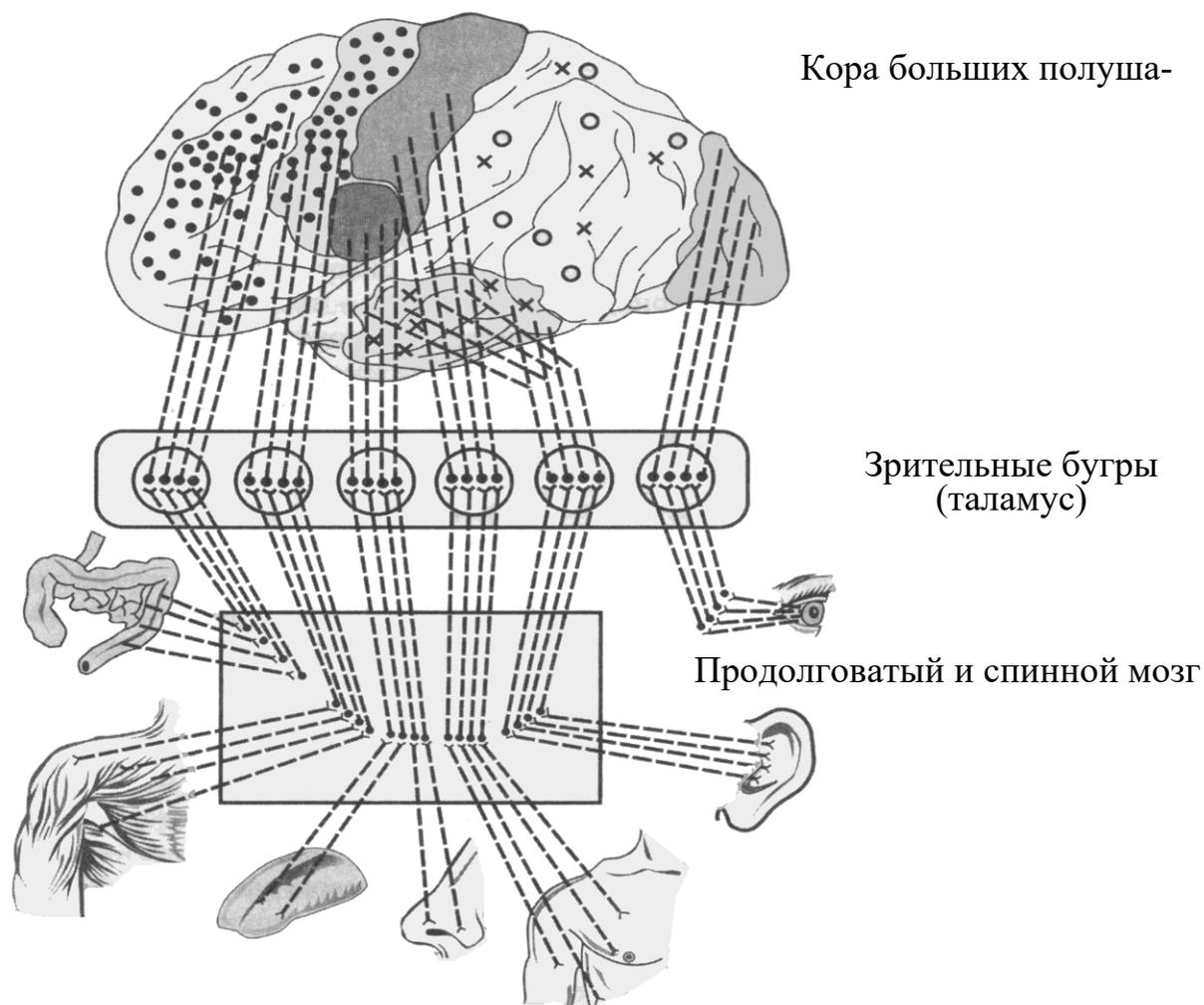


Рис. 4. Общая схема строения анализаторов

Дальнейшее изучение механизмов восприятия и анализа информации, а также реакции на нее организма привело к появлению более общего, чем анализатор, понятия *сенсорные системы*. Сенсорная система включает в себя не только сложную многоуровневую систему передачи информации от рецепторов к коре больших полушарий и анализа ее, что И.П. Павлов назвал анализатором, но и включает процессы синтеза различной информации в коре и регулирующие влияния коры к ниже лежащим нервным центрам и рецепторам. Сенсорные системы имеют сложную структуру. Возбуждение от рецепторов проводится в кору больших полушарий по *специфическому проекционному* и *неспецифическому* путям.

## 2. Общие свойства анализаторов.

Анализаторам характерны следующие общие свойства.

1) *Высокая чувствительность к адекватным раздражителям.* Например, в ясную темную ночь человеческий глаз может различить свет свечи на расстоянии свыше 10 км. Для оценки чувствительности используют такие критерии как *порог ощущения* и *порог различения*. Порогом ощущения называют минимальную силу раздражения рецепторов анализатора, вызывающую едва заметное ощущение.

Порог различения – наименьшее изменение силы раздражения рецепторов анализатора, воспринимаемое субъективно в виде изменения интенсивности ощущения. Зависимость величины ощущения от силы раздражения выражает *закон Вебера – Фехнера*, согласно которому ощущение увеличивается пропорционально логарифму интенсивности раздражения. Однако этот закон недостаточно точен при малых силах раздражения.

2) *Адаптация анализаторов*, т.е. свойство приспособляться к постоянной интенсивности длительно действующего раздражителя. При действии сильного раздражителя возбудимость рецепторов анализатора уменьшается, и пороги раздражения возрастают. При действии слабого раздражителя возбудимость рецепторов анализатора может увеличиться, и пороги раздражения снижаются. Не все анализаторы обладают одинаковой способностью к адаптации. Хорошо адаптируются обонятельный, температурный, тактильный анализаторы, очень мало адаптируются вестибулярный, двигательный и болевой анализаторы.

*Скорость и степень адаптации* у разных анализаторов к разным раздражителям тоже различна. По скорости адаптации все рецепторы анализаторов делят на быстро и медленно адаптирующиеся. Например, темновая адаптация при переходе от яркого света к темноте развивается в течение часа, а световая адаптация при переходе от темноты к свету наступает в течение минуты. Физиологическое значение адаптации заключается в установлении оптимального количества сигналов, поступающих в ЦНС, и ограничении поступления импульсов, не несущих новую информацию.

3) *Иррадиация и индукция в нейронах анализатора.* Иррадиация – это распространение возбуждения на другие нейроны в корковом отделе того же анализатора. Ее можно наблюдать при рассматривании квадратов одинакового размера на разном фоне (рис. 5). Так, белый квадрат на черном фоне кажется больше, чем таких же размеров черный квадрат на белом фоне.

Индукция бывает одновременной и последовательной. *Одновременная индукция* является процессом, противоположным иррадации. Суть ее в том, что одновременно с развитием возбуждения в одних нейронах анализатора, в соседних вызывается торможение. *Последовательная индукция* состоит в том, что после прекращения возбуждения в нервных центрах

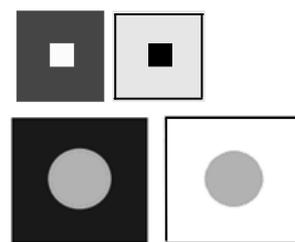


Рис. 5

анализатора развивается процесс торможения, а после прекращения торможения – процесс возбуждения. Процессы одновременной и последовательной индукции лежат в основе явлений контраста. Например, серая фигура на белом фоне кажется темнее, чем та же самая фигура на темном фоне (рис. 5), что обусловлено явлением одновременного зрительного контраста. Кислая пища после сладкой кажется еще более кислой, а теплая вода после холодной кажется горячей, причиной чему является последовательная индукция.

4) *Следовые процессы в анализаторах.* После прекращения раздражения рецепторов физиологические процессы в анализаторе еще длятся некоторое время в виде *положительных* и *отрицательных следовых явлений*. Положительные следовые процессы являются как бы кратковременным продолжением процессов, происходивших в анализаторах при действии раздражителя. Т.е. ощущение (зрительное, слуховое, вкусовое и т.д.) длится еще некоторое время после прекращения действия раздражителя на рецепторы. Благодаря положительным следовым явлениям возможно слитное восприятие отдельных кадров в кинофильме. В силу инерционности восприятия зрительное ощущение от одного кадра сохраняется до появления другого, отчего и возникает иллюзия непрерывности действия (при условии демонстрации 18–24 кадра в секунду).

5) *Взаимодействие анализаторов.* Все анализаторы функционируют не изолированно, а во взаимодействии друг с другом. Их взаимодействие может усиливать или наоборот ослаблять ощущения. Например, звуковые раздражители воспринимаются лучше при сочетании их со световыми, на чем основана светомузыка. Благодаря взаимодействию анализаторов обеспечивается образное и целостное представление о предметах и явлениях. Например, качество пищи мы оцениваем с помощью зрительного, обонятельного, вкусового, тактильного и температурного анализаторов. При этом формируется представление как об отдельных качествах (запахе, вкусе, цвете и т.д.), так и о пище в целом.

Благодаря взаимодействию анализаторов возможна *компенсация нарушенных функций* при повреждении одного из анализаторов. Например, у слепых повышается чувствительность слухового анализатора настолько, что они могут определить местоположение крупных предметов за счет улавливания отраженных от них звуковых волн.

Взаимодействие сенсорных систем проявляется на различных уровнях головного мозга. Особенно велика роль в этом ретикулярной формации и коры больших полушарий.

### **3. Физиология зрительного анализатора**

Зрительный анализатор является важнейшим в организме человека, т.к. он поставляет около 90 % информации, идущей от всех рецепторов к

головному мозгу. Благодаря деятельности зрительного анализатора различают освещенность предметов, их цвет, форму, величину, направление передвижения, расстояние, на которое предметы удалены от глаза и друг от друга. Все это позволяет оценивать пространство, ориентироваться в окружающем мире, выполнять различные виды целенаправленной деятельности.

При попадании световых лучей в глаз происходит их преломление, или *рефракция*, т.е. изменение направления их хода. Основными преломляющими средами глаза являются роговица (коэффициент преломления ею лучей у человека 1,37 диоптрии) и хрусталик (коэффициент преломления  $\approx 1,42$  диоптрии). В преломлении световых лучей также участвуют, но в малой степени, водянистая влага передней камеры глаза и стекловидное тело. Суммарная преломляющая сила диоптрического аппарата здорового неаккомодированного глаза (при рассматривании предметов, расположенных далее 65 м) составляет 58,6 диоптрии.

При нормальной рефракции глаза и нормальных его размерах световые лучи, идущие от далеко расположенных предметов (далее 65 м) и являющиеся практически параллельными, после прохождения через светопреломляющую систему глаза собираются в фокусе на сетчатке. Изображение получается четким, но уменьшенным и перевернутым (рис. 6, А). Нормальная рефракция глаза носит название *эмметропии*, и такой глаз называют эмметропическим. Наряду с нормальной рефракцией могут наблюдаться ее аномалии: *близорукость (миопия)* и *дальнозоркость (гиперметропия)*. И близорукость, и дальнозоркость могут быть как врожденными, так и приобретенными.

При *врожденной близорукости* преломляющая сила оптических структур глаза имеет нормальную величину, но глазное яблоко не шаровидно, а вытянуто вдоль оптической оси. Поэтому лучи от каждой точки удаленного предмета после прохождения через светопреломляющий аппарат глаза фокусируются не на сетчатке, а перед ней (ближе нее) в стекловидном теле. На сетчатке же вместо точки возникает раздвоенное расплывчатое изображение, т.к. лучи после фокусирования уже разошлись (рис. 6, Б).

При *врожденной дальнозоркости* преломление диоптрическим аппаратом глаза осуществляется нормально, но глазное яблоко уменьшено вдоль оптической оси. В результате лучи от каждой точки близко расположенного предмета после их преломления фокусируются в точки за сет-

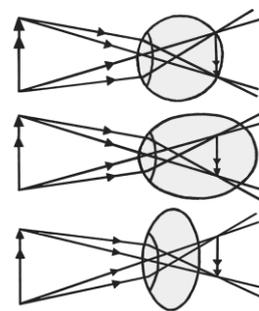


Рис. 6. Ход лучей в глазу

чаткой. На сетчатке же вместо точки получается нечеткое размытое изображение, т.к. лучи еще в точку не собрались (рис. 6, В).

Причиной приобретенной как близорукости, так и дальнозоркости является нарушение аккомодационных способностей глаза. Настройка преломляющего аппарата глаза на определенное расстояние до рассматриваемого объекта, позволяющая его ясно, четко видеть, называется *аккомодацией*.

В случае *приобретенной близорукости* форма глазного яблока остается нормальной, но наблюдается повышенная аккомодация, т.е. хрусталик более округлый, чем следует, и преломляет лучи более сильно. Для коррекции врожденной и приобретенной близорукости необходимо носить очки с рассеивающими двояковогнутыми линзами, увеличивающими угол поступления световых лучей в глаз.

Причиной *приобретенной дальнозоркости* является недостаточная аккомодация, т.е. преломляющая способность хрусталика, который менее округлый, чем следует. При этом форма глазного яблока остается нормальной. Для коррекции врожденной и приобретенной дальнозоркости необходимо носить очки или контактные линзы с двояковыпуклыми линзами, преломляющую силу которых должен подбирать врач.

Степень аккомодации хрусталика тем больше, чем ближе к глазу рассматриваемый объект. Однако ближе какого-то минимального расстояния нельзя четко видеть предметы даже при максимальной аккомодации. Это минимальное расстояние от глаза, на котором человек начинает четко видеть предмет, получило название *ближней точки ясного видения*. К старости хрусталик, вследствие уменьшения своей эластичности, не может становиться достаточно округлым даже при полном ослаблении натяжения цинновых связок. В результате ближняя точка ясного видения отодвигается от глаза и развивается *старческая дальнозоркость*. В этом случае для рассматривания близко расположенных предметов, чтения необходимо ношение очков с двояковыпуклыми линзами.

Поверхность роговицы даже нормального глаза не является идеально сферической поверхностью относительно оптической оси. Обычно кривизна ее в вертикальной плоскости несколько больше, чем в горизонтальной. Это различие вызывает неодинаковое преломление лучей, поступающих в глаз под разными углами, что получило название *астигматизма*. При чрезмерно выраженном астигматизме изображение предметов в глазу искажается, вытягивается или сплющивается, что требует применения очков со специальными сфероцилиндрическими линзами.

**Зрачок.** В центре радужной оболочки глаза имеется отверстие – зрачок, через который лучи света проникают в глаз. Зрачок способствует четкости изображения на сетчатке, пропуская только центральные лучи и не

пропуская на периферические части хрусталика лучи, которые вызывают светорассеяние в глазу, так называемую *сферическую абберацию*. Диаметр зрачка изменяется рефлекторно, что называется *зрачковым рефлексом*. Сужение зрачка происходит при увеличении освещенности, а также при рассматривании близко расположенного предмета и во сне. Расширение зрачка наблюдается при уменьшении освещенности, при возбуждении рецепторов и любых афферентных нервов. Также зрачок расширяется при эмоциях, связанных с повышением тонуса симпатического отдела автономной нервной системы (боль, гнев, страх, радость и т.д.), при психических возбуждениях (психозы истерии и т.д.), при удушье, наркозе.

Как правило, когда человек видит что-то интересное или стимулирующее, его зрачки расширяются. Размер зрачка также связан с психической активностью при решении проблем. Максимально зрачки расширяются в момент нахождения решения проблемы.

**Острота и поле зрения.** Остротой зрения называется его максимальная способность различать отдельные объекты. Острота зрения определяется наименьшим углом зрения, под которым глаз еще способен видеть раздельно две точки. Нормальный глаз способен различать две светящиеся точки под углом зрения в 1 минуту ( $1'$ ), при этом величина изображения на сетчатке равна 4 мкм. Острота зрения зависит от оптических свойств глаза, структурных особенностей сетчатки и функциональной деятельности нейронов проводникового и центрального отделов зрительного анализатора.

Определение остроты зрения осуществляется с помощью буквенных или с изображением различного вида фигур специальных таблиц. Острота зрения, определенная по таблице с изображением рядов букв или фигур разной высоты, выражается обычно в относительных величинах, причем нормальная острота принимается за единицу.

Пространство, видимое глазу при неподвижном устремленном вперед взоре, называется *полем зрения*. Различают отдельно поле зрения левого и правого глаза, а также общее поле зрения для двух глаз. В пределах общего поля зрения выделяется область, которую могут видеть два глаза одновременно. Это *бинокулярное зрительное поле*.

Поле зрения правого глаза человека вытянуто больше вправо и вниз, левого глаза – влево и вниз. Поле зрения наибольшее снаружи (к виску), достигая здесь для лучей белого цвета  $90^\circ$ – $100^\circ$ , кнутри (к носу) –  $55^\circ$ – $60^\circ$ , кверху (к бровям) –  $60^\circ$ , книзу –  $65^\circ$ – $70^\circ$ . Величина поля зрения у людей зависит от глубины положения глазного яблока, расстояния между глазами, формы и размеров надбровных дуг, носа, скуловых костей.

Различают *центральное зрение*, когда изображение проецируется на сетчатку в область желтого пятна, и *периферическое зрение*. Острота зре-

ния наибольшая в области центральной ямки, находящейся в центре желтого пятна. Периферическое (боковое) зрение отличается меньшей остротой. Оно плохо различает детали предметов, но хорошо воспринимает их движение.

Поле зрения больше всего для лучей белого цвета. Для цветowych лучей оно значительно меньше, т.к. количество рецепторов, воспринимающих цвет (колбочек), быстро уменьшается во все стороны от желтого пятна, а на периферии сетчатки колбочек почти нет. Среди цветowych лучей самое малое поле зрения для зеленого цвета, больше для красного, еще больше для синего цвета.

Глаз способен воспринимать размер, форму, объем предмета, его цвет, яркость, движение, положение в пространстве и расстояние до него. *Бинокулярное зрение* (зрение двумя глазами) играет важную роль в восприятии разноудаленных предметов, в достаточно точном определении расстояния между ними и до них, т.е. ощущении глубины пространства, если расстояние до предметов не превышает 200 м.

Восприятие скорости движения предметов в пространстве обеспечивается скоростью перемещения изображения на сетчатке, а также импульсами, поступающими в ЦНС от мышц глаза при его движениях вслед за предметом.

При рассматривании предмета обоими глазами его изображение попадает на идентичные (симметричные) точки сетчаток обоих глаз, возбуждение от которых объединяется в корковом отделе анализаторов в единое целое. В итоге в восприятии человека эти два изображения (одно от левого, другое от правого глаза) сливаются в одно. Однако при рассматривании близких предметов левый глаз их видит чуть больше слева, а правый – справа. Вот эта степень смещения изображения на сетчатке правого и левого глаз позволяет на основании жизненного опыта определять объемы предметов, расстояние до них и взаимную глубину их расположения. При сильном переутомлении или отравлении (например, алкоголем) бинокулярное зрение ухудшается и может появиться раздвоение изображения.

**Свето- и цветовосприятие.** Периферической рецепторной структурой зрительного анализатора является сетчатка глаза. В ней анатомически различают 10 слоев. Однако с функциональной точки зрения главными являются пигментный слой, рецепторный слой и четыре слоя, образованных различными нервными клетками: горизонтальными, биполярными, амакриновыми и ганглиозными (рис. 7).

Пигментный слой сетчатки образован эпителиальными клетками и прилегает к сосудистой оболочке. Эти клетки содержат пигмент, поглощающий свет и препятствующий его отражению и рассеиванию, что обеспечивает четкость зрительного восприятия. Отростки пигментных клеток заходят между светочувствительными сегментами фоторецепторов, принимают участие в обмене веществ фоторецепторов и восстановлении зрительного пигмента после его расщепления и обесцвечивания.

*Фоторецепторы* сетчатки глаза представляют собой нейросенсорные клетки. Наружные сегменты одних из них имеют палочковидную форму, а других – колбочковидную, из-за чего эти рецепторы называют, соответственно, *палочками* и *колбочками*. В каждом глазу человека насчитывается примерно 6 млн колбочек и 120 млн палочек.

Нервные импульсы, возникшие в палочках и колбочках, передаются по их тонким отросткам, образующим синапсы на дендритах биполярных клеток. Биполярными клетками начинается проводниковый отдел зрительного анализатора. Аксоны этих клеток сетчатки каждого глаза складываются в *зрительные нервы*, которые, войдя в полость черепа, образуют перекрест: около половины нервных волокон от левого глаза поступает в правое полушарие головного мозга и столько же от правого глаза – в левое полушарие. После перекреста каждый нерв, называемый теперь *зрительным путем*, направляется в затылочную долю коры больших полушарий, где находится корковый отдел зрительного анализатора.

Место выхода зрительного нерва из сетчатки не содержит фоторецепторов и называется *слепым пятном*. В центральной ямке желтого пятна сетчатки содержатся только колбочки, где их плотность самая высокая. К периферии сетчатки количество колбочек уменьшается, а палочек – возрастает. Колбочки воспринимают цвета и функционируют в условиях яркой освещенности объектов. Они обеспечивают цветное, или хроматическое, зрение. Палочки являются рецепторами сумеречного зрения, воспри-

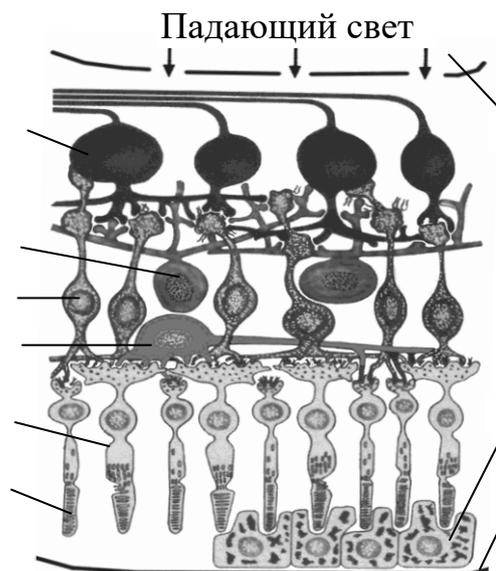


Рис. 7. Схема строения сетчатки:

- 1 – палочка; 2 – колбочка; 3 – горизонтальная клетка; 4 – биполярная клетка; 5 – ама-криновая клетка; 6 – ганглиозная клетка; 7 – стекловидное тело; 8 – пигментный слой; 9 – сосудистая оболочка

нимающими белый цвет и оттенки серого цвета в условиях слабой освещенности, т.е. обеспечивают бесцветное, или ахроматическое, зрение.

Фоторецепторы обладают очень высокой чувствительностью. Полагают, что они возбуждаются при действии на них 1–2 квантов света. Это обусловлено особенностью строения рецепторов и протекающих в них под действием света физико-химических процессов. В фоторецепторах находятся светочувствительные пигменты. В палочках на мембране наружных сегментов содержится *родопсин*, в колбочках – *йодопсин* и другие родственные ему пигменты.

Родопсин состоит из *ретинала* (альдегида витамина *A*) и белка *опсина*. Под действием света родопсин (зрительный пурпур), придающий сетчатке красный свет, обесцвечивается и расщепляется на ретиналь и опсин, в результате чего возникает нервный импульс. В темноте родопсин опять восстанавливается. При недостатке витамина *A* в пище возникает заболевание «*куриная слепота*», или гемералопия. При этой болезни человек днем видит нормально, т.к. много цветовых лучей и функционируют колбочки. В сумерках из-за нарушения функционирования рецепторов сумеречного зрения – палочек больной человек ничего не видит. Фотохимические процессы в сетчатке протекают весьма экономно. Даже при действии яркого света расщепляется всего около 0,006 % имеющегося в палочках родопсина.

Существуют аномалии цветового зрения, которые могут проявляться в виде частичной или полной цветовой слепоты. Людей, совсем не различающих цвета, называют ахроматами, а болезнь – *светобоязнь*. Такие люди видят мир черно-белым и только при слабом освещении, а яркий свет их слепит. Встречаются три вида частичной цветовой слепоты: 1) *дальтонизм* – слепота в основном на красный цвет; таких людей называют еще «краснослепыми»; 2) «зеленослепые» люди, плохо воспринимающие зеленый цвет; 3) «фиолетовослепые» люди, встречающиеся редко, не воспринимающие синий и фиолетовый цвета.

#### **4. Слуховой анализатор**

Звуковые колебания улавливаются ушной раковиной и проходят по наружному слуховому проходу к барабанной перепонке, которая начинает колебаться в соответствии с частотой звуковых волн. Колебания барабанной перепонки передаются цепью *слуховых косточек*, т.е. молоточком, наковальней и стремечком, расположенных в среднем ухе, на мембрану овального окна, которая отделяет внутреннее ухо от среднего (рис. 8). Площадь барабанной перепонки во много раз больше площади овального окна, вследствие чего давление звуковых волн на мембрану овального окна усиливается примерно в 25 раз. Слуховые косточки, работая как рычаги, уменьшают амплитуду колебаний, передаваемых на мембрану овального

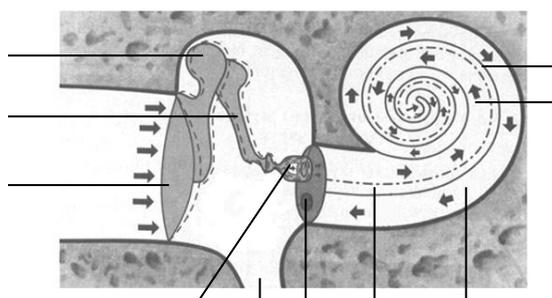
окна, но увеличивают (до 60 раз) их силу. С учетом усиливающего эффекта наружного уха суммарное давление звуковых колебаний на мембрану овального окна возрастает в 180–200 раз.

В среднем ухе расположены две мышцы, которые при очень сильных звуках сокращаются и ограничивают амплитуду колебаний барабанной перепонки и движение стремечка. Это уменьшает энергию колебаний, передаваемых на внутреннее ухо, и предохраняет его от повреждений. Сокращение этих мышц возникает безусловнорефлекторно сразу же после начала действия сильных звуков. При мгновенных взрывах, ударах этот механизм не успевает сработать, и возможна потеря слуха.

*Слуховая (евстахиева) труба*, соединяющая полость среднего уха, или барабанную полость, с носоглоткой, способствует выравниванию давлений воздуха на барабанную перепонку со стороны наружного слухового прохода и барабанной полости. При глотании, зевании вход из носоглотки в евстахиеву трубу открывается, вентилируя полость среднего уха и уравнивая давление в нем с атмосферным. Если внешнее давление быстро меняется (быстрый подъем вверх или спуск на самолете), а глотания не происходит, то разность давлений между атмосферным воздухом и воздухом в барабанной полости приводит к натяжению барабанной перепонки, снижению восприятия звуков и возникновению неприятных ощущений. При раскрытом рте звуковые волны вызывают меньший прогиб барабанной перепонки и уменьшают опасность ее разрыва при очень сильных звуках. Например, артиллеристам рекомендуют открывать рот при стрельбе.

Рис. 8. Проведение звуковых волн в ухе:

1 – барабанная перепонка; 2 – наковальня; 3 – молоточек; 4 – основная мембрана; 5 – верхняя лестница; 6 – нижняя лестница; 7 – средняя лестница; 8 – круглое окно; 9 – слуховая труба; 10 – стремечко



У новорожденного в барабанной полости воздуха нет, она заполнена слизистой жидкостью. Постепенно в течение месяца после рождения барабанная полость через слуховую трубу заполняется воздухом, чему способствуют дыхательные и глотательные движения. Слуховая труба у маленьких детей короткая и широкая, что благоприятствует проникновению возбудителей инфекции из носоглотки при простудных заболеваниях. Это может привести к отиту – воспалению среднего уха.

Кроме воздушной проводимости существует еще и *костная проводимость звуковых волн*. Это вызвано тем, что звуковые волны могут вызы-

вать колебания в костях черепа, которые, минуя наружное и среднее ухо, передаются непосредственно улитке внутреннего уха. На этом принципе работают некоторые слуховые аппараты для глухих. Под водой костная проводимость увеличивается, особенно для низких звуков.

Восприятие высоты и силы звука, локализации источника звука начинается с попадания звуковых волн в наружное ухо, где они приводят в движение барабанную перепонку (рис. 8). Колебания барабанной перепонки передаются слуховыми косточками на *мембрану овального окна*, расположенного на наружной стенке *преддверия*, которым начинается внутреннее ухо. Преддверие сообщается сзади с полукружными каналами, являющимися частью вестибулярного аппарата, а спереди – с каналом улитки, в которой находятся слуховые рецепторы.

Костный канал улитки спирально закручен на 2,5 завитка и разделен по всей длине вестибулярной мембраной (мембраной Рейснера) и основной мембраной на три узких хода, или *лестницы* (рис. 9, А): верхнюю (вестибулярную), среднюю и нижнюю (барабанную). Верхняя лестница начинается от овального окна и соединяется с нижней лестницей через отверстие в верхушке улитки – геликотрему. В результате верхний и нижний ходы являются как бы единым каналом, идущим от овального до круглого окна. Оба этих хода, или лестницы, заполнены перилимфой.

Вестибулярная и основная мембрана герметически ограничивают среднюю лестницу, которая заполнена эндолимфой. В эндолимфе средней лестницы на основной мембране расположен звуковоспринимающий рецепторный аппарат – *кортиев орган* (орган Корти, спиральный орган).

Кортиев орган состоит из одного ряда внутренних и 3–4 рядов наружных *рецепторных волосковых клеток* (рис. 9, Б). Нижний конец волосковых клеток фиксирован в основной мембране. Волосковые клетки омываются эндолимфой. Верхние их концы покрыты мелкими микроволосками и соприкасаются с нависающей над ними студенистой *покровной (текториальной) мембраной*.

Колебания, переданные слуховыми косточками мембране овального окна, вызывают колебание перилимфы верхней (вестибулярной) лестницы. Эти колебания через геликотрему передаются перилимфе нижней лестницы и доходят до круглого окна, слегка выпячивая его мембрану в полость среднего уха.

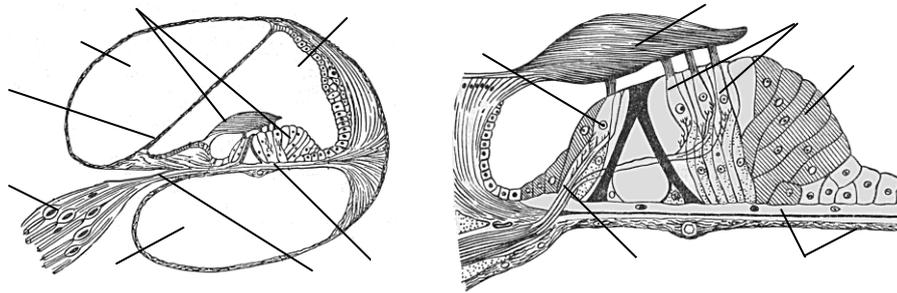


Рис. 9. Схема поперечного разреза канала улитки (А) и строения кортиева органа (Б):

1 – нижняя лестница; 2 – спиральный ганглий; 3 – вестибулярная мембрана; 4 – верхняя лестница; 5 – кортиев орган; 6 – средняя лестница; 7 – внутренние волосковые клетки; 8 – покровная мембрана; 9 – наружные волосковые клетки; 10 – опорные клетки; 11 – основная мембрана; 12 – нервные волокна

Колебания перилимфы передаются также на эндолимфу средней лестницы, что приводит в колебательные движения основную мембрану с расположенными на ней рецепторными волосковыми клетками кортиева органа. При этом микроволоски рецепторных клеток, соприкасающиеся с текториальной мембраной, изгибаются. В рецепторных клетках возникает нервный импульс, который передается по дендритам нейронов спирального ганглия, проходящим в основной мембране. Нейроны спирального ганглия, расположенного в стенке улитки, являются первыми афферентными нейронами проводникового отдела слухового анализатора.

Центральный, или корковый отдел слухового анализатора находится в верхней височной извилине височной доли коры больших полушарий. По нисходящим путям слуховая сенсорная система посылает эфферентные импульсы, которые настраивают рецепторные волосковые клетки кортиева органа на восприятие определенных звуковых сигналов.

### 5. Вестибулярный и обонятельный анализаторы

Вестибулярный анализатор играет важную роль в пространственной ориентировке человека. Он воспринимает и анализирует информацию об *ускорениях* или *замедлениях*, возникающих в процессе прямолинейного или вращательного движения, а также при *изменении положения головы* в пространстве. При равномерном движении или в условиях покоя рецепторы вестибулярного анализатора не возбуждаются. Импульсы от вестибулорецепторов вызывают перераспределение тонуса скелетной мускулатуры, что обеспечивает сохранение равновесия тела. Эти влияния осуществляются рефлекторным путем через ряд отделов ЦНС.

Периферическим отделом вестибулярного анализатора является вестибулярный аппарат, находящийся в лабиринте пирамиды височной кости (рис. 10). Он состоит из *преддверия* и трех *полукружных каналов*. Лабиринт имеет костные и перепончатые стенки. Полость между костными и перепончатыми стенками заполнена перилимфой. Внутри перепончатого лабиринта находится эндолимфа.

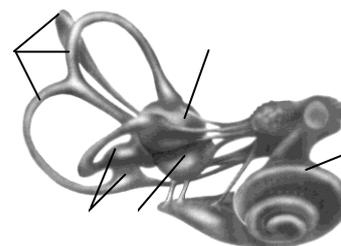


Рис. 10. Лабиринт височной кости:  
1 – мешочек; 2 – ампулы;  
3 – полукружные каналы;  
4 – маточка; 5 – улитка

Преддверие разделяется костным гребешком на две полости: переднюю (округлую, сферическую), называемую *мешочком*, и заднюю (овальную, эллиптическую), называемую *маточкой*. Обе полости сообщаются между собой. Мешочек соединяется узким каналом с перепончатым каналом улитки, а маточка сообщается с полукружными перепончатыми каналами.

В мешочке и маточке находится *отолитовый аппарат* (рис. 10). Он представляет собой скопления рецепторных волосковых клеток, образующих возвышения – *пятна*. Выступающая в полость мешочка или маточки часть рецепторной клетки оканчивается одним более длинным подвижным волоском и 50–100 склеенными неподвижными волосками. Эти волоски погружены в желеобразную мембрану, на поверхности и внутри которой находятся кристаллики карбоната кальция – *отолиты*. Поэтому мембрану тоже часто называют *отолитовой мембраной* (рис. 11).

При изменении положения головы, а также ускорении или замедлении прямолинейного движения тела отолитовая мембрана скользит в эндолимфе мешочка или маточки и сгибает волоски, что вызывает возбуждение рецепторных волосковых клеток. В результате изменяется характер нервной сигнализации от отолитового аппарата в ЦНС.

*Полукружные каналы* находятся в трех взаимно перпендикулярных плоскостях. Около места соединения с преддверием один конец каждого канала образует расширение – *ампулу*. В полукружных каналах рецепторные и опорные клетки сконцентрированы только в ампулах в виде *гребешков*, или *крист*. Волоски рецепторных клеток окружены желеобразным веществом, не содержащим солей кальция и образующим особый колпачок – *листовидную мембрану*

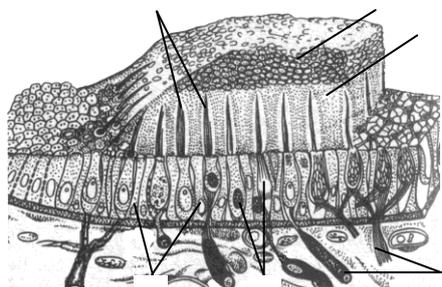


Рис. 11. Отолитовый аппарат:  
1 – волоски; 2 – отолиты;  
3 – отолитовая мембрана;  
4 – нервные волокна; 5 – волосковые клетки; 6 – опорные клетки

(купулу), способную колебаться при движении эндолимфы.

Движение эндолимфы наблюдается при вращательных (угловых) ускорениях и торможениях. В начале движения или при увеличении его скорости эндолимфа полукружных каналов отстает от движения костной части, вследствие чего давление в ампуле увеличивается (эндолимфа как бы движется назад). При уменьшении скорости или прекращении движения или вращения эндолимфа в силу инерции продолжает поступательное движение, в связи с чем давление в ампуле снижается.

Движение эндолимфы в противоположных направлениях вызывает либо возбуждение, либо торможение волосковых клеток. Вследствие этого изменяется нервная импульсация в подходящих к этим клеткам волокнах вестибулярного нерва. Поскольку полукружные каналы расположены во всех трех взаимно перпендикулярных плоскостях, то при ускорении или замедлении движения тела человека в любую сторону обязательно происходит изменение давления хотя бы в одной из ампул полукружных каналов, воспринимаемое рецепторными волосковыми клетками вестибулярного анализатора.

Вестибулярный нерв входит составной частью в преддверно-улитковый нерв, ядро которого расположено в продолговатом мозге. Оно имеет связи со спинным мозгом, мозжечком, центрами, регулирующими работу внутренних органов, с ядрами глазодвигательных нервов. Корковый отдел вестибулярного анализатора находится в височной доле коры больших полушарий. Поэтому раздражение рецепторов вестибулярного аппарата сопровождается перераспределением тонуса мышц, с целью установления исходного положения тела. Одновременно возникает ряд *вегетативных рефлексов*: изменение кровяного давления, температуры кожи, частоты сокращения сердца, частоты дыхания и др.

При поражении вестибулярного анализатора исчезает способность сохранять вертикальное положение тела, возникает головокружение и тошнота, слабость, потливость и т.д. Такая же картина наблюдается при чрезмерном раздражении вестибулярного аппарата, приводящем к состоянию укачивания, или «морской» болезни.

Организм также плохо переносит не только перераздражение, но и отсутствие раздражения рецепторов вестибулярного аппарата, что наблюдается при невесомости в космосе. Поэтому космонавты проходят специальные тренировки (свободное падение с самолета), чтобы предотвратить расстройство физиологических функций и резкое ухудшение самочувствия в предстоящих длительных космических полетах.

**Обонятельный анализатор.** Рецепторы обонятельного и вкусового анализатора относятся к хеморецепторам, т.е. они способны анализировать внешние химические раздражения и инициировать формирование соот-

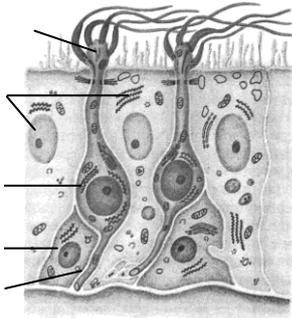


Рис. 12. Слизистая оболочка носовой раковины:  
1 – аксон; 2 – базальная клетка; 3 – рецепторная клетка; 4 – опорные клетки; 5 – обонятельная булава

ветствующих обонятельных и вкусовых ощущений. Эти рецепторы обладают высокой избирательностью и специфичностью по отношению к молекулам некоторых химических веществ. Возбуждение обонятельных и вкусовых хеморецепторов происходит в результате слабого химического взаимодействия между молекулой раздражителя и специализированными белками, встроенными в мембрану рецепторной клетки. По сравнению с другими анализаторами обонятельный и вкусовой анализаторы обладают более высокой способностью к адаптации.

С участием обонятельного анализатора осуществляется, особенно у животных, ориентация в окружающем мире. Он оказывает влияние на пищевое поведение, принимает участие в определении съедобности пищи, а также влияет на оборонительное

поведение, помогая избежать опасности благодаря способности различать вредные для организма вещества.

Периферический отдел обонятельного анализатора, т.е. обонятельные рецепторы, расположены в слизистой оболочке *верхней носовой раковины*. Количество обонятельных рецепторов у человека примерно 10 млн. Каждая обонятельная рецепторная клетка расположена между опорными и базальными клетками (рис. 12). Она веретеновидной формы с двумя отростками на концах. Один из этих отростков является дендритом, образующим в слизистой оболочке носовой полости сферическое утолщение – *обонятельную булаву*. Обонятельная булава покрыта 6–12 микроскопическими волосками, что увеличивает площадь контакта с молекулами газообразных пахучих веществ. Рецепторы обонятельного анализатора обладают очень высокой чувствительностью. Для некоторых веществ достаточно попадания нескольких молекул на рецепторную клетку, чтобы вызвать ее возбуждение.

Вторые отростки рецепторных клеток являются аксонами (рис. 12) и представляют собой немиелинизированные нервные волокна. Эти волокна собираются в пучки (обонятельные нервы) и, пройдя через отверстия в решетчатой кости черепа, направляются в две *обонятельные луковицы* головного мозга. От нейронов обонятельных луковиц отходят волокна, образующие обонятельные пути, идущие в лимбическую долю коры и гиппокамп, где находится центральный отдел обонятельного анализатора.

В обонятельном восприятии у человека всегда присутствует эмоциональный компонент. Запах может вызывать ощущение удовольствия или отвращения, при этом меняется состояние организма.

## 6. Вкусовой, кожный, интероцептивный и двигательный анализаторы

Периферический отдел вкусового анализатора представлен *вкусowymi почками*, или вкусовыми луковичками, которые расположены на сосочках языка, а также в меньшей степени на задней стенке глотки, мягком нёбе, миндалинах и надгортаннике. Всего у человека около 2 тысяч вкусовых почек, каждая из которых содержит до 40 рецепторных клеток, окруженных опорными клетками. Вкусовые сосочки языка (рис.13, Б) имеют три разные формы: *грибовидную*, *листовидную* и *желобоватую* (рис. 13). Около половины вкусовых почек находится на желобоватых сосочках.

Вкусовая почка имеет колбовидную форму и соединяется с поверхностью языка через *вкусовую пору*. Вкусовые рецепторные клетки усеяны на своем конце *вкусовыми волосками*, которые выступают на поверхность языка через вкусовые поры (рис. 13, В). При действии вкусового раздражителя на вкусовые волоски рецепторных клеток в них возникают нервные импульсы, которые по волокнам *языкоглоточного нерва* и ветви лицевого нерва *барабанной струны* поступают в продолговатый мозг и далее по проводящим путям в кору больших полушарий. Кортикальный отдел вкусового анализатора находится в нижней части задней центральной извилины в теменной доле.

В среднем через 10 суток каждая вкусовая рецепторная клетка сменяется новой. Разные вкусовые клетки человека обладают разной чувствительностью к кислому, сладкому, соленому и горькому. Кончик языка особенно чувствителен к сладкому, боковые поверхности передней части языка – к соленому, боковые поверхности средней части языка – к кислому, корень языка – к горькому. Адаптация рецепторов к сладкому и соленому развивается быстрее, чем к горькому и кислому.

В условиях голода наблюдается повышенная чувствительность к различным вкусовым веществам, а после приема пищи вкусовая чувствительность снижается. У студентов перед экзаменом значительно уменьшается способность воспринимать различные вкусовые вещества. С возрастом происходит снижение вкусовой чувствительности,

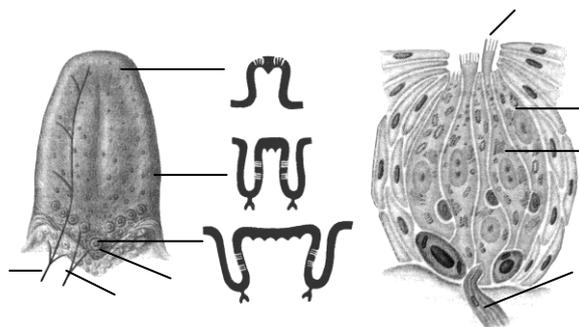


Рис. 13. Расположение вкусовых рецепторов на языке (А), строение вкусовых сосочков (Б) и вкусовой почки (В):

а – грибовидный сосочек; б – листовидный сосочек; в – желобоватый сосочек; 1 – барабанная струна; 2 – языкоглоточный нерв; 3 – корень языка; 4 – вкусовые волоски; 5 – опорная клетка; 6 – рецепторная клетка; 7 – нервные волокна

уменьшается способность различать вкусовые вещества. Снижают вкусовую чувствительность заболевания полости рта, желудочно-кишечного тракта, органов дыхания, болезни крови и центральной нервной системы.

**Кожный анализатор.** Кожный анализатор часто подразделяют на тактильный и температурный анализаторы. Кроме того, в коже имеются рецепторы, воспринимающие болевые воздействия. Периферический отдел кожного анализатора представлен различными рецепторами, раздражение которых приводит к формированию специфических ощущений.

В зависимости от строения рецепторы кожи делят на две группы: *свободные* и *несвободные*. Свободные рецепторы представляют собой окончания разветвлений дендритов чувствительных нейронов. Несвободные рецепторы (тельца Пачини, Мейснера, Руффини, колбы Краузе) образованы разветвлениями дендритов и окружающими их клетками нейроглии.

*Тактильный анализатор*, являющийся частью кожного анализатора, обеспечивает ощущения прикосновения, давления, вибрации и щекотки. Рецепторами, воспринимающими давление, являются *диски Меркеля*, расположенные небольшими группами в глубоких слоях кожи и слизистых оболочек (рис. 14). Рецепторами прикосновения являются *тельца Мейснера*, расположенные в сосочковом слое кожи. На коже, покрытой волосами, на прикосновение также реагируют рецепторы волосяных луковиц. Ощущение давления и прикосновения возникает только при раздражении некоторых точек кожи, которые называются осязательными. Очень много осязательных рецепторов находится на подушечках пальцев и губах, меньше всего их на плечах и спине.

Вибрацию воспринимают *тельца Пачини*, располагающиеся в слизистой оболочке, в коже, не покрытой волосами, в подкожной жировой клетчатке, а также в суставных сумках и сухожилиях. Щекотание воспринимают свободные нервные окончания, расположенные непосредственно под эпидермисом в верхних слоях дермы.

Если одновременно прикоснуться к двум соседним точкам кожи, то в зависимости от расстояния между ними можно получить ощущение либо одного, либо двух отдельных прикосновений. По наименьшему расстоянию между раздражаемыми точками кожи, при котором еще ощущается двойное прикосновение, можно судить о пороге пространственного различения тактильных раздражений. Исследования показали, что порог пространственного различения примерно равен: на кончике языка 1 мм, на ладонной

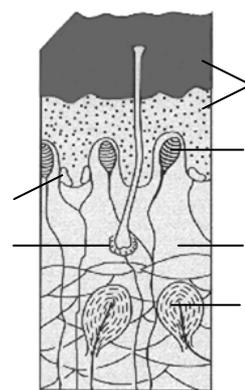


Рис. 14. Положение тактильных рецепторов в коже:

- 1 – рецепторы волосяных луковиц;
- 2 – диски Меркеля;
- 3 – эпидермис;
- 4 – тельца Мейснера;
- 5 – дерма; 6 – тельца Пачини

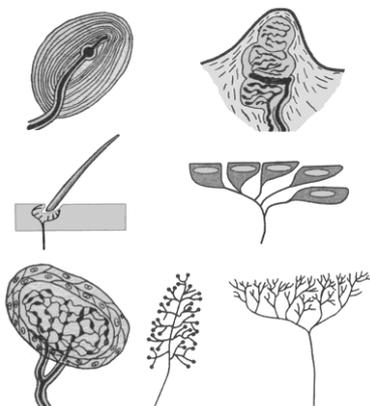


Рис. 15. Рецепторы кожи:  
 1 – тельца Пачини;  
 2 – тельца Мейснера;  
 3 – рецепторы волосяной  
 луковицы; 4 – диски Мер-  
 келя; 5 – колба Краузе;  
 6 – тельца Руффини;  
 7 – свободные нервные  
 окончания

стороне ногтевой фаланги пальцев руки 2 мм, на кончике носа 6–7 мм, на лбу 20–25 мм, на плече и предплечье 25–40 мм, на спине и груди 40–70 мм.

Кожные рецепторы проявляют резко выраженную адаптацию к непрерывно длящимся раздражениям. Надавливание на кожу или прикосновение к ней вызывает появление в соответствующих рецепторах и афферентных волокнах нервных импульсов, следующих друг за другом с большой частотой. Однако почти тотчас же импульсы начинают становиться все более редкими, а спустя несколько секунд совсем исчезают. Соответственно прекращается и ощущение давления или прикосновения.

Периферический отдел *температурного анализатора*, также являющегося частью кожного анализатора, представлен тепловыми и холодовыми рецепторами. Тепловые рецепторы – это *тельца Руффини*, а холодовые – *колбы Краузе* (рис. 15). Холодовые рецепторы расположены непосредственно под эпидермисом, а тепловые рецепторы – преимущественно в нижнем и верхнем слоях дермы (собственно кожи) и слизистых оболочек.

Существует диапазон температуры кожи, в пределах которой в результате адаптации к температуре внешней среды происходит полное исчезновение температурных ощущений. Этот диапазон температур получил название *зоны комфорта*, или *нейтральной зоны*. Например, погрузившись в теплую ванну с температурой воды около 33 °С, человек сначала отчетливо испытывает ощущение тепла. Однако вскоре это ощущение угасает. Если ненадолго человек вылезет из ванны, а затем снова погрузится в нее, то ощущение тепла возобновится.

В диапазоне зоны комфорта происходит полная адаптация температурного анализатора к новой температуре кожи. В опытах, в которых обнаженный человек находится в помещении с регулируемой температурой, зона комфорта лежит в пределах 33–35 °С. Изменения температуры кожи и отклонения от зоны комфорта сопровождаются возникновением ощущения тепла или холода.

В диапазоне зоны комфорта происходит полная адаптация температурного анализатора к новой температуре кожи. В опытах, в которых обнаженный человек находится в помещении с регулируемой температурой, зона комфорта лежит в пределах 33–35 °С. Изменения температуры кожи и отклонения от зоны комфорта сопровождаются возникновением ощущения тепла или холода.

Относительную адаптацию к теплу и холоду легко обнаружить. Если одну руку опустить в воду, охлажденную до 15 °С, а другую – в воду, нагретую до 45 °С, то при последующем переносе обеих рук в воду, име-

ющую температуру 30° С, получается ясное ощущение, что одна рука находится в теплой воде, а другая – в холодной.

Холодовые рецепторы располагаются ближе к поверхности кожи (на глубине примерно 0,17 мм), чем тепловые (на глубине 0,3–0,6 мм), поэтому холодовые рецепторы возбуждаются быстрее.

Исходная температура кожи определяет уровень возбудимости терморецепторов. Чем ниже температура кожи, тем выше возбудимость холодовых и ниже – тепловых рецепторов и наоборот. Интенсивность температурных ощущений возрастает при увеличении скорости изменения температуры внешней среды, а также увеличении площади участка кожи, на который действует температурный раздражитель.

Количество различного типа рецепторов, приходящихся на единицу поверхности кожи, неодинаково. В среднем на 1 см<sup>2</sup> кожи приходится 50 болевых, 25 тактильных, 12 холодовых и 2 тепловых рецептора. Больше всего рецепторов расположено в коже пальцев рук, ладоней, подошв, губ, сосков груди и половых органов. Эти участки тела обладают наибольшей чувствительностью.

Разное количество чувствительных рецепторов в отдельных участках кожи, а также особенности их структуры и глубины залегания обуславливают неодинаковые пороги адекватного раздражения разных участков кожи. Так, порог тактильного раздражения для кожи кончика носа или ладонной стороны ногтевой фаланги пальцев руки раз в 10–15 меньше, чем для кожи живота и спины. Относительно редкое расположение холодовых и особенно тепловых точек приводит к тому, что температурное раздражение очень ограниченного участка кожи может совсем не вызвать соответствующего ощущения. В области голени, бедра и живота ощущение тепла иногда отсутствует даже в том случае, если площадь раздражаемого участка кожи превышает 1 см<sup>2</sup>. Чувствительность к теплу и холоду далеко не одинаковая у разных людей и в сильной степени зависит от адаптации кожи к этим раздражителям.

Обычно раздражения, воспринимаемые кожей, носят комплексный характер, так как действуют на разные виды рецепторов, причем получается единое обобщенное ощущение, характер которого зависит от степени вовлечения в реакцию различных видов рецепторов. Приложение к коже холодного или теплого предмета в первый момент вызывает отчетливое ощущение прикосновения, к которому быстро присоединяется и становится доминирующим ощущение холода или тепла. Объясняется это тем, что импульсы от тактильных рецепторов быстрее достигают центральной нервной системы.

Сила очагов возбуждения, возникающих в коре под влиянием импульсов от тактильных и болевых рецепторов, зависит от характера и ин-

тенсивности раздражения, причем более сильный (доминирующий) очаг способен понижать возбудимость слабого очага. Этим объясняется ослабление или отсутствие тактильных ощущений при сильном болевом раздражении, или, наоборот, уменьшение болевых ощущений, если потирать рукой ушибленное место, прикладывать к нему холодный или теплый предмет. Болевые ощущения могут совсем отсутствовать, когда одновременно относительно слабо раздражаются болевые и сильно стимулируются тактильные рецепторы. Аналогичный корковый механизм лежит в основе подавления болевых ощущений путем интенсивного сжимания рук. В этом случае сильный очаг возбуждения возникает не только в кожном, но и в двигательном анализаторе.

Существенное влияние на чувствительность кожного анализатора оказывают температура кожи и состояние кровообращения в ней, обусловленное сужением или расширением кожных сосудов. Известно, что при повышении температуры кожи ее чувствительность к тактильному и болевому раздражениям повышается, а при охлаждении понижается.

Проводниковый отдел кожного анализатора составляют многие нервы, идущие от рецепторов кожи, и нервные пути, которые заканчиваются в основном в *задней центральной извилине*. Она находится в теменной доле коры каждого полушария и здесь локализован центральный отдел кожного анализатора.

От состояния центрального отдела кожного анализатора зависят изменения кожной чувствительности. Во-первых, центральная нервная система, реагируя на поступающие с периферии импульсы, оказывает рефлекторные влияния на кожу: изменяет ее функциональное состояние, а тем самым и чувствительность. Во-вторых, меняется возбудимость нейронов центрального отдела кожного анализатора. Она повышается, если афферентные импульсы достаточно интенсивны и жизненно важны. Этим объясняется повышение кожной чувствительности под влиянием профессиональных навыков, а также при нарушении функции других анализаторов, что имеет место у слепых и слепоглухонемых. Слабые тактильные и температурные раздражения, в особенности длительно и часто повторяющиеся, наоборот, понижают возбудимость корковых клеток и приводят к развитию в них процесса торможения.

Изменение возбудимости коркового отдела анализатора может происходить и под влиянием сдвигов функционального состояния корковых отделов других анализаторов. Установлено, что чувствительность к тактильным раздражениям в условиях освещения выше, чем в темноте. Чувствительность к раздражениям кожи может, наоборот, снижаться под влиянием сильного очага возбуждения в корковом отделе другого анализатора. Так, значительное мышечное напряжение резко повышает порог боле-

вых и тактильных воздействий, т.е. понижает чувствительность к ним. Аналогичное влияние, особенно на порог пространственного различения тактильных раздражений, оказывает утомление.

**Интероцептивный, или висцеральный, анализатор** играет важную роль в регуляции работы внутренних органов, их взаимосвязи и координации, а также в поддержании постоянства внутренней среды организма и формировании защитно-приспособительных реакций. Периферический отдел интероцептивного анализатора представлен рецепторами, расположенными во внутренних органах – *интерорецепторами* (интероцепторами). Интерорецепторы по своему строению и функциям делятся на механорецепторы, барорецепторы, хеморецепторы, терморецепторы, осморецепторы, болевые рецепторы и др.

Проводниковый отдел висцерального анализатора представлен в основном блуждающим, чревным и тазовым нервами. Корковый отдел этого анализатора расположен в разных участках коры больших полушарий.

Возбуждение некоторых интероцепторов, например, стенок мочевого пузыря или прямой кишки, приводит к появлению четких, осознанных ощущений. Возбуждение интероцепторов сердца, сосудов, почек и ряда других органов не вызывает ясных осознанных ощущений и часто субъективно человек не может точно определить место раздражения.

Изменение состояния внутренних органов, регистрируемое интероцептивным анализатором, даже если оно не осознается человеком, может оказывать значительное влияние на его настроение, самочувствие и поведение.

**Двигательный анализатор** обеспечивает мышечное чувство при изменении напряжения мышц, их фасций, суставных сумок, связок и сухожилий. Благодаря мышечному чувству человек может определить положение своих конечностей, их отделов и других частей тела относительно друг друга, осознавать скорость и направление движения, может оценить мышечную силу, необходимую для движения, удерживания или перемещения груза. Двигательный анализатор совместно с кожным, зрительным и вестибулярным анализаторами дает информацию о положении тела в пространстве, позе человека, участвует в координации мышечной деятельности.

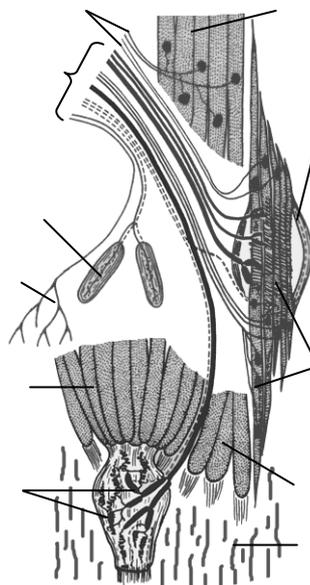
Периферический отдел двигательного анализатора (рис. 16) представлен специализированными рецепторами – *проприорецепторами*, расположенными в мышцах, фасциях, сухожилиях, связках и суставных сумках. Проприорецепторы возбуждаются при всяком изменении, происходящем в двигательном аппарате под влиянием сокращения или растяжения мышц. К проприорецепторам относятся мышечные веретёна, тельца Гольджи, тельца Пачини и свободные нервные окончания.

*Мышечное веретено* представляет собой скопление тонких поперечнополосатых мышечных волокон, окруженных соединительнотканной

капсулой. Эти волокна получили название *интрафузальных*, в отличие от обычных *экстрафузальных* мышечных волокон, обуславливающих сокращение мышцы. Мышечные веретёна расположены параллельно экстрафузальным мышечным волокнам и возбуждаются при расслаблении скелетной мышцы, т.е. дают информацию о ее растяжении и удлинении.

*Тельца Гольджи*, или сухожильные рецепторы Гольджи, располагаются в зоне соединения мышечных волокон с сухожилием, последовательно по отношению к мышечным волокнам. Поэтому они возбуждаются при сокращении мышечных волокон вследствие натяжения сухожилия мышцы и почти не реагируют на растяжение мышечного волокна. Интенсивность импульсов от рецепторов Гольджи увеличивается пропорционально силе мышечного сокращения, что дает информацию о силе, развиваемой мышцей.

*Рис. 16* – Периферический отдел двигательного анализатора:  
 1 – сухожильные рецепторы Гольджи; 2 – экстрафузальные мышечные волокна (средняя часть вырезана); 3 – свободные нервные окончания; 4 – тельца Пачини; 5 – афферентные нервные волокна; 6 – эфферентные волокна; 7 – мышечное веретено; 8 – интрафузальные мышечные волокна; 9 – сухожилие мышцы



*Тельца Пачини* представляют собой покрытые капсулами нервные окончания, которые расположены в глубоких слоях кожи, в сухожилиях и связках. Они реагируют на изменения давления, которое возникает при сокращении мышц и натяжений сухожилий, связок и кожи.

Проводниковый отдел двигательного анализатора представлен нервными волокнами, идущими в составе тех же путей, что и от кожных рецепторов. Центральный отдел двигательного анализатора расположен в передней и задней центральных извилинах лобной и теменной доли коры больших полушарий и в центральной борозде, разделяющей эти доли.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Как осуществляется воздушная проводимость звуковых волн в слуховом анализаторе?
2. Как устроена улитка и кортиева орган?

3. Какую информацию предоставляют рецепторы отолитового аппарата и полукружных каналов?
4. Опишите рецепторы кожного анализатора.
5. Где находится центральный отдел кожного анализатора?
6. Как устроен обонятельный анализатор?
7. Какое строение имеет вкусовой анализатор?
8. Какую информацию поставляют проприорецепторы и интерорецепторы?
9. Чем различаются понятия «рецептор», «орган чувств», «анализатор» и «сенсорная система»?
10. Какова структура анализаторов?
11. Охарактеризуйте общие свойства анализаторов.
12. Что такое рефракция? Укажите преломляющие среды глаза человека.
13. Укажите причины врожденной и приобретенной близорукости и дальнозоркости.
14. Как осуществляется зрачковый рефлекс и какое он имеет значение для нормального зрения?
15. Что такое поле зрения и его характеристики у человека

## **Лекция 5. Гуморальная регуляция организма в онтогенезе**

### План

1. Эндокринная система и ее регуляторная роль. Диффузная эндокринная система.
2. Основные физиологические свойства гормонов.
3. Понятие о постоянстве внутренней среды (гомеостаз). Характеристика гуморальных механизмов регуляции функций.

### **1. Эндокринная система и ее регуляторная роль. Диффузная эндокринная система**

Специальные органы организма, выделяющие в кровь, лимфу или цереброспинальную жидкость высокоактивные биологические вещества, называются *эндокринными железами* или железами внутренней секреции, а выделяемые ими вещества называются *гормонами*.

Термин «гормон», что в переводе с греческого означает «привожу в движение», «возбуждаю», был введен в начале XX века английскими учеными В.Бейлисом и Е.Старлингом. Термин «эндокринный» в переводе с греческого означает «внутри отделяю». Эндокринные железы не имеют выводных протоков и выделяют гормоны во внутреннюю среду организма, вследствие чего они получили второе название – железы внутренней секреции.

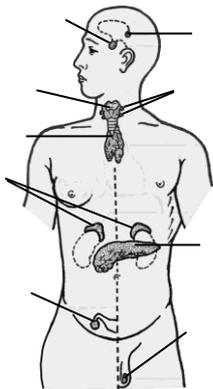


Рис. 17 – Эндокринные железы:  
 1 – яичники; 2 – надпочечники; 3 – тимус; 4 – щитовидная железа; 5 – гипофиз; 6 – эпифиз; 7 – паращитовидные железы; 8 – поджелудочная железа; 9 – семенники

Эндокринные железы не имеют выводных протоков и выделяют гормоны во внутреннюю среду организма. Их клетки густо оплетены сетью кровеносных и лимфатических капилляров, в которые гормоны поступают путем диффузии через клеточные мембраны. Эта особенность принципиально отличает эндокринные железы от экзокринных (желез внешней секреции), выделяющих свои секреты на поверхность тела или в полость других органов по выводным протокам.

Эндокринными железами у человека (рис. 17) являются: 1) гипофиз, или нижний придаток мозга; 2) эпифиз, или верхний придаток мозга, или шишковидная железа; 3) щитовидная железа; 4) околощитовидные, или паращитовидные железы; 5) вилочковая железа, или тимус, или зубная железа; 6) надпочечники. Поджелудочная железа и половые железы, или гонады (у мужчин – семенники, у женщин – яичники), помимо эндокринной выполняют еще и внешнесекреторную функцию. Поэтому поджелудочную железу и половые железы относят к *железам смешанной секреции*.

Кроме указанных эндокринных желез, гормоны могут синтезироваться еще и другими органами и клетками организма (табл. 1). Гормоны, вырабатываемые нейронами головного и спинного мозга, получили название *нейрогормонов*. К ним относятся эндорфины и энкефалины, а также образующиеся в гипоталамусе либерины и статины.

Таблица 1 – Некоторые биологически активные вещества, выполняющие функции гормонов

Вещество	Место синтеза	Физиологические эффекты
Секретин	Тонкая кишка	Тормозит моторику желудка; сокращает пилорический сфинктер; тормозит абсорбцию воды и натрия; стимулирует выделение пепсина желудком, усиливает действие холецистокинина
Вазоактивный интестинальный полипептид (ВИП)	Клетки кишечника	Расширяет кровеносные сосуды сердца, печени, легких и других внутренних органов, вызывает гипотонический эффект
Гастрин	G-клетки пищеварительного тракта	Стимулирует выделение пепсина и соляной кислоты; усиливает моторику желудка и 12-перстной

		кишки; сокращает желчный пузырь
Ангиотензин II	Гепатоциты	Сужает кровеносные сосуды; стимулирует выделение альдостерона; стимулирует питьевое и пищедобывательное поведение
Дельта-пептид сна	Нейроны ЦНС	Вызывает медленноволновой сон, обладает антистрессорным действием
Кинины	Некоторые клетки кишечника и головного мозга	Расширяют кровеносные сосуды желудочно-кишечного тракта, кожи и др; изменяют возбудимость проводящей системы сердца
Вещество P	Нейроны ЦНС	Снижает психическую активность; задерживает развитие стресса; понижает болевую чувствительность; изменяет возбудимость афферентных нервов
Простагландины (А, В, F, E)	Печень, почки, легкие, предстательная железа	Изменяют болевую чувствительность, секрецию желудка, овуляцию; снижают возбудимость гладких мышц сосудов, бронхов, кишечника и т.д.
Эритропоэтины	Юкстагломерулярный аппарат почки	Стимулирует образование эритроцитов в красном костном мозге
Гистамин	В абсолютном большинстве тканей	Вызывает расширение артериол, венул, снижает кровяное давление; увеличивает проницаемость капилляров
Эндорфины	ЦНС	Регулируют восприимчивость ЦНС к боли; оказывают влияние на обучение и память
Энкефалины	ЦНС	Тормозят моторику желудка и тонкой кишки; стимулируют гладкую мускулатуру толстой кишки; обладают морфиноподобным действием

Секретируемые различными клетками биологически активные вещества, оказывающие регулирующее влияние непосредственно на окружающие клетки, получили название *тканевых гормонов* (гормонов местного действия). Тканевые гормоны могут достигать клеток путем диффузии, не попадая в кровоток.

Следует отметить, что способность образовывать и выделять во внутреннюю среду организма биологически активные вещества свойственна не только эндокринным железам и клеткам, но также многим другим органам и тканям. Так, большую физиологическую активность проявляют образующиеся в процессе обмена веществ угольная и молочная кис-

лоты, мочевины, гистамин, простагландины, медиаторы и другие химические соединения.

Совокупность одиночных гормонпродуцирующих клеток (апудоцитов) называют диффузной эндокринной системой (АПУД-системой). Значительное число апудоцитов находится в слизистых оболочках различных органов и связанных с ними железах. Они особенно многочисленны в эпителиальной ткани слизистой оболочки желудочно-кишечного тракта, воздухоносных путей, легких и других органов, а также в нервных центрах и эндокринных железах. Клетки диффузной эндокринной системы получают информацию из внешней и внутренней среды организма. В ответ на нее они реагируют выделением биогенных аминов и пептидных гормонов.

Секреторные продукты клеток диффузной эндокринной системы оказывают как местные (паракринные), так и дистантные эндокринные влияния. Эффекты этих веществ очень разнообразны.

Некоторые вещества, например норадреналин, вырабатывается эндокринной железой – мозговым веществом надпочечников, а также выделяется из окончаний симпатических нервов. В первом случае его называют гормоном, а во втором – медиатором.

Для изучения функций эндокринных желез в экспериментах на животных и у людей применяют разнообразные методы. Основные из них следующие.

1. Полное или частичное удаление (экстирпация) эндокринной железы и наблюдение за происходящими после этого изменениями в организме. В результате такой операции возникает недостаток соответствующих гормонов и нарушаются регулируемые ими функции. Удаление железы можно заменить применением химических веществ, блокирующих ее деятельность.

2. Введение химически чистых гормонов и гормональных препаратов, полученных синтетическим путем или экстрагированных из эндокринных желез, нормальным животным или животным с удаленной соответствующей железой. У нормальных животных после введения возникает избыточность гормона и наблюдаются характерные изменения. У животных с удаленной железой замещение недостающего гормона вызывает улучшение состояния.

3. Метод пересадки (трансплантации) желез внутренней секреции. У животного удаляют эндокринную железу и наблюдают за возникающим изменением функций. Затем такую же железу пересаживают от другого животного (донора) в другой участок тела, включая ее в круг кровообращения. Если после пересадки происходит нормализация состояния животного, то, следовательно, данная железа обладает эндокринной функцией.

4. Метод поддержания жизнедеятельности изолированных из организма эндокринных желез или кусочков их ткани или выделенных клеток в

питательной среде. Исследуя содержание гормонов в питательной среде, можно судить о процессе образования гормонов клетками железы, изучать влияние других гормонов и химических веществ.

5. Введение радиоактивной метки и ауторадиография. В организм вводят радиоактивный изотоп элемента, который используется для синтеза гормона, или меченный радиоактивной меткой гормон. Затем определяют радиоактивность различных органов или оттекающей от них крови. Таким способом судят, например, об интенсивности функции щитовидной железы не только у животных, но и у людей по величине захвата ею радиоактивного изотопа йода. Метод ауторадиографии заключается в том, что после введения в организм животного радиоактивных гормонов или радиоактивных веществ, которые включаются в молекулу гормона, через какое-то время берут кусочки тканей различных органов и определяют в них уровень радиоактивности. Таким способом устанавливают наличие и распределение гормона в органе и его частях.

6. Определение содержания гормонов и их продуктов распада в биологических жидкостях биологическими, химическими, иммунологическими и радиоиммунологическими методами у животных и человека. Чаще всего определяют содержание гормонов в плазме крови, а их продуктов распада – в моче.

## **2. Основные физиологические свойства гормонов**

Гормоны обладают рядом характерных свойств:

1. *Высокая биологическая активность.* Это означает, что гормоны в очень малых концентрациях могут вызывать значительные изменения физиологических функций. Так, 1 грамма адреналина достаточно, чтобы усилить работу изолированных сердец 10 миллионов лягушек, 1 грамма инсулина достаточно, чтобы понизить уровень сахара в крови у 125 тысяч кроликов. Гормоны транспортируются кровью не только в свободном, но и в связанном виде с белками плазмы крови или клетками крови. Поэтому активность действия гормона в этом случае зависит не только от концентрации его в крови, но и от скорости отщепления его от транспортирующих белков и клеток крови.

2. *Специфичность действия.* Каждый гормон имеет свою определенную химическую структуру. Поэтому в организме гормон хотя и достигает с током крови всех органов и тканей, но действует только на те клетки, ткани и органы, которые обладают специфическими рецепторами, способными взаимодействовать с гормоном. Такие клетки, ткани и органы получили название клеток-мишеней, тканей-мишеней и органов-мишеней. Если клетка содержит рецептор к соответствующему гормону, то она служит для него клеткой-мишенью, если же рецептор отсутствует, то клетка не отвечает на приносимый кровью гормон.

3. *Дистантность действия.* Гормоны, за исключением тканевых гормонов, переносятся кровью далеко от места их образования и оказывают действие на органы и ткани, расположенные отдаленно от эндокринных желез.

4. Гормоны стероидной группы и в меньшей степени гормоны щитовидной железы сравнительно *легко проникают через мембраны* клеток.

5. Гормоны сравнительно *быстро разрушаются* в тканях и особенно в печени.

6. Гормоны стероидной и аминокислотной групп *не имеют видовой специфичности* и поэтому возможно применение для лечения человека гормональных препаратов, полученных от животных.

Интенсивность секреции гормонов зависит от состояния организма и условий окружающей среды. При нарушении функций эндокринных желез может наблюдаться повышенная продукция гормона – *гиперфункция железы*, или пониженная продукция – *гипофункция железы*.

Белково-пептидные гормоны синтезируются на рибосомах. Затем они поступают в комплекс Гольджи, от которого отшнуровываются, как правило, совместно с АТФ, липидами и ферментами в виде пузырьков и накапливаются в эндокринной клетке. Мелкие пептидные гормоны, например тиролиберин гипоталамуса, синтезируются с помощью ферментов, находящихся в цитоплазме. Некоторые гормоны (глюкагон, инсулин и др.) синтезируются в виде предшественника (прогормона), который затем подвергается ферментативному расщеплению с образованием конечной молекулы гормона.

Стероидные гормоны образуются из холестерина. Они содержатся в цитоплазме в каплях жира и выделяются из клетки, не накапливаясь в ней, по мере их образования.

Для выхода гормона из клетки необходима затрата энергии АТФ. Для секреции необходимо участие ионов кальция, которые активируют белки микротрубочек и микрофиламентов. Уменьшение концентрации ионов кальция во внеклеточной среде и в эндокринной клетке снижает секрецию из нее гормона.

Большинство гормонов переносится кровью в виде комплексных соединений с белками плазмы. Связанная с белками крови и свободная форма гормона могут переходить друг в друга. Связанная форма гормона не активна и служит его физиологическим резервом. Связывание гормона с белками препятствует его разрушению ферментами, а также фильтрации низкомолекулярных гормонов через почки в мочу и потере из организма. При увеличении потребности организма в определенном гормоне происходит переход его из связанного в свободное активно действующее состояние.

В процессе действия на клетки-мишени с гормонами происходят различные превращения. В одних случаях могут образовываться новые

гормоны, в некоторых случаях еще более активные. Так, гормон щитовидной железы тироксин может превращаться в тканях в более активный гормон – трийодтиронин. В большинстве случаев гормоны распадаются на более мелкие соединения. Из них могут опять ресинтезироваться некоторые гормоны. Большая же часть этих соединений необратимо распадается, что предохраняет организм от накопления лишних биологически активных веществ.

Наиболее полно ферментативное расщепление гормонов происходит в печени. Большинство гормонов, за исключением гормонов щитовидной железы, распадается в течение нескольких минут и часов. Продукты распада гормонов выводятся с мочой. Часть их из печени поступает с желчью в кишечник и удаляется из организма.

Важнейшим фактором, регулирующим интенсивность образования и секреции гормонов, является состояние регулируемых ими процессов. Как только изменения, вызываемые каким-либо гормоном, достигают определенной величины, образование и выделение этого гормона уменьшается. В ряде случаев увеличивается продукция другого гормона, действующего противоположно на данный процесс. Такой механизм регуляции получил название «*механизма отрицательной обратной связи*».

Функции эндокринных желез регулируются центральной нервной системой, которая контролирует выделение всех гормонов. Нервные влияния на эндокринные органы осуществляются двумя способами: 1) путем непосредственного поступления к ним нервных импульсов по нервам; 2) путем изменения интенсивности образования гормонов в передней доле гипофиза под влиянием нейрогормонов, образующихся в отделе промежуточного мозга – гипоталамусе.

Все эндокринные железы в целостном организме находятся в постоянном взаимодействии. Выделяют следующие типы взаимодействия между эндокринными железами: 1) *положительная прямая связь* (например, увеличение выделения передней долей гипофиза тиреотропного гормона приводит к увеличению образования гормонов щитовидной железой); 2) *отрицательная обратная связь* (например, повышенное выделение гормонов щитовидной железой вызывает уменьшение секреции тиреотропного гормона гипофизом); 3) *синергизм действия гормонов* (гормон мозгового вещества надпочечников адреналин и гормон поджелудочной железы глюкагон одинаково действуют на гликоген, т.е. вызывают его расщепление); 4) *антагонизм действия гормонов* (адреналин вызывает расщепление гликогена, а гормон поджелудочной железы инсулин, наоборот, стимулирует образование гликогена); 5) *позволяющее (пермиссивное) действие гормонов* (гормоны коркового вещества надпочечников глюко-

кортикоиды создают условия для повышенного действия адреналина на кровеносные сосуды)

По химическому строению гормоны человека можно разделить на три основные группы: 1) *белки и пептиды*; 2) *производные аминокислот*; 3) *стероиды*. Биосинтез гормонов запрограммирован в генетическом аппарате специализированных эндокринных клеток.

По своему функциональному действию гормоны подразделяются на *эффекторные*, которые оказывают влияние непосредственно на орган-мишень, и *тропные*, основной функцией которых является регуляция синтеза и выделения эффекторных гормонов. Кроме того, нейронами гипоталамуса вырабатываются нейрогормоны, одни из которых – *либерины* – стимулируют секрецию гормонов передней долей гипофиза, а другие – *статины* – тормозят этот процесс.

Гормоны оказывают большое регулирующее влияние на различные функции организма. Выделяют три основные функции гормонов: 1) *регуляция обмена веществ*, в результате которой обеспечивается адаптация организма к условиям существования и поддерживается постоянство внутренней среды организма, или гомеостаз; 2) *обеспечение развития организма*, т.к. гормоны влияют на размножение организма, рост и дифференцировку клеток и тканей; 3) *коррекция физиологических процессов* в организме, т.е. гормоны могут вызвать, усилить или ослабить работу каких-то органов и осуществление физиологических реакций.

Действие гормонов на клетки осуществляется путем влияния на активность ферментов, на проницаемость клеточных мембран и на генетический аппарат клетки

Малая часть продуктов расщепления некоторых гормонов может опять ресинтезироваться в гормоны. Основная же часть подвергается необратимому расщеплению. Это предохраняет организм от накопления избытка биологически активных веществ. Прекращение действия гормонов осуществляется с помощью ферментов, имеющихся в тканях, самих эндокринных железах, печени и почках. Продукты распада гормонов, а также небольшое количество некоторых нерасщепившихся гормонов выводятся из организма главным образом с мочой и с желчью через кишечник.

### **3. Понятие о постоянстве внутренней среды (гомеостаз).**

#### **Характеристика гуморальных механизмов регуляции функций**

Кровь, лимфа и тканевая жидкость являются внутренней средой организма. Омывая все клетки, внутренняя среда доставляет им вещества, необходимые для жизнедеятельности, и уносит конечные продукты обмена. Кроме крови, лимфы и тканевой жидкости во внутреннюю среду от-

дельных органов входят спинномозговая, суставная, плевральная и другие жидкости.

В отличие от непрерывно изменяющейся внешней среды внутренняя среда относительно постоянна по своему составу и физико-химическим свойствам ( $t^\circ$ , осмотическое давление, рН и др.) и параметры ее колеблются лишь в очень узких пределах.

Постоянство химического состава и физико-химических свойств внутренней среды является важной особенностью организмов высших животных. Для обозначения этого постоянства американский физиолог Уолтер Кеннон в 1929 г. предложил термин – *гомеостаз* (от греч. *homoios* – подобный, *stasis* – стояние). Однако идея о существовании физиологических механизмов, направленных на поддержание постоянства внутренней среды организма, была высказана еще во второй половине XIX века Клодом Бернаром. К. Бернар рассматривал стабильность физико-химических условий во внутренней среде как основу свободы и независимости живых организмов в непрерывно меняющейся внешней среде. Явления гомеостаза наблюдаются на разных уровнях биологической организации. Гомеостаз выражается в наличии ряда жестких и пластичных биологических констант, т.е. устойчивых количественных показателей, характеризующих нормальное состояние организма. Эти константы непрерывно колеблются около постоянных уровней. Диапазон колебаний очень мал у жестких констант (например, у осмотического давления крови) и достаточно большой у пластичных констант (например, уровень кровяного давления). Константами гомеостаза являются: температура тела, осмотическое давление крови и тканевой жидкости, содержание в них ионов натрия, калия, кальция, хлора и фосфора, а также молекул белков и сахара, концентрация водородных ионов, кровяное давление и ряд других.

Следует иметь в виду, что постоянство состава является не абсолютным, а относительным и динамическим. Это постоянство достигается непрерывно совершаемой работой ряда органов и тканей, в результате которой выравниваются происходящие под влиянием изменений внешней среды и в результате жизнедеятельности организма сдвиги в составе и физико-химических свойствах внутренней среды. Дополнительные физиологические механизмы обеспечивают стабилизацию внутренней среды отдельных органов (например, гематоэнцефалический и гематоофтальмический барьеры определяют особые свойства жидкостей, окружающих клетки мозга и глаза).

Гомеостаз имеет определенные границы. При длительном пребывании организма в условиях, которые значительно отличаются от тех, к которым он приспособлен, гомеостаз нарушается, и могут произойти сдвиги, несовместимые с нормальной жизнью.

Высокий уровень гомеостаза возникает лишь на определенных этапах филогенеза (у высших животных) и онтогенеза (у новорожденных нет такого постоянства температуры тела, состава и свойств внутренней среды, как у взрослого организма). Высокая эффективность механизмов гомеостаза у млекопитающих, и в частности у человека, обеспечивает возможность их жизнедеятельности при значительных изменениях окружающей среды. Животные, неспособные поддерживать некоторые параметры внутренней среды, вынуждены жить в более узком диапазоне параметров окружающей среды (в частности, при более постоянных климатических условиях).

Даже небольшие нарушения гомеостаза приводят к патологии. Поэтому определение относительно постоянных физиологических показателей, таких, как температура тела, артериальное давление крови, ее состав и другие показатели, имеют большое диагностическое значение в медицине. Познание закономерностей гомеостаза человека имеет большое значение для выбора эффективных методов лечения многих заболеваний.

Циркуляция крови является необходимым условием поддержания гомеостаза и постоянства состава самой крови. Остановка сердца и прекращение движения крови немедленно приводят организм к гибели. Постоянство состава и свойств крови регулируется ЦНС и железами внутренней секреции.

Роль разных органов и их систем в сохранении гомеостаза различна. Так, система органов пищеварения обеспечивает поступление в кровь питательных веществ в том виде, в каком они могут быть использованы клетками организма. Система органов кровообращения осуществляет непрерывное движение крови и транспорт различных веществ в организме, в результате чего питательные вещества, кислород и различные химические соединения, образующиеся в самом организме, поступают к клеткам, а продукты распада переносятся к органам, которые их выводят из организма. Дыхательная система обеспечивает поступление кислорода в кровь и удаление  $\text{CO}_2$  из организма.

Печень и ряд др. органов осуществляют значительное число химических превращений – синтез и расщепление многих химических соединений. Органы выделения – почки, легкие, потовые железы, кожа – удаляют из организма конечные продукты распада органических веществ и поддерживают постоянство содержания воды и электролитов в крови и, следовательно, в тканевой жидкости и в клетках организма.

В поддержании гомеостаза важнейшая роль принадлежит нервной системе. Чутко реагируя на различные изменения внешней или внутренней среды, она так регулирует деятельность органов и систем, что предупреждаются и выравниваются сдвиги и нарушения, которые происходят или могли бы произойти в организме.

### **Характеристика гуморальных механизмов регуляции функций.**

В процессе эволюции в многоклеточных организмах возникла необходимость координации и регуляции деятельности различных клеток, тканей и органов, выполняющих специализированные функции. *Физиологическая регуляция* – это активное управление функциями организма и его поведением для поддержания оптимального уровня жизнедеятельности, постоянства внутренней среды и обменных процессов с целью адаптации организма к меняющимся условиям среды.

Древнейшей формой взаимодействия, регуляции и управления между клетками многоклеточных организмов является химическое, или *гуморальное влияние*. Оно у менее сложно организованных многоклеточных осуществляется посредством продуктов обмена веществ, которые выделяются в жидкости организма. Затем в процессе эволюционного развития у растений и животных возникли специализированные секреторные клетки, синтезирующие биологически активные вещества, специально предназначенные для регуляции процессов жизнедеятельности. Объединение этих секреторных клеток в эндокринные железы произошло у животных типа Членистоногие.

Таким образом, гуморальный механизм регуляции более древний, чем нервный. Однако нервная система возникла в процессе эволюции раньше (у кишечнополостных животных), чем сформировались органы эндокринной системы (у членистоногих).

Гуморальными факторами регуляции процессов жизнедеятельности и управления органами в организме человека являются: 1) *физиологически активные вещества – гормоны*, вырабатываемые эндокринными железами и некоторыми другими органами и клетками организма (например, гормон адреналин вырабатывается эндокринной железой – мозговым веществом надпочечников, а также хромаффинными клетками, находящимися в нервных узлах, стенке кровеносных сосудов и других органах); 2) некоторые *специфические продукты обмена веществ* клеток, в том числе и медиаторы (ацетилхолин, норадреналин и др.); 3) некоторые *неспецифические продукты обмена веществ* клеток (например,  $\text{CO}_2$  оказывает возбуждающее действие на клетки дыхательного центра продолговатого мозга); 4) некоторые *вещества, поступающие вместе с продуктами питания, при дыхании, через кожу* (например, никотин, вдыхаемый с табачным дымом, снижает возбудимость нервных клеток и оказывает отрицательное воздействие на деятельность многих клеток и тканей).

Важнейшим видом гуморальной регуляции функций является *гормональная регуляция*, осуществляемая посредством гормонов, которые вырабатываются эндокринными железами. Кроме того, гормоноподобные вещества выделяются и некоторыми другими органами, и клетками организ-

ма, выполняющими, помимо эндокринной, другую специализированную функцию (почки, плацента, клетки слизистой оболочки пищеварительного тракта и др.). Эти вещества получили название тканевых гормонов.

Особенностями гуморальной регуляции является то, что она: 1) не имеет точного адресата, так как с током биологических жидкостей вещества могут доставляться к любым клеткам организма; 2) имеет небольшую скорость доставки информации, что определяется скоростью тока биологических жидкостей (максимальная скорость тока крови в аорте примерно 0,5 м/с); 3) действует продолжительно; 4) относительно медленно начинает свое действие и также медленно его прекращает.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Как называются биологически активные вещества, вырабатываемые эндокринными железами?
2. Назовите железу смешанной секреции, внешнесекреторная функция которой заключается в секреции пищеварительного сока.
3. У какой железы смешанной секреции, внешнесекреторной функцией является образование мужских гамет?
4. У какой железы смешанной секреции, внешнесекреторной функцией является образование женских гамет?
5. Гормоны, выделяемые в кровяное русло, доставляются кровью ко всем органам. Как называется орган, реагирующий на определенный гормон?
6. Как осуществляется гуморальная регуляция функций?

## **Лекция 6. Развитие опорно-двигательного аппарата в онтогенезе.**

### **План**

1. Структурно-функциональная организация скелетных мышц. Виды и режимы сокращения мышц.
2. Особенности структуры и функций гладких мышц.

### **1. Структурно-функциональная организация скелетных мышц. Виды и режимы сокращения мышц**

Любой двигательный акт человека осуществляется благодаря сократительной деятельности скелетных мышц, управляемых центральной нервной системой. Структурной и функциональной единицей скелетной мышцы является поперечнополосатое мышечное волокно, имеющее диаметр от 10 до 100 мкм и длину 2–3 см. Каждое волокно – это многоядерное образование, возникающее в раннем онтогенезе, еще до рождения ребенка,

из слияния клеток-миобластов. Снаружи волокно покрыто оболочкой – *сарколеммой*. Внутри находится цитоплазма, называемая *саркоплазмой*. В саркоплазме расположены *саркоплазматический ретикулум* и сократительный аппарат мышечного волокна – *миофибриллы*. Миофибриллы имеют вид тонких нитей диаметром порядка 1 мкм, расположенных в саркоплазме вдоль волокна. В одном мышечном волокне может содержаться несколько сотен миофибрилл.

На всем своем протяжении миофибрилла состоит из повторяющихся участков – *саркомеров* длиной примерно по 2,5 мкм. В световой микроскоп видно (рис. 10, а), что по краям саркомера расположены светлые изотропные участки, которые у соседних саркомеров смыкаются в I-диски, а в центре находится темный анизотропный участок – А-диск.

**Виды и режимы сокращения мышц.** Сокращение скелетных мышц происходит в ответ на нервные импульсы, поступающие от иннервирующих мышцы нейронов, которые называют *мотонейронами*. Мотонейрон вместе со всеми мышечными волокнами, которые он иннервирует, называют *нейромоторной*, или *двигательной единицей* (рис. 18). В различных мышцах количество мышечных волокон в нейромоторной единице различно. Например, в мышцах, двигающих глазное яблоко, их 3–6, в пальцах руки – 10–25, а в икроножной мышце ног – до 7 тыс.

По функциональным свойствам двигательные единицы подразделяют на: 1) *фазные* нейромоторные единицы, участвующие в осуществлении быстрых движений; 2) *тонические* нейромоторные единицы, осуществляющие медленные реакции и обеспечивающие тонус мышц; 3) *переходные* нейромоторные единицы, которые могут функционировать и как фазные и как тонические. В фазные нейромоторные единицы входят главным образом белые мышечные волокна, которые содержат много миофибрилл, гликогена и гликолитических ферментов, но очень мало миоглобина. Тонические нейромоторные единицы включают в основном красные мышечные волокна, содержащие большое количество миоглобина и митохондрий.

В результате сокращения в мышечных волокнах возникает напряжение, которое может реализовываться по-разному. Если внешняя нагрузка меньше, чем напряжение сокращающейся мышцы, то мышца укорачивается

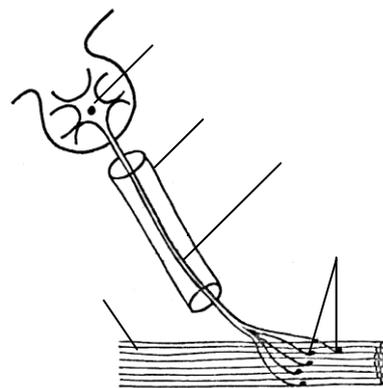


Рис. 18. Схема нейромоторной единицы:

1 – мышечные волокна; 2 – мотонейрон в нервном центре (переднем рогу спинного мозга); 3 – нервный ствол; 4 – отдельное нервное волокно; 5 – нервно-мышечные синапсы

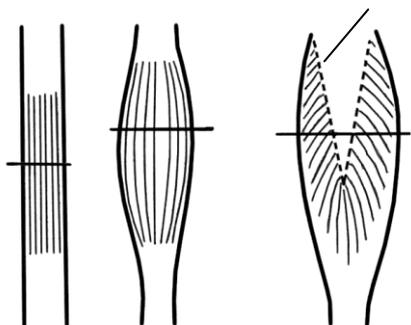


Рис. 19. Схема строения мышцы: а – физиологический и анатомический (б) поперечники в параллельно волокнистой (I), веретенообразной (II) и перистой (III) мышцах

и вызывает движение. Такой тип сокращения называется *концентрическим*. Если внешняя нагрузка больше, чем напряжение, развиваемое мышцей во время сокращения, то такая мышца растягивается. Это *эксцентрический* тип сокращения. Концентрический и эксцентрический типы сокращения, при которых не меняется напряжение мышцы, но изменяется ее длина, объединяют в *изотонический* тип сокращения. Он наблюдается при динамической работе.

Сокращение мышцы, при котором она развивает напряжение, но не изменяет своей длины, называется *изометрическим* (например, при удержании груза в одном положении). Изометрические сокращения наблюдаются при статических нагрузках. Чаще всего наблюдается *ауксотонический* (смешанный) тип сокращения, при котором изменяются напряжение и длина мышц.

яются при статических нагрузках. Чаще всего наблюдается *ауксотонический* (смешанный) тип сокращения, при котором изменяются напряжение и длина мышц.

*Максимальная сила мышцы* зависит от числа мышечных волокон, составляющих данную мышцу, и от толщины этих волокон. Отношение максимальной силы мышцы к ее анатомическому поперечнику называется *относительной силой мышцы*. Анатомический (геометрический) поперечник мышцы – это площадь поперечного разреза мышцы, проведенного перпендикулярно ее длине (рис. 19).

Отношение максимальной силы мышцы к ее физиологическому поперечнику называется *абсолютной силой мышцы*. Физиологический поперечник мышцы – это площадь поперечного сечения мышцы, проведенного перпендикулярно ходу ее волокон. Увеличение поперечника мышцы происходит в результате мышечной тренировки и называется *рабочей гипертрофией* мышцы.

Мышечную силу человека измеряют при произвольном напряжении мышц и поэтому ее часто называют *максимальной произвольной мышечной силой*. Она зависит от координационных (нервных) факторов, к которым относятся механизмы управления мышечным аппаратом со стороны ЦНС, и от периферических, или мышечных, факторов.

К мышечным факторам относятся:

- количество всех волокон и число сокращающихся волокон в данной мышце;

- соотношение быстрых (белых) и медленных (красных) мышечных волокон (чем больше быстрых волокон в мышце, тем больше возможная ее сила сокращения);
- поперечное сечение мышцы;
- умеренное растяжение мышцы, которое увеличивает силу сокращения;
- функциональное состояние мышцы.

## **2. Особенности структуры и функций гладких мышц**

Гладкие мышцы образуют мышечный слой стенок желудка, кишечника, кровеносных сосудов, мочевого пузыря и других внутренних органов. Гладкая мышечная ткань состоит из веретенообразных одноядерных мышечных клеток. Некоторые клетки в гладких мышцах связаны между собой контактами – нексусами, имеющими малое электрическое сопротивление. В гладких мышцах саркомеры в миофибриллах расположены неупорядоченно, поэтому они не имеют поперечной исчерченности (полосатости). Гладкие мышцы иннервированы симпатическими, парасимпатическими и метасимпатическими нервными волокнами. К некоторым гладкомышечным клеткам нервы не подходят напрямую, а иннервируют их через другие гладкомышечные клетки.

Среди клеток гладких мышц есть клетки-пейсмекеры, способные к спонтанной самопроизвольной медленной деполяризации мембраны и возникновению потенциалов действия. Возбуждение распространяется со скоростью 5–10 см/с на остальные гладкомышечные клетки и обуславливает миогенный тонус гладких мышц. Потенциал действия вызывает сокращение гладкомышечной клетки длительностью несколько секунд.

Клетки гладких мышц обладают большой пластичностью и растяжимостью. Будучи растянутыми до определенной степени, они начинают деполяризоваться и отвечать на это растяжение сокращением, что лежит в основе периферической саморегуляции гладких мышц. Например, стенки мочевого пузыря, растянутые мочой до определенной величины, начинают сокращаться. В некоторых гладких мышцах (радужной оболочки глаза, артерий и др.), имеющих более густую иннервацию и меньше нексусов, тонус поддерживается в основном в результате поступающих нервных импульсов.

В гладкомышечных клетках кальциевый насос саркоплазматического ретикулума функционирует гораздо слабее, чем в клетках скелетных мышц, что отчасти является причиной медленного расслабления гладких мышц. Кальцийсвязывающей молекулой в клетках гладких мышц является не тропонин, а другой белок – кальмодулин.

Сила сокращения гладких мышц мало отличается от силы сокращения поперечнополосатых мышц, но скорость сокращения в 10–100 раз ни-

же. Расход энергии у гладких мышц в 100–500 раз меньше, чем у поперечнополосатых мышц.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Что является структурной и функциональной единицей скелетной мышцы?
2. Как называется оболочка мышечного волокна?
3. Как называются видимые в световой микроскоп повторяющиеся участки, из которых состоит миофибрилла?

## **Лекция 7. Возрастные особенности системы крови и кровообращения**

### **План**

1. Кровь как составная часть внутренней среды организма. Основные функции крови.
2. Плазма крови
3. Форменные элементы крови.
4. Возрастные особенности кровообращения. Значение сердечно-сосудистой системы. Особенности кровоснабжения сердца.
5. Микроструктура сердечной мышцы.
6. Физиология сердечной мышцы. Методы изучения сердечной деятельности.

### **1. Кровь как составная часть внутренней среды организма. Основные функции крови**

Кровь – это жидкая соединительная ткань, состоящая из плазмы и взвешенных в ней кровяных телец – эритроцитов, лейкоцитов и тромбоцитов (рис. 20). Она заключена в систему кровеносных сосудов и благодаря работе сердца находится в состоянии непрерывного движения. Составные части крови в основном образуются и разрушаются вне ее. Кровь вместе с кроветворными и кроверазрушающими органами составляют целостную систему крови. В этой системе выделяют 4 части: 1) периферическую кровь, циркулирующую по сосудам; 2) органы кроветворения и созревания форменных элементов крови (красный костный мозг, лимфатические узлы, селезенка, вилочковая железа); 3) органы кроверазрушения (ретикулоэндотелиальная система печени и селезенки); 4) регулирующий нейрогуморальный аппарат (вегетативная нервная система, эритропоэтины, лейкопоэтины, тромбопоэтины).

Благодаря циркуляции по сосудам кровь выполняет в организме следующие важнейшие функции: 1) транспортную, 2) дыхательную, 3)

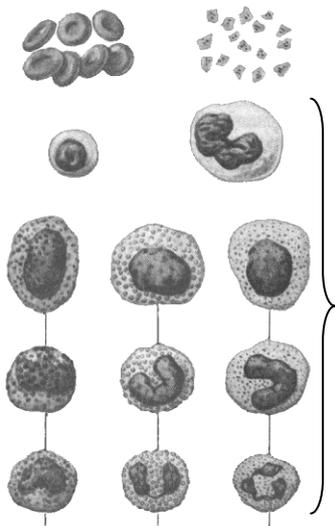


Рис. 20. Форменные элементы крови:

1 – эритроциты; 2 – тромбоциты; 3 – лейкоциты; 4 – лимфоцит; 5 – моноцит; 6 – базофилы; 7 – эозинофилы; 8 – нейтрофилы

защитную, 4) регуляторную, 5) терморегуляторную, 6) поддержание постоянства водно-солевого состава и других параметров внутренней среды организма (гомеостатическая функция).

*Транспортная функция* крови заключается в переносе от желудка и ворсинок кишечника воды, минеральных и питательных веществ к клеткам, а от них к органам выделения продуктов распада. Транспортную функцию часто подразделяют на питательную и выделительную. *Дыхательная функция* заключается в связывании кислорода в капиллярах альвеол легких гемоглобином крови и переносе его к тканям, а также в переносе углекислого газа кровью от тканей к легким. *Защитную функцию* кровь выполняет благодаря способности лейкоцитов и защитных белков плазмы крови (иммуноглобулинов) обезвреживать микроорганизмы, их яды, чужеродные белки и некоторые инородные тела.

Осуществляя перенос гормонов и других физиологически активных веществ, кровь выполняет *регуляторную функцию*. Поступая от глубокозалегающих органов (так называемого теплового ядра тела) к поверхности тела, кровь выступает в роли теплоносителя и переносит тепло, выполняя тем самым *терморегуляторную функцию*. Также кровь разносит воду и растворы солей по организму, участвует в поддержании уровня глюкозы и других веществ, выполняя *гомеостатическую функцию*.

Кровь представляет собой непрозрачную клейкую жидкость красного цвета, солоноватого вкуса, состоящую из двух частей: плазмы и форменных элементов – эритроцитов, лейкоцитов и тромбоцитов. Количество крови у большинства взрослых людей составляет примерно 7 % от веса тела (возможны колебания от 5 до 9 %), у лошади – 9,8 %, у свиньи – 4,6 %. Общее количество крови в организме сохраняется на относительно постоянном уровне. Быстрая потеря 1/3 части общего количества крови при травмах, ранениях может привести организм человека к гибели из-за быстрого падения кровяного давления. В этих случаях необходимо срочное переливание крови или кровезамещающей жидкости, чтобы поддержать уровень кровяного давления.

Часть объема крови, приходящаяся на долю форменных элементов, называется *гематокритом*. В норме у взрослого мужчины гематокрит равен 44–46 об.%, а у женщин – 41–43 об.%.

У здорового человека в условиях покоя вся кровь делится на две части: *циркулирующую* (40–50 %) и *депонированную* (50–60 %). Деponированная кровь сосредоточена в капиллярах кожи и подкожной клетчатки ( $\approx 10$  %), селезенки (до 16 %), печени (до 20 %), легких и почти не смешивается с циркулирующей кровью. Благодаря депонированию уменьшается количество циркулирующей крови и снижается нагрузка на сердце.

Мышечная работа, повышение температуры тела удушье, вдыхание углекислого газа, эмоции, выделение в кровь или введение в нее адреналина вызывает выброс крови из депо и увеличение количества циркулирующей крови.

Если кровь, к которой добавлено противосвертывающее вещество (например, гепарин), налить в пробирку и оставить стоять неподвижно или центрифугировать, то форменные элементы как более тяжелые осядут на дно. При этом кровь разделится на три слоя. Нижний слой красного цвета состоит из смеси красных эритроцитов и бесцветных тромбоцитов. Верхний наиболее легкий слой – прозрачный, бесцветный, или слегка желтоватый, представляет собой плазму крови. Третий слой в виде тонкой пленки белого или светло-желтого цвета образован лейкоцитами. Он располагается между верхним и нижним слоем, т.к. лейкоциты тяжелее плазмы крови, но легче эритроцитов и тромбоцитов.

Относительная плотность, или удельный вес, цельной крови – 1,05–1,06, эритроцитов – 1,09, плазмы крови – 1,025–1,034. Вязкость цельной крови около 5,0, плазмы крови – 1,7–2,2 (вязкость дистиллированной воды равна 1).

Осмотическое давление крови равно 7,6–8,1 атмосферы. Оно создается суммарным числом молекул и ионов в крови и в первую очередь минеральными солями. На долю NaCl приходится 60 % всего осмотического давления. Благодаря осмотическому давлению осуществляется необходимый обмен веществ через полупроницаемые мембраны клеток крови и тканей. Осмотическое давление обеспечивает распределение воды между кровью и клетками тканей.

При помещении клеток крови в растворы с более высоким, чем в клетках, осмотическим давлением (*гипертонические растворы*) происходит сморщивание и гибель эритроцитов вследствие перехода воды из кле-

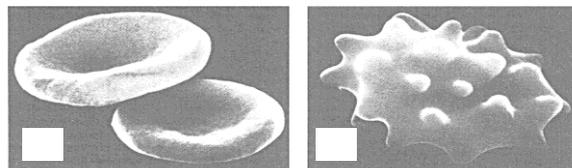


Рис. 21. Нормальные эритроциты (А) и сморщенные эритроциты (В) в гипертоническом солевом растворе

ток в раствор (рис. 21). В растворах с более низким, чем в эритроцитах, осмотическим давлением (*гипотонические растворы*) вода переходит из раствора в эритроциты, они набухают и лопаются. Только в растворах, осмотическое давление которых равно осмотическому давлению в клетках (*изотонические растворы*), не происходит изменения объема клеток.

Даже незначительные изменения состава плазмы крови могут привести к гибели клеток крови и тканей. Поэтому осмотическое давление крови является жесткой константой гомеостаза и всегда находится на относительно постоянном оптимальном для обмена веществ уровне.

Важнейшим показателем является активная реакция крови, или pH. Это обусловлено тем, что катализаторами всех биохимических реакций в организме являются ферменты, которые активны только при определенной реакции среды. У артериальной крови pH равен 7,4, а у венозной крови вследствие большего содержания в ней углекислоты равен 7,35. При очень интенсивной мышечной работе pH крови может на короткое время смещаться в кислую сторону до 6,95.

## 2. Плазма крови.

Плазма крови представляет собой сложную смесь белков, аминокислот, углеводов, жиров, солей, гормонов, ферментов, антител, растворенных газов и продуктов распада белка (мочевина, мочевая кислота, аммиак и др.), подлежащих выведению из организма (табл. 2).

Плазма крови имеет слабощелочную реакцию (pH – 7,36). Основными компонентами плазмы являются вода (90–91 %), белки (7–8 %), глюкоза (0,12 %), минеральные соли (0,9 %). Между плазмой крови, межклеточной и внутриклеточной жидкостью постоянно происходит обмен водой и небольшими молекулами веществ (рис. 22).

Таблица 2 – Состав плазмы крови

Компонент	Содержание, %	Компонент	Содержание, %
Вода	90–91	Мочевая кислота	0,004
Белки (всего): альбумины глобулины	7–8	Креатинин	0,006
	5–6	Натрий	0,3
	2	Калий	0,02
Фибриноген	0,04	Кальций	0,012
Липиды	0,3	Магний	0,002
Нейтральный жир	0,1–0,2	Хлор	0,35
Глюкоза	0,12	Бикарбонаты	0,16
Аминокислоты	0,008	Фосфор	0,03
Мочевина	0,03	Сульфаты	0,02

Межклеточная (тканевая) жидкость представляет собой внешнюю среду для большинства клеток организма. Обмен веществами между

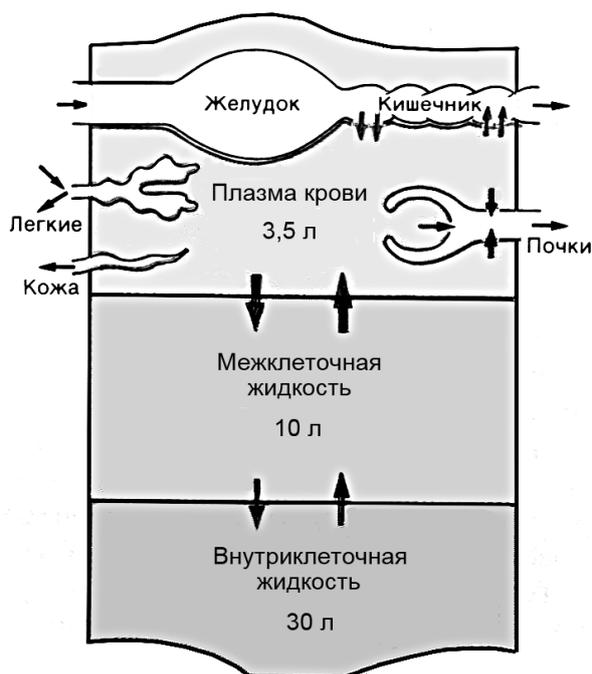


Рис. 22. Схема жидкостных сред организма. Представлены округленные значения для человека массой 70 кг

плазмой крови и межклеточной жидкостью происходит очень быстро через большую площадь стенок капилляров, высокопроницаемых для воды и растворов солей. Крупные молекулы белков не могут свободно проходить через стенку капилляров, и в этом отношении межклеточная жидкость существенно отличается от плазмы крови.

Белки плазмы крови делятся на *глобулины* ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ), *альбумины* и *липопротеиды* (табл. 3). Значение белков плазмы в следующем:

1) белок фибриноген участвует в процессе свертывания крови;

2) гамма-глобулины являются антителами, обеспечивающими иммунитет к определенным ин-

фекционным болезням; очищенный  $\gamma$ -глобулин используют для лечения некоторых болезней и повышения невосприимчивости к ним;

3) наличие белков в плазме крови повышает ее вязкость, что имеет значение в поддержании давления крови в сосудах;

4) белки, являясь буферами, участвуют в поддержании постоянства рН крови;

5) белки имеют большую молекулярную массу, поэтому крупные молекулы белков плазмы крови, как правило, не проникают через стенки капилляров. Они удерживают в сосудистой системе определенное количество воды, создавая *онкотическое давление* и участвуют в распределении воды между кровью и межклеточной жидкостью. Онкотическое давление гораздо меньше, чем создаваемое солями плазмы крови осмотическое давление, и равно в среднем 30 мм рт. ст. Оно более чем на 80 % определяется альбуминами. Онкотическое давление влияет на процессы образования межклеточной жидкости, лимфы, мочи, всасывания воды в кишечнике.

Одной из пластичных констант гомеостаза является содержание в плазме крови *глюкозы*. После приема пищи концентрация глюкозы в плазме крови человека может возрасти до 0,2 % (пищевая гипергликемия).

Снижение содержания глюкозы в плазме ниже 0,05 % называется гипогликемией.

Таблица 3 – Белки плазмы крови

Фракции белков	%	г/100 мл в среднем	Основное физиологическое значение
Белки плазмы (общие)	100	7,3	
Альбумины	60,5	4,42	Поддержание онкотического давления
Глобулин (общий)	35,5	2,59	
$\alpha_1$ -глобулин	4,0	0,29	Транспортная функция
$\alpha_2$ -глобулин	7,7	0,56	Ферментативная функция
$\beta$ -глобулин	11,5	0,84	Транспорт липидов
$\gamma$ -глобулин	12,3	0,90	Защитная роль
Фибриноген	4,0	0,29	Свертывание крови

При удалении из плазмы крови фибриногена получается *сыворотка крови*. Цельная кровь, лишенная фибриногена, называется *дефибрирированной*. Она состоит из форменных элементов и сыворотки.

Активная реакция крови (рН) поддерживается в организме на относительно постоянном уровне. Это обеспечивается *буферными системами* плазмы крови и гемоглобина эритроцитов, а также деятельностью выделительных органов.

### 3. Форменные элементы крови.

Эритроциты, или красные кровяные тельца, у человека и млекопитающих (кроме верблюда и ламы) представляют собой специализированные безъядерные клетки. У рыб, амфибий, рептилий и птиц эритроциты имеют овальную форму и содержат ядро. Эритроциты человека имеют форму *двоукруглых дисков* диаметром 7–8 мкм. Двоукруглая поверхность эритроцита увеличивает его поверхность, а также способствует более быстрому и лучшему насыщению его кислородом, т.к. любая его точка отстоит недалеко от поверхности. Кроме того, такая форма эритроцитов способствует их продвижению по узким капиллярам.

Количество эритроцитов в 1 мм<sup>3</sup> циркулирующей крови у мужчин равно 4,5–5 млн, а у женщин – 4–4,5 млн (у коровы – 6 млн, у лошади – 8–10 млн, овцы – 6–11 млн). У высококвалифицированных спортсменов (особенно у бегунов), а также у людей, живущих в высокогорье, наблюдается увеличение количества эритроцитов (эритроцитоз) в 1 мм<sup>3</sup> до 6 млн. При некоторых заболеваниях (серповидная анемия), под воздействием

ионизирующего облучения число эритроцитов уменьшается (эритропения).

Эритроциты образуются у взрослого человека в ткани красного костного мозга из типичных ядерных клеток, у которых в процессе их развития ядра вытесняются гемоглобином. Благодаря отсутствию ядра эритроциты не способны к размножению и почти не способны к биосинтезу. В крови может встречаться небольшое количество предшественников зрелых эритроцитов, имеющих ядро – ретикулоцитов.

Эритроцит покрыт тонкой 4-слойной мембраной, которая хорошо проницаема для воды, ионов хлора, кислорода, Эритроцит содержит по весу примерно 70 % воды и 30 % сухого вещества, из которого более 28 % приходится на гемоглобин, а остальное – на ферменты.

Эритроциты легко изменяют форму и обладают большой эластичностью, что облегчает проталкивание их через просвет капилляров. Эритроциты способны удерживаться друг около друга при соприкосновении своими плоскостями (слипаться), образуя так называемые «монетные столбики».

Эритроциты человека живут до 3–4 месяцев. Разрушение старых эритроцитов происходит в ретикулоэндотелиальных клетках печени и селезенки.

Эритроциты сохраняют свою жизнеспособность только в изотонических растворах. Концентрация солей в них для теплокровных животных и человека равняется 0,9 %. В гипертонических растворах вода из эритроцитов выходит в раствор, что ведет к сморщиванию их и гибели. В гипотонических растворах вода входит в эритроцит, что вызывает их набухание, а ниже 0,4 % раствора NaCl – лопание и выход гемоглобина в раствор, который приобретает красный прозрачный цвет (лаковая кровь). Концентрация NaCl в окружающем растворе, при которой начинается разрушение эритроцитов, или *гемолиз*, является мерой осмотической стойкости, или *резистентности*, эритроцитов.

Различают виды гемолиза: 1) *осмотический* – в гипер- и гипотонических растворах; 2) *химический* – под действием веществ, растворяющих оболочку эритроцита (некоторых кислот, бензина, эфира, хлороформа и других жирорастворителей); 3) *биологический* – в результате действия гемолизинов, т.е. веществ животного или растительного происхождения (ядов змей, пчел, пауков, скорпионов, глистов, бактерий, ядовитых грибов, растений и др.); 4) *механический* – при сотрясении и ударе друг о друга эритроцитов во время плохой транспортировки крови для переливания. Гемолизированная кровь не пригодна для переливания.

Кровь представляет собой устойчивую суспензию форменных элементов. Движение крови по сосудам, а также отрицательный заряд эритроцитов мешает процессу слипания их в «монетные столбики». При помеще-

нии в сосуд крови, к которой добавлено вещество, препятствующее ее свертыванию, начинает происходить слипание эритроцитов в «монетные столбики» и постепенное их оседание. Верхний слой крови, лишаясь эритроцитов, становится прозрачным.

Если оседание эритроцитов наблюдать, поместив кровь в специально градуированный капилляр, то по высоте образовавшегося прозрачного столбика плазмы определяют *скорость оседания эритроцитов (СОЭ)*. Величина СОЭ у мужчин от 3 до 9 мм/ч, у женщин – от 7 до 12 мм/ч. У новорожденных – 0,5 мм/ч, у беременных женщин – до 50 мм/ч. СОЭ резко возрастает при воспалительных заболеваниях, а при лучевой болезни увеличивается до 60–80 мм/ч.

Увеличение СОЭ связано с изменением белкового состава крови. При неблагоприятном состоянии организма, в том числе и при воспалительных заболеваниях, увеличивается в плазме крови количество защитных белков – глобулинов, которые адсорбируются эритроцитами. Это снижает электрический заряд эритроцитов и изменяет свойства их поверхности, что усиливает процесс склеивания эритроцитов в «монетные столбики» и увеличивает СОЭ.

Эритроциты в организме выполняют несколько важных функций. Главная функция эритроцитов заключается в поглощении кислорода в капиллярах альвеол легких и переносе его в капилляры тканей, а также в поглощении углекислоты в капиллярах тканей и доставке ее в легкие.

Нужно отметить, что почти весь кислород переносится эритроцитами в виде *оксигемоглобина* и только около 2 % транспортируется в виде физического растворения в плазме крови. Углекислоту эритроциты переносят лишь частично: примерно 9 % в виде соединения с гемоглобином – *карбгемоглобина* и 24 % в виде бикарбоната калия –  $\text{KHCO}_3$ . Остальная часть углекислоты переносится плазмой крови в виде бикарбоната натрия –  $\text{NaHCO}_3$  ( $\approx 58$  %) и в виде физического растворения ( $\approx 8$  %).

Вторая важная функция эритроцитов заключается в сохранении активной реакции крови благодаря буферной системе содержащегося в них гемоглобина.

Третья функция эритроцитов состоит в поддержании ионного состава крови, участии в водном и солевом обмене. Эта функция обеспечивается хорошей проницаемостью мембраны эритроцитов для воды и анионов и непроницаемостью для катионов. За сутки через эритроциты проходит от 300 до 2000 л воды с растворенными в ней анионами.

Кроме этих основных функций эритроциты способны адсорбировать токсины, гормоны, продукты расщепления белков, а также участвовать в ферментативных процессах расщепления веществ.

**Гемоглобин.** Функцию переноса кислорода эритроциты позвоночных животных и человека могут выполнять благодаря дыхательному пигменту – гемоглобину. У многих моллюсков и ракообразных дыхательным пигментом является гемоцианин – вещество синего цвета, у многощетинковых червей – хлорокруорин (вещество зеленого цвета).

Гемоглобин по химической природе является сложным белком – хромопротеидом, состоящим из белка *глобина* и железосодержащего пигмента – *гема*. В составе молекулы гемоглобина один глобин соединен с 4-мя гемами. В состав каждого гема входит атом двухвалентного железа, способный легко присоединять и отдавать молекулу кислорода.

В настоящее время установлено, что глобин состоит из  $\alpha$ - и  $\beta$ -полипептидных цепей, включающих по 141 аминокислоте. В крови человека не все молекулы гемоглобина идентичны. Различают гемоглобин  $A_1$  (90 % от всего количества), гемоглобин  $A_2$  (2–3 %) и гемоглобин  $A_3$  (7–8 %). Эти виды гемоглобина отличаются последовательностью расположения аминокислот в глобине.

В норме в крови содержится у мужчин 13,0–15,5 г%, у женщин 12,0–13,8 г% гемоглобина. Плохое питание, глистные и другие заболевания, отсутствие свежего воздуха уменьшают содержание гемоглобина.

Под действием минеральных кислот или щелочей гем гемоглобина превращается в вещество коричневого цвета – гематин, на чем основан один из методов определения количества гемоглобина в крови. При воздействии на гем концентрированной уксусной кислоты в присутствии NaCl образуется кристаллическое вещество – гемин. В связи с тем, что кристаллы гемина имеют характерную ромбическую форму, то эта реакция используется в судебной медицине для выявления присутствия крови на предметах.

Гемоглобин обладает свойством легко связывать и отдавать кислород. Присоединяя его, он образует оксигемоглобин ( $HbO_2$ ). Поскольку при этом не происходит изменения валентности двухвалентного железа, входящего в гем, то такая реакция получила название не окисления, а оксигенации. Оксигемоглобин по цвету отличается от гемоглобина, поэтому артериальная кровь, содержащая оксигемоглобин, имеет ярко-алый цвет. Оксигемоглобин, отдавший кислород, называется восстановленным, или редуцированным, гемоглобином. Венозная кровь, содержащая большое количество восстановленного гемоглобина, имеет темно-вишневый цвет.

Общее количество гемоглобина в крови обуславливает максимальную *кислородную емкость крови*, т.е. ее способность к поглощению кислорода.

При разрушении гемоглобина в ретикуло-эндотелиальных клетках печени, селезенки и последующих его превращениях образуется большинство пигментов кожи, желчи, мочи, кала и др.

Кроме соединений с  $O_2$  гемоглобин может образовывать и другие соединения: *карбоксигемоглобин* – соединение с CO, карбгемоглобин – соединение с  $CO_2$ . При отравлении сильными окислителями (окислами азота, бертолетовой солью и др.) образуется прочное соединение с кислородом – метгемоглобин и железо становится трехвалентным окисным.

В клетках сердечной и скелетной мышц находится мышечный гемоглобин – *миоглобин*, который способен не стойко связывать до 14 % от общего количества кислорода в организме. Если при сокращении мышцы кровеносные капилляры в ней пережимаются и кровоток в некоторых участках мышцы прекращается, то мышечные волокна снабжаются кислородом, отщепившимся от миоглобина. Миоглобин соединяется с кислородом и диссоциирует в 6 раз быстрее, чем гемоглобин. Время присоединения кислорода к миоглобину исчисляется сотысячными долями секунды. По строению миоглобин очень близок к гемоглобину. Его гем идентичен этой же группе молекулы гемоглобина, а белковая часть – глобин – обладает меньшим молекулярным весом, чем белок гемоглобина.

**Лейкоциты.** Лейкоциты, или белые кровяные тельца, образуются в красном костном мозге. Одна из разновидностей лейкоцитов – лимфоциты, кроме красного костного мозга, образуется также в лимфатических узлах, вилочковой железе, миндалинах, селезенке и аппендиксе. Продолжительность жизни у лейкоцитов разная и у большинства составляет от нескольких часов до нескольких дней. В  $1\text{ мм}^3$  крови взрослого человека в нормальных условиях содержится 4000–9000 лейкоцитов. Количество лейкоцитов может быстро изменяться. Увеличение числа лейкоцитов от нормы называется *лейкоцитозом*, а уменьшение – *лейкопенией*.

Лейкоцитоз наблюдается сразу после приема пищи, при воспалительных процессах, во время мышечной работы и после крика у детей (миогенный лейкоцитоз), у беременных женщин, при многих инфекционных заболеваниях. Лейкопения происходит при угнетении функции красного костного мозга, при ионизирующем облучении, при заболевании СПИДом. Уменьшение содержания лейкоцитов менее 500 в  $1\text{ мм}^3$  крови смертельно опасно.

Лейкоциты отличаются от эритроцитов наличием ядра и способностью к активному амёбоидному движению. Они могут выходить в межклеточное пространство и в окружающие ткани.

В крови человека имеется несколько видов лейкоцитов. Их делят на две группы: *зернистые*, или *гранулоциты*, имеющие в цитоплазме характерную зернистость, и *незернистые*, или *агранулоциты*. В зависимости от способности окрашиваться красителями, гранулоциты подразделяются на *нейтрофилы*, *эозинофилы* и *базофилы*. Агранулоциты подразделяются на *лимфоциты* и *моноциты*.

Нейтрофилы обладают ярко выраженной способностью к *фагоцитозу*, т.е. могут захватывать и переваривать чужеродные вещества и микроорганизмы. Явление фагоцитоза открыл И.И. Мечников. Ядра зрелых нейтрофилов разделены на несколько частей. Поэтому они получили название сегментоядерных. Незрелые нейтрофилы имеют ядра в виде палочек (палочкоядерные нейтрофилы) или в виде овала (юные нейтрофилы).

Кроме фагоцитарной функции нейтрофилы выполняют транспортную функцию, перенося антитела. Также они способствуют регенерации поврежденных тканей.

Эозинофилы инактивируют и переносят к легким и кишечнику гистамин, где он выделяется. Гистамин образуется в больших количествах при заболеваниях аллергического и анафилактического характера.

Базофилы синтезируют гепарин, препятствующий свертыванию крови. Кроме того, на мембране базофилов из белков крови образуется гистамин, вызывающий расширение сосудов, спазм бронхов, зудящую сыпь.

Лимфоциты подразделяются на Т- и В-лимфоциты. Т-лимфоциты осуществляют клеточный иммунитет. Различают Т-киллеры, Т-хелперы, Т-супрессоры и Т-клетки иммунной памяти. В-лимфоциты обеспечивают гуморальный иммунитет. Они с помощью Т-хелперов синтезируют защитные белки – иммуноглобулины. Лимфоциты могут адсорбировать антитела и транспортировать их к очагу воспаления, а также нейтрализовать различные токсины.

Моноциты являются самыми крупными форменными элементами крови. Они выполняют фагоцитарную функцию, но в отличие от нейтрофилов могут осуществлять ее и в кислой среде, т.е. непосредственно в очагах воспаления.

Физиологическое и диагностическое значение имеет не только количество лейкоцитов в крови, но и процентное соотношение между различными их видами. Это соотношение называется *лейкоцитарной формулой* (табл. 4).

Таблица 4 – Лейкоцитарная формула крови взрослого человека

Лейкоциты в 1 мм <sup>3</sup>	Эозинофи- лы, %	Базофилы, %	Нейтрофилы, %			Лимфо- циты, %	Мно- циты, %
			юные	палочко- ядерные	сегменто- ядерные		
6000–8000	1–4	0–0,5	0–1	2–5	55–68	25–30	6–8

При некоторых заболеваниях повышается процентное содержание отдельных видов лейкоцитов и лейкоцитарная формула изменяется. Например, при коклюше, брюшном тифе возрастает число лимфоцитов, при малярии – количество моноцитов, при воспалении лёгких и других

острых инфекциях – число нейтрофилов, при скарлатине, астме, глистных заболеваниях возрастает содержание эозинофилов.

**Тромбоциты.** Тромбоциты, или кровяные пластинки, представляют собой бесцветные, сферические, лишенные ядер тельца. Они образуются в красном костном мозге путем отделения участков цитоплазмы от гигантских клеток – мегакариоцитов. В 1 мм<sup>3</sup> крови человека содержится 200 000–400 000 тромбоцитов. Значительная их часть находится в депо: печени, селезенке, легких. Тромбоциты имеют легко ранимую оболочку и быстро повреждаются в местах ранения, деформации и возникновения шероховатости кровеносных сосудов. Продолжительность жизни тромбоцитов в кровотоке 5–11 дней.

У новорожденных детей тромбоцитов меньше, чем у взрослых. К старости наблюдается уменьшение числа тромбоцитов – *тромбопения*. Она наблюдается также при недостатке в пище витаминов А и группы В, после ионизирующего облучения. У женщин в менструальный период число тромбоцитов уменьшается в 2–5 раз. Количество тромбоцитов возрастает в период пищеварения, беременности, при тяжелой мышечной работе.

Тромбоциты содержат большое количество серотонина, гистамина и адреналина, вызывающих сужение кровеносных сосудов. Тромбоциты обладают способностью к *адгезии* (прилипанию) к раневой поверхности, *агрегации* (скупиванию, объединению в группы) у места повреждения сосуда. Также они способны к образованию ложноножек и подвижности. Все эти способности тромбоцитов обеспечивают выполнение ими главной функции – участие в свертывании крови.

В организме человека и высших животных имеется функциональная система, поддерживающая оптимальный для жизнедеятельности уровень агрегатного состояния крови. Она обеспечивает: 1) *остановку кровотечения* (гемостаз), 2) *антисвертывание*, 3) *растворение тромба* (фибринолиз). Очень часто эту функциональную систему подразделяют на две системы – *свертывающую* и *антисвертывающую*, которые находятся в организме в постоянном взаимодействии, в результате чего кровь в сосудах находится в жидком состоянии.

Механизмами остановки кровотечения являются сосудисто-тромбоцитарный (микроциркуляторный) и коагуляционный (свертывание) гемостаз.

Регуляция свертывания крови осуществляется нейрогуморальным путем. Возбуждение симпатического отдела вегетативной нервной системы, возникающее при страхе, боли, при стрессовых состояниях, а также выделение в кровь повышенного количества адреналина и норадреналина резко ускоряют свертывание крови – гиперкоагуляция.

При повышении тонуса парасимпатического отдела вегетативной нервной системы, раздражении блуждающего нерва, выделении в кровь избытка ацетилхолина происходит выделение из стенок сосудов веществ, которые ускоряют процесс свертывания, а затем стимулируют фибринолиз, т.е. растворение тромба.

На свертывание крови оказывает влияние кора больших полушарий, что доказывается опытами с условно-рефлекторным изменением гемокоагуляции. Значение условно-рефлекторного ускорения свертывания крови заключается в подготовке организма к защите от потери крови.

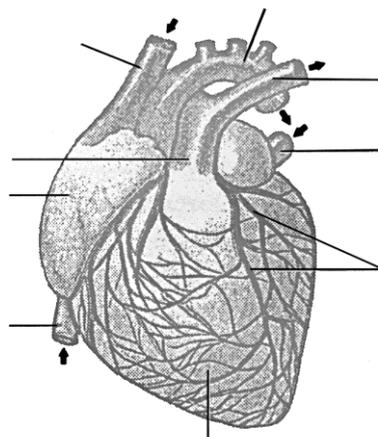
#### **4. Возрастные особенности кровообращения. Значение сердечно-сосудистой системы. Особенности кровоснабжения сердца.**

Кровь может выполнять все свои функции, только находясь в состоянии непрерывного движения. Движение крови в организме обеспечивает кровеносная система. У человека система кровообращения замкнутая и представлена четырехкамерным сердцем, исполняющим роль насоса, и двумя кругами кровообращения.

Ткани сердца снабжаются артериальной кровью, поступающей по правой и левой венечным (коронарным) артериям, отходящим от начала (луковицы) восходящей аорты. Они расположены на поверхности сердца в венечной и межжелудочковой бороздах. Венечные артерии разветвляются до капилляров в эпикарде, миокарде и эндокарде. Кровь из капилляров собирается в венечные вены, венозный синус и поступает непосредственно в правое предсердие.

Ветви правой венечной артерии снабжают кровью правое предсердие, межпредсердную перегородку, большую часть стенки правого желудочка, небольшой участок задней стенки левого желудочка и заднюю треть межжелудочковой перегородки. Ветви левой венечной артерии кровоснабжают левое предсердие, большую часть стенки левого желудочка, часть передней стенки правого желудочка, передние 2/3 межжелудочковой перегородки. Ветви обеих венечных артерий соединяются между собой, образуя два артериальных кольца (рис. 23).

Коронарный кровоток регулируется местными внутрисердечными метаболическими механизмами и быстро и точно реаги-



*Рис. 23.* Сердце (внешний вид):

1 – правый желудочек; 2 – нижняя полая вена; 3 – правое предсердие; 4 – легочный ствол; 5 – верхняя полая вена; 6 – аорта; 7 – легочная артерия; 8 – легочная вена; 9 – венечные артерии

рует на изменения в потреблении кислорода миокардом. В состоянии покоя у человека из крови, протекающей через ткани миокарда, поглощается 70–75 % кислорода. Увеличение потребления кислорода миокардом при работе сопровождается соответственным возрастанием коронарного кровотока, происходящим во время диастолы.

Во время сокращения сердечной мышцы возникает *систолическое сжатие* венечных сосудов. В результате в большей части миокарда левого желудочка, т.к. он создает давление выше, чем правый желудочек, коронарный кровоток во время систолы меньше, чем во время диастолы. В левой венечной артерии в начале систолы течение крови полностью прекращается. Недостаточный кровоток во время систолы компенсируется за счет усиленного кровотока во время диастолы. Если же коронарный кровоток ограничен в результате патологического уменьшения просвета венечных сосудов и ишемической болезни сердца могут возникать инфаркты миокарда (гибель участка сердечной ткани вследствие дефицита кровотока).

Нормальное функционирование сердца может быть обеспечено только при наличии соответствующего запаса химической энергии в виде АТФ

## **2. Микроструктура сердечной мышцы.**

Средний слой стенки сердца – миокард представлен поперечнополосатой сердечной мышечной тканью, которая состоит из обычных и атипических мышечных волокон. Мышечные волокна миокарда в некоторых местах плотно соединяются друг с другом, образуя сращения, или *нексусы*. По ним возбуждение быстро переходит с одного волокна на другое. Сокращаясь, одно волокно благодаря нексусам тянет за собой остальные.

*Атипические мышечные волокна* отличаются от обычных тем, что они легче возбуждаются и быстрее проводят возбуждение, но сокращаются слабее. Атипические мышечные волокна совместно с нервными элементами образуют *проводящую систему сердца* (рис. 24). Она начинается *синоатриальным* (синусно-предсердным, Кис – Флака) узлом, расположенным в миокарде правого предсердия между устьем верхней полой вены и ушком правого предсердия.

Возникшее в этом узле возбуждение распространяется диффузно и по проводящим пучкам по миокарду правого и левого предсердий и достигает перегородки между предсердиями и желудочками, где вблизи перегородочной сворки трехстворчатого клапана образует *атриовентрикулярный* (предсердно-желудочковый, Ашофф – Тавара) узел.

От атриовентрикулярного узла отходит *пучок Гиса*, который в верхней части межжелудочковой перегородки делится на две *ножки пучка Гиса*. В толще миокарда желудочков ножки пучка разветвляются на *волокна Пуркинье*, которые образуют синапсы на сократительных мышечных волокнах.

При нормальном функционировании сердца возбуждение возникает в синоатриальном узле, распространяется на предсердия, а затем по проводящей системе на желудочки. Такой порядок распространения возбуждения по сердцу обеспечивает правильную очередность систол предсердий и желудочков в цикле сердечных сокращений.

При частоте сокращений сердца 75 ударов в минуту полный цикл сердечной деятельности длится 0,8 с. Цикл сердечных сокращений (рис. 25) складывается из трех основных фаз: 1-я фаза – систола предсердий (длится 0,1 с), 2-я фаза – систола желудочков (0,33 с), 3-я фаза – общая пауза, или общая диастола (0,4 с). Таким образом, диастола предсердий длится 0,7 с, а диастола желудочков – 0,5 с, т.е. отделы сердца у человека в состоянии покоя больше отдыхают, чем работают. При учащении сердцебиений, например, при мышечной работе, укорочение сердечного цикла происходит за счет общей паузы, т.е. сокращения отдыха.

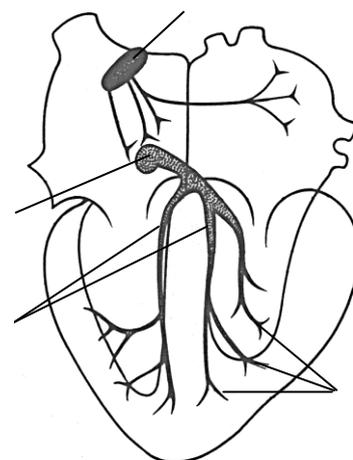


Рис. 24. Проводящая система сердца:  
1 – ножки пучка Гиса;  
2 – атриовентрикулярный узел; 3 – синоатриальный узел; 4 – волокна Пуркинье



Рис. 25. Фазы сердечного цикла:

*I* – предсердия, *II* – желудочки; темным цветом показана систола, светлым – диастола; а – асинхронное сокращение; б –

Для каждой фазы сердечного цикла характерны изменение давления в полостях сердца, направление движения крови в сердце, движение стенок предсердий и желудочков, определенное положение створчатых и полулунных клапанов.

### 3. Физиология сердечной мышцы

Для сердечной мышцы характерны те же свойства, что и для скелетной мышцы, т.е. возбудимость, проводимость и сократимость. Но, кроме них, она обладает свойством, которого нет у скелетных мышц – *автоматией* сокращений.

*Возбудимость* сердечной мышцы меньше, чем скелетной. Она имеет более высокий порог раздражения, медленнее отвечает на раздражение и

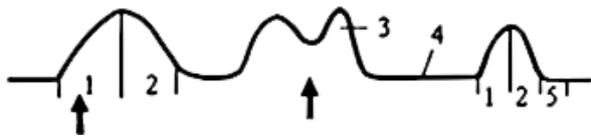


Рис. 26. Схема изменений возбудимости сердца:

1 – абсолютный рефрактерный период; 2 – период относительной рефрактерности; 3 – экстрасистола; 4 – компенсаторная пауза; 5 – период экзальтации

обладает более длительным периодом невозбудимости, или рефрактерности, чем скелетная мышца. Продолжительность потенциала действия мышечных клеток миокарда (кардиомиоцитов) желудочков почти соответствует длительности их сокращения и составляет 300–400 мс, что гораздо больше, чем волокон скелетной мышцы

(10 мс). Потенциал действия кардиомиоцитов предсердия продолжается 100 мс, что по длительности соответствует систоле предсердий.

Сердце способно возбуждаться под действием электрических, механических, химических, температурных и других раздражителей. Это находит практическое применение в медицине (электронные стимуляторы, прямой и непрямой массаж сердца, различные лекарства).

Если нанести электрическое раздражение на сердце в период систолы желудочков, то независимо от силы раздражения сердце на него не ответит. Это *абсолютный рефрактерный период*, который длится столько же времени, сколько продолжается систола (рис. 26). С началом расслабления желудочков возбудимость сердца начинает восстанавливаться и наступает период *относительной рефрактерности*. Нанесение в этот период сильного раздражения может вызвать внеочередное сокращение – *экстрасистолу*.

После экстрасистолы диастола сердца длится больше времени, чем обычно. Это *компенсаторная пауза*. После периода относительной рефрактерности наступает очень кратковременный период *повышенной возбудимости*, или *экзальтации*, во время которого сердечная мышца может ответить возбуждением и сокращением и на подпороговое раздражение. После этого восстанавливается первоначальный уровень возбудимости сердечной мышцы.

Возникнув в синусно-предсердном узле, возбуждение со скоростью 0,9–1,0 м/с распространяется по миокарду предсердий и достигает предсердно-желудочкового узла. В нем происходит задержка проведения возбуждения, что обусловлено морфологическими и функциональными особенностями этого узла. Через предсердно-желудочковый узел возбуждение проводится со скоростью  $\approx 0,05$  м/с. Дальше скорость проведения возбуждения увеличивается: в пучке Гиса – до 1,5 м/с, а в волокнах Пуркинью – до 3–5 м/с. По мышечным волокнам миокарда желудочков возбуждение проводится со скоростью 0,9 м/с. Такая последовательность проведения возбуждения по проводящей системе сердца, т.е. от синусно-предсердного узла к волокнам Пуркинью, а также задержка проведения возбуждения в

предсердно-желудочковом узле обеспечивают определенную последовательность в работе сердца – сначала возбуждаются и сокращаются предсердия, а затем желудочки.

В отличие от скелетной мышцы сердечная мышца не отвечает увеличением ответного сокращения на увеличение силы раздражения (рис. 27). На подпороговые раздражения сердце не отвечает сокращением. Но как только сила раздражения достигает порогового уровня, возникает максимальное сокращение миокарда.

Эта особенность сокращения сердечной мышцы получила название правила «все или ничего». Однако, правило «все или ничего» не абсолютно, т.к. величина максимального сокращения сердца может быть различной и зависит от функционального состояния миокарда.

Величина сокращения сердечной мышцы зависит от первоначальной длины ее волокон, т.е. чем сильнее сердце было растянуто кровью во время диастолы, тем сильнее оно сократится во время систолы. Эта зависимость была обнаружена Е. Старлингом и получила название «закон сердца». Это свойство сердечной мышцы имеет большое значение при переходе организма от состояния покоя к мышечной деятельности, что вызывает выход крови из депо и увеличение притока венозной крови к сердцу.

Способность сердца к ритмическому сокращению без нанесения внешних раздражений называется *автоматией*. Она обеспечивается импульсами, возникающими в самом сердце. Благодаря автоматии, извлеченное из тела сердце при создании необходимых условий может сокращаться в течение нескольких часов и даже суток. В основе автоматии лежит способность атипических мышечных клеток, расположенных в проводящей системе сердца, к самопроизвольной деполяризации и генерации импульсов.

Наибольшей способностью к автоматии обладает синоатриальный узел, который называют *водителем ритма*, или *пейсмекером сердца 1-го порядка*. Он задает ритм возбуждений и сокращений сердца. Атриовентрикулярный узел является водителем ритма сердца 2-го порядка. Его способность к автоматии почти в 2 раза меньше, чем у синусно-предсердного узла. Автоматия волокон пучка Гиса еще меньше и ниже всего она у волокон Пуркинье. Таким образом, в проводящей системе сердца существует градиент автоматии, т.е. уменьшение ее по мере удаления от синоатриального узла к верхушке сердца.

**Методы изучения сердечной деятельности.** О функциональном состоянии сердца можно судить по ряду внешних проявлений, которые реги-

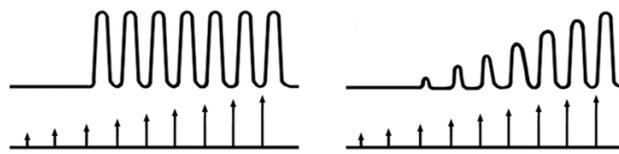


Рис. 27. Особенности сокращения сердечной (А) и скелетной (Б) мышцы:

1 – отметка раздражений с возрастающей силой

стрируют с поверхности тела. Размеры сердца можно определить выстукиванием грудной клетки (перкуссия). Точные размеры сердца определяются *рентгенографией*.

Сокращения сердца сопровождаются звуковыми явлениями, получившими название *тонов сердца*. Прослушивание двух основных тонов сердца (всего их 4) с помощью фонендоскопа (стетоскопа) называется *аускультацией*.

Первый тон сердца (систолический) – глухой, низкий и протяжный. Он возникает в начале систолы желудочков и обусловлен захлопыванием створчатых клапанов, колебанием прикрепленных к ним сухожильных нитей, а также сокращением мускулатуры желудочков. Первый тон двустворчатого клапана прослушивается на уровне пятого левого межреберья на 1,5–2 см кнутри от сосковой (среднеключичной) линии, а трехстворчатого клапана – на нижнем конце грудины, у основания мечевидного отростка.

Второй тон сердца (диастолический) – ясный, высокий и короткий. Он обусловлен захлопыванием полулунных клапанов в самом начале диастолы желудочков. Полулунные клапаны аорты прослушиваются во втором межреберье справа у края грудины, а легочного ствола (артерии) – во втором межреберье слева у края грудины.

Если приложить к груди в области сердца микрофон, соединенный с усилителем и регистрирующим устройством, то можно зарегистрировать все 4 тона сердца в виде кривых. Эта методика называется *фонокардиографией*.

При систоле желудочков сердце слегка поворачивается слева направо, его мышца напрягается и верхушка сердца ударяет в грудную клетку в 5-м межреберье на 1,5–2 см кнутри от сосковой линии. Это явление называется *сердечным толчком*, который можно ощутить, если приложить руку к 5-му межреберью, и можно записать на механическом кардиографе.

Выброс из желудочков крови и ее движение по крупным сосудам вследствие реактивной отдачи вызывают колебания всего тела. Регистрация этих колебаний при помощи специальной аппаратуры называется *баллистокардиографией*.

*Эхокардиография* основана на принципе регистрации отраженного ультразвукового сигнала. Она позволяет судить о состоянии клапанного аппарата, полостей сердца и сократительной способности миокарда.

*Реокардиография* – это регистрация изменений сопротивления органов грудной клетки, связанных с динамикой кровенаполнения сердца и крупных сосудов в течение сердечного цикла. Этот метод применяется, главным образом, для определения величины ударного объема сердца,

кроме того, для анализа сердечных сокращений и для изучения тока крови (гемодинамики) в малом круге кровообращения.

При возбуждении предсердий и желудочков возникают биопотенциалы, которые распространяются по всему телу и могут быть зарегистрированы с помощью электродов, присоединенных к разным участкам тела. Методика регистрации биотоков сердца называется *электрокардиографией*, а сама записанная кривая – электрокардиограммой (ЭКГ). Электроды размещают на конечностях (стандартные отведения: 1-е – правая и левая рука, 2-е – правая рука и левая нога, 3-е – левая рука и левая нога), а также (16 грудных отведений) на грудной клетке в области сердца (рис. 28).

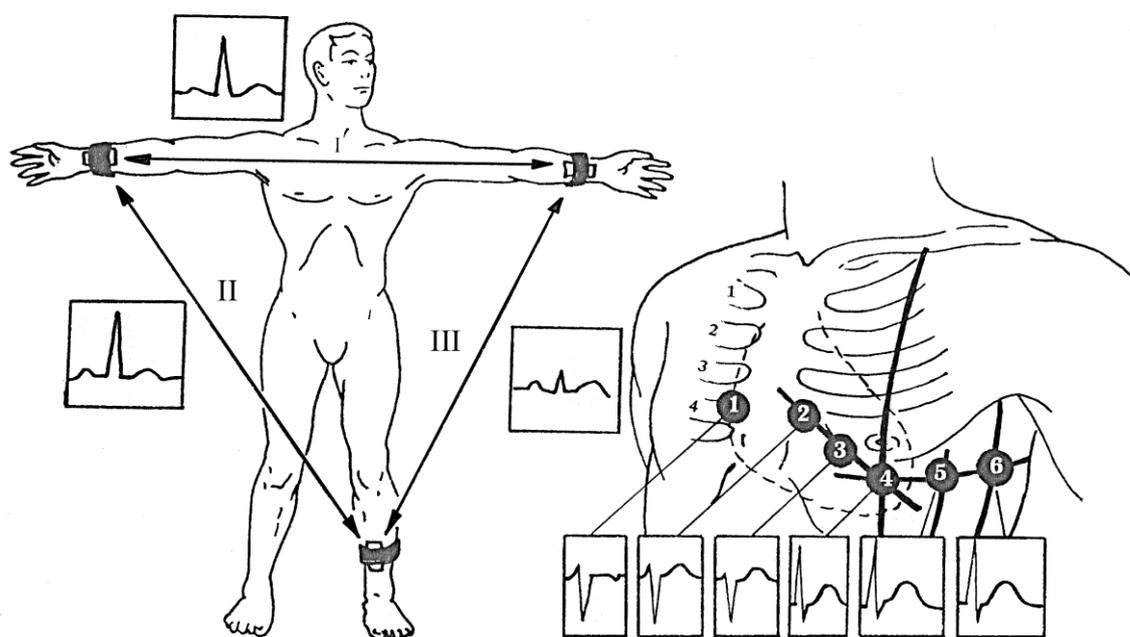


Рис. 28. Схема наложения электродов при записи электрокардиограммы в стандартных и грудных отведениях и ЭКГ, полученные при этих отведениях

ЭКГ состоит из зубцов и интервалов между ними и имеет в 1-м и 2-м отведениях следующий вид (рис. 29).

При анализе ЭКГ определяют амплитуду (вольтаж), форму, направление и длительность положительных и отрицательных колебаний (зубцов) в милливольтгах и длительность интервалов между ними в долях секунды.

Зубец Р обусловлен процессом возбуждения в предсердиях и по времени совпадает с сокращением предсердий. Он является результатом алгебраического суммирования положительно направленного потенциала правого предсердия и отрицательно направленного потенциала левого предсердия. Вследствие разного направления биопотенциалов зубец Р имеет небольшую величину и иногда может быть направлен вниз.

Интервал P – Q соответствует времени, в течение которого возбуждение распространяется от предсердий до желудочков.

Комплекс зубцов QRS обусловлен возбуждением желудочков. Зубец Q отражает начало деполяризации желудочков, отрицательный, направлен вниз. Зубец R является главным зубцом деполяризации желудочков, по времени совпадает с их систолой, положительный, направлен вверх. Зубец S отражает окончание деполяризации обоих желудочков, отрицательный, направлен вниз. Зубцы Q и S непостоянны и записываются только у 3 % людей.

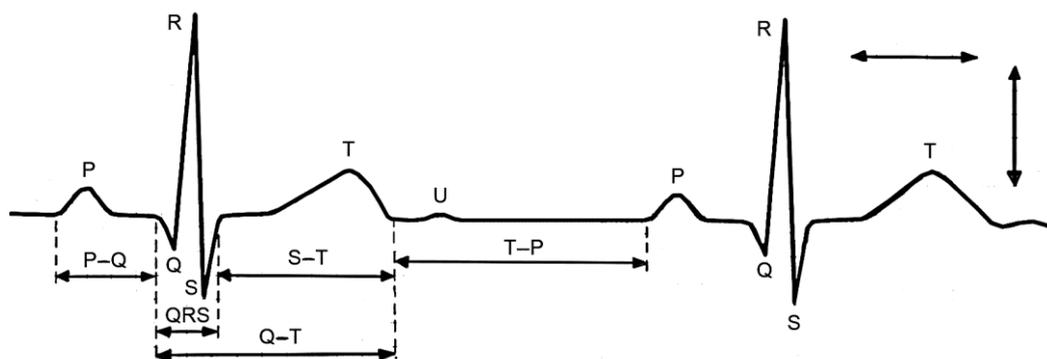


Рис. 29. Схема нормальной ЭКГ человека во втором отведении

Зубец T обусловлен восстановительными процессами в миокарде после его возбуждения, т.е. реполяризацией мембраны клеток миокарда. В стандартных отведениях зубец положительный и направлен вверх, в некоторых грудных отведениях – отрицательный и направлен вниз.

Зубец U в норме – это небольшая закругленная волна (меньше или равна 0,1 мВ), которая следует за зубцом T и имеет ту же направленность. Его происхождение не получило до сих пор удовлетворительного объяснения. Очень часто зубец U вообще не регистрируется на ЭКГ.

По показателям ЭКГ можно судить об автоматии, проводимости и возбудимости сердечной мышцы, о частоте сердечных сокращений, о заболеваниях сердца. Многие нарушения процессов возбуждения миокарда могут быть определены при оценке даже одного отведения электрокардиограммы (рис. 29).

Чем быстрее проводится возбуждение по сердцу, тем короче интервалы между зубцами ЭКГ. Чем выше возбудимость сердца, тем больше амплитуда (вольтаж) зубцов. При ритмичных сокращениях сердца расстояния между одинаковыми зубцами ЭКГ постоянны. В первую очередь об этом судят по величине интервалов R – R.

При *аритмии* сердечных сокращений величина интервалов R – R значительно отличается. Но даже у здоровых людей наблюдается едва заметная дыхательная аритмия, которая проявляется в том, что в конце выдоха ЧСС немного уменьшается. Это обусловлено тем, что при выдохе рефлекторно возбуждаются центры блуждающих нервов, и импульсы, поступающие по ним к сердцу, урежают ЧСС, что можно заметить в конце выдоха по интервалу R – R.

ЧСС у взрослых здоровых людей в покое – 60–70 ударов в минуту, у новорожденных – 120–140 уд/мин. ЧСС менее 60 уд/мин называется *брадикардией* (у лыжников, стайеров может быть 35–40 уд/мин., выше 90 уд/мин называется *тахикардией* (рис. 30). При физической работе ЧСС возрастает до 200–220 уд/мин.

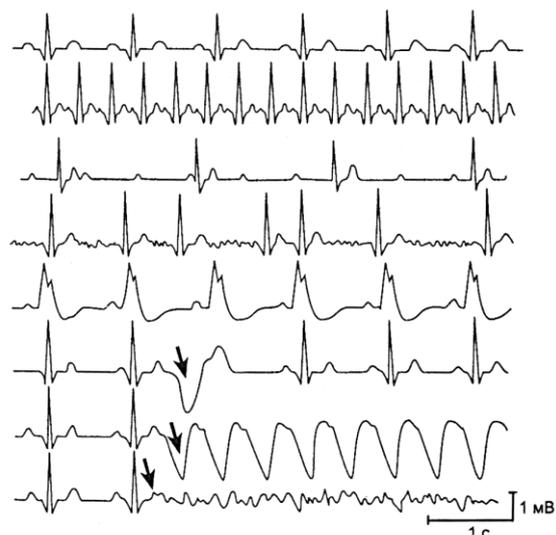


Рис. 30. Электрокардиограмма во II отведении при нарушениях ритма сердца:

1 – нормальный ритм; 2 – тахикардия; 3 – атриовентрикулярная блокада; 4 – фибрилляция предсердий; 5 – блокада ножки пучка Гиса; 6 – желудочковая экстрасистола; 7 – желудочковая тахикардия; 8 – фибрилляция предсердий

### Вопросы для самоконтроля

1. Назовите функции крови.
2. Укажите буферные системы крови.
3. Какова роль белков плазмы крови?
4. Какое количество и строение эритроцитов у человека?
5. Какие функции выполняют эритроциты?
6. Укажите виды гемолиза.
7. Строение, функции и соединения гемоглобина.
8. Какие функции выполняют различные разновидности лейкоцитов?
9. Какие источники энергии использует сердце для своей работы?
10. Как устроена проводящая система сердца?
11. Охарактеризуйте возбудимость сердечной мышцы.
12. С какой скоростью проводится возбуждение по сердцу?
13. В чем суть правила «все или ничего», «закона сердца»?
14. Чем обусловлены зубцы и интервалы электрокардиограмм?

## Лекция 8. Возрастные особенности дыхательной и пищеварительной систем.

### План

1. Значение дыхания. Вентиляция легких. Легочные объемы.
2. Обмен газов в легких и тканях.
3. Типы пищеварения. Пищеварение в полости рта.
4. Пищеварение в желудке.
5. Пищеварение в двенадцатиперстной кишке.
6. Пищеварение в тощей и подвздошной кишках.
7. Всасывание в пищеварительной системе.
8. Пищеварение в толстом кишечнике.

### 1. Значение дыхания. Вентиляция легких. Легочные объемы

Дыхание – это физиологический процесс, обеспечивающий снабжение организма кислородом и удаление из него углекислого газа. Почти вся энергия в организме образуется в результате окисления органических веществ в клетках тканей. Снабжение клеток кислородом и перенос от них продуктов обмена к органам выделения осуществляется кровью. Поступление  $O_2$  в кровь и удаление из нее  $CO_2$  обеспечивают органы дыхания, образующие дыхательную систему. Прекращение дыхания приводит человека к смерти уже через несколько минут.

Кроме газообмена легкие выполняют и другие функции. Вместе с выдыхаемым воздухом из организма удаляется не только углекислый газ, но и водяные пары и некоторые летучие вещества, попавшие в организм (этанол, ацетон, эфир, закись азота и т.д.), т.е. легкие выполняют выделительную функцию. В легких вырабатываются биологически активные вещества: гепарин, гистамин, серотонин, простагландины и др. Легкие участвуют в процессах терморегуляции. Они выполняют защитную функцию, являясь барьером между внутренней и внешней средой организма, образуя антитела и осуществляя фагоцитоз. Дыхательная система участвует также в регуляции рН внутренней среды организма за счет выделения углекислоты в виде  $CO_2$ .

Поступивший в организм кислород используется для окисления в митохондриях органических веществ, в результате чего высвобождается энергия, необходимая для жизнедеятельности организма. Процессы *аэробного окисления* являются главными поставщиками энергии в организме человека. Вместе с тем, в условиях дефицита поступления кислорода в клетки, например при напряженной мышечной работе, энергия также высвобождается вследствие анаэробного расщепления углеводов в цитоплазме клеток с образованием молочной кислоты.

Различают несколько *этапов дыхания*: 1) газообмен между альвеолами легких и окружающей средой, или вентиляция легких; 2) газообмен в легких, т.е. газообмен между кровью оплетающих альвеолы капилляров и газовой смесью в альвеолах; 3) транспорт газов кровью:  $O_2$  от легких к тканям, а  $CO_2$  от тканей к легким; 4) газообмен в тканях, т.е. поступление  $O_2$  из крови капилляров в клетки тканей, а  $CO_2$  из тканей в кровь; 5) тканевое (клеточное, внутреннее) дыхание, т.е. использование клетками  $O_2$  на окисление с образованием  $CO_2$ . Первый и второй этапы часто объединяют под названием *внешнее дыхание*, в результате которого обеспечивается газообмен между окружающим воздухом и кровью.

**Вентиляция легких.** Поступление воздуха в легкие и изгнание его из легких происходит благодаря дыхательным движениям, т.е. *вдоху* (инспирации) и *выдоху* (экспирации). При вдохе одновременно протекают три процесса: 1) расширение грудной клетки, 2) расширение легких, 3) поступление воздуха по воздухоносным путям в альвеолы.

Расширение грудной клетки при спокойном вдохе обеспечивается благодаря сокращению *инспираторных мышц*: диафрагмы, наружных межреберных мышц и межхрящевых мышц. При усиленном вдохе подключаются мышцы, прикрепленные к костям плечевого пояса, черепу или позвоночнику, и способные поднимать ребра.

При сокращении диафрагмы ее купол опускается вниз, оттесняет органы брюшной полости и грудная клетка расширяется в вертикальном направлении. В состоянии покоя у человека вентиляция легких на  $2/3$  осуществляется за счет сокращения диафрагмы, являющейся главной дыхательной мышцей. Вследствие сокращения наружных межреберных и межхрящевых мышц происходит поднятие ребер и расширение грудной клетки в переднезаднем направлении и в стороны (рис. 31).

Важную роль в вентиляции легких играет *отрицательное давление в плевральной полости*. Отрицательное давление – это величина, на которую давление в плевральной полости ниже атмосферного. В процессе внутриутробного развития ребенка рост легких отстает от роста грудной клетки. Так как грудная полость герметически замкнута, то в плевральной щели между легочной и париетальной плеврой возникает отрицательное давление.

Легкие все время поджимаются к грудной клетке изнутри воздухом, поступающим по воз-

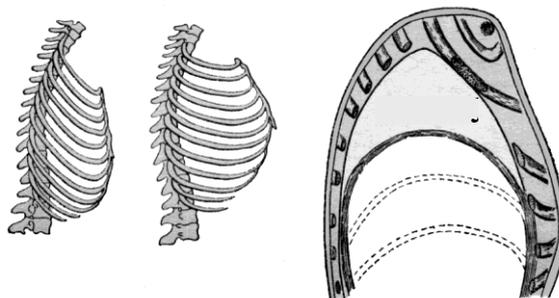


Рис. 31. Изменения положения грудной клетки при выдохе (А), вдохе (Б) и положения диафрагмы (В) при выдохе (а), обычном вдохе (б) и глубоком вдохе (в).

духоносным путям в альвеолы. На легкие атмосферный воздух действует только через воздухоносные пути. Поэтому они растянуты и прижаты к париетальной плевре, выстилающей внутреннюю поверхность грудной клетки. Плевральная полость (щель) заполнена плевральной жидкостью. Она смачивает висцеральный листок плевры, сросшийся с легкими, и париетальный листок плевры, сросшийся с грудной клеткой. Эти листки слипаются и между ними возникает сила сцепления.

Стремясь вернуться в обычное состояние, эластические элементы растянутых легких создают эластическую тягу легких (ЭТЛ), что является причиной возникновения отрицательного давления в плевральной полости.

**Легочные объемы.** В зависимости от фазы и глубины дыхания в легких могут находиться различные объемы воздуха, которые называют легочными объемами (рис. 32). Различают также емкости легких, которые означают совокупность нескольких легочных объемов.

При спокойном дыхании человек вдыхает и выдыхает примерно  $500 \text{ см}^3$  воздуха. Это *дыхательный объем*. Максимальный объем воздуха, который человек может дополнительно вдохнуть после спокойного вдоха, называется *резервным объемом вдоха*. У здорового взрослого человека он составляет  $1500\text{--}2500 \text{ см}^3$  воздуха и более.

Максимальный объем воздуха, который человек может выдохнуть после спокойного выдоха, называется *резервным объемом выдоха*. Он равен  $1200\text{--}1500 \text{ см}^3$ . Вместе взятые дыхательный объем, резервные объемы вдоха и выдоха составляют *жизненную емкость легких* (ЖЕЛ). Это наибольший объем воздуха, который человек может выдохнуть после максимального вдоха. Величина ЖЕЛ, как и других объемов и емкостей зависит от пола, возраста и роста, тренированности дыхательной мускулатуры.

Около  $1000 \text{ см}^3$  воздуха остается в легких после максимального выдоха, т.к. альвеолы полностью не спадаются. Это *остаточный объем*. Остаточный объем вместе с ЖЕЛ составляют *общую емкость легких*, т.е. тот объем воздуха, который легкие могут вместить при максимальном вдохе. У молодых людей в возрасте 20–30 лет она равна в среднем 6 л. Часть общей емкости легких, которая остается заполненной воздухом после обычного выдоха, называется *функциональной остаточной емкостью*.

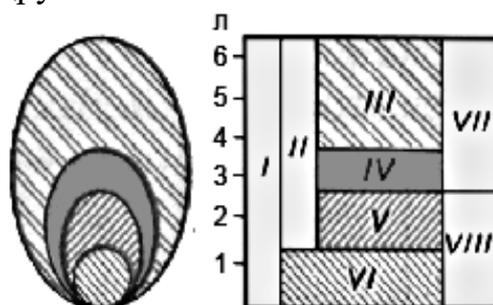


Рис. 32. Легочные объемы и емкости:

*I* – общая емкость легких; *II* – жизненная емкость легких; *III* – резервный объем вдоха; *IV* – дыхательный объем; *V* – резервный объем выдоха; *VI* – остаточный объем; *VII* – емкость максимального вдоха; *VIII* – функциональная остаточная емкость

Она равна сумме остаточного объема и резервного объема выдоха.

При пневмотораксе большая часть остаточного воздуха выходит, а в альвеолах легких остается так называемый минимальный объем воздуха. Это обусловлено тем, что часть концевых бронхиол, не содержащих хрящей, спадается при пневмотораксе раньше альвеол и воздух задерживается в так называемых воздушных ловушках. Поэтому легкие взрослого человека и даже новорожденного ребенка, сделавшего хотя бы один вдох, не тонут в воде. Легкое мертворожденного ребенка тонет в воде, т.к. не содержит воздуха, на чем основан тест судебно-медицинской экспертизы для определения, живым ли родился ребенок.

В легочном газообмене участвует не весь вентилируемый воздух, а лишь та его часть, которая достигает альвеол. Объем воздухоносных путей – носовой полости, носоглотки, гортани, трахеи, бронхов и бронхиол вплоть до их перехода в альвеолы называют *объемом мертвого пространства*. Это пространство является «мертвым» лишь в том смысле, что в нем не происходит газообмена. Однако оно обеспечивает вентиляцию легких, очищение, увлажнение и согревание вдыхаемого воздуха. Воздух мертвого пространства не участвует в газообмене и лишь перемещается в просвете воздухоносных путей при вдохе и выдохе. Следовательно, альвеолярная вентиляция равняется легочной вентиляции за вычетом вентиляции мертвого пространства. Только альвеолярная вентиляция обеспечивает обмен газов в легких.

Величина объема мертвого пространства у взрослого человека примерно  $170 \text{ см}^3$ . При некоторых нарушениях функции легких, когда часть альвеол не вентилируются или не снабжается кровью, объем мертвого пространства может оказаться значительно больше.

В воздухоносных путях происходит конвективный и диффузионный перенос газов. В носовой полости, носоглотке, гортани, трахее, бронхах и крупных бронхиолах перенос газов происходит исключительно путем конвекции, т.е. непосредственного поступления свежего воздуха. В ходе ветвления воздухоносных путей их суммарное сечение возрастает. Так, у человека от трахеи до альвеол насчитывают 23 таких ветвления, в результате чего общая площадь поперечного сечения воздухоносных путей увеличивается в 4500 раз (рис. 33). Поэтому линейная

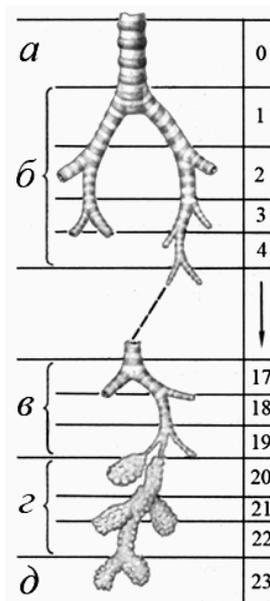


Рис. 33. Ветвление бронхиального дерева:

*a* – трахея; *б* – бронхи; *в* – бронхиолы; *г* – альвеолярные ходы и мешки; *д* – альвеолы. Цифрами (0–23) обозначены номера ветвлений бронхиального дерева

скорость потока вдыхаемого воздуха по мере приближения к альвеолам постепенно падает.

В мелких бронхиолах и альвеолярных ходах, где воздух движется очень медленно, к конвекции присоединяется диффузионный перенос газов. Молекулы  $O_2$  перемещаются в направлении альвеол, где давление  $O_2$  ниже, чем во вдыхаемом воздухе, а молекулы  $CO_2$  – в обратном направлении.

Для газообмена между альвеолами легких и атмосферным воздухом большое значение имеет легочная вентиляция, обеспечивающая обновление состава альвеолярного воздуха. Величина легочной вентиляции зависит от глубины дыхания (дыхательного объема) и частоты дыхательных движений, т.е. вдоха и выдоха. *Легочной вентиляцией* называют объем воздуха, который проходит через легкие за единицу времени. Объемы вентиляции легких зависят от глубины и частоты дыхания. В качестве количественного показателя легочной вентиляции обычно измеряют *минутный объем дыхания* (МОД) и *максимальную вентиляцию легких* (МВЛ).

МОД – это объем воздуха, проходящего через легкие за одну минуту. Он составляет у взрослого человека в покое 6–8 л при частоте дыхания 14–18 вдохов в минуту. При интенсивной мышечной нагрузке у спортсменов МОД может возрастать до 100 л, что получило название *гиперпноэ*. Произвольное усиление легочной вентиляции, превышающее метаболические потребности организма и не обусловленное потребностью в повышенном количестве кислорода, называется *гипервентиляцией*.

## 2. Обмен газов в легких и тканях

Чистый атмосферный воздух содержит 20,93 % кислорода, 0,03–0,04 % углекислого газа, 79,03 % азота, инертных газов и водяных паров. В результате газообмена изменяется состав газовой смеси в альвеолах по сравнению с составом атмосферного воздуха. В покое в клетках организма человека за минуту при окислительных процессах используется 250–300 мл  $O_2$  и выделяется 230–280 мл  $CO_2$ . Следствием потребления организмом  $O_2$  и выделения  $CO_2$  являются изменения содержания  $O_2$ ,  $CO_2$  и отчасти  $N_2$  в альвеолярной смеси газов (табл. 5).

Таблица 5 – Состав атмосферного воздуха и газовой смеси в альвеолах (в %)

Компоненты	Атмосферный воздух	Выдыхаемая смесь газов	Альвеолярная смесь газов
$O_2$	20,93	16,3	14,0
$CO_2$	0,03–0,04	4,0	5,5
Азот, инертные газы и водяные	79,03	79,7	80,5

В выдыхаемом воздухе содержание  $O_2$  несколько выше, а  $CO_2$  меньше, чем в альвеолярной газовой смеси. Это обусловлено тем, что к выдыхаемой альвеолярной смеси газов добавляется воздух воздухоносных путей (мертвого пространства), не участвующий в газообмене и содержащий  $O_2$  и  $CO_2$  в таких же количествах, как и атмосферный воздух.

Газообмен в легких, т.е. переход  $O_2$  из альвеол в поступающую в альвеолярные капилляры венозную кровь и  $CO_2$  из венозной крови в альвеолу происходит путем *диффузии*. Причиной диффузии являются разности парциальных давлений  $O_2$  и  $CO_2$  по обе стороны *аэрогематического барьера*, образованного мембранами альвеол и оплетающих их капилляров (диффузная теория Крога). Парциальное давление газа – это то давление, которое создает данный газ в общем давлении смеси газов. Для характеристики давления газа в жидкости применяется термин «напряжение газа», который аналогичен термину «парциальное давление газа» в газовой смеси.

### **3. Типы пищеварения. Пищеварение в полости рта**

Пищеварение – это процесс физической и химической обработки пищи, в результате чего происходит превращение ее в более простые и растворимые соединения, которые могут всасываться, переноситься кровью и усваиваться организмом. Пища состоит из разнообразных пищевых продуктов растительного и животного происхождения: хлеба, мяса, рыбы, молока, яиц, овощей и фруктов. В состав пищевых продуктов входят *питательные вещества*: белки, жиры, углеводы, минеральные соли, вода и витамины. Эти вещества усваиваются организмом и включаются в состав клеток организма.

Из поступивших питательных веществ строятся новые и заменяются старые клетки. Это *строительная* функция питательных веществ. В результате расщепления питательных веществ в клетках организма выделяется энергия, необходимая для жизнедеятельности, что является их *энергетической* функцией. С питательными веществами поступают витамины, поступают или из них образуются биологически активные вещества, участвующие в *регуляции* деятельности клеток, тканей и органов.

Физические изменения пищи в пищеварительном тракте заключаются в ее механической обработке – размельчении, перемешивании, растворении. Химические изменения состоят из последовательных этапов гидролитического расщепления белков, жиров, углеводов и нуклеиновых кислот, происходящих под влиянием пищеварительных ферментов. Для того чтобы всосаться в кровь и лимфу, белки, жиры и углеводы должны пред-

варительно расщепиться с помощью пищеварительных ферментов до более простых соединений.

*Пищеварительные ферменты* – это биологические катализаторы белковой природы. Они содержатся в пищеварительных соках, вырабатываемых пищеварительными железами. Различают ферменты: *протеазы*, расщепляющие белки до аминокислот; *липазы*, осуществляющие распад жиров до глицерина и жирных кислот; *амилазы*, гидролизующие сложные углеводы до моносахаридов; *нуклеазы*, осуществляющие расщепление нуклеиновых кислот. Ферменты обладают высокой активностью, специфичностью действия, требуют определенной температуры и рН среды.

Выделение пищеварительных соков, содержащих ферменты, которые расщепляют жиры, белки и углеводы, является *секреторной* функцией органов пищеварительной системы. *Двигательная* функция осуществляется гладкими мышцами, входящими в состав стенок пищеварительного канала. Благодаря двигательной функции осуществляются жевание, глотание, передвижение пищи по пищеварительному каналу и удаление непереваренных остатков пищи из организма. *Всасывательная* функция осуществляется слизистой оболочкой желудка, тонкого и толстого кишечника. В результате всасывания во внутреннюю среду организма поступают продукты переваривания белков, жиров, углеводов, нуклеиновых кислот, а также вода, минеральные соли и витамины.

Кроме секреторной, двигательной и всасывательной функций пищеварительная система выполняет экскреторную, защитную, метаболическую и эндокринную функции. Экскреторная, или выделительная, функция заключается в выведении из крови с желчью и другими пищеварительными соками продуктов обмена и чужеродных веществ, поступивших в кровь. Защитная функция осуществляется благодаря барьерной функции печени, бактерицидному действию веществ, содержащихся в слюне, желудочном соке и желчи, лимфатическим узлам в стенке пищеварительного тракта. Метаболическая функция обеспечивается синтезом, гидролизом и превращением различных веществ, в первую очередь, в печени. В органах пищеварительной системы секретируются многие гормоны: гастрин, секретин, холецистокинин и другие, что является эндокринной функцией.

Характерная для человека и высших животных пищеварительная система сформировалась в процессе длительного эволюционного развития. В зависимости от места действия пищеварительных ферментов пищеварение делят на три типа: внутриклеточное, внеклеточное дистантное и мембранное, или пристеночное. В зависимости от источника происхождения ферментов выделяют: 1) собственное пищеварение; 2) симбионтное пищеварение; 3) аутолитическое пищеварение.

**Пищеварение в полости рта.** Пища вначале попадает в ротовую полость, где она пробуется на вкус, измельчается, пережевывается и смачивается слюной. Здесь происходит формирование пищевого комка и частичное расщепление углеводов. Поступившая в рот пища раздражает вкусовые, тактильные и температурные рецепторы. При поступлении пищи в ротовую полость происходит секреторный акт – *слюноотделение* и двигательные акты – *жевание, сосание, глотание*, а при недоброкачественной пище – *выплесывание*.

#### **4. Пищеварение в желудке**

Желудок – это расширенная часть пищеварительного тракта. У взрослого человека он имеет емкость 2–2,5 л. Желудок человека состоит из двух отделов: кардиального, или фундального, (4/5 всего объема желудка) и пилорического, или привратникового, (1/5 всего объема). Оба отдела почти всегда сообщаются между собой и только в редких случаях (при пищевых отравлениях) разделяются между собой препилорическим сфинктером. Форма желудка человека напоминает грушу, однако она, как и его величина сильно варьирует в зависимости от его наполнения, положения тела. Железы фундального отдела желудка состоят из *главных, добавочных и обкладочных клеток*. Главные клетки вырабатывают *ферменты*, добавочные – *слизь*, обкладочные – *HCl*. Железы пилорического отдела желудка не содержат обкладочных клеток и поэтому, в отсутствие пищи в желудке, среда в пилорическом отделе щелочная. Сок фундального отдела имеет кислую реакцию. В пилорическом отделе более сильно развита мышечная стенка и также более активно происходит всасывание, чем в фундальном отделе, где всасывание очень слабое. Пища в желудке находится несколько часов и подвергается действию желудочного сока.

*Желудочный сок* состоит из воды (99–99,5%), HCl (0,4–0,5%) и плотных веществ (0,3–0,4%), в состав которых входят ферменты, минеральные соли, слизь. У человека рН желудочного сока колеблется от 1,0 до 2,5. В сутки у человека выделяется 1,5–2 л сока. В состав желудочного сока входят протеолитические ферменты (т.е. расщепляющие белки) – пепсин, химозин и желатиназа; фермент, расщепляющий жиры – липаза. Ферментов, расщепляющих углеводы, в частности, амилазы, в желудочном соке нет. Обнаруживаемая в пищевой кашнице (химусе) желудка амилаза является амилазой слюны, которая пропитала пищевой комок и попала в желудок.

*Соляная кислота* желудочного сока выполняет следующие функции: 1) активизирует пепсиноген, превращая его в активный фермент пепсин; 2) устанавливает значение рН, оптимальное для расщепляющего действия пепсина; 3) вызывает денатурацию и разбухание белков, что способствует их перевариванию, размягчает кости, попавшие с пищей; 4) оказывает бактерицидное действие на микробы, попавшие с пищей; 5) активизирует гор-

мон гастрин (гастрогастрин), вырабатываемый клетками слизистой оболочки пилорического отдела желудка, и гормон секретин, вырабатываемый клетками слизистой оболочки двенадцатиперстной кишки.

*Слизь* (муцин), образуемая в желудке, предохраняет его внутреннюю оболочку от вредных механических воздействий, действия пепсина и HCl. Слизь абсорбирует ферменты желудочного сока, что способствует их расщепляющему действию. Слизь присоединяет растворимые в воде витамины *B* и *C*, благодаря чему они не разрушаются желудочным соком.

Таким образом, в желудке происходит расщепление части белков до пептидов и аминокислот, части жиров до глицерина и жирных кислот под действием ферментов желудочного сока, продолжается расщепление сложных углеводов до моносахаридов под действием ферментов слюны, находящихся в пищевом комке, до тех пор пока, комок не пропитался HCl. Всасывание в желудке происходит лишь в незначительной степени. Среди пищевых веществ здесь медленно всасываются вода, минеральные соли, моносахариды (глюкоза, фруктоза, галактоза).

## **5. Пищеварение в двенадцатиперстной кишке**

Двенадцатиперстная кишка является основным отделом пищеварительного канала, где происходит расщепление пищевых веществ – белков, жиров и углеводов. Это расщепление происходит под действием трех пищеварительных соков: поджелудочного сока, кишечного сока и желчи. Главная роль в пищеварении в двенадцатиперстной кишке принадлежит ферментам поджелудочного сока.

*Поджелудочный сок* начинает выделяться поджелудочной железой и поступать на протоку в двенадцатиперстную кишку через 3–5 минут после приема пищи и продолжается 6–14 часов

Поджелудочный сок содержит также *амилазу*, расщепляющую полисахарид крахмал до дисахаридов (до мальтозы); *мальтазу*, превращающую дисахарид мальтозу в моносахарид глюкозу; *лактазу*, расщепляющую молочный сахар (лактозу) до моносахарида галактозы; *сахаразу*, гидролизующую сахарозу до глюкозы; *нуклеазы*, действующие на нуклеиновые кислоты, и *липазу*, расщепляющую жиры до глицерина и жирных кислот.

*Кишечный сок* является вторым пищеварительным соком, действующим на компоненты пищи в двенадцатиперстной кишке. Кишечный сок вырабатывается расположенными в слизистой оболочке кишки бруннеровыми и либеркюновыми железами. *Бруннеровы железы* расположены в верхней части двенадцатиперстной кишки и вырабатывают сок сильно щелочной реакции (pH 8,3–9,3), содержащий много вязкого вещества муцина. В соке бруннеровых желез содержатся протеолитические ферменты, близ-

кие к пепсину желудочного сока и действующие в слабокислой среде (рН от 4 до 7), небольшое количество амилаз и липаз.

*Желчь* – третий пищеварительный сок, оказывающий действие в двенадцатиперстной кишке. Желчь вырабатывается секреторными клетками печени, которая является самой крупной пищеварительной железой. Наряду с желчью в печени синтезируется много ферментов, участвующих в обмене белков, жиров и углеводов (*секреторная и ферментообразующая функция печени*). В печени образуется витамин А, синтезируется из глюкозы гликоген.

## **6. Пищеварение в тощей и подвздошной кишках**

Тощая и подвздошная кишка покрыты брюшиной (серозной оболочкой) и подвижно подвешены к задней стенке брюшной полости на брыжейке. Длина тощей кишки взрослого человека равна 2–2,5 м, подвздошной кишки – 2,5–3,5 м. В тощей и подвздошной кишках продолжается ферментативное расщепление пищи и всасывание образовавшихся продуктов, а также происходит перемешивание пищевой кашицы и продвижение ее в направлении толстого кишечника.

Вдоль всей тощей и подвздошной кишки в слизистой оболочке расположены *либеркюновы железы*, выделяющие *кишечный сок*, дополняющий своим действием переваривание пищевых веществ, происходившее в желудке и в двенадцатиперстной кишке. Сок либеркюновых желез тонкой кишки содержит такие же ферменты, как и сок либеркюновых желез двенадцатиперстной кишки: *смесь пептидаз* (эрепсин), *липазу*, *амилазу*, *мальтазу*, *лактазу*, *нуклеазы*, фермент *энтерокиназу*. У человека за сутки в двенадцатиперстной, тощей и подвздошной кишках выделяется от 1 до 3 л кишечного сока.

. Было установлено, что в тонком кишечнике сочетаются два взаимосвязанных типа пищеварения: *полостное* и *пристеночное* (мембранное). Полостное пищеварение протекает в полости тонкой кишки и в слое слизи. С помощью полостного пищеварения происходит первоначальный гидролиз крупных молекул пищевых веществ до более мелких (крахмала до дисахаридов; белков до поли- и олигопептидов и т.д.).

Пристеночное пищеварение происходит на поверхности микроворсинок клеток слизистой оболочки тонкой кишки (*энтероцитов*). Микроворсинки покрывают ворсинки и образуют так называемую *щеточную кайму*, на которой адсорбируются ферменты так, что активный центр фермента (реакционноспособная группа) ориентирован в полость кишки. Это значительно ускоряет реакции расщепления, повышает активность ферментов.

## 7. Всасывание в пищеварительной системе

Всасыванием называется поступление через мембраны клеток в кровь и лимфу из пищеварительного тракта продуктов гидролиза пищи, воды и минеральных солей. У взрослого человека при нормальном питании за сутки всасывается примерно 100 г белков в виде аминокислот, 100 г жиров в виде глицерина и жирных кислот, 500 г углеводов в виде моносахаридов. Всасывание происходит сравнительно медленно и требует большой поверхности слизистой оболочки, на которой происходит соприкосновение с расщепленными веществами пищи. Поэтому всасывание продуктов гидролиза пищевых веществ невелико в начальных и конечных отделах пищеварительного тракта.

В ротовой полости могут всасываться вода, ионы  $\text{Na}^+$  и  $\text{K}^+$ , некоторые лекарственные вещества и аминокислоты, алкоголь.

В желудке всасывание также очень мало. Здесь всасываются вода с растворенными в ней минеральными солями, моносахариды, некоторые лекарства, алкоголь, в небольших количествах аминокислоты.

В двенадцатиперстной кишке всасывается не более 8 % расщепляющихся пищевых веществ.

В толстом кишечнике всасывание тоже невелико, так как большая часть питательных веществ всасывается в тонких кишках. В толстой кишке в небольшом количестве могут всасываться глюкоза, аминокислоты и некоторые другие вещества. На этом основано применение так называемых питательных клизм, т.е. введение легкоусвояемых питательных веществ в прямую кишку. В толстых кишках, в основном в слепой кишке, происходит интенсивное всасывание воды с минеральными солями, что приводит к образованию плотных каловых масс. Вместе с водой в толстом кишечнике могут всасываться и вредные и ядовитые вещества, образовавшиеся здесь в результате процессов гниения и брожения.

Таким образом, главным отделом пищеварительного тракта, где происходит всасывание питательных веществ, является тощая и подвздошная кишка. Благодаря большому количеству складок, ворсинок и микроворсинок общая поверхность слизистой оболочки тощей и подвздошной кишки достигает  $180 \text{ м}^2$ .

## 8. Пищеварение в толстом кишечнике.

Из тонкого кишечника (подвздошной кишки) не всосавшаяся часть пищи переходит в начальный участок толстой кишки (слепую кишку) через *илеоцекальный сфинктер*. Этот сфинктер выполняет роль клапана, пропускающего содержимое кишок только в одном направлении: из тонкого кишечника в толстый. В отсутствие пищеварения илеоцекальный кла-

пан закрыт. После приема пищи илеоцекальный сфинктер периодически, 1–2 раза в минуту, открывается и пищевая кашица небольшими порциями (до 15 мл) поступает из подвздошной в слепую кишку.

Толстый кишечник в процессах пищеварения и всасывания пищевых веществ имеет небольшое значение. В толстой кишке переваривается под действием ферментов, поступивших вместе с пищевой кашицей из верхних отделов пищеварительного канала, и всасываются лишь очень малые количества белков и углеводов. В толстом кишечнике находится богатая *бактериальная флора*, вызывающая сбраживание углеводов и гниение белков.

У новорожденного ребенка в толстом кишечнике бактерий нет, они заселяются в течение первых месяцев жизни. Нормальная микрофлора угнетает болезнетворные микроорганизмы и предупреждает инфицирование организма. Бактерии участвуют в инактивировании и расщеплении ферментов, желчных кислот, других биологически активных веществ. Кишечной микрофлорой синтезируются витамины группы *B, K*.

В толстом кишечнике происходит всасывание воды, сгущение поступающего содержимого и образование плотных каловых масс, состоящих из остатков непереваренной пищи, слизи, желчных пигментов и бактерий (30–50 % от сухого вещества)

#### **Вопросы для самоконтроля.**

1. Какие различают этапы дыхания?
2. Какие мышцы участвуют во вдохе и выдохе?
3. Укажите роль отрицательного давления в плевральной полости.
4. Как происходит транспорт кислорода кровью?
5. Как осуществляется транспорт углекислого газа кровью?
6. В виде каких соединений и куда всасываются продукты расщепления белков, жиров и углеводов?
7. Какие функции выполняют питательные вещества в организме человека?
8. Что выделяют железы фундального отдела желудка?
9. Действию каких пищеварительных соков и ферментов подвергается пищевая кашица в двенадцатиперстной кишке?
10. В чем заключается роль печени в пищеварении?
11. Какова роль толстого кишечника в процессах пищеварения?

### **Лекция 9. Возрастные особенности органов выделения.**

#### **План**

1. Выделительные процессы.

2. Мочеобразование в почках человека.
3. Мочевыделение.

### **1. Выделительные процессы.**

Выделительные процессы являются конечным этапом обмена веществ в организме. Значение их заключается в том, что они участвуют в поддержании постоянства внутренней среды организма – гомеостаза, удаляя из организма продукты распада и поддерживая постоянство рН в организме. Потовые железы и легкие играют существенную роль в терморегуляции.

Специальными выделительными органами являются почки и потовые железы. В выделении принимают также участие легкие, слюнные железы, желудок, печень и кишечник, которые совместно с потовыми железами образуют *экстраренальные* (внепочечные) *пути* выделения продуктов обмена из организма человека. В здоровом организме доля участия этих органов в процессах выделения невелика, т.к. основную выделительную функцию обеспечивают почки. Однако при недостаточности функций почек роль экстраренальных путей выделения значительно возрастает.

Через легкие выделяются углекислый газ, водяные пары, а также некоторые летучие и газообразные вещества, попавшие в организм (эфирные масла, алкоголь и др.)

Со слюной выделяется вода и небольшое количество солей. В желудке в составе желудочного сока выделяются HCl, минеральные вещества, ферменты, слизь.

В печени разрушаются или обезвреживаются ядовитые продукты расщепления пищи, всосавшиеся в кишечнике и поступившие в кровь. В печени эти вещества превращаются в безвредные соединения путем связывания их с нуклеопротеидами или образования соединений с глюкороновой, гликохолевой и таурохолевой кислотами.

Из азота аминокислот и аммиака в печени синтезируется мочевина, из гемоглобина разрушенных эритроцитов – желчные пигменты. Обезвреженные ядовитые вещества, мочевая кислота и мочевина выводятся из организма в составе мочи через почки и пота через кожу. Часть обезвреженных веществ, мочевой кислоты и желчных пигментов выводится через кишечник в составе желчи и кала.

Конечные продукты жизнедеятельности непрерывно поступают в кровь, лимфу и межклеточную жидкость. Эти продукты представляют собой газообразные, жидкие и твердые (растворенные или взвешенные в воде) вещества. Выделение конечных продуктов жизнедеятельности происходит в организме непрерывно, благодаря доставке их кровью к органам выделения. Большая часть поступивших в организм солей и вода выделя-

ются из него, не изменяясь. Некоторые вещества превращаются в печени и почках в другие соединения и только потом выводятся из организма.

Мочевыделительная система человека состоит из почек, мочеточников, мочевого пузыря и мочеиспускательного канала. *Почки* – парные органы темно-красного цвета, расположенные на задней стенке брюшной полости по бокам от позвоночника на уровне XII грудного и I–II поясничных позвонков. Над верхним концом каждой почки расположена железа внутренней секреции – надпочечник. Каждая почка покрыта капсулой из соединительной ткани, на которой сверху находится слой жировой клетчатки, образующий жировую капсулу. Почка имеет форму боба, ее вогнутый край обращен к позвоночнику. Средняя часть этого края называется *воротами почки*. Через них в почку входят сосуды и нервы, и выходит мочеточник.

Структурной и функциональной единицей почки является *нефрон*. В каждой почке насчитывается более 1 млн нефронов. Нефрон состоит из капсулы, капиллярного клубочка и системы почечных канальцев.

## 2. Мочеобразование в почках человека

В почках происходит *мочеобразование*, или *мочеотделение*, или *диурез*. В результате мочеобразования достигается: 1) удаление из организма продуктов нормального обмена веществ; 2) удаление чужеродных для организма веществ; 3) регуляция содержания воды в организме; 4) поддержание нормальной концентрации солей, в первую очередь NaCl; 5) поддержание постоянного уровня осмотического давления крови; 6) поддержание постоянства pH крови, лимфы и тканевой жидкости. Также почки осуществляют синтез ферментов (ренин, тромбопластин, эритропоэтины и др.), биологически активных веществ (серотонин, простагландины и др.). Почки участвуют в обмене белков, жиров и углеводов. В них синтезируются компоненты клеточных мембран.

Мочеобразование происходит в нефронах почках, благодаря механизмам фильтрации, реабсорбции и секреции. Первая фаза мочеобразования – *фильтрация* осуществляется в капсуле Шумлянско–Боумена.

Установлено, что содержание неорганических и органических веществ (за исключением белков) в клубочковом фильтрате, или *первичной моче*, такое же, как и в плазме крови. Величина клубочковой фильтрации зависит: 1) от величины кровяного давления в клубочках; 2) от онкотического давления плазмы крови; 3) от гидравлического давления фильтрата, заполняющего полость капсулы и канальцы нефрона.

Фильтрация в капсуле происходит лишь в том случае, если кровяное давление в капиллярах мальпигиева клубочка не менее чем на 20 мм рт. ст. выше, чем сумма давления фильтрата в полости капсулы и онкотического

давления, создаваемого белками плазмы крови. Количество образующейся первичной мочи у взрослого человека достигает 150–170 л в сутки.

Фильтруется в полость капсулы из крови все, кроме форменных элементов и высокомолекулярных белков. Возвращение в кровь всех жизненно важных веществ и почти всей воды происходит в результате второй фазы мочеобразования – обратного всасывания, или *реабсорбции*. В результате реабсорбции в сутки у человека из 150–170 л первичной мочи образуется всего 1,5–2 л вторичной (конечной) мочи, которая выводится из организма.

Все вещества, содержащиеся в плазме крови и фильтрующиеся в первичную мочу, разделяют на пороговые и непороговые. Пороговые вещества выделяются в составе конечной мочи только при достижении определенной концентрации их в крови (таблица 6). Например, глюкоза поступает в конечную мочу, если ее содержание в крови превысит 6,9 ммоль/л. Непороговые вещества (мочевина, креатинин) выводятся с мочой из организма при любой, даже самой низкой, концентрации их в плазме крови.

Таблица 6 – Содержание различных веществ в плазме крови и вторичной моче

Вещества	Содержание веществ (%)		Отличие содержания вещества в моче от содержания его в плазме крови
	в плазме крови	во вторичной моче	
Мочевина	0,03	2,0	В 67 раз больше
Мочевая кислота	0,004	0,05	В 12 раз больше
Калий	0,02	0,15	В 7 раз больше
Натрий	0,32	0,35	Примерно столько же
Фосфаты	0,009	0,15	В 16 раз больше
Сульфаты	0,002	0,18	В 90 раз больше
Глюкоза	0,1–0,15	–	В норме нет в моче
Сахар	0,1–0,15	–	Нет в моче
Белок	7,8–8,0	–	Нет в моче

В процессе мочеобразования ряд химических соединений (например, некоторые органические кислоты) не проникают в фильтрат в капсуле Шумлянско-Боумана, но, тем не менее, оказываются в конечной моче в результате *канальцевой секреции*, т.е. переноса вещества через окружающие клетки из крови капилляров, оплетающих канальцы, в мочу канальцев. Некоторые из веществ (аммиак, ионы водорода) образуются в клетках стенок канальцев, другие поступают из крови вторичной капиллярной сети, оплетающей канальцы. Секреция осуществляется путем активного транспорта веществ канальцевым эпителием с участием специфических переносчиков и с затратой энергии АТФ.

Почки играют важную роль в поддержании осмотического и кровяного давления, кислотно-щелочного равновесия, водного баланса и ионного состава мочы. Изменение количества выводимой из организма воды влияет на величину артериального давления. Кроме того, в почках синтезируются биологически активные вещества, регулирующие тонус сосудов. Постагландины и кинины, образующиеся в почках снижают тонус сосудов и вызывают их расширение.

### **3. Мочевыделение.**

Образуемая вторичная моча поступает из извитых канальцев в собирательные трубочки и далее в малые и большие чашки почечной лоханки. При заполнении чашек лоханок возбуждаются механорецепторы, которые запускают рефлекторное сокращение мускулатуры почечных лоханок и раскрытие мочеточников. Чашки сокращаются и выдавливают мочу в *мочеточники*, которые, перистальтически сокращаясь, направляют мочу в *мочевой пузырь*. Мочевой пузырь – это полый мышечный орган, служащий резервуаром для накапливающейся мочи. Опорожнение его происходит периодически. У выхода из мочевого пузыря, в начале мочеиспускательного канала имеется гладкомышечный *сфинктер*, или *жом*, *мочевого пузыря*. Несколько ниже расположен *сфинктер мочеиспускательного канала*, образованный поперечнополосатой мускулатурой. Во время мочеиспускания мускулатура сфинктеров расслабляется, а мышцы стенки пузыря сокращаются, что ведет к опорожнению пузыря.

Благодаря пластическому тонусу гладкой мускулатуры стенок, мочевой пузырь может при наполнении увеличивать свой объем без заметного увеличения напряжения стенок. По этой причине давление в пузыре нарастает непропорционально количеству поступившей в него мочи, т.е. вначале практически не меняется, а затем быстро увеличивается. При накоплении мочи в пузыре у человека до 250–300 мл давление в нем повышается до 15–16 см водного столба и может возникнуть рефлекторное мочеиспускание. Чем больше скорость наполнения пузыря, тем быстрее повышается в нем давление и позывы к мочеиспусканию могут наблюдаться даже при небольшом объеме мочи в мочевом пузыре. Степень наполнения пузыря также сильно зависит от тонуса гладкой мускулатуры его стенок (на холоде емкость пузыря уменьшается).

*Мочеиспускание* – это сложный рефлекторный акт, заключающийся в одновременном сокращении стенок мочевого пузыря и расслаблении обоих сфинктеров. Этот акт регулируется нервными центрами, расположенными в спинном мозге, в продолговатом и среднем мозге и в коре больших полушарий.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Какие существуют внепочечные (экстраренальные) пути выделения продуктов обмена из организма человека?
2. Как происходит образование первичной мочи?
3. Охарактеризуйте фазу реабсорбции в мочеобразовании.
4. Как осуществляется процесс мочевыделения?

## **Раздел 2. Школьная гигиена.**

### **Лекция 10. Гигиена учебно-воспитательного процесса**

#### **План:**

1. Работоспособность детей и подростков.
2. Изменение работоспособности в процессе учебной деятельности.

#### **1. Работоспособность детей и подростков.**

Под работоспособностью понимают способность человека развить максимум энергии и, экономно ее расходуя, выполнять работу качественно и эффективно. Однако, длительная работа может приводить к утомлению.

*Утомлением* называют совокупность изменений, происходящих в организме в период выполнения работы и приводящих к невозможности ее продолжения. Биологическая роль утомления чрезвычайно высока. Во-первых, она несет защитную функцию, предохраняя организм от истощения при слишком длительной или слишком напряженной работе. Во-вторых, повторное утомление, не доводимое до чрезмерной величины, является средством повышения функциональных возможностей организма. В целостном организме утомление в первую очередь возникает в центральной нервной системе. В то же время происходят определенные сдвиги на периферии, то есть в собственно рабочих органах – мышцах. Различают три степени утомления.

1. Проявляется в снижении умственной и физической работоспособности, возникновении двигательного беспокойства, развиваются вялость и сонливость, ухудшаются внимание и восприимчивость. Это говорит о торможении ориентировочных рефлексов, которые всегда связаны с новизной раздражителя.

2. Появляются головные боли, происходит дальнейшее ослабление внимания на уроках, понижение аппетита, нарушение сна.

3. Нарушение сна, усиление головных болей, раздражительность, резкое падение работоспособности, снижение сопротивляемости организма к инфекционным заболеваниям.

*Переутомление*, в отличие от утомления, это уже длительное и глубокое снижение работоспособности, сопровождающееся нарушением деятельности систем жизнеобеспечения и требующее для своего устранения длительного отдыха, а в ряде случаев и специальных лечебных мероприятий.

И утомление, и переутомление у детей возникают быстрее, чем у взрослых, что объясняется особенностями деятельности центральной нервной системы. В то же время причины развития утомления у младших школьников несколько отличны от таковых у средних и старших школьников. Утомление в начальной школе возникает в первую очередь в связи с тем, что школьники должны овладеть тремя основными школьными навыками: навыком письма, навыком чтения и навыком длительного неподвижного сидения.

Под навыком понимают закрепленное многократным повторением (упражнением) умение выполнять то или иное действие. Переход от умения к навыку заключается в образовании устойчивых и прочных связей в центральной нервной системе. В процессе формирования навыка выполнение действия ускоряется, действие становится более точным и более экономичным; ряд элементов деятельности автоматизируется.

Чтобы предупредить нарастание утомления, необходимо организовать учебную работу так, чтобы дети переходили от умственной деятельности к физической, а от последней – к умственной. Возбуждение новых очагов в коре больших полушарий ведет к тому, что центры бывшие возбужденными при предыдущем виде работы, затормаживаются. Это ведет к восстановлению их работоспособности.

Большую роль в снижении утомляемости детей играют положительные эмоции, например, радость, восторг. Отрицательные эмоции, такие, как обида, страх, приводят детей в состояние угнетения, что создает предпосылки для быстрого утомления.

Работоспособность учащихся всех возрастов на первом уроке невелика: происходит вработывание в учебный процесс после периода ночного отдыха. Вхождение в работу происходит на первом уроке через 19 минут, на последующих – через 5 минут после начала урока. Длительность устойчивого рабочего состояния для школьников младшего возраста – 15 - 20 минут, для среднего школьного возраста - 25 – 30 минут, для старшеклассников – 30 – 35 минут. Наиболее рациональны перемены по 10 – 15 минут. Наивысших за учебный день показателей работоспособности достигает на втором и третьем уроках. У младших школьников уже на четвертом уроке отмечается заметное снижение работоспособности, которое, скорее всего, носит защитный характер. У средних и старших школьников аналогичная реакция возникает к пятому и шестому урокам соответствен-

но. Вот почему на последних уроках умственная работа оказывается малопродуктивной, а для части учеников даже становится фактором, вызывающим психическое перенапряжение.

Анализ характера работоспособности учащихся предполагает, что нецелесообразно ставить два или три сложных урока подряд, а лучше чередовать трудные предметы с менее трудными, требующие значительных умственных усилий (математика, иностранные языки, химия, физика) - с преимущественно физическими нагрузками, связанные с письмом или записыванием (русский, иностранный языки) - с преимущественным объяснением учителя (история, география).

В течении учебной недели также происходят закономерные изменения активности физиологических систем организма и работоспособности учащихся. В понедельник ее работоспособность относительно невелика: в это время происходит вработывание после воскресного отдыха. Что касается расписания учебных занятий на неделю, то здесь следует исходить из суммарной нагрузки учебных дней в такой же закономерности, какая была отмечена для отдельного дня. При учебной пятидневке в расписании может быть предусмотрено одно двухдневное плато с оптимальной работоспособностью в среду и четверг.

#### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Какие гигиенические требования необходимо применять к построению учебно-воспитательного процесса?
2. Что такое утомление и чем оно отличается от переутомления?
3. Какие по счету уроки наиболее работоспособны и почему?
4. В какие дни недели работоспособность учеников выше и почему?

## **МАТЕРИАЛЫ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ**

### **Физиология опорно-двигательного аппарата**

Максимальная сила мышцы зависит от числа мышечных волокон, составляющих данную мышцу, и от толщины этих волокон. Отношение максимальной силы мышцы к ее анатомическому поперечнику называется относительной силой мышцы. Отношение максимальной силы мышцы к ее физиологическому поперечнику называется абсолютной силой мышцы.

Измерение мышечной силы у человека осуществляется при произвольном (осознанном) напряжении мышц. Максимальная произвольная

мышечная сила зависит от мышечных, или периферических, и координационных, или нервных, факторов.

Н.Е. Введенский доказал, что одна и та же мышца максимальную силу развивает при оптимальной частоте и силе поступающих к ней импульсов. Систематическая мышечная работа (тренировка) увеличивает массу мышц, их силу и работоспособность. Бездеятельность мышц ведет к их атрофии. Измерение мышечной силы человека проводится при определении физического развития спортсменов, в невропатологии – для оценки силы мышц при детских параличах, в физиологических экспериментах и др. Мышечную силу человека определяют с помощью специальных приборов – динамометров.

### Практическая работа 1. Динамометрия

**Цель работы:** определить силу мышц кисти, уровень работоспособности и показатель снижения работоспособности мышц кисти.

**Для работы необходимы:** кистевой динамометр, секундомер.

#### Методика проведения работы

Силу правой и левой кисти рук определяют с помощью кистевого динамометра (рис. 1). При замерах мышечной силы необходимо соблюдать ряд условий и, прежде всего, постоянство позы испытуемого. Замеры мышечной силы обеих рук повторяют по три раза как до, так и после работы (20 приседаний).

Испытуемый в положении стоя отводит вытянутую руку с динамометром в сторону под прямым углом к туловищу. Затем он выполняет максимальное усилие на динамометре. Лучший результат из его трех попыток является величиной силы (F) мышц кисти (в кг).

Обработка результатов исследования производится в следующем порядке:

- вычисляется среднее значение силы кисти для правой и левой руки;
- вычисляется коэффициент асимметрии (КА) для силы рук по формуле:  $КА = (V_{пр} - V_{л}) : (V_{пр} + V_{л}) \times 100 \%$ ,

где  $V_{пр}$  – средняя сила правой руки;  $V_{л}$  – средняя сила левой руки;

- полученные данные сравниваются со среднестатистическими данными (табл. 1);

- вычисляется показатель силы руки и сравнивается с таблицей 2;

- определяется динамометрический индекс и сравнивается с нормами (табл. 3).



Рис. 1. Кистевой динамометр

Таблица 1 – Среднестатистические данные показателей силы кистей рук (в кг) для взрослых нетренированных людей

Сила	Показатели силы (в кг)	
	Мужчины	Женщины
Сила правой руки	48	25
Сила левой руки	45	23

Показатель силы руки (силовой индекс) рассчитывают по формуле:  
 сила мышц кисти (в кг) / масса тела (в кг) × 100

Таблица 2 – Нормативные показатели силы руки у мужчин и женщин

Пол	Низкий	Ниже среднего	Средний	Выше среднего	Высокий
Мужчины	≤ 60	61–65	66–70	71–80	≥ 81
Женщины	≤ 40	41–50	51–55	56–60	≥ 61

Определяется динамометрический индекс (ДИ), который показывает отношение показателя силы к величине массы тела:

$$\text{ДИ} = \text{сила кисти} / \text{масса тела}$$

Таблица 3 – Среднестатистические данные динамометрического индекса для взрослых нетренированных людей

Оценка	Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Плохо
Мужчины	Более 0,8	0,7–0,8	0,6–0,69	Менее 0,6
Женщины	Более 0,6	0,56–0,60	0,40–0,55	Менее 0,4

Делают выводы об общем физическом развитии испытуемого, о ведущей руке, об изменении показателей после нагрузки (приседаний).

## 2. Определение уровня работоспособности и показателя снижения работоспособности мышц кисти

Для определения уровня работоспособности (Р) испытуемый по команде экспериментатора через каждые 5 с выполняет одно максимальное усилие на динамометре, делая подряд 10 попыток. Экспериментатор записывает каждый результат испытуемого. Уровень работоспособности мышц определяют по формуле:

$$P = (f_1 + f_2 + f_3 + \dots + f_n) / n,$$

где Р – уровень работоспособности;  $f_1, f_2, f_3$  и т.д. – показатели динамометра при отдельных мышечных усилиях; n – количество попыток (10 попыток).

Результаты этих же попыток используют для определения показателя снижения работоспособности мышц по формуле:

$$S = [(f_1 - f_{\min}) / f_{\max}] \cdot 100,$$

где  $S$  – показатель снижения работоспособности мышц;  $f_1$  – величина начального мышечного усилия;  $f_{\min}$  – минимальная величина усилия среди 10 попыток;  $f_{\max}$  – максимальная величина усилия среди 10 попыток.

Сравнивают результаты у нескольких испытуемых. Показатели силы мышц кисти тела выше, чем больше  $F$  и ниже  $S$ .

### *Контрольные вопросы и тесты*

1. Что называется относительной силой мышцы?
2. Как определить анатомический поперечник мышцы?
3. Что называется абсолютной силой мышцы?
4. Как измерить физиологический поперечник мышцы?
5. От каких периферических (мышечных) факторов зависит сила мышцы?
6. Тип сокращения, при котором мышца укорачивается, но напряжение ее почти не меняется, носит название:
  - 1) изометрический;
  - 2) эксцентрический;
  - 3) концентрический;
  - 4) ауксотонический.
7. Нейромоторные единицы, осуществляющие медленные реакции и обеспечивающие тонус мышц, называются:
  - 1) фазными;
  - 2) переходными;
  - 3) тоническими;
  - 4) белыми.
8. Белые мышечные волокна содержат: а) много миофибрилл, б) мало миоглобина, в) много гликогена, г) много митохондрий, д) много гликолитических ферментов.
  - 1) а, б, в, д;
  - 2) а, в, г, д;
  - 3) б, в, г, д;
  - 4) в, г, д.
9. Саркомы отделены друг от друга: а) А-дисками, б) М-линиями, в) Z-дисками, г) I-дисками, д) Z-линиями.
  - 1) а, в;
  - 2) б, г;
  - 3) б, д;
  - 4) в, д.

## **Физиология нервной системы**

### **Практическая работа 2. Проприоцептивные рефлекс человека**

**Цель работы:** ознакомиться с простыми методами исследования рефлексорных реакций на примере оценки сухожильных рефлексов человека.

**Для работы необходимы:** неврологический молоточек.

### **Методика проведения работы**

Испытуемый принимает соответствующее положение тела. Для наблюдения рефлексов экспериментатор наносит удары неврологическим молоточком по соответствующим сухожилиям.

1. Коленный рефлекс. Испытуемый в положении сидя кладет одну ногу на колено второй. Экспериментатор наносит легкий удар неврологическим молоточком под коленной чашечкой по сухожилию четырехглавой

мышцы бедра. Наблюдается разгибание ноги в коленном суставе. Чтобы исключить произвольную задержку проявления коленного рефлекса, необходимо отвлечь внимание испытуемого. Для этого ему дается задание растягивать соединенные в замок пальцы обеих рук.

Сравните рефлекторную реакцию на обеих конечностях.

2. Ахиллов рефлекс. Испытуемый встает коленями на стул. Ступни его ног должны свисать. Неврологическим молоточком наносится легкий удар по ахиллову сухожилию. Наблюдается сгибание стопы.

Сравните рефлекторную реакцию на обеих конечностях.

3. Сгибательный рефлекс предплечья. Нижняя часть плеча полусогнутой и расслабленной руки испытуемого находится на ладони экспериментатора. Удар молоточком наносится по сухожилию двуглавой мышцы плеча. Наблюдается сгибание руки в локтевом суставе.

4. Разгибательный рефлекс предплечья. Экспериментатор становится сбоку от испытуемого, отводит его плечо в сторону до горизонтального уровня и поддерживает плечо левой рукой у локтевого сгиба так, чтобы предплечье свисало под прямым углом. Удар молоточком наносится по сухожилию трехглавой мышцы плеча у самого локтевого сгиба. Наблюдается разгибание руки в локтевом суставе.

5. Кожные, брюшной и подошвенный рефлексы. Раздражают тактильные рецепторы кожи подошвенной поверхности стопы ручкой неврологического молоточка и наблюдают за рефлекторным сгибанием пальцев стопы. Раздражение кожной поверхности живота вызывает рефлекторное сокращение мышц живота на этой же стороне.

Делают вывод о выраженности сухожильных рефлексов (в норме, асимметричны, отсутствуют) и зарисовывают схемы их рефлекторных дуг.

#### *Контрольные вопросы и тесты*

1. Охарактеризуйте рефлекторную дугу сухожильного коленного рефлекса.
2. Может ли рефлекторная дуга включать два и более вставочных нейрона?
3. Из чего складывается время рефлекса?
4. Какова функциональная роль задних и передних корешков спинного мозга?
5. Рефлекторные дуги сухожильных рефлексов: а) являются моносинаптическими, б) включают три нейрона, в) являются полисинаптическими, г) включают два нейрона, д) включают один нейрон.
  - 1) а, б;
  - 2) а, г;
  - 3) а, д;
  - 4) в, г.
6. В спинном мозге различают проводящие пути: а) кортико-мостомозжечковые, б) проекционные, в) восходящие, г) комиссуральные, д) нисходящие.
  - 1) а, б;
  - 3) б, в, г;



спиной вниз и через 15–20 с после перехода испытуемого в положение лежа еще раз подсчитывают частоту пульса за 15 с. Полученные показатели частоты сердечных сокращений пересчитывают на 1 минуту.

При переходе человека из положения стоя в положение лежа частота сердечных сокращений уменьшается в норме на 4–6 уд/мин. Замедление пульса более чем на 6 уд/мин указывает на повышение тонуса парасимпатического отдела ВНС, регулирующего работу сердца. Отсутствие реакции или парадоксальный ее характер (учащение пульса) указывает на преобладание тонуса симпатического отдела вегетативной нервной системы.

#### Опыт 2. *Ортоstaticкий рефлекс Превеля*

##### **Методика проведения работы**

Испытуемый ложится на кушетку спиной вниз. После 4–6-минутного нахождения его в горизонтальном положении в состоянии покоя у него подсчитывают пульс за 15 секунд. Затем испытуемый резко встает и у него в течение первых 15 с в положении стоя опять подсчитывают пульс. Показатели частоты пульса в положении лежа и стоя пересчитывают на значение за 1 минуту. При нормальном тоне и возбудимости симпатического и парасимпатического отделов ВНС разница двух измерений (в положении лежа и стоя) не должна превышать 6–24 уд/мин. Если она больше 24, то это свидетельствует о повышенной возбудимости симпатического отдела. Если она меньше 6, то это указывает на преобладание тонуса парасимпатического отдела вегетативной нервной системы.

#### Опыт 3. *Дыхательно-сердечный рефлекс Геринга*

Рефлекс проявляется в повышении тонуса ядер блуждающего нерва при задержке дыхания после глубокого вдоха, что приводит к уменьшению частоты сердечных сокращений.

##### **Методика проведения работы**

У испытуемого, находящегося в положении сидя, подсчитывают частоту сердечных сокращений за 15 с. Затем просят его сделать глубокий вдох и задержать дыхание. Во время задержки дыхания еще раз подсчитывают частоту пульса за 15 с. Рассчитывают значения частоты пульса за 1 мин. В норме частота сердечных сокращений уменьшается на 4–6 уд/мин. Урежение пульса на 8–10 уд/мин и более указывает на повышение тонуса парасимпатического отдела ВНС, а менее 4 уд/мин – на его понижение.

#### Опыт 4. *Глазо-сердечный рефлекс Данини – Ашнера*

У человека при легком надавливании на глазные яблоки частота сердечных сокращений обычно замедляется, т.к. при этом рефлекторно возбуждаются ядра блуждающего нерва. Рефлекторная дуга этого рефлекса состоит из афферентных волокон глазодвигательного нерва, нейронов ядер

блуждающего нерва в продолговатом мозге и блуждающих нервов, которые при возбуждении оказывают тормозящее действие на сердце.

### Методика проведения работы

У испытуемого в положении сидя определяют частоту пульса за 1 мин. Затем экспериментатор осторожно слегка надавливает на оба закрытых глаза испытуемого в течение 15 с. Сразу после надавливания на глазные яблоки вновь измеряется частота пульса испытуемого за 15 с и пересчитывается на частоту за 1 мин.

Обычно частота сердечных сокращений уменьшается на 4–10 уд/мин вследствие повышения тонуса блуждающего нерва. Снижение частоты пульса более чем на 10 уд/мин свидетельствует о повышенной возбудимости парасимпатического отдела ВНС. Снижение ниже 4 уд/мин или учащение сердечных сокращений сверх уровня покоя (до надавливания на глазные яблоки) указывает на преобладание тонуса симпатической нервной системы.

На основании полученных в четырех опытах результатов делают вывод об активности у испытуемого симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы.

### Контрольные вопросы и тесты

1. Что называют вегетативной нервной системой?
2. Что такое эффект Орбели – Гинецинского ?
3. Укажите медиаторы, выделяющиеся в синапсах эфферентного пути симпатического отдела ВНС?
4. Раскройте суть и значение мультипликации в вегетативных ганглиях.
5. Тела эффекторных нейронов ВНС лежат в:
  - 1) спинномозговых ганглиях;
  - 2) симпатических и парасимпатических ганглиях;
  - 3) передних рогах спинного мозга;
  - 4) боковых рогах спинного мозга.
6. Дуги вегетативных рефлексов, замыкающихся в спинном или головном мозге, включают нейроны: а) чувствительные, б) вставочные, в) соматические, г) альфа-мотонейроны, д) преганглионарные, е) постганглионарные.
  - 1) а, б, д, е;
  - 2) а, б, г;
  - 3) б, в, д, е;
  - 4) а, в, д, е.
7. Часть вегетативной нервной системы, иннервирующую только те внутренние органы, которые обладают собственным моторным ритмом, например желудок, кишечник, мочевого пузырь, иногда называют:
  - 1) симпатической;
  - 2) парасимпатической;
  - 3) метасимпатической;
  - 4) соматической.

8. Под влиянием симпатической нервной системы улучшаются процессы обмена веществ, протекающие в скелетных мышцах и нервной системе, что назвали:

- 1) генерализованным действием;
- 2) диффузным действием;
- 3) гуморальной функцией;
- 4) адаптационно-трофической функцией.

### 3. Ознакомление с некоторыми функциями мозжечка

**Для работы необходимы:** стакан, книга.

#### Методика проведения работы

Опыт 1. *Пальценосовая проба (на дисметрию и тремор)*

Испытуемый закрывает глаза, вытягивает вперед правую руку с разогнутым указательным пальцем, остальные пальцы сжаты в кулак. После этого кончиком указательного пальца он касается кончика своего носа. Затем то же он выполняет левой рукой. В норме человек дотрагивается до кончика носа (с точностью  $\pm 1$  см) без дрожи пальцев рук (т.е. проба на дисметрию и тремор отрицательная). При не выраженном нарушении функции мозжечка данное задание выполнимо только в том случае, если рука направляется к носу из положения опущенной вниз. При поражении мозжечка наблюдается непопадание в кончик носа и дрожание пальца (тремор) при поднесении его к носу (то есть проба на дисметрию становится положительной).

Опыт 2. *Позы Ромберга (оценка координации движений и статической устойчивости)*

Для оценки статической устойчивости применяется тест из четырех так называемых «поз Ромберга», при этом регистрируется время (секунды) удержания каждой позы (рис. 2). При простом варианте выполнения позы (первое положение) испытуемый должен встать, сдвинуть ступни ног (пятки и носки вместе), руки вытянуть вперед и несколько развести пальцы. Затем он закрывает глаза. В норме взрослый человек сохраняет устойчи-

вость в заданной позе более 60 с.

При более сложном варианте (второе положение) испытуемый становится так, чтобы его ноги были на одной линии и пятка впереди распо-

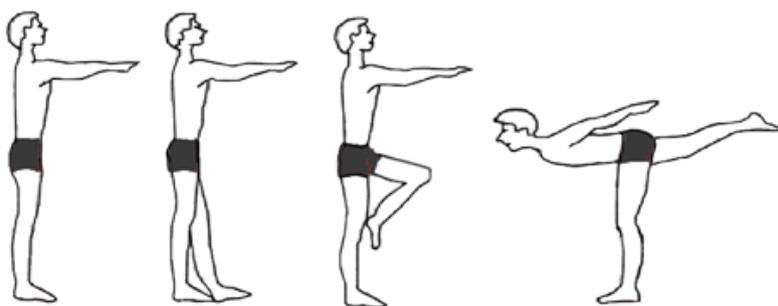


Рис.2. Позы Ромберга

ложенной ноги касалась носка находящейся сзади. Руки нужно вытянуть вперед, развести пальцы и закрыть глаза. Здоровые нетренированные взрослые люди способны устойчиво удерживать данную позу в течение 30–50 с, спортсмены – 100 с и более.

В третьем положении испытуемый стоит на одной ноге, пятка второй прижата к колену опорной ноги. В четвертой позе демонстрируется «ласточка». Спортсмены способны выдержать позу «ласточка» в течение 15 и более секунд. Утомление, перенапряжение, заболевание укорачивают время сохранения поз Ромберга.

#### *Опыт 3. Оценка походки (проба на атаксию)*

Испытуемому предлагают пройти по комнате вперед и назад с открытыми и закрытыми глазами. В норме у здорового человека походка обычная, без шатаний в стороны и без широкого расставления ног (то есть проба на атаксию отрицательная).

#### *Опыт 4. Проба на дисметрию*

Испытуемый должен взять со стола и затем поставить назад (в то же место) какой-либо предмет (книгу, стакан). В норме человек ставит предмет на то же место с ошибкой не более  $\pm 2$  см (т.е. проба на дисметрию отрицательная).

#### *Опыт 5. Произношение слов (проба на дизартрию)*

Испытуемый должен повторить несколько трудных для произношения слов (землетрясение, самолетостроение, администрирование, децеребрационная ригидность или др.). Отмечают, нет ли замедления, растянутости или толчкообразности речи.

#### *Опыт 6. Торможение движений, возникших в силу инерции*

Работа проводится в парах. Испытуемый сжимает руку в локте. Экспериментатор захватывает его предплечье около кисти и предлагает испытуемому тянуть руку на себя, преодолевая сопротивление. Затем неожиданно для испытуемого экспериментатор отпускает его руку. Рука испытуемого делает короткий рывок и останавливается.

Объясняют наблюдаемые явления, выводы записывают.

#### *Контрольные вопросы и тесты*

1. Как проявляется астазия, наблюдаемая при нарушении функций мозжечка?
2. Опишите асинергию, происходящую при нарушении функций мозжечка.
3. Что такое дисметрия?
4. Из каких структур состоит мозжечок?
5. Мозжечок НЕ участвует в:
  - 1) инициации произвольных движений;

- 2) регуляции позы и мышечного тонуса;
  - 3) коррекции медленных целенаправленных движений;
  - 4) координации быстрых целенаправленных движений.
6. Информация о замысле движения поступает в мозжечок от:
- 1) таламуса;
  - 2) ассоциативных областей коры больших полушарий;
  - 3) моторных областей коры больших полушарий;
  - 4) подкорковых ядер.
7. Потеря способности сохранять равновесие, обусловленное нарушением функций мозжечка, называется:
- 1) дисметрией;
  - 2) атаксией;
  - 3) адиадохокинезом;
  - 4) дезэквilibрией.
8. Двигательное расстройство, обусловленное нарушением функций мозжечка и характеризующееся резким ослаблением мышечного тонуса, носит название:
- 1) атония;
  - 2) астения;
  - 3) асинергия;
  - 4) адиадохокинез.

#### *4. Рефлексы промежуточного мозга*

**Для работы необходимы:** штатив, кафельная плитка, лягушка.

#### **Методика проведения работы**

##### *Опыт 1. Позный рефлекс промежуточного мозга*

Экспериментатор предлагает испытуемым заниматься своими делами, а затем неожиданно дает громкую команду «Замри». Испытуемые застывают в разных позах (позный рефлекс промежуточного мозга).

##### *Опыт 2. Роль промежуточного мозга в формировании произвольных движений*

Посадите лягушку на стол и прижмите ее к вертикально поставленной плитке. Когда лягушка оцепенеет, руку медленно отведите. Лягушка будет сидеть, облокотившись на плитку, как в кресле, в неестественной позе. Если гипноз окажется достаточно глубоким, можно вытянуть ее переднюю лапку. Если животное не проснется от прикосновения, то это положение также сохранится.

Объясняют наблюдаемые явления, выводы записывают.

#### *Контрольные вопросы и тесты*

1. Охарактеризуйте неспецифические ядра таламуса.
2. Какова роль ассоциативных ядер таламуса?
3. Дайте характеристику гипоталамусу как интегративному центру регуляции температуры тела.
4. Какую роль играет гипоталамус в осуществлении пищевого поведения?

5. В специфических ядрах таламуса происходит синаптическая передача импульсов, поступивших от всех рецепторов тела, за исключением:
- |                  |                   |
|------------------|-------------------|
| 1) вкусовых;     | 3) слуховых;      |
| 2) обонятельных; | 4) вестибулярных. |
6. Охарактеризуйте нейроны специфических ядер таламуса: а) посылают к коре аксоны, почти не имеющие боковых ответвлений, б) возбуждение от них распространяется почти на все области коры, в) при повреждении нейронов какого-либо специфического ядра пропадает определенный вид чувствительности, г) возбуждение от них поступает в строго определенные точки коры больших полушарий.
- |             |              |
|-------------|--------------|
| 1) а, б, в; | 3) б, в;     |
| 2) а, в, г; | 4) только г. |
7. Гипоталамус имеет тесные нервные и сосудистые связи с:
- |               |                        |
|---------------|------------------------|
| 1) эпифизом;  | 3) щитовидной железой; |
| 2) гипофизом; | 4) тимусом.            |
8. К особой группе нейрогормонов гипоталамуса, оказывающих на нейроны морфиноподобное действие, относятся: а) энкефалины, б) катехоламины, в) эндорфины, г) либерины, д) статины.
- |          |             |
|----------|-------------|
| 1) а, б; | 3) б, в, г; |
| 2) а, в; | 4) в, г, д. |

### **Гуморальная регуляция организма**

Специальные органы организма, выделяющие в кровь, лимфу или цереброспинальную жидкость высокоактивные биологические вещества, называются эндокринными железами, или железами внутренней секреции, а выделяемые ими вещества называются гормонами.

Эндокринные железы не имеют выводных протоков и выделяют гормоны во внутреннюю среду организма, вследствие чего они получили второе название – железы внутренней секреции. Их клетки густо оплетены сетью кровеносных и лимфатических капилляров, в которые гормоны поступают путем диффузии через клеточные мембраны. Эта особенность принципиально отличает эндокринные железы от экзокринных (желез внешней секреции), выделяющих свои секреты на поверхность тела или в полость других органов по выводным протокам.

Эндокринными железами у человека являются: 1) гипофиз, или нижний придаток мозга; 2) эпифиз, или верхний придаток мозга, или шишковидная железа; 3) щитовидная железа; 4) околощитовидные, или паращитовидные железы; 5) вилочковая железа, или тимус, или зубная железа; 6) надпочечники. Поджелудочная железа и половые железы, или гонады (у мужчин – семенники, у женщин – яичники), помимо эндокринной выполняют

еще и внешнесекреторную функцию. Поэтому поджелудочную железу и половые железы относят к железам смешанной секреции.

Кроме указанных эндокринных желез, гормоны могут синтезироваться еще и другими органами и клетками организма.

#### **Практическая работа 4. Оценка устойчивости человека к стрессовым воздействиям**

**Цель работы:** с помощью тестового самоанализа своего поведения установить устойчивость организма к стрессовым воздействиям, в чем большая роль принадлежит эндокринной системе.

**Для работы необходимы:** опросник В.В. Маркова.

##### **Методика проведения работы**

Для определения своей устойчивости к психофизиологическому напряжению, способному привести в стрессовой ситуации к нервному срыву, испытуемому необходимо постараться как можно точнее ответить на вопросы предлагаемых тестов, подсчитать баллы и сравнить их с критериями. Баллы приведены в скобках в ответах после каждого вопроса.

##### **Тест А**

1. Трудно ли Вам обратиться к кому-либо с просьбой о помощи?  
Да, всегда (3), очень часто (2), иногда (0), редко (0), никогда (0).
2. Думаете ли Вы о своих проблемах даже в свободное время?  
Очень часто (5), часто (4), иногда (2), редко (0), никогда (0).
3. Видя, что у человека что-то не получается, испытываете ли Вы желание сделать это вместо него?  
Да, всегда (5), очень часто (4), иногда (2), редко (0), никогда (0).
4. Подолгу ли Вы переживаете из-за неприятностей?  
Да, всегда (5), очень часто (4), иногда (2), редко (0), никогда (0).
5. Сколько времени Вы уделяете себе вечером?  
Больше 3 ч. (0), 2–3 ч. (0), 1–2 ч. (2), ни 1 мин. (4).
6. Перебиваете ли Вы человека, не дослушав до конца объяснение с излишними подробностями?  
Да, всегда (4), часто (3), в зависимости от обстоятельств (2), редко (1), нет (0).
7. О Вас говорят, что Вы вечно спешите?  
Да, это так (5), часто спешу (4), спешу, как и все (1), спешу только в исключительных случаях (0), никогда не спешу (0).
8. Трудно ли Вам отказаться от вкусной еды?  
Да, всегда (3), очень часто (2), иногда (0), редко (0), никогда (0).
9. Приходилось ли Вам делать несколько дел одновременно?  
Да, всегда (5), очень часто (4), иногда (3), редко (1), никогда (0).
10. Считается ли, что во время разговора Ваши мысли витают где-то далеко?

Очень часто (5), часто (4), иногда (3), редко (1), никогда (0).

11. Не кажется ли Вам порой, что люди говорят о скучных и пустых вещах?

Очень часто (5), часто (4), иногда (1), редко (0), никогда (0).

12. Нервничаете ли Вы, стоя в очереди?

Очень часто (4), часто (3), весьма редко (1), никогда (0).

13. Любите ли Вы давать советы?

Да, всегда (4), очень часто (3), иногда (1), редко (0), никогда (0).

14. Долго ли Вы колеблетесь, прежде чем принять решение?

Всегда (3), очень часто (2), часто (1), редко (0), никогда (0).

15. Как Вы говорите?

Торопливо, скороговоркой (3), быстро (2), спокойно (0).

Критерии оценок

45–63 балла: Вы испытываете психофизиологическое напряжение и не исключено, что находитесь на третьей стадии общего адаптационного синдрома. Нервный срыв для Вас является реальной угрозой. Возможно, Вам следует изменить образ жизни.

20–44 баллов: уровень Вашей устойчивости к стрессовым воздействиям низок. Вам следует относиться к жизни спокойнее, научиться внутренне расслабляться, снимать напряжение.

1–19 баллов: Вам удастся сохранять спокойствие и уравновешенность в стрессовых ситуациях благодаря высокой степени устойчивости по отношению к ним.

0 баллов: если Вы отвечали честно, то единственная опасность, которая Вам угрожает, – это чрезмерное спокойствие и скука.

### Тест Б

Свой ответ на каждый из вопросов оцените следующим образом: часто – 3 балла, иногда – 2, редко – 1. Точность результата будет зависеть от объективности Ваших ответов.

1. Я думаю, что меня в коллективе недооценивают.
2. Я стараюсь работать, даже если бываю не совсем здоров.
3. Я переживаю за качество своей работы.
4. Я бываю агрессивно настроен.
5. Я не терплю критики в свой адрес.
6. Я бываю раздражителен.
7. Я стараюсь быть лидером там, где это возможно.
8. Меня считают человеком настойчивым и напористым.
9. Я страдаю бессонницей.
10. Своим недругам я могу дать отпор.
11. Я эмоционально и болезненно переживаю неприятности.
12. У меня не хватает времени на отдых.

13. У меня возникают конфликтные ситуации.
14. Мне не хватает власти, чтобы реализовать себя.
15. У меня не хватает времени, чтобы заняться любимым делом.
16. Я все делаю быстро.
17. Я испытываю страх, что не сдам экзамены.
18. Я действую сгоряча, а затем переживаю за свои дела и поступки.

Чем ниже набранная сумма баллов, тем выше ваша устойчивость к стрессовым воздействиям (табл. 4).

Таблица 4 – Оценка устойчивости к стрессовым воздействиям

Сумма баллов	50–54	42–49	38–41	30–37	22–29
Уровень устойчивости к стрессу	Низкий	Ниже среднего	Средний	Выше среднего	Высокий

На основании полученных результатов анкетирования по двум тестам сделайте общее заключение о своей устойчивости к стрессовым воздействиям.

#### *Контрольные вопросы и тесты*

1. Какие стадии выделил Г. Селье в развитии общего адаптационного синдрома?
2. Дайте характеристику первой стадии общего адаптационного синдрома.
3. Что происходит во вторую стадию общего адаптационного синдрома?
4. Какие гормоны и почему называют адаптивными гормонами?
5. Что наблюдается в третьей стадии общего адаптационного синдрома?
6. Железы внутренней секреции:
  - 1) имеют выводные протоки, открывающиеся в полости тела;
  - 2) имеют выводные протоки на поверхность тела;
  - 3) не имеют выводных протоков;
  - 4) имеют выводные протоки, открывающиеся во внутреннюю среду организма.
7. Гормоны корковой части надпочечников:
  - 1) влияют на деятельность поджелудочной и щитовидной желез;
  - 2) вызывают увеличение размеров органов и рост скелета;
  - 3) регулируют водно-солевой и углеводный обмен в организме, повышают устойчивость организма к неблагоприятным воздействиям;
  - 4) влияют на пигментацию кожи человека.
8. Ускоряют движение крови, учащают сокращения сердца, расширяют бронхи, сосуды сердца и мозга, сужают сосуды кожи и кишечника, увеличивают распад гликогена в печени, усиливают сокращение мышц гормоны:
  - 1) коркового слоя надпочечников;
  - 2) шишковидной железы;

- 3) мозгового слоя надпочечников;
- 4) соматостатин и глюкагон.

### **Практическая работа 5. Исследование влияния соматотропного гормона на рост человека**

**Цель работы:** обнаружить влияние соматотропного гормона на рост человека.

**Для работы необходимы:** ростомер, данные о росте родителей.

#### **Методика проведения работы**

Наиболее простым и доступным методом исследования соматотропной функции является антропометрический, т.е. оценка роста человека по сравнению с его прогнозируемым ростом, рассчитанным на основании среднего роста его родителей.

Испытуемый становится на площадку ростомера без обуви (в тонких носках) спиной к его вертикальной стойке с делениями (рис. 3). Поза испытуемого: руки по швам, пятки вместе, спина выпрямлена, живот слегка подтянут, пятки, ягодицы и лопатки касаются стойки ростомера. Голова располагается в «плоскости Франкфурта», т.е. так, чтобы наружный нижний край глазницы и верхний край козелка уха находились на одной горизонтальной линии. Измерения проводят на выдохе. Подвижную планку ростомера опускают до соприкосновения без надавливания с головой испытуемого. Измерения проводят с точностью до 0,5 см.

Для определения границ конечного роста используются следующие формулы, основанные на учете роста родителей.

Прогнозируемый конечный рост мужчины = (рост отца + рост матери + 13 см) : 2.

Прогнозируемый конечный рост женщины = (рост отца + рост матери – 13 см) : 2.

Измеренный рост взрослого испытуемого должен совпадать с прогнозируемым ростом или отклоняться от расчетной величины роста не более чем на 2 стандартных отклонения (СО), а именно:  $\pm 10$  см к расчетной величине роста.

Отклонения измеренного роста более чем на 2 СО от расчетной величины роста указывает на патологически низкий или высокий рост человека, что может быть обусловлено нарушением нормальной секреции соматотропного гормона передней долей гипофиза. В таком случае для выяснения причины нарушения роста необходимо проводить детальные исследования соматотропной функции гипофиза, а также изучение состояния других желез, прежде всего половых и щитовидной.



Рис. 3

На основании полученных данных делают соответствующие выводы.

#### *Контрольные вопросы и тесты*

1. Какие эффекторные гормоны вырабатывает аденогипофиз?
2. На что в организме оказывает влияние соматотропный гормон гипофиза?
3. Что происходит при избыточной выработке соматотропин у детей и взрослых?
4. Что наблюдается при недостаточной продукции соматотропного гормона в детском возрасте?
5. Как участвует гипоталамус в регуляции секреции гормона роста?
6. Наибольшее влияние соматотропин оказывает на ткань(и): а) хрящевую, б) жировую, в) железистую, г) костную.
  - 1) а, б;
  - 2) а, г;
  - 3) а, б, г;
  - 4) только в.
7. Гормон роста вырабатывается:
  - 1) нейрогипофизом;
  - 2) передней долей гипофиза;
  - 3) эпифизом;
  - 4) промежуточной долей гипофиза.
8. Гипофиз расположен:
  - 1) в грудной полости;
  - 2) в брюшной полости;
  - 3) в головном мозге;
  - 4) на щитовидном хряще гортани.

### **Физиология кровеносных сосудов**

Движение крови по сосудам является обязательным условием обеспечения жизнедеятельности человека. Кровь движется по кровеносной системе вследствие разности давлений в устье аорты и полых венах. Давление крови определяют два основных фактора: сократительная деятельность сердца и сопротивление кровотоку, обусловленное состоянием кровеносных сосудов. Давление крови в артериях во время систолы желудочков выше, и оно называется систолическим, или максимальным. Во время диастолы желудочков артериальное давление ниже и носит название диастолического, или минимального. Разница между систолическим и диастолическим давлением называется пульсовым давлением.

У взрослых здоровых людей (15–50 лет) в состоянии покоя, по данным Всемирной организации здравоохранения, систолическое давление считается нормальным (нормотоническим) в границах 105–125 мм рт. ст. Выше 140 мм рт. ст. давление является гипертензивным (гипертоническим), ниже 100 мм рт. ст. – гипотензивным (гипотоническим). Нормальное диастолическое давление в покое составляет 60–80 мм рт. ст., пульсовое давление – 35–50 мм рт. ст.

## Практическая работа 6. Измерение артериального давления у человека по методу Н.С. Короткова

**Цель работы:** ознакомиться с методом измерения артериального давления механическим тонометром.

**Для работы необходимы:** механический тонометр, фонендоскоп.

### Методика проведения работы

Механический тонометр (рис. 4) состоит из полой резиновой манжетки, покрытой снаружи нерастягивающейся тканью. Манжетка с помощью трубки сообщается с резиновой грушей и манометром.

Испытуемый садится на стул, опираясь на спинку, и кладет расслабленную руку на стол так, чтобы середина плеча была на уровне сердца. Манжетка накладывается экспериментатором на обнаженное плечо на уровне сердца. Нельзя закатывать рукава с образованием сдавливающих валиков из ткани, так как это может привести к заведомо неправильным результатам. Нижний край манжетки располагается на 2 см выше локтевого сгиба. Накладывают манжетку плотно, но не туго.

На сгибе руки испытуемого, в локтевой ямке, экспериментатор нащупывает пульсирующую плечевую артерию, на которую прикладывает головку фонендоскопа и вставляет в уши наконечники его трубок. Следует не допускать очень сильного сдавливания артерии мембраной фонендоскопа. Располагают шкалу манометра на уровне глаз, чтобы снизить вероятность ошибки при считывании показаний.

Зажимают винтовой клапан возле резиновой груши и, ритмически сжимая ее, нагнетают воздух в манжетку, контролируя давление визуально по стрелке манометра. Чтобы определить, до какого давления нужно накачивать воздух в манжетку, в ходе первого измерения АД у испытуемого пальцами нащупывают пульс на лучевой артерии. Воздух накачивают в манжетку до момента прекращения пульса в лучевой артерии. Давление в этот момент фиксируется по манометру, а нагнетание воздуха в манжетку продолжается еще больше на 30 мм рт. ст. Нельзя создавать слишком большое давление в манжетке, так как это вызывает болевые ощущения в плече и повышение АД.

Плавно открывают винтовой клапан и снижают давление в манжетке со скоростью 2–3 мм рт. ст. в секунду. Уровень давления, при котором по-

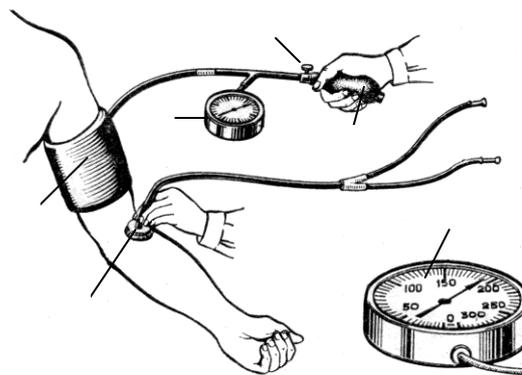


Рис. 4. Измерение артериального давления по методу Короткова:

1 – головка фонендоскопа; 2 – манжетка; 3 – тонометр; 4 – винтовой клапан; 5 – резиновая груша

является первый сосудистый тон в плечевой артерии, соответствует систолическому АД (первая фаза тонов Короткова). Продолжают снижать давление в манжетке, слушая нарастающую, а затем ослабляющуюся силу тонов. Уровень давления, при котором происходит полное исчезновение тонов (5-я фаза тонов Короткова), принимают за диастолическое давление. Если невозможно определить 5-ю фазу, тогда нужно попытаться определить 4-ю фазу, когда тоны резко ослабевают.

Если у испытуемого тоны Короткова очень слабы и плохо прослушиваются, то он должен поднять руку и выполнить несколько сжимающих движений кистью. Затем измерение АД повторяют.

Первый раз АД измеряется на обеих руках испытуемого, где оно может различаться. В дальнейшем измерения проводят на той руке, где АД выше. Если проводится серия измерений, то рекомендуют испытуемому менять первоначальное положение тела. Интервал между измерениями должен составлять не менее минуты. В паузах между измерениями следует выпускать воздух из манжетки. При выполнении серии повторных измерений находят среднее значение из нескольких измерений систолического и диастолического АД.

При необходимости измерения АД сразу после физической нагрузки, например работы на велоэргометре или бега на месте, манжетку с руки не снимают, а на время выполнения нагрузки отсоединяют ее от тонометра. После окончания нагрузки испытуемый быстро принимает ту же позу, что и до нее, манжетку соединяют с манометром и измеряют АД. Делают повторные измерения АД через каждые 30 с после окончания нагрузки до восстановления давления до исходных величин.

После измерения систолического и диастолического АД вычисляют пульсовое давление. Сравнивают полученные в эксперименте данные с нормами и делают соответствующие выводы.

Поскольку артериальное давление измеряют не только медицинские работники, но и многие люди для наблюдения за состоянием сердечно-сосудистой системы, а также учителя физической культуры, поэтому следует учитывать некоторые обстоятельства для правильного измерения артериального давления (АД):

- за 30 мин перед измерением необходимо исключить прием пищи, курение, физическое и психическое напряжение, воздействие холода;
- перед измерением АД необходимо в течение 5 мин спокойно посидеть или полежать (в зависимости от выбранного положения тела, при котором будет проводиться измерение) и расслабиться;
- АД может повыситься, если испытуемый хочет спать, страдает запором, взволнован, испытывает нетерпение, недавно поел или выполнил физические упражнения;

- АД повышается после принятия ванны, душа, алкогольных напитков, перед мочеиспусканием, при температуре в помещении ниже 18–20 °С;
- АД слегка повышается сразу после того, как испытуемый выпил кофе или чай или покурил;
- АД стабилизируется после 5–6 глубоких вдохов перед измерением. Измерение не производят, пока дыхание у испытуемого не нормализуется;
- измерение у испытуемого нельзя производить непрерывно в течение длительного времени;
- при измерении АД в положении сидя спина испытуемого должна иметь опору, так как любые формы изометрических сокращений мышц (статическая нагрузка) вызывают немедленное повышение кровяного давления. Средняя точка плеча должна находиться на уровне сердца;
- нельзя повышать давление в брюшной полости. АД может оказаться выше, если испытуемый сгибает спину (например, сидит на диване, опустив руку для измерения на диван или положив руку с манжеткой на низкий стол), кладет ногу за ногу и подымает их на стул или сидит, поджав ноги по-турецки;
- лучше всего производить измерение в положении сидя. Если же у испытуемого измеряют АД в положении лежа, то рука с манжеткой должна располагаться вдоль тела и быть слегка поднятой до уровня, соответствующего середине груди (под плечо и локоть нужно подложить небольшую подушечку).

#### *Контрольные вопросы и тесты*

1. Какое давление называется систолическим и каковы его нормы?
2. Чем обусловлены волны I порядка на кривой записи кровяного давления?
3. Как изменяется кровяное давление в сосудах кровеносной системы человека?
4. Что получило название «юношеская гипертония»?
5. Назовите важнейшие сосудосуживающие факторы.
6. Одной из причин движения крови по сосудам является:
  - 1) вязкость крови;
  - 2) разница давлений в сосудах в начале и конце кругов кровообращения;
  - 3) разветвление крупных артерий на мелкие, артериол – на капилляры;
  - 4) потребность периферических тканей в питательных веществах и кислороде.
7. Кровяное давление в кровеносной системе выше всего во время:
 

1) систолы предсердий;	3) диастолы желудочков;
2) систолы желудочков;	4) общей паузы.

8. В кровеносной системе человека кровяное давление ниже всего в:

- 1) аорте;
- 2) плечевой артерии;
- 3) капиллярах;
- 4) полых венах.

### Практическая работа 7. Измерение артериального давления у человека с помощью электронного измерителя (электронного тонометра)

**Цель работы:** ознакомиться с методом измерения артериального давления электронным тонометром.

**Для работы необходимы:** электронный измеритель кровяного давления Microlife.

#### Методика проведения работы

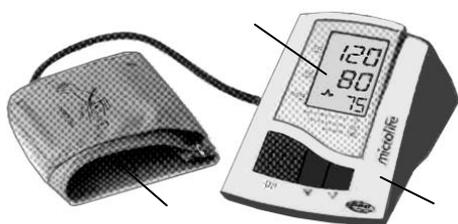


Рис. 5. Электронный тонометр:  
1 – плечевая манжетка; 2 – дисплей; 3 – основной блок

Измерения артериального давления электронным измерителем давления более точные, так как не зависят от субъективных факторов, связанных с экспериментатором. Однако испытуемый не должен двигаться и разговаривать во время измерения. Измерение не должно проводиться сразу после физических нагрузок испытуемого.

Одним из распространенных является электронный измеритель кровяного давления Microlife (рис. 5). Он состоит из основного блока и плечевой манжетки. На основном блоке имеются жидкокристаллический дисплей для отображения показателей, гнездо для подключения внешнего источника тока, отверстие для трубки манжетки, кнопки «Пуск», «Время», «М» (Память).

Порядок работы с измерителем кровяного давления Microlife следующий. Вставляют трубку плечевой манжетки в предназначенное для этого отверстие с левой стороны прибора. Прибор автоматически записывает время и дату каждого измерения, что очень важно, поскольку АД меняется в течение дня.

Надевают манжетку на руку испытуемого, выполнив действия в следующем порядке:

- натянуть манжетку на обнаженную левую руку испытуемого так, чтобы трубка была ориентирована в направлении нижней части руки (рис. 6, а);
- затянуть манжетку на руке так, чтобы нижний ее



Рис. 7. Показания дисплея при измерении АД

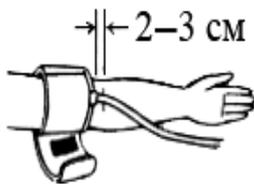


Рис. 6.  
Надевание манжетки

край находился на расстоянии примерно 2–3 см выше локтевого сгиба, а резиновая трубка выходила из манжеты с внутренней стороны руки (рис. 7, б);

- затянуть свободный конец манжетки и застегнуть ее, но не слишком тесно, соединив застежку «липучка». Рукав с руки лучше снять или поднять кверху, не закатывая валиком;

- положить руку на стол ладонью вверх так, чтобы середина манжетки находилась на уровне сердца (рис. 7, в). Трубка не должна быть перекручена.

После правильного укрепления манжетки на руке приступают к измерению артериального давления. Для этого:

- нажимают кнопку «Пуск» (рис. 7, а). Манжетка начинает накачиваться при помощи насоса. Повышающееся давление в манжете отображается на экране дисплея (рис. 167, б);

- после того, как было достигнуто требуемое давление в манжете, насос перестает качать и давление постепенно падает. Давление в манжете отображается на дисплее. Если давление накачки оказалось недостаточным, измеритель давления автоматически производит заново накачку манжеты до более высокого уровня давления;

• когда прибор обнаруживает сердечное сокращение, значок, изображающий сердце, начинает вспыхивать, и раздается звуковой сигнал при каждом новом сердечном сокращении;

• когда измерение АД завершено, раздается более длительный звуковой сигнал, а на дисплее отображается систолическое и диастолическое давление, а также частота пульса (рис. 7, в).

• появление на дисплее символа РАД означает (рис. 7, г), что во время измерения прибор обнаружил нарушения в частоте пульса.

Сравнивают величины систолического, диастолического и пульсового давления, а также частоты пульса с нормами и делают необходимые выводы.

#### *Контрольные вопросы и тесты*

1. Какое давление называется диастолическим и его нормы?
2. Чем обусловлены волны II и III порядков на кривой записи кровяного давления?
3. Какое кровяное давление называют средним, какое – пульсовым?
4. Что собой представляет сосудодвигательный центр продолговатого мозга?

5. Как участвуют сосудистые рефлексогенные зоны в регуляции кровяного давления?
6. Кровяное давление в кровеносной системе ниже всего во время:
  - 1) диастолы предсердий;
  - 2) систолы желудочков;
  - 3) диастолы желудочков;
  - 4) диастолы предсердий и систолы желудочков.
7. Давление крови в артериях в момент расслабления желудочков сердца получило название: а) диастолического, б) систолического, в) пульсового, г) минимального, д) максимального.
  - 1) а, в;
  - 2) а, г;
  - 3) а, в, г;
  - 4) б, д.
8. Повышенное давление крови в сосудах называется: а) гипертензией, б) гипотензией, в) гипертонией, г) гипотонией, д) стенокардией.
  - 1) а, в;
  - 2) б, г;
  - 3) в, д;
  - 4) только г.

### **Лабораторная работа 8 Определение систолического и минутного объема крови расчетным методом**

**Цель работы:** освоить методику расчета систолического и минутного объема крови, зная величину ЧСС и артериального давления.

**Для работы необходимы:** тонометр, фонендоскоп, секундомер.

#### **Методика проведения работы**

У испытуемого в состоянии покоя в положении сидя измеряют по пульсу ЧСС за 1 мин. В это же время на его второй руке по методу Короткова измеряют систолическое и диастолическое (ДД) артериальное давление. Рассчитывают пульсовое давление (ПД).

Затем, не снимая манжетку тонометра, испытуемый делает 20 быстрых приседаний. После чего сразу же определяют величину кровяного давления и одновременно на другой руке частоту пульса за 10 с. Пересчитывают ЧСС за 1 мин, для чего число ударов пульса за 10 с умножают на 6.

Сравнивают полученные величины кровяного давления и ЧСС до и после нагрузки и делают соответствующий вывод.

Для расчета величин СОК и МОК до и после нагрузки на основании экспериментальных данных ЧСС и кровяного давления, полученных у испытуемого, широко используется формула И. Старра:

$$\text{СОК} = 90,97 + 0,54 \times \text{ПД} - 0,57 \times \text{ДД} - 0,61 \times \text{В} ,$$

где СОК – систолический объем; ПД – пульсовое давление; ДД – диастолическое давление; В – возраст испытуемого.

Формула Старра достоверна при систолическом артериальном давлении 105–155 мм рт. ст., диастолическом АД – 55–95 мм рт. ст., ЧСС – 69–90 сокращений в минуту.

После определения по формуле Старра СОК рассчитывают также МОК в покое и после физической нагрузки, для чего СОК умножают на величину ЧСС в 1 мин:  $МОК = СОК \times ЧСС$ .

Полученные данные заносят в таблицу 5, анализируют их и делают выводы.

Таблица 5 – ЧСС, кровяное давление, СОК и МОК в покое и после физической нагрузки

Показатели	Покой	После выполненной нагрузки
ЧСС		
Систолическое давление		
Диастолическое давление		
Пульсовое давление		
СОК		
МОК		

#### *Контрольные вопросы и тесты*

1. Что такое ударный объем сердца?
2. Какой объем сердца называют минутным объемом?
3. Что называют резервным и остаточным объемами сердца?
4. Какие нервные структуры получили название вазомоторного центра?
5. Как меняются объемы сердца при физической работе?
6. В состоянии покоя при каждом сокращении сердца взрослого человека левый и правый желудочки выталкивают в аорту и легочный ствол порции крови, объемом по:
  - 1) 10–20 мл;
  - 2) 30–40 мл;
  - 3) 60–80 мл;
  - 4) 130–150 мл.
7. Количество крови, выбрасываемое желудочком сердца за одно сокращение, называется: а) ударным объемом, б) минутным объемом, в) систолическим объемом, г) объемом циркулирующей крови.
  - 1) а, б;
  - 2) а, в;
  - 3) а, г;
  - 4) в, г.
8. У спортсменов при мышечной нагрузке минутный объем крови возрастает за счет: а) увеличения систолического объема, б) уменьшения кровяного давления, в) увеличения частоты сердечных сокращений, г) расширения капилляров в работающих мышцах.
  - 1) а, б;
  - 2) б, г;
  - 3) а, в;
  - 4) б, в, г.

## Практическая работа 9. Определение частоты пульса в покое, во время и после физической нагрузки

**Цель работы:** освоить навык пальпаторного подсчета пульса и частоты сердечбиений.

**Для работы необходимы:** секундомер, велоэргометр, метроном.

### Методика проведения работы

Подсчет частоты пульса проводят пальпаторным методом в положении испытуемого лёжа на спине, сидя или стоя. Экспериментатор тремя пальцами (указательным, средним и безымянным) левой руки нащупывает пульс на лучевой артерии левой руки испытуемого. Рука испытуемого берется в «замок» (рис. 8) с тем, чтобы при движениях испытуемого во время выполнения им физической нагрузки не терялся контакт пальцев экспериментатора с артерией испытуемого.



Рис. 8

Частота пульса измеряется за отрезки времени, равные 10 с, что позволяет оценивать динамику изменений ЧСС при физической нагрузке и в период восстановления.

В покое пульс измеряют по три раза за 10 с в каждом из положений: лежа, сидя, стоя. Обнаруживают различие в частоте пульса в зависимости от положения тела, тренированности сердечной мышцы, а также возбудимости симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы.

Затем испытуемый выполняет в течение 1 мин физическую нагрузку, например, бег на месте под метроном в темпе 160–180 шагов в мин или работу на велоэргометре. При выполнении нагрузки подсчет частоты пульса на лучевой артерии испытуемого обычно затрудняется. Поэтому необходимо научиться считать пульс по 10-секундным отрезкам на височной или сонной артерии.

Сразу после нагрузки продолжают считать пульс по 10-секундным отрезкам у испытуемого в положении стоя, пока ЧСС не восстановится до величины уровня покоя.

При использовании пульсотомеров различных модификаций о величине пульса судят по показаниям прибора, руководствуясь инструкцией по применению данного пульсотомера.

По полученным в эксперименте данным студенты строят в тетради график изменения частоты пульса по 10-секундным отрезкам в покое, при физической нагрузке и в период восстановления. Делают соответствующие выводы.

### Контрольные вопросы и тесты

1. Что называют брадикардией, каковы ее причины?

2. Что называют тахикардией, каковы ее причины?
3. Как возникает и распространяется пульсовая волна?
4. Расскажите о карманообразных клапанах и мышечном насосе.
5. Как изменяется частота пульса при физической нагрузке?
6. Пульс – это:
  - 1) ритмические колебания стенки артерий, вызванные выбросом крови в аорту при сокращении левого желудочка;
  - 2) ритмические колебания стенки вен, вызванные движением крови;
  - 3) колебания скорости движения крови при систоле и диастоле сердца;
  - 4) сужения и расширения кровеносных сосудов, вызванные нервными влияниями и мышечной работой.
7. Обмен различных веществ и газов между кровью и тканевой жидкостью происходит практически только через стенки: а) артерий, б) вен, в) аорты, г) капилляров.
 

1) а, в;	3) а, в, г;
2) б, в;	4) только г.
8. Стенка артерии состоит из оболочек: а) соединительнотканной, б) хрящевой, в) поперечнополосатой скелетной мышечной, г) гладкомышечной, д) железистой, е) эпителиальной (эндотелиальной), ж) жировой.
 

1) а, б, г;	3) а, г, е;
2) а, в, д;	4) г, е, ж.

### **Возрастные особенности системы дыхания**

Количество воздуха, проходящее через легкие при дыхательных движениях, то есть вдохе и выдохе, зависит от размеров грудной клетки, силы дыхательных мышц, эластичности связочного аппарата, легочной ткани и т.д. При спокойном дыхании у взрослого человека во время вдоха поступает 400–500 мл воздуха, который называют дыхательным объемом. После обычного вдоха человек, не выдыхая, может дополнительно максимально вдохнуть еще 1500–2000 мл. Этот объем называется резервным объемом вдоха. Он возрастает у спортсменов, тренирующих дыхательную систему (у бегунов, лыжников, пловцов и т.д.).

После спокойного выдоха человек может, не вдыхая, дополнительно максимально выдохнуть еще 1000–1500 мл воздуха. Этот объем получил название резервный объем выдоха.

Дыхательный объем, резервный объем вдоха и резервный объем выдоха вместе составляют жизненную емкость легких (ЖЕЛ). Ее можно определить, если после максимального вдоха совершить максимальный выдох. Однако даже после максимального выдоха альвеолы в легких полностью не спадаются и в них остается воздух – остаточный объем. ЖЕЛ и ее составные компоненты можно измерить с помощью сухого спирометра.

## Практическая работа 19. Спирометрия

**Цель работы:** научиться измерять жизненную емкость легких и составляющие ее объемы.

**Для работы необходимы:** сухой спирометр, носовой зажим, секундомер, спирт, вата.

### Методика проведения работы

1. *Определение дыхательного объема.* Мундштук сухого спирометра (рис. 9) дезинфицируют ваткой, смоченной спиртом. Испытуемый закрывает нос носовым зажимом и берет в рот мундштук спирометра. Читая молча книгу, чтобы отвлечь внимание от процесса дыхания, испытуемый дышит ртом в течение двух минут через спирометр. Перед началом измерения поворачивают кольцо шкалы спирометра и устанавливают стрелку на нуль.

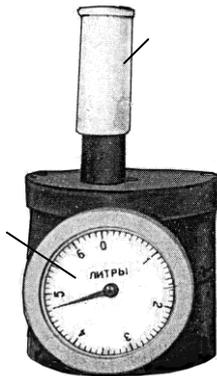


Рис. 9. Сухой спирометр:  
1 – шкала;  
2 – мундштук

Экспериментатор считает по шкале спирометра число выдохов (стрелка спирометра при каждом выдохе движется, а при вдохе останавливается). Считают число полных оборотов стрелки спирометра, каждый из которых соответствует 6,5 л выдыхаемого воздуха.

Найденный общий объем выдохнутого воздуха испытуемым делят на число выдохов и находят величину дыхательного объема.

2. *Определение резервного объема выдоха.* Испытуемый закрывает нос носовым зажимом и делает спокойный обычный выдох ртом в атмосферу. Затем, не вдыхая, берет мундштук спирометра в рот и полностью с усилием выдыхает оставшийся воздух. Записывают в тетрадь более высокое значение из трех попыток.

3. *Определение жизненной емкости легких.* Испытуемый закрывает нос зажимом. Делает максимальный вдох ртом из атмосферы, быстро берет в рот мундштук спирометра и делает в него максимальный выдох. Записывают

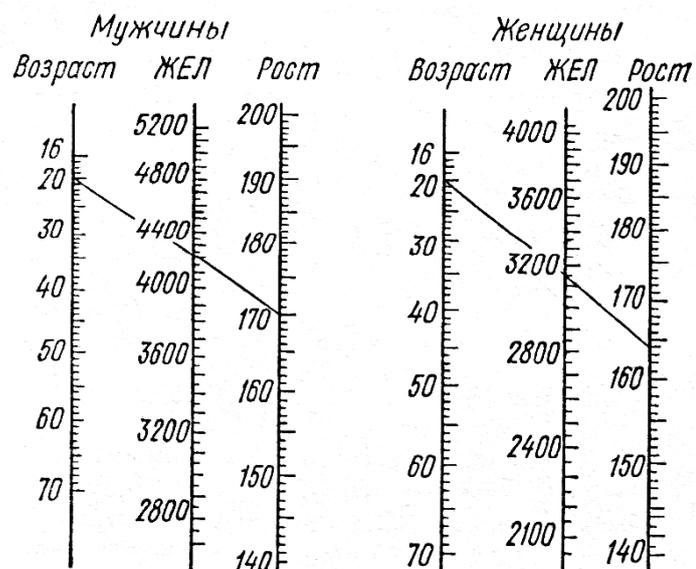


Рис. 10. Номограмма для определения должной величины ЖЕЛ

самый высокий показатель из трех попыток.

Этот показатель сравнивают с должной величиной ЖЕЛ, которая зависит от возраста, роста и пола. Должную ЖЕЛ определяют по номограмме (рис. 10). Для этого находят на левой шкале номограммы возраст испытуемого, а на правой шкале – его рост. Приложив линейку к этим точкам, на прямой линии в пересечении со средней шкалой находят число, которое показывает, какой должна быть жизненная емкость легких у данного испытуемого.

Если фактическая ЖЕЛ, определенная испытуемым путем выдоха в спирометр, оказалась ниже, чем должная ЖЕЛ, найденная по номограмме, то это свидетельствует о недостаточном уровне функционирования системы внешнего дыхания. В норме у здоровых людей фактическая ЖЕЛ может отклоняться от должной в пределах  $\pm 15\%$ .

Для удобства определения должной величины ЖЕЛ можно воспользоваться таблицами К. Людвига (таблицы 6, 7).

Таблица 6 – Должная ЖЕЛ (в мл) для мужчин, определенная по формуле К. Людвига

Рост тела, см	Вес тела, кг										
	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
160	3500	3650	3800	3950	4100	4250	4400	4550	4700	4850	5000
165	3700	3850	4000	4150	4300	4450	4600	4750	4900	5050	5200
170	3900	4050	4200	4350	4500	4650	4800	4950	5100	5250	5400
175	4100	4250	4400	4550	4700	4850	5000	5150	5300	5450	5600
180	4300	4450	4600	4750	4900	5050	5200	5350	5500	5650	5800
185	4500	4650	4800	4950	5100	5250	5400	5550	5700	5850	6000
190	4700	4850	5000	5150	5300	5450	5600	5750	5900	6050	6200

Таблица 7 – Должная ЖЕЛ (в мл) для женщин, определенная по формуле К. Людвига

Рост тела, см	Вес тела, кг							
	45	50	55	60	65	70	75	80
150	2650	2700	2750	2800	2850	2900	2950	3000
155	2850	2900	2950	3000	3050	3000	3150	3200
160	3050	3100	3150	3200	3250	3300	3350	3400
165	3250	3300	3350	3400	3450	3500	3550	3600
170	3450	3500	3550	3600	3650	3700	3750	3800
175	3650	3700	3750	3800	3850	3900	3950	4000
180	3850	3900	3950	4000	4050	4100	4150	4200

4. *Определение резервного объема вдоха.* Резервный объем вдоха с помощью сухого спирометра определить нельзя, так как при вдыхании воздуха турбинка и соединенная с ней стрелка спирометра не вращаются. Резервный объем вдоха вычисляют, вычитая из величины ЖЕЛ сумму величин резервного объема выдоха и дыхательного объема.

5. *Определение жизненного индекса.* Для определения жизненного индекса (жизненного показателя) величину ЖЕЛ в миллилитрах делят на величину массы тела испытуемого в килограммах. Для взрослого человека жизненный индекс равен 50–60 мл на 1 кг массы тела.

Записывают полученные спирометрические показатели в тетрадь и делают соответствующие выводы. Сравнивают показатели у нескольких испытуемых.

#### *Контрольные вопросы и тесты*

1. Что называют дыхательным объемом, резервным объемом вдоха и выдоха?
2. Какова роль пневмотаксического центра в регуляции дыхания и где он расположен?
3. Охарактеризуйте конвективный и диффузионный перенос газов в воздухоносных путях.
4. В виде каких соединений переносится углекислый газ кровью от тканей к легким?
5. Какие имеются различия между атмосферным воздухом, альвеолярной смесью газов, выдыхаемой смесью газов?
6. Легкие человека всегда находятся в расправленном состоянии, потому что:
  - 1) давление в плевральной полости меньше, чем внутри альвеол легких;
  - 2) они растянуты сокращением диафрагмы;
  - 3) сокращаются гладкие мышцы в их стенке;
  - 4) легочная плевро сростается с париетальной плеврой.
7. Давление воздуха в альвеолах легких:
  - 1) всегда равно атмосферному;
  - 2) всегда ниже атмосферного;
  - 3) ниже атмосферного во время вдоха и выше атмосферного во время выдоха;
  - 4) выше атмосферного во время вдоха и ниже атмосферного во время выдоха.
8. Жизненную емкость легких составляют: а) дыхательный объем, б) остаточный объем, в) резервный объем вдоха, г) резервный объем выдоха, д) общая емкость легких.
  - 1) а, в, г;
  - 2) а, б, в, г;
  - 3) а, в, г, д;
  - 4) б, в.

### **Практическая работа 11. Определение минутного объема дыхания**

По классической методике определения минутного объема дыхания (МОД) выдыхаемый воздух собирают в мешки Дугласа, а затем для измерения его количества пропускают через газовый счетчик. В случае отсутствия мешков Дугласа и газового счетчика МОД можно определить, хотя и с меньшей точностью, используя сухой спирометр.

**Цель работы:** ознакомиться с методикой определения МОД в покое и при физической работе.

**Для работы необходимы:** сухой спирометр, носовой зажим, велоэргометр, секундомер, вата, спирт.

#### **Методика проведения работы**

В проведении эксперимента участвуют 5 человек, один из которых является испытуемым. Второй студент регистрирует время с помощью секундомера, третий считает число выдохов испытуемого за каждую минуту эксперимента, четвертый по шкале спирометра определяет объем воздуха, выдыхаемый испытуемым за каждую минуту, пятый студент записывает полученные данные.

Испытуемый дезинфицирует ваткой, смоченной спиртом, мундштук сухого спирометра и берет мундштук в рот. Закрывает нос носовым зажимом, садится на велоэргометр, но не выполняет работу, привыкая к дыханию через спирометр. Вначале МОД определяется у испытуемого в состоянии покоя в течение 3 мин. Чтобы отвлечь внимание испытуемого от процесса дыхания, перед ним держат книгу, которую он молча читает. По команде экспериментатора ставят шкалу спирометра на нуль и включают секундомер на 3 мин.

Считают по шкале спирометра число выдохов отдельно за каждую минуту покоя (стрелка спирометра при каждом выдохе движется, а при вдохе остается неподвижной). Число полных оборотов стрелки спирометра, каждый из которых соответствует 6,5 л выдыхаемого воздуха, плюс объем воздуха, соответствующий неполному обороту стрелки, является объемом воздуха выдохнутого испытуемым за 3 мин. Разделив эту величину на 3, находят МОД в покое.

Затем по такой же методике у того же испытуемого определяют МОД поминутно в течение 3 мин работы на велоэргометре.

Рассчитывают средний дыхательный объем поминутно в покое и при работе, для чего МОД делят на число дыханий в соответствующую минуту. Найденная величина является показателем глубины дыхания.

Полученные данные заносят в таблицу 8, анализируют и делают выводы.

Таблица 8 – МОД, частота и глубина дыхания в покое и во время работы

Условия опыта	Время	МОД (в л)	Частота дыхания (кол-во)	Глубина
---------------	-------	-----------	--------------------------	---------

	(в мин)		вдохов и выдохов за 1 мин)	дыхания (в мл)
Покой	1			
Покой	2			
Покой	3			
Работа	1			
Работа	2			
Работа	3			

### *Контрольные вопросы и тесты*

1. Что называют легочной вентиляцией и от чего она зависит?
2. Какие используют количественные показатели легочной вентиляции?
3. Каковы строение и функции дыхательного центра продолговатого мозга?
4. Что называют аэрогематическим барьером?
5. Охарактеризуйте механорецепторы дыхательной системы.
6. При вдохе:
  - 1) наружные межреберные мышцы и диафрагма сокращаются, объем грудной полости увеличивается;
  - 2) межреберные мышцы и диафрагма расслабляются, объем грудной полости уменьшается;
  - 3) наружные межреберные мышцы сокращаются, диафрагма расслабляется, объем грудной полости не изменяется;
  - 4) наружные межреберные мышцы расслабляются, диафрагма сокращается, объем грудной полости не изменяется.
7. Легочная плевра – это:
  - 1) гладкая блестящая воздухо непроницаемая оболочка из соединительной ткани;
  - 2) воздухо непроницаемая оболочка из гладкой мышечной ткани;
  - 3) гладкая блестящая оболочка из эпителиальной ткани;
  - 4) мерцательный эпителий, содержащий железы и покрывающий легкие.
8. Между легочной и пристеночной плеврами находится:
  - 1) грудная полость;
  - 2) жизненная емкость легких;
  - 3) плевральная полость;
  - 4) бронхиальное дерево.

### **Гигиеническая оценка режима питания. Определение обмена энергии**

В процессе обмена веществ постоянно происходит превращение энергии: химическая энергия сложных органических соединений, поступивших с пищей, превращается в тепловую, механическую и электриче-

скую. Все акты жизнедеятельности обеспечиваются энергией в результате энергетического обмена за счет анаэробного и аэробного метаболизма. Соотношение количества энергии, поступающей с пищей, и энергии, расходуемой организмом, называется энергетическим балансом. При избыточном питании происходит накопление энергетических запасов, а при голодании, некоторых гормональных и других нарушениях энергетические ресурсы уменьшаются.

В зависимости от функционального состояния организма и воздействий на него внешней среды выделяют три уровня энергетического обмена: основной обмен, обмен в состоянии относительного покоя, энерготраты при физической работе.

## **Практическая работа 12. Определение основного обмена по таблицам**

**Цель работы:** ознакомиться с определением расхода энергии по таблицам Гарриса – Бенедикта.

**Для работы необходимы:** ростомер, весы, таблицы Гарриса – Бенедикта.

### **Методика проведения работы**

Испытуемого взвешивают и с помощью ростомера измеряют его рост. Если взвешивание производилось в одежде, то полученный результат следует уменьшить на 2–4 кг (в зависимости от вида одежды). По таблицам Гарриса – Бенедикта для определения основного обмена по таблице *A* находят количество ккал, соответствующее весу испытуемого (Приложения А, Б). Таблицы даны отдельно для мужчин и женщин, так как основной обмен у мужчин примерно на 10 % выше, чем у женщин.

В таблице *B* учитывается расход энергии испытуемого в зависимости от его возраста и роста (Приложения В, Г). В ней в графе по горизонтали ищут возраст испытуемого, а по вертикали – рост. На пересечении граф возраста и роста находят цифру расхода энергии.

Складывают числа, найденные по таблицам *A* и *B* ( $A + B$ ), и получают величину основного обмена у испытуемого за сутки. Для более точного сравнения полученного основного обмена с нормами необходимо рассчитать величину основного обмена на 1 кг веса тела в 1 ч. Для этого найденную величину делят на вес испытуемого в кг и на 24 ч:

$$(A+B) : \text{вес (кг)} : 24.$$

Нормальным основным обменом является 1 ккал/кг · ч с колебаниями в обе стороны не более 10 %, то есть от 0,90 до 1,10 ккал/кг · ч. Отклонение от нормы более чем на 10 %, может являться следствием изменения гормонального фона в организме, в частности уровня гормонов щитовидной железы, и другими причинами. Как правило, у более полных испытуе-

мых величина основного обмена, даже в пределах нормы, находится ближе к значению 0,90 ккал/кг · ч, а у худых испытуемых – ближе к отметке 1,10 ккал/кг · ч.

Сравнивают величину основного обмена у нескольких испытуемых и делают выводы.

#### *Контрольные вопросы и тесты*

1. Какие процессы называются анаэробным и аэробным обменом?
2. Что такое энергетический баланс и когда он нарушается?
3. Что называют основным обменом?
4. На что израсходуется энергия основного обмена?
5. От чего зависит величина основного обмена?
6. Пластическим обменом (ассимиляцией) называют процессы:
  - 1) теплообмена между организмом и окружающей средой;
  - 2) высвобождения энергии в организме в результате разрыва химических связей молекул белков, жиров и углеводов;
  - 3) синтеза из продуктов расщепления поступивших в организм пищевых веществ нужных организму соединений и построения необходимых структур;
  - 4) передвижения пищевых веществ по пищеварительному тракту.
7. При окислении и распаде веществ в организме человека образуются виды энергии: а) гравитационная, б) электрическая, в) механическая, г) световая, д) тепловая.
  - 1) а, б, в;
  - 2) в, д;
  - 3) б, в, д;
  - 4) б, в, г, д.

### **Практическая работа 13. Определение основного обмена по формуле Рида**

**Цель работы:** ознакомиться с методикой определения основного обмена на основании данных о пульсовом давлении и частоте сердечных сокращений.

**Для работы необходимы:** тонометр, фонендоскоп, секундомер.

#### **Методика проведения работы**

У испытуемого измеряют частоту пульса и артериальное давление при соблюдении условий, необходимых для определения основного обмена, а именно: исследование проводят через 12 ч после последнего приема пищи, в положении абсолютного покоя и без какого-либо мышечного напряжения. Уровень диастолического давления определяют в тот момент, когда артериальные тоны сразу становятся тихими. Поскольку на учебных занятиях обычно не соблюдаются условия, необходимые для определения основного обмена, то полученные в опыте результаты будут приближенными.

Подсчет пульса (на левой руке) и измерение артериального давления (на правой руке) проводят 3 раза с промежутком между измерениями в 2 мин. Находят пульсовое давление, вычитая из средней величины (по трем измерениям) систолического давления среднюю величину диастолического давления. В формулу Рида подставляют средние значения из трех измерений:

$$\text{ПО} = 0,75 \times (\text{ЧП} + \text{ПД} \times 0,74) - 72,$$

где ПО – процент отклонения основного обмена от нормы; ЧП – частота пульса; ПД – пульсовое давление.

Более быстро отклонение основного обмена от нормы можно найти по специальной номограмме для формулы Рида (рис. 11). Соединив линейкой значение частоты пульса испытуемого на левой шкале с величиной его пульсового давления на правой шкале, по средней шкале находят величину отклонения (в процентах) основного обмена от нормы.

Сравнивают величины основного обмена, полученные с помощью таблиц Гарриса – Бенедикта, с вычисленными по формуле Рида. Может оказаться, что основной обмен, рассчитанный по таблицам, находится в пределах нормы, а определенный по формуле Рида – выше или ниже нормы. Это свидетельствует о том, что в данный момент времени состояние, в котором находится испытуемый (волнение, эмоции, недосыпание, заторможенность и т.д.), неблагоприятно для его основного обмена. Постоянное длительное нахождение в таком состоянии может быть неблагоприятным для организма, отразится на массе его тела. Такое изменение основного обмена уже можно будет обнаружить с помощью таблиц Гарриса – Бенедикта.

Анализируют результаты, полученные у нескольких испытуемых, и делают соответствующие выводы.

#### *Контрольные вопросы и тесты*

1. Какой процесс называют диссимиляцией?
2. В чем суть трех главных стадий диссимиляции?
3. Какие органы организма человека вносят наибольший вклад в обеспечение основного обмена?

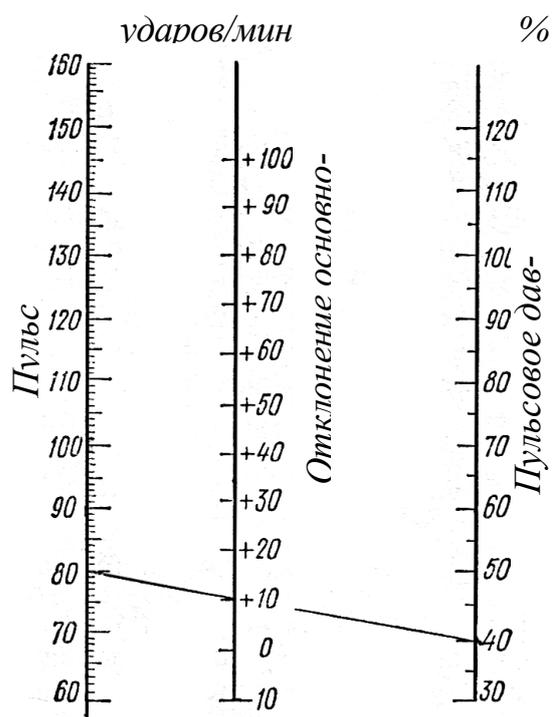


Рис. 11. Номограмма для формулы Рида

4. Как регулируется основной обмен в организме?
5. В клетках организма человека энергия высвобождается и накапливается в:
  - 1) рибосомах в виде белков;
  - 2) митохондриях в виде АТФ;
  - 3) цитоплазме клетки в виде РНК;
  - 4) ядре клетки в виде ДНК.
6. Электрическая энергия в организме человека обеспечивает:
  - 1) поддержание постоянства температуры тела;
  - 2) передачу возбуждения по нервным волокнам;
  - 3) поддержание позы и передвижение тела, движение частей тела человека;
  - 4) процессы биосинтеза веществ клетки.
7. Переносчиком энергии в клетке является:
  - 1) АТФ;
  - 2) информационная РНК;
  - 3) комплекс Гольджи;
  - 4) транспортная РНК.
8. Энергетическим обменом (диссимиляцией) называют процессы:
  - 1) теплообмена между организмом и окружающей средой;
  - 2) высвобождения энергии в организме в результате разрыва химических связей молекул белков, жиров и углеводов;
  - 3) синтеза из продуктов расщепления поступивших в организм пищевых веществ нужных организму соединений и построения необходимых структур;
  - 4) передвижения пищевых веществ по пищеварительному тракту.
9. Полноценными называют белки:
  - 1) высвобождающие при окислении наибольшее количество энергии;
  - 2) содержащиеся в продуктах растительного происхождения;
  - 3) не содержащие всех необходимых для построения белков организма аминокислот;
  - 4) содержащие все аминокислоты, необходимые для синтеза белков в организме.

### **Возрастные особенности питания человека**

Рациональное питание должно полностью покрывать потребности человека в энергии, белках, жирах, углеводах, витаминах, минеральных солях и воде. Физиологически обоснованные нормы питания должны учитывать возраст, рост, вес, пол человека, вид его труда и отдыха, а также климатические и географические условия. Несоблюдение принципов сбалансированного питания приводит к различным нарушениям обмена веществ, проявление которых зависит от многих факторов, в том числе и от индивидуальных особенностей организма. Неблагоприятные условия для

обмена веществ создаются как при недостатке, так и при избытке отдельных ингредиентов пищи. Особенно вредны последствия нарушения принципов сбалансированного питания для детей и пожилых людей. Рациональное питание в молодом возрасте должно обеспечивать нормальный рост и развитие детей и подростков.

Режим питания зависит от характера трудовой деятельности или учебы, занятий спортом, чередования труда и отдыха в течение суток. Определяющее влияние на величину обмена веществ и энергии оказывает физическая нагрузка. Чем интенсивнее выполняемая работа, тем выше затраты энергии. Соотношение между содержанием в рационе белков, жиров и углеводов зависит от возраста, состояния здоровья, характера выполняемой работы.

Суточный расход энергии человека складывается из основного обмена, то есть расхода энергии, необходимой для поддержания функционирования клеток, тканей, органов, систем организма, температуры тела, а также из энерготрат на выполнение профессиональной или учебной деятельности. Кроме того, энергия расходуется во время сна (приближается к уровню основного обмена), отдыха, деятельности по самообслуживанию, личной гигиене и т.д.

#### **Практическая работа 14. Определение собственного суточного расхода энергии хронометражно-табличным способом**

**Цель работы:** на основании хронометража о своей суточной деятельности рассчитать собственный суточный расход энергии.

**Для работы необходимы:** таблица энерготрат при разных видах деятельности.

#### **Методика проведения работы**

Студентам на предыдущем лабораторном занятии выдается задание провести хронометраж своей деятельности за сутки: продолжительности сна, учебы, тренировки, принятия пищи, ходьбы, личной гигиены, работ по самообслуживанию, приема пищи, просмотра телепередач, чтения художественной и иной литературы и т.д.

Во время занятия студент на весах измеряет собственную массу тела в одежде, в которой он находился во время предыдущего суточного хронометража.

Используя таблицу 9 и данные хронометража о своей суточной деятельности, каждый студент рассчитывает собственный суточный расход энергии на всю массу тела. Сравнивает полученные результаты с таблицей 10 и относит себя, учитывая возраст и пол, к соответствующей группе по расходу энергии.

Таблица 9 – Энерготраты при разных видах деятельности

Виды деятельности	Энерготраты за 1 ч/кг массы тела, кДж (ккал)	Виды деятельности	Энерготраты за 1 ч/кг массы тела, кДж (ккал)
Умственная работа сидя	6,1 (1,46)	Мытье пола	13,8 (3,29)
Работа в научной лаборатории	7,7 (1,85)	Мытье посуды, вытирание пыли	8,6 (2,06)
Учебные занятия	6,5 (1,56)	Глажка белья	8,1 (1,94)
Написание текста	6,1 (1,44)	Беседа сидя	6,3 (1,51)
Лектор в большой аудитории	12,6 (3,0)	Беседа стоя	6,7 (1,6)
Маляр-штукатур	14,5 (3,48)	Отдых сидя	5,7 (1,97)
Каменщик	23,9 (5,71)	Ходьба (5 км/ч)	12,8 (3,06)
Тракторист	11,5 (2,8)	Ходьба (6 км/ч)	15,22 (4,28)
Водитель автомашины	11,1 (2,8)	Ходьба (8 км/ч)	38,9 (9,3)
Косьба вручную	8,0 (8,1)	Игра в волейбол	14,9 (3,57)
Работа на огороде	19,5 (4,7)	Катание на коньках	26,9 (6,43)
Прополка вручную	12,0 (2,9)	Подвижные игры с мячом	14,9 (3,57)
Другие хозяйственные	15,3 (3,6)	Гребля на каное со скоростью 4 км/ч	11,5 (2,75)
Сон	4,2 (1,0)	Теннис	27,5 (6,57)
Лежа без сна	4,6 (1,1)	Теннис настольный	16,7 (4,0)
Личная гигиена	8,2 (1,97)	Футбол	29,8 (7,14)
Одевание, снятие одежды, обуви	7,8 (1,87)	Туризм пешеходный по равнине без груза (скорость 4 км/ч)	13,9 (3,33)
Прием пищи	5,9 (1,4)	Туризм велосипедный (скорость 15 км/ч)	27,1 (6,48)
Подметание пола	10,1 (2,41)	Туризм лыжный (скорость 7,2 км/ч)	28,6 (6,84)

Таблица 10 – Суточные нормы пищевых веществ и калорийности для пяти групп взрослого населения в зависимости от возраста и пола

Суточные нормы	Возраст и пол					
	18–29 лет		30–39 лет		40–59 лет	
	мужчины	женщины	мужчины	женщины	мужчины	женщины
I группа						
Энергетическая ценность (ккал)	2800	2400	2700	2300	2550	2200

Белки, г	101	88	98	85	93	82
Жиры, г	90	78	88	74	82	71
Углеводы, г	378	324	365	310	344	297
II группа						
Энергетическая ценность (ккал)	3000	2550	2900	2450	2750	2350
Белки, г	90	77	87	74	82	70
Жиры, г	102	88	99	84	94	80
Углеводы, г	412	350	399	337	378	328
III группа						
Энергетическая ценность (ккал)	3200	2700	3100	2600	2950	2500
Белки, г	96	81	93	78	88	75
Жиры, г	109	92	106	88	100	85
Углеводы, г	440	371	426	358	406	344
IV группа						
Энергетическая ценность (ккал)	3700	3150	3600	3050	3450	2900
Белки, г	102	87	99	84	95	80
Жиры, г	126	107	122	104	118	99
Углеводы, г	518	441	504	427	483	406
V группа						
Энергетическая ценность (ккал)	4300	3700	4100	3600	3900	3500
Белки, г	118	103	113	99	107	94
Жиры, г	146	119	139	115	133	114
Углеводы, г	602	534	574	519	546	503

### *Контрольные вопросы и тесты*

1. В чем заключается взаимосвязь обмена веществ и энергии?
2. Что называют специфически-динамическим действием пищи?
3. От чего зависят потребности конкретного человека в различных компонентах пищи?
4. На какие группы делится трудоспособное население по суточному расходу энергии?
5. Что понимают под положительным и отрицательным азотистым балансом?
6. Распад углеводов с освобождением энергии:
  - 1) не может идти в бескислородных условиях;
  - 2) не может идти в присутствии кислорода;
  - 3) может идти в бескислородных условиях;

- 4) может идти как в бескислородных условиях, так и в присутствии кислорода.
7. Главным источником энергии, накапливающимся в значительном количестве в организме человека, являются:
- |              |                      |
|--------------|----------------------|
| 1) жиры;     | 3) белки;            |
| 2) углеводы; | 4) белки и витамины. |

### **Практическая работа 15. Составление пищевых рационов**

**Цель работы:** на основании своего расхода энергии за сутки, определенного в лабораторной работе 44, составить собственный суточный рацион питания.

**Для работы необходимы:** таблица с содержанием белков, жиров, углеводов и калорийности в пищевых продуктах.

#### **Методика проведения работы**

Студентам ставится задача: составить суточный рацион питания для себя, используя результаты, полученные в работе 10.5 о суточном расходе энергии, и учитывая все требования, изложенные в предисловии к работе. В случае отсутствия таких результатов им предлагается (в зависимости от специальности студентов) составить один из суточных рационов питания.

*Первый рацион* – для человека умственного труда в возрасте 20 лет. Расход энергии у мужчин составляет примерно 2800 ккал, необходимое количество в рационе приблизительно должно быть белков 101 г, жиров – 93 г, углеводов – 378 г. У женщин энерготраты равны 2400 ккал, количество белков – 88 г, жиров – 78 г, углеводов – 324 г.

*Второй рацион* – для спортсмена в тренировочный период в возрасте 20 лет. Для спортсменов-легкоатлетов и занимающихся игровыми видами спорта расход энергии составляет примерно 4500 ккал, необходимое количество белков должно быть примерно белков 120 г, жиров – 150 г, углеводов – 650 г. У спортсменок энерготраты равны 4000 ккал, количество белков – 103 г, жиров – 130 г, углеводов – 600 г.

*Третий рацион* – для туристов (пеший поход по равнине), возраст 20 лет. Расход энергии у мужчин при движении с грузом – 3500 ккал, необходимое количество белков должно быть 102 г, жиров – 120 г, углеводов – 500 г. У туристок при движении без груза энерготраты равны 3000 ккал, требуемое количество белков составляет 85 г, жиров – 100 г, углеводов – 430 г.

Пользуясь таблицей (Приложение Д), подбирают необходимые продукты. Оценивают составленный пищевой рацион на предмет нужного соотношения белков, жиров и углеводов, а также соответствия его по калорийности для людей соответствующих групп по энерготратам. Распределяют продукты на четырехразовый прием пищи. Обращают внимание на

наличие в рационе овощей и фруктов как источников витаминов и минеральных веществ.

Записывают в тетрадь составленный суточный рацион питания и анализируют его.

#### *Контрольные вопросы и тесты*

1. Что необходимо учитывать при составлении пищевых рационов?
2. Сколько энергии высвобождается в организме при окислении 1 г белков, жиров, углеводов?
3. Какова роль белков в организме человека?
4. Какое соотношение белков, жиров и углеводов рекомендуется в суточном пищевом рационе?
5. Как правильно соблюдать питьевой режим спортсменам и туристам?
6. В отсутствие кислорода углеводы в клетках организма человека расщепляются до:
  - 1) моносахаридов;
  - 2) углекислого газа и воды;
  - 3) молочной кислоты;
  - 4) дисахаридов.
7. Наиболее энергоемким соединением является:
  - 1) жир;
  - 2) углевод;
  - 3) белок;
  - 4) аминокислота.

### **Развитие сенсорных систем в онтогенезе. Зрительный анализатор**

Благодаря зрительному анализатору человек различает цвет, форму, величину, направление передвижения предметов, оценивает пространство и ориентируется в окружающем мире.

В центре радужной оболочки глаза имеется отверстие – зрачок, через который лучи света проникают в глаз. Зрачок способствует четкости изображения на сетчатке, пропуская только центральные лучи и не пропуская на периферические части хрусталика лучи, которые вызывают светорассеяние в глазу. Диаметр зрачка изменяется рефлекторно, что называется зрачковым рефлексом. Сужение зрачка происходит при увеличении освещенности, а также при рассматривании близко расположенного предмета и во сне. Расширение зрачка наблюдается при уменьшении освещенности, при возбуждении рецепторов и любых афферентных нервов.

Степень аккомодации хрусталика тем больше, чем ближе к глазу рассматриваемый объект. Однако ближе какого-то минимального расстояния нельзя четко видеть предметы даже при максимальной аккомодации. Это минимальное расстояние от глаза, на котором человек начинает четко видеть предмет, получило название ближней точки ясного видения. К ста-

рости хрусталик, вследствие уменьшения своей эластичности, не может становиться достаточно округлым даже при полном ослаблении натяжения цинновых связок. В результате ближняя точка ясного видения отодвигается от глаза и развивается старческая дальнозоркость.

Остротой зрения называется его максимальная способность различать отдельные объекты. Острота зрения определяется наименьшим углом зрения, под которым глаз еще способен видеть отдельно две точки. Пространство, видимое глазу при неподвижном устремленном вперед взоре, называется полем зрения. Поле зрения правого глаза человека вытянуто больше вправо и вниз, левого глаза – влево и вниз. Поле зрения больше всего для лучей белого цвета. Для цветowych лучей оно значительно меньше, т.к. количество рецепторов, воспринимающих цвет (колбочек), быстро уменьшается во все стороны от желтого пятна, а на периферии сетчатки колбочек почти нет.

### **Практическая работа 16. Наблюдения за рефлексорными реакциями зрачка**

**Цель работы:** обнаружить рефлексорные изменения диаметра зрачка в зависимости от освещенности.

**Для работы необходимы:** секундомер.

#### **Методика проведения работы**

Испытуемый неотрывно смотрит на яркий свет (лампу дневного света). Экспериментатор обращает внимание на величину зрачков глаз испытуемого. Затем на 10–15 с испытуемый быстро и плотно закрывает от света ладонью один глаз (глаз под ладонью должен быть открыт). В момент закрывания глаза ладонью экспериментатор замечает кратковременное расширение зрачка другого глаза (содружественная реакция). Через 20–30 с испытуемый быстро отнимает руку от глаза. В этот момент экспериментатор наблюдает быстрое сужение зрачка не только открываемого глаза, но и зрачка второго глаза, находившегося на свету (содружественная реакция). Вслед за сужением зрачков наблюдается их незначительное последующее расширение как следствие поступившей световой адаптации.

#### *Контрольные вопросы и тесты*

1. Что такое рефракция ?
2. Укажите преломляющие структуры глаза.
3. Что наблюдается при врожденной близорукости?
4. Нормальная рефракция глаза носит название:
  - 1) астигматизм;
  - 2) миопия;
  - 3) эмметропия;
  - 4) гиперметропия.
5. Оптическая сила преломляющих сред глаза выражается в:
  - 1) диоптриях;
  - 2) люксах;
  - 3) люксах;





	(в диоптриях)	до ближней точки ясного видения (в см)
До 10	14,0–14,6	7
15	12,0–12,3	8
20	10,6–12,0	10
25	9,2	12
30	7,7	14
40	4,9	22
50	2,1	40
70	0,25	400

### *Контрольные вопросы и тесты*

- Охарактеризуйте приобретенную дальнозоркость.
- Что такое ближняя точка ясного видения, старческая дальнозоркость?
- Что используется для коррекции близорукости и дальнозоркости?
- В случае приобретенной близорукости: а) глазное яблоко вытянуто вдоль оптической оси, б) наблюдается повышенная аккомодация, в) форма глазного яблока нормальная, г) хрусталик более округлый, чем следует, д) наблюдается недостаточная аккомодация, е) хрусталик преломляет лучи более сильно, чем требуется.
  - а, б, г, е;
  - а, г, д, е;
  - б, в, г, е;
  - в, г, д, е.
- При врожденной дальнозоркости: а) лучи фокусируются на сетчатке, б) лучи фокусируются за сетчаткой, в) лучи фокусируются перед сетчаткой, г) на сетчатке возникает раздвоенное изображение, т.к. лучи после фокусирования уже разошлись, д) на сетчатке получается раздвоенное изображение, т.к. лучи в точку еще не сошлись.
  - только а;
  - б, г;
  - в, г;
  - б, д.
- У человека с врожденной дальнозоркостью: а) глазное яблоко уменьшено вдоль оптической оси, б) глазное яблоко вытянуто вдоль оптической оси, в) лучи фокусируются на сетчатке, г) лучи фокусируются за сетчаткой, д) лучи фокусируются перед сетчаткой.
  - а, в;
  - а, г;
  - б, г;
  - б, д.

### **Практическая работа 19. Обнаружение астигматизма и слепого пятна**

**Цель работы:** выявление особенностей зрения, обусловленных строением роговицы и сетчатки.

#### *1. Обнаружение астигматизма*

Для работы необходимы: специальный рисунок.

#### **Методика проведения работы**

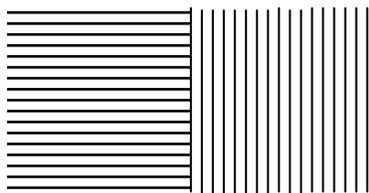


Рис. 13

Для обнаружения астигматизма испытуемый рассматривает рисунок 13, на котором одни линии расположены вертикально, а другие – горизонтально, причем толщина всех линий одинакова. Поскольку кривизна роговицы глаза неодинакова, то одни линии (горизонтальные или вертикальные)

будут казаться более отчетливыми (более толстыми), чем другие.

Находят такое положение рисунка, при котором одни линии кажутся очень толстыми, а другие – очень тонкими. Это особенно хорошо заметно, если один глаз закрыть, а перед вторым на расстоянии 30–40 см вертикально расположить рисунок. Затем, не меняя положения глаза, рисунок, не сдвигая с места, вращают вокруг своей оси. Наблюдают, что представление о толщине линий все время меняется (толстые линии уравниваются по толщине с тонкими, а затем становятся тоньше) в зависимости от их положения.

## 2. Обнаружение слепого пятна

Для работы необходимы: специальный рисунок, бумага, карандаш, линейка.

### Методика проведения работы



Рис. 14

Испытуемый закрывает левый глаз, а перед правым располагает в вытянутой руке рисунок, аналогичный изображенному на рисунке 14, так, чтобы крест был напротив зрительной оси глаза, а

белый круг находился правее. Не отводя глаз от креста, испытуемый то приближает рисунок к глазу по прямой, то удаляет его. На определенном расстоянии от глаза белый круг выпадает из поля зрения, и черная полоса правее креста кажется сплошной. Это происходит потому, что изображение белого круга попадает на участок сетчатки, где выходят волокна зрительного нерва, т.е. на слепое пятно.

Для определения диаметра слепого пятна в левом верхнем углу листа бумаги нарисуйте крест (рис. 15). Испытуемый закрывает левый глаз, а правым фиксирует крест, расположенный прямо перед глазом на расстоянии 20–25 см. Положение головы испытуемого относительно креста *не должно изменяться* до конца эксперимента. Экспериментатор от правого края листа бумаги на уровне креста и по направлению к нему ведет заостренный карандаш. Кроме направленного к кресту заостренного черного кончика, остальная часть карандаша должна быть обернута белой бумагой.



Рис. 15

На определенном расстоянии от креста кончик каран-

даша перестает быть видимым. Эту точку ( $B$ ) экспериментатор отмечает на бумаге и продолжает вести карандаш по направлению к кресту. На каком-то расстоянии от креста кончик карандаша опять становится видимым, и эту точку ( $A$ ) экспериментатор также отмечает на бумаге. После этого испытуемый не меняет положение головы по отношению к кресту на бумаге, а экспериментатор измеряет расстояние от глаза до бумаги в точке, находящейся посередине между точками  $A$  и  $B$  (точка  $K$ ).

Далее строят изображение точек  $A$  и  $B$  на сетчатке, аналогично приведенному на рисунке 182. Из подобия треугольников  $AOB$  и  $A_1OB_1$  следует, что:

$$\frac{AB}{A_1B_1} = \frac{OK}{OL}$$

Из формулы находят диаметр слепого пятна ( $A_1B_1$ ):

$$= \frac{AB \times OL}{OK},$$

где расстояние  $AB$  между точками измеряется на бумаге;  $OK$  – расстояние, измеренное от бумаги до глаза;  $OL$  – расстояние от узловой точки глаза до сетчатки, в среднем равное 17 мм.

По формуле  $S = \pi r^2$ , где  $r = A_1B_1 / 2$ , рассчитывают площадь слепого пятна, которая в норме колеблется от 2,5 до 6 мм<sup>2</sup>.

#### *Контрольные вопросы и тесты*

1. Что является причиной астигматизма?
2. Какие мышцы осуществляют зрачковый рефлекс?
3. Как иннервируются мышцы, расположенные в радужной оболочке глаза?
4. В каких случаях происходит расширение и сужение зрачка?
5. Что называют слепым пятном сетчатки глаза?
6. Неодинаковое преломление роговицей лучей, поступающих в глаз под разными углами, получило название:
  - 1) рефракция;
  - 2) гиперметропия;
  - 3) аккомодация;
  - 4) астигматизм.
7. При чрезмерно выраженном астигматизме для коррекции зрения необходимо ношение очков с линзами:
  - 1) двояковогнутыми;
  - 2) двояковыпуклыми;
  - 3) сфероцилиндрическими;
  - 4) рассеивающими.
8. Основной механизм аккомодации глаза у человека заключается в:
  - 1) произвольном изменении кривизны хрусталика;
  - 2) произвольном изменении кривизны хрусталика и роговицы;
  - 3) сокращении кольцевой мышцы-сфинктера, волокна которой идут вокруг зрачка;
  - 4) зрачковом рефлексе.

1. Участок сетчатки, лишенный светочувствительных рецепторов, называется:

- 1) слепым пятном;
- 2) ресничным телом;
- 3) желтым пятном;
- 4) центральной ямкой.

### Практическая работа 20. Определение остроты зрения и поля зрения

**Цель работы:** определить остроту зрения спомощью специальной таблицы и остроту зрения с помощью периметра.

#### 1. Определение остроты зрения

**Для работы необходимы:** таблица для определения остроты зрения, указка.

#### Методика проведения работы

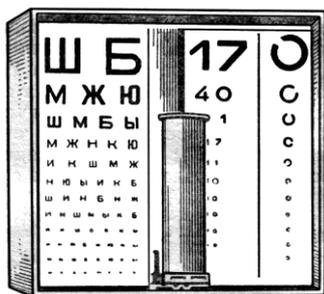


Рис. 16. Таблица для определения остроты зрения

Испытуемый садится на расстоянии 5 м от таблицы для определения остроты зрения (рис. 16) и закрывает один глаз специальным щитком, темной повязкой или рукой. Из каждой строки таблицы экспериментатор показывает испытуемому несколько букв или незамкнутую окружность, выясняя, какую из строк он отчетливо видит. Затем эту процедуру повторяют с другим глазом.

Средние показатели остроты зрения у человека: нормальная – 1,0 и выше, пониженная – от 0,8 и ниже, повышенная – 1,5–2,0.

#### Контрольные вопросы и тесты

1. Что называют остротой зрения и от чего она зависит?
2. Как определяют остроту зрения?
3. Какие лучи воспринимают фоторецепторы сетчатки?
4. Как происходит кодирование силы раздражителя в рецепторах?
5. При периферическом зрении человек: а) плохо различает детали предметов, б) хорошо воспринимает детали предметов, в) хорошо воспринимает движение предметов, г) хорошо воспринимает цвета, д) плохо воспринимает движение предметов.
  - 1) а, в;
  - 2) б, в, г;
  - 3) б, д;
  - 4) г, д.
6. Зрение называют центральным в том случае, когда изображение предмета проецируется на:
  - 1) хрусталик;
  - 2) сетчатку, в область слепого пятна;
  - 3) сетчатку, в область желтого пятна;

- 4) периферические части сетчатки.
7. Глаз с нормальной остротой зрения способен различать две светящиеся точки под углом зрения в:
- |               |              |
|---------------|--------------|
| 1) 1 градус;  | 3) 1 минуту; |
| 2) 1 секунду; | 4) 10 минут. |

### 2. Определение поля зрения

**Для работы необходимы:** периметр Форстера, ползунки с белыми и цветными кружками, линейка, схема для зарисовки поля зрения.

#### Методика проведения работы

До начала эксперимента в тетради чертят схему, изображенную на рисунке 17. Испытуемый садится спиной к свету, закрывает один глаз ладонью и кладет подбородок на пластинку периметра так, чтобы белая точка в центре дуги периметра был напротив открытого глаза.

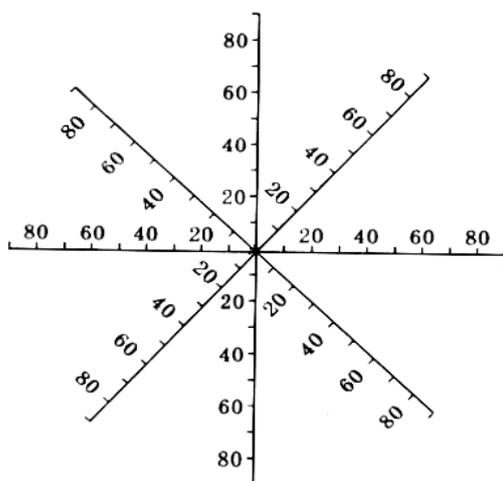


Рис. 17. Схема для обозначения границ поля зрения

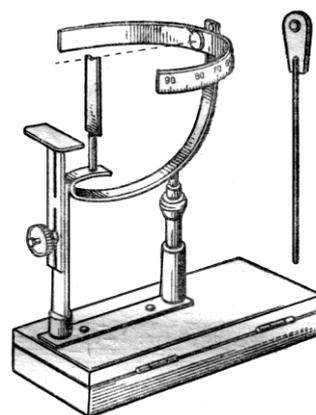


Рис. 18. Периметр

Дугу периметра устанавливают в горизонтальное положение (рис. 18). Экспериментатор медленно ведет по дуге периметра ползунки с белым кружком от периферии к центру. Испытуемый должен указать тот момент, когда кружок будет впервые виден глазу, неподвижно фиксированному на белую точку в центре дуги периметра. Величину угла в градусах на дуге периметра в этот момент экспериментатор отмечает на схеме поля зрения, начерченной в тетради.



- 3) формы и размеров надбровных дуг, носа, скуловых костей,
- 4) все ответы верны.

### **Физиология слухового и вестибулярного анализаторов**

Звуковые колебания улавливаются ушной раковиной и проходят по наружному слуховому проходу к барабанной перепонке, которая начинает колебаться в соответствии с частотой звуковых волн. Колебания барабанной перепонки передаются молоточком, наковальной и стремечком, расположенными в среднем ухе, на мембрану овального окна, которая отделяет внутреннее ухо от среднего. Это так называемая воздушная проводимость звука. Кроме воздушной проводимости существует еще и костная проводимость звуковых волн. Она обусловлена тем, что звуковые волны могут вызывать колебания в костях черепа, которые, минуя наружное и среднее ухо, передаются непосредственно улитке внутреннего уха. На этом принципе работают некоторые слуховые аппараты для глухих.

Вестибулярный анализатор играет важную роль в пространственной ориентировке человека. Он воспринимает и анализирует информацию об ускорениях или замедлениях, возникающих в процессе прямолинейного или вращательного движения, а также при изменении положения головы в пространстве. Афферентные волокна от рецепторов вестибулярного аппарата оканчиваются главным образом в области вестибулярных ядер в продолговатом мозге. Нервные волокна, выходящие из вестибулярных ядер, образуют пути в другие отделы центральной нервной системы, в том числе в мозжечок, средний и промежуточный мозг, к мотонейронам спинного мозга. В связи с этим раздражение вестибулярных рецепторов оказывает значительное влияние на тонус скелетной мускулатуры, шейных и глазных мышц.

### **Практическая работа 21. Исследование костной и воздушной проводимости звука**

**Цель работы:** обнаружить наличие костной проводимости звука у человека и сравнить чувствительность костной и воздушной проводимости звука.

**Для работы необходимы:** набор камертонов с частотой колебаний от 128 до 2048 Гц, молоточек, секундомер, ватные тампоны.

#### **Методика проведения работы**

Испытуемый закрывает уши ватными тампонами. Экспериментатор ударяет молоточком по камертону, прикладывает ножку звучащего камертона к середине темени испытуемого или к сосцевидному отростку височной кости и включает секундомер. Благодаря костной проводимости звука

испытуемый некоторое время будет слышать звук. Как только испытуемый перестал слышать звук, он подает сигнал экспериментатору, который отмечает по секундомеру продолжительность восприятия звука при костной проводимости. Одновременно испытуемый открывает уши, а экспериментатор подносит к его наружному слуховому проходу тот же камертон. Испытуемый снова будет слышать звук камертона, т.к. чувствительность при воздушной проводимости звука выше. Как только испытуемый перестанет слышать звук, секундомер выключают. Время от момента приложения ножки камертона к темени и включения секундомера до его выключения характеризует продолжительность восприятия звука при воздушной проводимости. Полученные результаты сравнивают с данными таблицы 12.

Затем у испытуемого одно ухо закрывают ватным тампоном и прикладывают к его темени звучащий камертон. Со стороны уха, заложенного тампоном, звук будет казаться более сильным. Это объясняется тем, что звук в данном случае достигает слуховых рецепторов кратчайшим путем – через кости черепа. Кроме того, уменьшается потеря звуковой энергии через закрытый наружный слуховой проход.

Таблица 12 – Средняя продолжительность восприятия звука камертона

Частота колебаний камертона (Гц)	При воздушной проводимости (с)	При костной проводимости (с)
128	70	35
256	40	20
512	80	40
1024	100	50
2048	40	20

#### *Контрольные вопросы и тесты*

1. Укажите последовательность прохождения звуковых волн в наружном и среднем ухе.
2. Какова роль слуховой трубы в восприятии звуковых колебаний?
3. Чем обусловлена костная проводимость звуковых волн?
4. У человека слуховая сенсорная система состоит из: а) органа слуха, б) преддверно-улиткового нерва, в) вестибулярного аппарата, г) слуховой зоны в теменных долях коры больших полушарий, д) слуховой зоны в височных долях коры больших полушарий.
  - 1) а, б, в, д;
  - 2) а, б, г;
  - 3) только а, д;
  - 4) а, б, д.
5. У человека с барабанной перепонкой срастается:
  - 1) молоточек;
  - 2) наковальня;
  - 3) стремечко;
  - 4) слуховая труба.



Таблица 13 – Оценка изменений частоты пульса и величины артериального давления после вращательной нагрузки (Н.Н. Лозанов и И.П. Байченко)

Изменение частоты пульса		Повышение максимального артериального давления (мм рт. ст.)									Колебания около нуля	Понижение максимального артериального давления (мм рт. ст.)						
		+30	+26	+23	+20	+17	+14	+11	+8	+5		±2	-5	-8	-11	-14	-17	-20
Учащение за 10 с	+5	–	1,75	2,0	2,25	2,5	2,75	3,0	3,25	3,5	–	2,5	2,0	–	–	–	–	–
	+4	1,75	2,0	2,25	2,5	2,75	3,0	3,25	3,5	3,75	4,0	3,25	2,75	2,25	1,75	–	–	–
	+3	2,0	2,25	2,5	2,75	3,0	3,25	3,5	3,75	4,0	4,25	3,75	3,25	2,75	2,25	1,75	–	–
	+2	2,25	2,5	2,75	3,0	3,25	3,5	3,75	4,0	4,25	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	–
	+1	2,5	2,75	3,0	3,25	3,5	3,75	4,0	4,25	4,5	4,75	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5
Без изменений	0	2,75	3,0	3,25	3,5	3,75	4,0	4,25	4,5	4,75	5	4,75	4,25	3,75	3,25	2,75	2,25	1,75
Замедление за 10 с	-1	2,25	2,5	2,75	3,0	3,25	3,5	3,75	4,0	4,25	4,5	4,25	3,75	3,25	2,75	2,25	1,75	–
	-2	1,75	2,0	2,25	2,5	2,75	3,0	3,25	3,5	3,75	4,0	3,75	3,25	2,75	2,25	1,75	–	–
	-3	–	1,5	1,75	2,0	2,25	2,5	2,75	3,0	3,25	3,5	3,25	2,75	2,25	1,75	–	–	–
	-4	–	–	–	1,5	1,75	2,0	2,25	2,5	2,75	3,0	2,75	2,25	1,75	–	–	–	–
	-5	–	–	–	–	–	1,5	1,75	2,0	2,25	2,5	2,0	1,75	1,5	–	–	–	–

*Примечания:* 1. В случаях повышения максимального артериального давления при одновременном падении или подъеме минимального артериального давления более чем на 10 мм рт.ст. балловую оценку снижают, исходя из следующего:

- при изменении минимального давления на ±11 до ±15 мм рт. ст. снижают 0,5 балла,
- « « « « « ±16 до ±20 мм « « 1,0 балла,
- « « « « « ±21 мм рт. ст. и более « 1,5 балла.

2. В случаях, когда максимальное артериальное давление не изменяется или падает, а минимальное повышается, производят снижение балла таким образом:

- при повышении минимального давления на 3–5 мм рт. ст. снижают 0,5 балла,

«	«	«	«	«	6–10 мм	«	1,0 балла,
«	«	«	«	«	11–15 мм	«	1,5 балла,
«	«	«	«	«	16–20 мм	«	2,0 балла,
«	«	«	«	«	21 мм и более	«	2,5 балла.

## Физиология кожного и двигательного анализаторов

Кожный анализатор часто подразделяют на тактильный и температурный анализаторы. Кроме того, в коже имеются рецепторы, воспринимающие болевые воздействия. Тактильный анализатор, являющийся частью кожного анализатора, обеспечивает ощущения прикосновения, давления, вибрации и щекотки. Рецепторами, воспринимающими давление, являются диски Меркеля, расположенные небольшими группами в глубоких слоях кожи и слизистых оболочек. Рецепторами прикосновения являются тельца Мейснера, расположенные в сосочковом слое кожи. На коже, покрытой волосами, на прикосновение также реагируют рецепторы волосяных луковиц. Ощущение давления и прикосновения возникает только при раздражении некоторых точек кожи, которые называются осязательными. Очень много осязательных рецепторов находится на подушечках пальцев и губах, меньше всего их на плечах и спине.

Двигательный анализатор обеспечивает мышечное чувство при изменении напряжения мышц, их фасций, суставных сумок, связок и сухожилий. Благодаря мышечному чувству человек может определить положение своих конечностей, их отделов и других частей тела относительно друг друга, осознавать скорость и направление движения, может оценить мышечную силу, необходимую для движения, удерживания или перемещения груза. Двигательный анализатор совместно с кожным, зрительным и вестибулярным анализаторами дает информацию о положении тела в пространстве, позе человека, участвует в координации мышечной деятельности.

### Практическая работа 23. Определение тактильной чувствительности участков кожи человека

**Цель работы:** ознакомиться с методикой измерения тактильной чувствительности и определить среднюю чувствительность на разных участках кожи.

**Для работы необходимы:** эстеziометр (циркуль Вебера), линейка.

#### Методика проведения работы

Испытуемый закрывает глаза. Экспериментатор прикасается максимально сведенными ножками циркуля Вебера (рис. 20) к определенному участку кожи испытуемого. Необходимо, чтобы обе ножки циркуля прикасались к коже одновременно и с одинаковым давлением. Повторяют прикосновения, постепенно раздвигая ножки циркуля (каждый раз увеличивая на 1 мм). Испытуемый должен говорить каждый раз, какое прикосновение (одной или двумя ножками циркуля) он ощущает. Находят то



Рис. 20. Эстеziометр (циркуль Вебера)

минимальное расстояние, при котором у испытуемого возникает ощущение двух отдельных прикосновений. Измеряют это расстояние, которое является пространственным порогом тактильной чувствительности данного участка кожи испытуемого. Определение порогов производят на кончиках пальцев рук, ладони, тыльной поверхности кисти, предплечье, плече, кончике носа, лбу, затылке.

Средние пространственные пороги тактильной чувствительности у взрослого человека: кончики пальцев рук – 2,2 мм; середина ладони – 8,9 мм; тыльная поверхность кисти – 31 мм; предплечье, голень – 40,5 мм; плечо, бедро – 67,6 мм; кончик носа – 6–7 мм; лоб – 20–25 мм; затылок, спина – 54,1 мм.

#### *Контрольные вопросы и тесты*

1. Перечислите рецепторы кожного анализатора.
2. Что такое зона комфорта?
3. Чем представлен проводниковый и корковый отдел кожного анализатора?
4. Тактильный анализатор обеспечивает ощущения: а) прикосновения, б) тепла, в) давления, г) вибрации, д) растяжения мышц, е) щекотки.
  - 1) а, б, в, г;
  - 2) а, в, г, е;
  - 3) б, г, д, е;
  - 4) в, г, д, е.
5. Рецепторами, воспринимающими прикосновение, являются: а) тельца Гольджи, б) тельца Мейснера, в) тельца Пачини, г) рецепторы волосяных луковиц, д) тельца Руффини.
  - 1) а, б;
  - 2) а, в, г;
  - 3) б, в, д;
  - 4) б, г.
6. Воспринимают давление расположенные небольшими группами в глубоких слоях кожи и слизистых оболочек:
  - 1) тельца Мейснера;
  - 2) тельца Руффини;
  - 3) рецепторы Гольджи;
  - 4) диски Меркеля.

#### **Практическая работа 24. Двигательный анализатор**

**Цель работы:** исследование способности ощущать амплитуду движений в суставах.

**Для работы необходимы:** кинематометр Жуковского (угломер).

#### **Методика проведения работы**

Испытуемый кладет руку на площадку кинематометра (рис. 21), принимает удобную позу и проделывает под контролем зрения десятикратно разгибание предплечья до 70°. Затем это же движение выполняет десятикратно с закрытыми глазами. Экспериментатор записывает величину ошибки при каждом из 10 выполнений. Если средняя ошибка составила 0–2°, то способность ощущать амплитуду движений в локтевом суставе у испытуемого высокая, если 2,1–5° – средняя, если 5,1° и более – низкая.

Затем исследуется значение словесной оценки экспериментатора для эффективности движений. Испытуемый с закрытыми глазами выполняет разгибания предплечья до  $70^\circ$ , но за каждое разгибание получает точную оценку экспериментатора (например, «Не довел  $2^\circ$ », «Перевел  $1^\circ$ »).

Сравниваются величины средних ошибок, допущенных без словесной и со словесной оценкой экспериментатора. Делаются выводы о тех приемах, которые повышают отчетливость мышечно-двигательных ощущений.

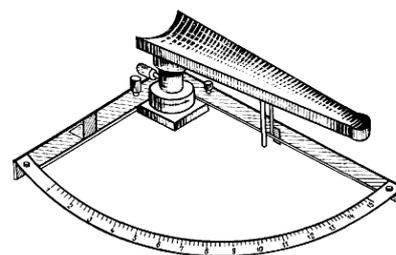


Рис.21. Кинематометр Жуковского

#### *Контрольные вопросы и тесты*

1. Что человек может определить и оценить благодаря мышечному чувству?
2. Как называются рецепторы двигательного анализатора и где они расположены?
3. Какую информацию дает двигательный анализатор?
4. Проприорецепторы являются разновидностью:
  - 1) экстерорецепторов;
  - 2) ноцицепторов;
  - 3) интерорецепторов;
  - 4) хеморецепторов.
5. Мышечные веретёна: а) состоят из экстрафузальных мышечных волокон, б) состоят из интрафузальных мышечных волокон, в) возбуждаются при расслаблении мышцы, г) возбуждаются при сокращении мышцы, д) расположены последовательно по отношению к экстрафузальным мышечным волокнам, е) расположены параллельно по отношению к экстрафузальным мышечным волокнам.
  - 1) а, в, е;
  - 2) а, г, д;
  - 3) б, г, е;
  - 4) б, в, е.
6. Самым широким понятием, включающим в себя все остальные перечисленные, является:
  - 1) орган чувств;
  - 2) рецептор;
  - 3) анализатор;
  - 4) сенсорная система.

#### **Гигиеническая оценка умственного труда школьников с учетом функционального состояния высшей нервной деятельности.**

Учение о свойствах нервной системы и общих типах ВНД разрабатывалось И.П. Павловым и сотрудниками в основном в экспериментах на животных. Исследованиями на людях школой Теплова – Небылицына было показано, что основных свойств нервной системы у человека не три (сила, по-

движность и уравновешенность), а больше. В.М. Русалов предложил учитывать еще такое свойство, как эмоциональность (чувствительность).

В зависимости от выраженности трех свойств нервных процессов И.П. Павлов выделил 4 общих типа ВНД, отличающихся по адаптивным способностям и устойчивости к неблагоприятным внешним факторам. Общие типы ВНД обнаруживаются как у людей, так и у высших животных. Кроме четырех общих для человека и животных типов ВНД И.П. Павлов выделил три частных типа ВНД, которые характерны только для человека. Деление на частные типы ВНД И.П. Павлов произвел в зависимости от взаимодействия и уравновешенности первой и второй сигнальных систем действительности.

Памятью называют способность нейронных сетей организма приобретать, сохранять и воспроизводить информацию и навыки. Благодаря памяти организм способен обучаться, избегать ошибок, учитывая свой предыдущий опыт, использовать в повседневной жизни усвоенную в прошлом и сохраненную в мозге информацию.

По длительности хранения информации наиболее часто применяется подразделение памяти на кратковременную, промежуточную и долговременную. Для каждой из них найдены различные по химической природе ингибиторы синтеза белков, избирательно блокирующие разные временные стадии формирования следа памяти.

### **Практическая работа 25. Исследование функционального состояния высшей нервной деятельности с помощью рефлексометрии**

**Цель работы:** оценить состояние ВНД по скорости протекания условных двигательных рефлексов.

**Для работы необходимы:** хронорефлексометр.

#### **Методика проведения работы**

Испытуемый садится перед сигнальными лампочками, положив указательный палец на кнопку выключателя. Ему дается инструкция: в ответ на загорание лампочек как можно быстрее нажать на кнопку, выключающую их. Время от начала загорания лампочек до момента их выключения является временем элементарной двигательной реакции на условные раздражители и фиксируется на шкале миллисекундомера хронорефлексометра. После пробной попытки определяется среднее время реакции десяти зачетных попыток. Экспериментатор должен включать лампочки через разные промежутки времени. Средние количественные показатели времени этой элементарной двигательной реакции составляют 0,15–0,25 с.

Сравнивают полученные результаты с нормой и делают вывод.

#### *Контрольные вопросы и тесты*

1. Что такое время элементарной двигательной реакции?

2. Что является двигательной реакцией в эксперименте?

### **Практическая работа 26. Определение типов ВНД**

**Цель работы:** ознакомиться с методикой определения по тестам общих и частных типов ВНД человека.

1. *Определение общего типа высшей нервной деятельности у человека по анамнестической схеме*

**Для работы необходимы:** тестовые вопросы.

#### **Методика проведения работы**

Испытуемому предлагается по 14 вопросов, характеризующих силу нервных процессов, уравновешенность их и подвижность. Испытуемый должен проанализировать свое поведение, которое у него наблюдалось при нахождении в ситуациях, изложенных в тестовых вопросах. Если поведение испытуемого всегда или почти всегда совпадало с текстом вопроса, то он оценивает его в +1 балл. Если поведение испытуемого всегда или почти всегда было противоположно тесту вопроса, то он оценивает его в –1 балл. Если поведение испытуемого в одних случаях совпадало с текстом вопроса, а в других, примерно в стольких же случаях, было противоположно тексту вопроса, то он оценивает его в 0 баллов. Нельзя, чтобы нулевых (неопределенных) ответов было много.

#### *Показатели силы нервной системы*

1. В конце каждого занятия не чувствую усталости. Материал усваиваю хорошо как в начале занятия, так и в конце.

2. В конце учебного года занимаюсь с той же активностью и продуктивностью, что и в начале.

3. Сохраняю высокую работоспособность до конца в период экзаменов и зачетов.

4. Быстро восстанавливаю силы после сессии, любой работы.

5. В ситуациях опасности действую смело, легко, подавляя излишнее волнение, неуверенность, страх.

6. Склонен к риску, к «острым» ощущениям во время сдачи экзаменов и в других опасных ситуациях.

7. На собраниях, заседаниях смело высказываю свое мнение, критикую недостатки своих товарищей.

8. Стремлюсь участвовать в общественной работе.

9. Неудачные попытки (при решении задачи, сдаче зачетов и т. д.) мобилизуют меня на достижение поставленной цели.

10. В случае неудачного ответа на экзаменах, получения двойки, незачета настойчиво готовлюсь к передаче.

11. Порицания родителей, преподавателей, товарищей (неудовлетворительная оценка, выговор, наказание) оказывают положительное влияние на мое состояние и поведение.

12. Безразличен к насмешкам, шуткам.

13. Легко сосредоточиваю и поддерживаю внимание во время умственной работы при помехах (хождение, разговоры).

14. После неприятностей легко успокаиваюсь и сосредоточиваюсь на работе.

*Показатели уравновешенности нервных процессов*

15. Спокойно делаю трудную и неинтересную работу.

16. Перед экзаменами, выступлениями сохраняю спокойствие.

17. Накануне экзаменов, переезда, путешествия поведение обычное.

18. Хорошо сплю перед серьезными испытаниями (соревнования и др.).

19. Сдерживаю себя, легко и быстро успокаиваюсь.

20. В волнующих ситуациях (спор, ссора) владею собой, спокоен.

21. Характерна вспыльчивость и раздражительность по любому поводу.

22. Проявляю сдержанность, самообладание при неожиданном известии.

23. Легко храню в секрете неожиданную новость.

24. Начатую работу всегда довожу до конца.

25. Тщательно готовлюсь к решению сложных вопросов, поручений.

26. Мое настроение ровное, спокойное.

27. Активность в учебной работе, физической работе у меня проявляется равномерно, без периодических спадов и подъемов.

28. У меня равномерная и плавная речь, сдержанные движения.

*Показатели подвижности нервных процессов*

29. Стремлюсь скорее начать выполнение всех учебных и общественных поручений.

30. Спешу, поэтому допускаю много ошибок.

31. К выполнению заданий приступаю сразу, не всегда обдумывая их.

32. Легко изменяю привычки, навыки и легко их приобретаю.

33. Быстро привыкаю к новым людям, к новым условиям жизни.

34. Люблю быть с людьми, легко завожу знакомства.

35. Быстро втягиваюсь в новую работу.

36. Легко перехожу от одной работы к другой.

37. Люблю, когда задания часто меняются.

38. Легко и быстро засыпаю, просыпаюсь и встаю.

39. Легко переключаюсь от переживания неудач и неприятностей к деятельности.

40. Чувства мои ярко проявляются в эмоциях, в мимике и негативных реакциях (краснею, бледнею, бросаю в пот, дрожь, ощущаю сухость во рту).

41. У меня часто меняется настроение по любому поводу.

42. Мои речь и движения быстрые.

*Рекомендации к оформлению работы.* Определите тип нервной системы и составьте его характеристику, выполнив следующее.

Найдите отдельно для каждого раздела вопросов (для силы, уравновешенности, подвижности) сумму определенных ответов (т.е. сложите вместе без учета знака баллы со знаком «+» и «-»). Вопросы, получившие 0 баллов, не учитываются. Сумму определенных ответов в каждом разделе принимают за 100 % и находят от них процент ответов со знаком «+». На основании полученных в каждом разделе данных делают заключение о выраженности силы, уравновешенности и подвижности нервной системы.

Если процент ответов со знаком «+» составляет 50 % и более, то выраженность свойства нервных процессов (силы, уравновешенности или подвижности) высокая; если 49–25 % – то средняя, а если 24–0 % – то низкая.

При своем чистом проявлении общие типы ВНД имеют следующие показатели. I тип ВНД по И.П. Павлову (соответствует холерическому виду темперамента по Гиппократу): сила – 50 % и более, уравновешенность – 24–0 %, подвижность – 50 % и более. II тип ВНД по И.П. Павлову (соответствует сангвиническому виду темперамента по Гиппократу): сила – 50 % и более, уравновешенность – 50 % и более, подвижность – 50 % и более. III тип ВНД по И.П. Павлову (соответствует флегматическому виду темперамента по Гиппократу): сила – 50 % и более, уравновешенность – 50 % и более, подвижность – 24–0 %. IV тип ВНД по И.П. Павлову (соответствует меланхолическому виду темперамента по Гиппократу): сила – 24–0 %, уравновешенность – менее 50 %, подвижность – менее 50 %.

#### *Контрольные вопросы и тесты*

1. На основании каких свойств нервной системы И.П. Павлов выделил общие типы ВНД ?
2. Каким организмам свойственны общие типы ВНД?
3. Какие общие типы ВНД по И.П. Павлову соответствуют флегматическому и меланхолическому темпераменту?
4. У людей какого общего типа ВНД по И.П. Павлову легко развивается запредельное торможение?
5. В основе общих типов ВНД лежат индивидуальные особенности протекания в ЦНС процессов: а) возбуждения, б) окклюзии, в) торможения, г) индукции.



ника на основе логического заключения (дрова – огонь), то в этом случае у испытуемого преобладала активность 2-й сигнальной системы.

Таким способом оценивают все 20 ассоциативных связей и делают вывод об уравновешенности или преобладании у испытуемого 1-й или 2-й сигнальной системы. На основе этого делают заключение о принадлежности испытуемого к среднему типу (1-я и 2-я сигнальные системы уравновешены), художественному (преобладает 1-я сигнальная система) или мыслительному типу ВНД (доминирует 2-я сигнальная система). Следует иметь в виду, что характеристика частного типа ВНД испытуемого проводится на основе анализа 20 пар слов, записанных в тетради экспериментатором.

### *Контрольные вопросы и тесты*

1. Что положил в основу В.И. Павлов для выделения частных типов ВНД?
2. Дайте характеристику художественному типу ВНД.
3. Какие особенности у людей с мыслительным типом ВНД?
4. Что характерно для людей со средним типом ВНД?
5. Данные о функциональной асимметрии больших полушарий головного мозга показывают, что у людей с: а) художественным типом ВНД более активно правое полушарие, б) художественным типом ВНД более активно левое полушарие, в) мыслительным типом ВНД более активно левое полушарие, г) мыслительным типом ВНД более активно правое полушарие.
  - 1) а, г;
  - 2) а, в;
  - 3) б, в;
  - 4) б, г.
6. По теории И.П. Павлова, предпочтительными для успешности деятельности являются типы ВНД, соответствующие темпераментам: а) холерика, б) сангвиника, в) флегматика, г) меланхолика.
  - 1) а, б;
  - 2) а, в;
  - 3) б, в;
  - 4) б, г.
7. Б.М. Теплов и В.Д. Небылицын подчеркивали, что в зависимости от характера и вида выполняемой деятельности преимущество могут иметь: а) только тип ВНД, соответствующий холерику, б) только тип ВНД, соответствующий флегматику, в) разные типы ВНД и темперамента, г) индивидуальные качества человека.
  - 1) а, б;
  - 2) а, г;
  - 3) б, г;
  - 4) в, г.
8. В экстремальных ситуациях, когда для достижения цели нужны дополнительные волевые и физические усилия, более мобильными и успешными проявляют себя люди с типом ВНД, соответствующим темпераменту: а) холерика, б) сангвиника, в) флегматика, г) меланхолика.
  - 1) а, б;
  - 2) а, в, г;
  - 3) б, в;
  - 4) в, г.

## Практическая работа 27. Определение объема памяти

**Цель работы:** ознакомиться с методиками определения объема кратковременной слуховой памяти, смысловой памяти и устойчивости непосредственного объема памяти у человека.

1. *Определение объема кратковременной слуховой памяти у человека*  
Для работы необходимы: таблица с цифрами.

### Методика проведения работы

Для определения объема кратковременной слуховой памяти необходимо определить то максимальное количество цифр, которое человек может усвоить на слух с одного предъявления и точно воспроизвести. Работу можно проводить одновременно на студентах всей группы. Преподаватель зачитывает 1-й ряд цифр из таблицы 14. Студенты прослушивают его, а затем сразу же записывают. После этого зачитывается 2-й ряд цифр и т.д.

После того как продиктованы все ряды цифр, преподаватель вновь диктует эти же ряды цифр для проверки правильности воспроизведения рядов цифр. Если 1, 2 и 3-й ряды цифр записаны верно и в правильной последовательности, а в 4-м ряду обнаружены ошибки (изменен порядок цифр, величина ряда, неверно записана цифра), то объем памяти будет равен количеству цифр в 3-м ряду.

Таблица 14 – Набор цифр для исследования кратковременной памяти

№ ряда	Количество чисел в ряду									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	9	7	2							
2	1	4	6	3						
3	3	9	1	4	8					
4	4	6	8	2	5	3				
5	3	5	1	6	4	8	2			
6	2	4	7	5	8	3	9	6		
7	5	8	6	7	4	1	3	9	8	
8	6	5	8	3	9	2	5	4	8	7

Сравнивают полученный результат у испытуемых с нормой. Для взрослых людей объем кратковременной памяти составляет  $7 \pm 2$  единицы.

### Контрольные вопросы и тесты

1. Какие процессы протекают во время консолидации памяти?
2. Какова роль синаптических процессов в механизмах долговременной памяти?
3. Укажите роль медиаторов в обеспечении долговременной памяти?
4. По механизму происхождения кратковременную память часто называют:
  - 1) электрофизиологической;
  - 3) белково-пептидной;



- *знаково-символические* – в виде знаков или символов (геометрические фигуры, стрелки и т. д.);
- *конкретные* – конкретные предметы;
- *сюжетные* – изображаемые предметы, персонажи объединяются в какую-либо ситуацию, сюжет;
- *метафорические* – изображения в виде метафор, художественного вымысла и т. д.

В зависимости от наиболее часто используемого типа изображений можно сделать предположение об особенности типа мышления испытуемого. Если преимущественно используются абстрактные и знаково-символические рисунки, то это свидетельствует о преобладании стремления к обобщению, синтезу информации. Такие люди характеризуются высоким уровнем развития абстрактно-логического мышления. Сюжетные и метафорические изображения преобладают у людей с творческим типом мышления. При преобладании конкретных изображений можно предполагать конкретно-действенный тип мышления.

Необходимо рассмотреть сделанные рисунки, определить преобладающий вид и сделать заключение о предположительном типе мышления.

#### *Контрольные вопросы и тесты*

1. Какова роль РНК в механизмах долговременной памяти?
2. Как участвует ДНК в консолидации энграмм?
3. Как изменяются синапсы в процессе обучения и запоминания?
4. Приведите примеры внутреннего торможения условных рефлексов .
5. Какое отражение окружающего мира обеспечивает первая сигнальная система?
6. Большое значение в обеспечении механизмов долговременной памяти имеют:
  - 1) углеводы;
  - 2) жиры;
  - 3) медиаторы;
  - 4) витамины.
7. Большую роль в консолидации памяти играют находящиеся в пресинаптических окончаниях в качестве сопутствующего ацетилхолину медиатора (модулятора) нейропептиды: а) вазоактивный интестинальный пептид, б) серотонин, в) энкефалины, г) люлиберин, д) норадреналин.
  - 1) а, б, д;
  - 2) а, в, г;
  - 3) б, д;
  - 4) в, г, д.
8. Нейропептиды могут оказывать на синаптическую передачу модулирующее действие на уровне: а) ядра нейрона, б) генетическом, в) пресинаптическом, г) иммунологическом, д) постсинаптическом.
  - 1) а, б, г, д;
  - 2) а, б;
  - 3) б, в, г;
  - 4) в, д.

## **Практическая работа 28. Гигиеническая оценка школьного режима и расписания уроков в классе.**

**Цель работы** – дать гигиеническую оценку основным элементам школьного режима.

**Для работы необходимы:** учебный план школы, расписание учебных занятий, расписание кружков и внеклассных мероприятий.

### **Методика проведения работы.**

Пользуясь общешкольным расписанием, зарегистрируйте начало и конец занятий, число уроков по дням недели и их распределение в течение дня по степени трудности, количество уроков по физическому воспитанию и труду в течение недели и их место в расписании дня и недели, определите по классному расписанию ежедневную и недельную загрузку учащихся. Оцените перемены: их продолжительность, организацию и место проведения.

По расписанию кружков и составу их участников рассчитайте время, затрачиваемое учащимися в неделю на внеклассные, кружковые мероприятия. По расписанию учебных занятий установите, соответствует ли нагрузка школьников в отдельные дни недели гигиеническим нормам, равномерно ли распределена нагрузка в течение учебного дня; учтена ли степень изменения работоспособности учащихся в течение учебного дня, недели.

### *Контрольные вопросы.*

1. Дайте определение режиму дня школьника.
2. Назовите основные элементы школьного режима.
3. Какими уроками желательно выставлять уроки физкультуры и труд?

## ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ

1. Рефлекторная деятельность нервной системы.
2. Функции спинного мозга.
3. Функции продолговатого мозга и варолиева моста.
4. Функциональное значение среднего мозга.
5. Функции мозжечка.
6. Вегетативная нервная система. (Лекция 10, вопрос 3).
7. Общие и частные типы высшей нервной деятельности.
8. Развитие опорно-двигательной системы Структура мышечного волокна.
9. Развитие сенсорных систем в онтогенезе. Значение анализаторов. Отделы и общие свойства анализаторов.
10. Функционирование зрительного анализатора.
11. Слуховой и вестибулярный анализаторы, их возрастные особенности.
12. Кожный, обонятельный, вкусовой, двигательный и интероцептивный анализаторы.
13. Гуморальная регуляция организма в онтогенезе. Железы внутренней секреции. Гормоны, их значение, свойства и механизм действия.
14. Гормоны щитовидной железы. Нарушения функций щитовидной железы.
15. Гормоны паращитовидных желез, эпифиза. Функции вилочковой железы.
16. Гормоны коркового и мозгового вещества надпочечников.
17. Внутрисекреторная функция поджелудочной железы и половых желез.
18. Возрастные особенности системы крови. Значение крови. Состав и свойства цельной крови. Плазма крови.
19. Эритроциты. Гемоглобин.
20. Лейкоциты.
21. Тромбоциты. Свертывание крови.
22. Группы крови, резус-фактор.
23. Возрастные особенности кровообращения. Функциональные свойства сердца и его энергетическое обеспечение.
24. Микроструктура сердечной мышцы. Цикл сердечных сокращений.
25. Свойства сердечной мышцы.
26. Внешние проявления деятельности сердца и методы ее исследования. Кровяное давление и его регистрация.

27. Возрастные особенности органов дыхания. Значение дыхания. Дыхательные движения. Дыхательные объемы и легочная вентиляция.
28. Газообмен в легких и тканях.
29. Значение и методы исследования пищеварения. Пищеварение в ротовой полости.
30. Пищеварение в желудке.
31. Пищеварение в 12-перстной кишке.
32. Пищеварение в тощей и подвздошной кишках. Пристеночное пищеварение. Пищеварение в толстом кишечнике.
33. Возрастные особенности органов выделения. Всасывание в органах пищеварительного тракта. Двигательная активность органов желудочно-кишечного тракта.
34. Значение процессов выделения. Процесс мочеобразования.
35. Процесс мочевыделения.
36. Гигиеническая оценка режима питания школьников.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### ПРИЛОЖЕНИЕ А

**Таблица А Гарриса – Бенедикта для расчета  
основного обмена мужчин**

Масса, кг	Ккал	Масса, кг	Ккал	Масса, кг	Ккал	Масса, кг	Ккал
44	672	64	947	84	1222	104	1497
45	685	65	960	85	1235	105	1510
46	699	66	974	86	1249	106	1524
47	713	67	988	87	1263	107	1538
48	727	68	1002	88	1277	108	1552
49	740	69	1015	89	1290	109	1565
50	754	70	1029	90	1304	110	1579
51	768	71	1043	91	1318	111	1593
52	782	72	1057	92	1332	112	1607
53	795	73	1070	93	1345	113	1620
54	809	74	1084	94	1359	114	1634
55	823	75	1098	95	1373	115	1648
56	837	76	1112	96	1387	116	1662
57	850	77	1125	97	1406	117	1675
58	864	78	1139	98	1414	118	1689
59	878	79	1153	99	1428	119	1703
60	892	80	1167	100	1442	120	1717
61	905	81	1180	101	1455	121	1730
62	919	82	1194	102	1469	122	1744
63	933	83	1208	103	1483	123	1758

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

**Таблица А Гарриса – Бенедикта  
для расчета основного обмена женщин**

Масса, кг	Ккал	Масса, кг	Ккал	Масса, кг	Ккал	Масса, кг	Ккал
44	1076	64	1267	84	1458	104	1650
45	1085	65	1277	85	1468	105	1659
46	1095	66	1286	86	1478	106	1669
47	1105	67	1296	87	1487	107	1678
48	1114	68	1305	88	1497	108	1688
49	1124	69	1315	89	1506	109	1698
50	1133	70	1325	90	1516	110	1707
51	1143	71	1334	91	1525	111	1717
52	1152	72	1344	92	1535	112	1726
53	1162	73	1353	93	1544	113	1736
54	1172	74	1363	94	1554	114	1745
55	1181	75	1372	95	1564	115	1755
56	1191	76	1382	96	1573	116	1764
57	1200	77	1391	97	1583	117	1774
58	1210	78	1401	98	1592	118	1784
59	1219	79	1411	99	1602	119	1793
60	1229	80	1420	100	1611	120	1803
61	1238	81	1430	101	1621	121	1812
62	1248	82	1439	102	1631	122	1822
63	1258	83	1449	103	1640	123	1831

## ПРИЛОЖЕНИЕ В

**Таблица Б Гарриса – Бенедикта для расчета  
основного обмена мужчин**

Рост, см	Мужчины (возраст в годах)														
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
152	687	673	661	648	635	619	612	605	599	592	585	578	572	565	558
153	697	683	670	656	642	624	617	610	604	597	590	583	577	570	563
154	707	693	679	663	649	629	622	615	609	602	595	588	582	575	568
155	717	703	688	670	655	634	627	620	614	607	600	593	587	580	573
156	725	713	698	678	661	639	632	625	619	612	605	598	592	585	578
157	736	721	705	686	669	644	637	631	624	617	610	604	597	590	583
158	745	728	712	693	676	649	642	636	629	622	615	609	602	595	588
159	754	735	719	700	683	654	647	641	634	627	620	614	607	600	593
160	761	743	726	708	690	659	652	645	639	631	625	618	612	605	598
161	769	750	734	716	698	664	657	651	644	637	630	624	617	610	603
162	776	758	741	723	705	669	662	656	649	642	635	629	622	615	608
163	784	765	748	731	712	674	667	661	654	647	640	634	627	620	613
164	794	773	755	738	719	679	672	665	659	652	645	638	632	625	618
165	800	780	760	746	726	684	677	671	664	657	650	644	637	630	623
166	808	788	765	754	733	689	682	676	669	662	655	649	642	635	628
167	815	795	770	761	739	694	687	681	674	667	660	654	647	640	633
168	820	803	785	768	745	699	692	685	679	672	665	658	652	645	638
169	827	808	791	773	749	704	697	691	684	677	670	664	657	650	643
170	832	813	796	778	753	709	702	696	689	682	675	669	662	655	648
171	837	818	801	783	757	714	707	701	694	687	680	674	667	660	653
172	840	823	806	788	760	719	712	705	699	692	685	678	672	665	658
173	847	828	810	793	765	724	717	711	704	697	691	684	677	670	663
174	852	833	815	798	770	729	722	716	709	702	697	689	682	675	668
175	857	838	820	803	775	734	727	721	715	707	702	694	687	680	673
176	860	843	825	808	780	739	732	725	722	712	706	698	692	685	678
177	867	848	830	813	785	744	737	731	726	717	711	704	697	690	683
178	872	853	835	818	790	749	742	736	730	722	715	709	702	695	688
179	877	858	840	823	795	754	747	741	734	727	720	714	707	700	693
180	880	863	845	828	800	759	752	745	739	732	725	718	712	705	698
181	887	868	850	833	804	764	757	751	744	737	730	724	717	710	703
182	892	873	855	838	808	769	762	756	749	742	735	729	722	715	708
183	897	878	860	843	812	774	767	761	754	747	740	734	727	720	713
184	902	883	865	848	815	779	772	765	759	752	745	738	732	725	718
185	907	888	870	853	821	784	777	771	764	757	750	744	737	730	723
186	912	893	875	858	827	789	782	776	769	762	755	749	742	735	728
187	917	898	880	863	833	794	787	781	774	767	760	754	747	740	733
188	920	903	885	868	840	799	792	785	779	772	765	758	752	745	738
189	927	908	891	873	830	804	798	791	784	777	771	764	757	750	744
190	935	913	896	878	837	809	803	796	789	782	776	769	762	755	749
191	942	918	901	883	843	814	808	801	794	787	781	774	767	760	754
192	–	923	906	888	848	819	812	805	799	792	786	778	772	765	759
193	–	928	911	893	855	824	818	811	804	797	791	784	777	770	764

196	–	–	931	908	860	839	832	825	819	812	806	798	792	785	778
200	–	–	–	–	875	859	852	845	839	832	825	818	812	805	798
Рост, см	Мужчины (возраст в годах)														
	31	32	33	34	35	36	37	38	39	41	43	45	47	49	
152	551	545	538	531	524	518	511	504	497	484	470	457	443	430	
153	556	550	543	536	529	523	516	509	502	489	475	462	448	435	
154	561	555	548	541	534	528	521	514	507	494	480	467	453	440	
155	566	560	553	546	539	533	526	519	512	499	485	472	458	445	
156	571	565	558	551	544	538	531	524	517	504	490	477	463	450	
157	577	570	563	556	550	543	536	529	523	509	495	482	468	455	
158	582	575	568	561	555	548	541	534	528	514	500	487	473	460	
159	587	580	573	566	560	553	546	539	533	519	505	492	478	465	
160	591	585	578	571	564	558	551	544	537	524	510	497	483	470	
161	597	590	583	576	570	563	556	549	543	529	515	502	488	475	
162	602	595	588	581	575	568	561	554	548	534	520	507	493	480	
163	607	600	593	586	580	573	566	559	553	539	525	512	498	485	
164	611	605	598	591	584	578	571	564	557	544	530	517	503	490	
165	617	610	603	596	590	583	576	569	563	549	535	522	508	495	
166	622	615	608	601	595	588	581	574	568	554	540	527	513	500	
167	627	620	613	606	600	593	586	579	573	559	545	532	518	505	
168	631	625	618	611	604	598	591	584	577	564	550	537	523	510	
169	637	630	623	616	610	603	596	589	583	569	555	542	528	515	
170	642	635	628	621	615	608	601	594	588	574	560	547	533	520	
171	647	640	633	626	620	613	606	599	593	579	565	552	538	525	
172	651	645	638	631	624	618	611	604	597	584	570	557	543	530	
173	657	650	643	636	630	623	616	609	603	589	575	562	548	535	
174	662	655	648	641	635	628	621	614	608	594	580	567	553	540	
175	667	660	653	646	640	633	626	619	613	599	585	572	558	545	
176	671	665	658	651	644	638	631	624	617	604	590	577	563	550	
177	677	670	663	656	650	643	636	629	623	609	595	582	568	555	
178	682	675	668	661	655	648	641	634	628	614	600	587	573	560	
179	687	680	673	666	660	653	646	639	633	619	605	592	578	565	
180	691	685	678	671	664	658	651	644	637	624	610	597	583	570	
181	697	690	683	676	670	663	656	649	643	629	615	602	588	575	
182	702	695	688	681	675	668	661	654	648	634	620	607	593	580	
183	707	700	693	686	680	673	666	659	653	639	625	612	598	585	
184	711	705	698	691	684	678	671	664	657	644	630	617	603	590	
185	717	710	703	696	690	683	676	669	663	649	635	622	608	595	
186	722	715	708	701	695	688	681	674	668	654	640	627	613	600	
187	727	720	713	706	700	693	686	679	673	659	645	632	618	605	
188	731	725	718	711	704	698	691	684	677	664	650	637	623	610	
189	737	730	723	717	710	703	696	690	683	669	655	642	628	615	
190	742	735	728	722	715	708	701	695	688	674	660	647	633	620	
191	747	740	733	727	720	713	706	700	693	679	665	652	638	625	
192	751	745	738	732	724	718	711	705	697	684	670	657	643	630	
193	758	750	743	737	730	723	716	710	703	689	675	662	648	635	
196	771	765	758	751	744	738	731	724	717	704	690	677	663	650	
200	791	785	778	771	764	758	751	744	737	729	710	697	683	670	

## ПРИЛОЖЕНИЕ Г

**Таблица Б Гарриса – Бенедикта для расчета основного обмена  
женщин**

Рост, см	Женщины (возраст в годах)													
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
144	176	171	167	162	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
147	188	183	178	174	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
149	196	191	186	182	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
150	200	194	190	185	182	179	174	170	165	160	155	151	146	142
151	203	197	193	188	185	181	177	172	167	162	157	153	148	144
152	206	201	197	192	187	183	179	174	169	164	159	155	150	146
153	209	205	200	195	190	184	180	175	170	166	161	156	152	147
154	213	209	203	198	193	186	182	177	172	168	163	158	154	149
155	217	212	207	202	196	188	184	179	174	170	165	160	156	151
156	221	215	210	206	199	190	186	181	176	172	167	162	158	153
157	224	219	213	209	202	193	188	183	178	174	169	165	160	155
158	227	223	216	213	205	195	190	185	180	176	171	166	161	157
159	231	226	220	216	208	196	191	187	182	177	172	167	163	158
160	235	229	224	220	210	198	193	188	184	179	174	170	165	160
161	239	234	228	224	212	200	195	191	186	181	176	171	167	162
162	243	238	232	228	215	201	197	193	188	183	178	173	169	164
163	247	241	236	231	218	203	199	195	190	185	180	175	171	166
164	250	243	239	234	220	205	200	196	192	186	181	177	173	168
165	254	246	242	237	222	207	202	199	194	189	183	180	175	170
166	257	249	245	240	225	209	204	201	196	190	185	182	177	171
167	260	252	247	243	228	211	206	202	197	192	187	183	178	173
168	263	255	250	246	230	213	208	203	199	194	189	184	179	175
169	267	258	253	249	232	215	210	206	201	196	191	186	181	177
170	270	261	256	252	235	216	212	208	203	197	192	188	183	179
171	273	264	260	255	238	218	214	210	204	199	194	190	185	181
172	276	267	263	258	240	220	215	211	206	201	196	192	187	183
173	280	270	266	261	242	222	217	213	208	203	198	194	189	185
174	283	273	269	264	245	223	219	215	210	205	200	196	191	187
175	286	276	271	267	248	225	221	217	212	207	202	197	192	188
176	289	279	274	270	250	227	222	218	214	209	204	199	195	190
177	293	282	277	273	252	229	224	221	216	211	206	201	197	192
178	296	285	280	276	255	231	226	222	217	212	208	202	198	193
179	299	288	284	279	258	233	228	223	218	214	210	204	200	195
180	302	291	287	282	260	235	230	225	220	216	212	207	202	197
181	306	294	290	285	262	237	232	227	222	218	213	208	203	199
182	309	297	292	288	265	239	234	229	224	220	215	210	205	201
183	312	300	295	291	268	240	236	231	226	222	217	212	207	203
184	315	303	298	294	270	242	238	233	228	223	219	214	209	204
185	318	306	301	296	272	244	240	235	230	226	221	216	211	207
186	321	309	304	298	275	246	241	236	232	228	223	218	213	208
187	324	311	307	301	278	248	243	238	233	229	225	219	214	210
188	326	313	309	304	280	250	245	240	235	231	227	221	216	212

189	–	316	311	307	282	252	247	242	237	233	229	223	218	214
190	–	318	314	310	285	253	248	243	239	235	231	225	220	216
191	–	320	316	312	288	255	250	245	240	236	232	227	222	218
192	–	322	318	314	290	257	252	248	242	238	235	229	224	220
Рост, см	Женщины (возраст в годах)													
	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	41	43	45	47
144	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
147	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
149	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
150	137	132	126	123	118	113	109	104	100	95	85	76	67	57
151	139	134	128	125	120	115	111	106	101	97	87	78	69	59
152	141	136	130	127	122	117	113	108	103	99	89	80	71	61
153	142	138	132	129	124	119	115	110	105	100	91	82	73	63
154	144	140	135	130	126	121	117	112	107	102	93	84	75	65
155	146	142	137	132	128	123	119	114	109	104	95	86	77	67
156	148	144	139	134	130	125	121	116	111	106	97	87	78	69
157	150	146	141	136	132	128	123	118	113	108	99	89	80	71
158	152	147	143	138	133	129	124	119	114	109	101	91	82	73
159	153	149	145	140	135	130	126	121	116	111	103	93	84	75
160	155	151	147	142	137	132	127	123	117	114	104	95	86	76
161	157	152	148	144	139	134	129	125	119	115	106	97	88	78
162	159	154	150	146	141	135	131	127	121	117	108	99	90	80
163	161	156	152	147	142	137	133	128	123	119	110	101	92	82
164	163	158	154	149	144	140	135	130	125	121	112	102	93	84
165	165	160	156	151	146	141	137	132	127	123	114	104	95	86
166	167	162	157	152	148	143	139	134	129	124	116	106	97	88
167	169	164	159	155	150	145	141	136	131	126	118	108	99	90
168	171	166	161	156	152	147	142	138	133	128	119	110	100	91
169	172	167	163	159	154	149	144	140	135	130	121	112	102	93
170	174	169	165	160	155	150	146	141	137	132	123	114	104	95
171	176	171	167	162	157	152	148	143	139	134	125	116	106	97
172	178	173	169	164	159	154	150	145	141	136	126	117	108	98
173	180	176	171	166	161	156	152	147	143	138	128	119	110	100
174	182	177	172	167	163	158	154	149	144	139	130	121	112	102
175	184	179	174	169	165	160	155	151	146	141	132	122	113	104
176	186	181	176	171	166	162	157	153	148	143	134	124	115	106
177	187	182	178	173	168	164	159	155	150	145	136	126	117	108
178	188	184	180	175	170	165	160	156	152	146	138	128	119	110
179	190	186	181	177	172	167	162	158	154	148	140	130	121	112
180	192	188	183	179	174	169	164	160	156	151	141	132	123	113
181	194	190	185	181	176	171	166	162	157	152	143	134	125	115
182	196	191	186	182	178	172	168	163	159	154	145	136	127	117
183	198	193	188	184	180	174	170	165	161	156	147	138	129	119
184	200	195	190	186	181	176	172	167	163	158	149	139	130	121
185	202	197	192	188	183	178	174	169	165	160	151	141	132	123
186	204	199	194	190	185	180	175	171	166	161	153	143	134	125
187	206	201	196	192	187	182	177	173	168	163	155	145	136	126
188	207	203	198	193	189	184	179	175	170	165	156	147	137	128

189	209	205	200	196	191	186	181	177	172	167	158	149	139	130
190	211	206	202	197	193	188	183	178	174	169	160	151	141	132
191	213	208	203	199	195	190	185	180	176	171	162	153	143	134
192	215	210	205	201	196	191	187	182	178	173	163	154	145	135

## ПРИЛОЖЕНИЕ Д

### Состав пищевых веществ и их калорийность (в порции или в 100 г продукта)

Наименование пищевых продуктов	Белки, г	Жиры, г	Углеводы, г	Выход порции	Калорийность, ккал
Салат из помидоров и огурцов со сметаной	1,9	8,6	4,2	120/30	104
Салат из помидоров и огурцов с заправкой	1,0	6,1	4,9	120/30	90
Салат из редиса	1,0	4,7	8,9	95/5	84
Салат из белокочанной капусты	1,0	4,7	8,9	95/5	84
Перец, фаршированный овощами	1,7	6,6	11,3	100	122
<b>Первые блюда</b>					
Борщ из свежей капусты	3,8	12,4	24,2	500	230
Борщ из квашеной капусты	3,2	12,4	21,2	500	218
Щи из свежей капусты	3,6	12,4	21,9	500	182
Щи зеленые из щавеля	8,1	13,7	30,2	500	284
Рассольник домашний	3,8	12,3	32,2	500	262
Суп лапша домашняя	5,2	11,0	28,3	500	239
Суп лапша грибная	6,2	5,3	34,7	500	217
Суп гороховый с крупой	15,4	6,8	36,3	500	358
Суп молочный с лапшой	15,2	16,6	48,9	500	417
Суп молочный с рисом	13,7	16,6	45,9	500	399
<b>Вторые блюда</b>					
Бифштекс	22,6	17,5	–	75/100	255
Голубцы	28,1	28,2	25,2	205/100	483
Котлеты	5,0	7,1	1,4	40	92
Гуляш из говядины	21,5	30,0	6,8	75/100	393
Бефстроганов	18,6	17,3	8,5	100	263
Плов	20,8	14,2	38,6	100	405
Яичница натуральная	15,5	22,6	0,7	120	277
Яичница с колбасой	15,9	24,9	1,0	125	301

Пельмени отварные со сметаной	25,1	16,9	44,9	200/25	420
Оладьи со сметаной	11,8	19,1	62,6	150/20	482
Гарниры					
Гречневая каша	8,4	9,3	60,9	200/9	371
Рисовая каша	4,7	7,8	52,4	200/9	306
Вермишель (макароны)	6,3	7,6	47,5	200/9	291
Капуста тушеная свежая	4,0	8,5	21,4	200	183
Картофель отварной	2,9	7,1	39,2	200/9	239
Капуста квашеная	2,5	8,5	15,1	200	151
Напитки, соки					
Чай с сахаром	–	–	14,9	200	61
Кофе с молоком	2,5	2,6	28,0	200	150
Компот из свежих фруктов или ягод	0,4	–	36,4	200	150
Кефир или простокваша	6,72	6,66	8,42	200	120
Молоко коровье	6,52	7,04	8,82	200	128,4
Квас хлебный	0,4	–	10,0	200	50
Напиток газированный сладкий	–	–	15	200	62
Сок томатный	1,7	–	6,12	200	32
Сок апельсиновый	1,2	–	26,56	200	118
Сок виноградный	0,52	–	36,1	200	150,2
Сок яблочный	1,0	–	23,4	200	94
Сок черносмородиновый	0,86	–	19,0	200	81,4
Развесные продукты					
Хлеб ржаной	4,83	0,64	40,32	100	192,0
Хлеб пшеничный	6,89	0,65	47,71	100	229,9
Батон	7,9	1,0	52,0	100	236
Булочка ванильная	7,1	8,2	59,1	100	376
Пирожок с повидлом	4,0	1,0	45,7	75	219
Пирожок с мясом	9,9	5,6	30,9	75	219
Печенье	9,94	9,95	68,4	100	411,7
Пирожное слоеное с кремом	5,4	38,6	46,4	100	544
Колбаса вареная	11,64	13,32	1,16	100	167,4
Колбаса полукопченая	16,5	34,4	–	100	376
Колбаса сырокопченая	24,0	43,4	–	100	487

Сардельки	14,25	9,17	1,37	100	149,4
Сосиски	11,78	17,46	0,39	100	212,3
Ветчина	16,15	31,5	–	100	395,2
Сало свиное	1,7	85,5	–	100	807,0
Печень говяжья	18,05	4,05	2,94	100	123,7
Мясо курицы	19,0	4,5	–	100	119,8
Яйца	12,0	11,4	0,49	100	157,2
Сливки	2,88	19,0	3,43	100	202,6
Молоко сгущенное с сахаром	7,13	8,55	54,88	100	333,8
Сметана 1-го сорта	2,88	28,5	2,45	100	286,9
Сыр 40 % жирности	22,56	19,95	3,43	100	292,1
Творог жирный	14,4	17,7	0,98	100	221,1
Творог обезжиренный	16,8	0,48	0,98	100	77,4
Творожные сырки	18,72	14,25	14,21	100	267,5
Масло сливочное	0,48	79,33	0,49	100	741,0
Мороженое сливочное	3,84	9,5	16,66	100	172,4
Мороженое «Эскимо»	3,2	20,4	19,7	100	284,0
Карп	15,2	3,24	–	100	92,5
Сельдь соленая	17,96	13,5	–	100	199,2
Килька пряного посола	15,1	8,9	–	100	141,0
Шпроты (консервы)	17,4	32,4	–	100	364,0
Крабовые палочки	6,0	1,0	10,0	100	73,0
Икра красная	30,02	12,42	–	100	238,6
Сахар	–	–	98,9	100	405,5
Мед пчелиный	0,34	–	77,24	100	318,1
Халва	14,03	29,39	43,42	100	508,9
Шоколад	5,1	34,13	51,3	100	548,6
Конфеты шоколадные	4,76	29,76	65,81	100	529,9
Конфеты карамельные	–	–	89,97	100	360,7
Мармелад	–	–	73,25	100	300,3
Варенье клубничное	0,4	–	74,5	100	309,0
Варенье яблочное	0,34	–	65,93	100	217,7
Повидло яблочное	0,34	–	60,9	100	201,1
Помидоры	0,8	–	3,23	100	16,5
Огурцы свежие	0,8	–	2,04	100	11,6
Морковь	1,04	–	7,4	100	34,6
Арбузы	0,48	–	7,65	100	33,3
Дыни	0,56	–	9,61	100	41,7

Бананы	1,3	–	21,4	100	93,0
Орехи грецкие	15,2	55,4	8,3	100	612
Абрикосы	0,9	–	10,5	100	46,0
Апельсины	0,77	–	8,19	100	36,7
Мандарины	0,77	–	9,0	100	40,1
Персики	0,9	–	10,4	100	44,0
Виноград	0,6	–	14,58	100	62,2
Яблоки	0,43	–	10,08	100	43,1
Груши	0,34	–	11,16	100	47,2
Сливы	0,6	–	12,6	100	54,1
Вишни	0,85	–	12,87	100	56,3
Малина	0,85	–	9,18	100	41,1

## ЛИТЕРАТУРА

1. Большой практикум по физиологии человека и животных: учеб. пособие для вузов по специальности «Биология» / И.П. Баскова [и др.]; под ред. Б.А. Кудряшова. – М.: Высш. шк., 2003. – 407 с.

2. Буреш, Я. Методики и основные эксперименты по изучению мозга и поведения / Я. Буреш, О. Бурешова, Дж. Хьюстон; под ред. ред. А.С. Батуева. – М.: Высш. шк., 2001. – 321 с.

3. Гуминский, А.А. Руководство к лабораторным занятиям по общей и возрастной физиологии / А.А. Гуминский, Н.Н. Леонтьева, К.В. Маринова. – М.: Просвещение, 1990. – 239 с.

4. Данилова, Н.Н. Физиология высшей нервной деятельности / Н.Н. Данилова, Л.Л. Крылова. – Ростов-на-Дону: Феникс, 1999. – 384 с.

5. Дедов, И.И. Эндокринология / И.И. Дедов, Г.А.Мельниченко, В.В. Фадеев. – М.: Медицина, 2017. – 413 с.

6. Држевецкая, И.А. Основы физиологии обмена веществ и эндокринной системы / И.А. Држевецкая. – М.: Высшая школа, 2011. – 272 с.

7. Мозг: теоретические и клинические аспекты (гл. редактор В.И. Покровский). – М.: Медицина, 2019. – 367 с.

8. Нормальная физиология человека / Под ред. акад. РАМН Б.И. Ткаченко. – М.: Медицина, 20017. – 465 с.

9. Общий курс физиологии человека и животных: в 2 т.: учебник для биол. и мед. специальностей вузов / А. Д. Ноздрачев [и др.]; под ред. А. Д. Ноздрачева. – М.: Высшая школа, 1991. – 1040 с.

10. Практикум по психофизиологической диагностике: учеб. пособие / Э.М. Казин [и др.]. – М.: ВЛАДОС, 2022. – 128 с.

11. Практикум по физиологии человека и животных: учеб. пособие: в 2 ч. / сост.: В.Н. Калюнов, Т.А. Миклуш. – Минск: БГПУ, 2004. – 152 с.

12. Практикум по нормальной физиологии: учеб. пособие для мед. вузов / А.В. Коробков [и др.]. – М.: Высш. шк., 2019. – 328 с.

13. Саваневский, Н.К. Физиология поведения: учеб. пособие / Н.К. Саваневский, Г.Е. Хомич. – Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М, 2012. – 400 с.

14. Саваневский, Н.К. Практикум по физиологии поведения / Н.К. Саваневский, Г.Е. Хомич. – Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М, 2012. – 160 с.

15. Саваневский, Н.К. Руководство к лабораторным занятиям по физиологии человека / Н.К. Саваневский, Е.Н. Саваневская, Г.Е. Хомич. – Брест: БрГУ, 2014. – 303 с.

16. Саваневский, Н.К. Физиология человека / Н.К. Саваневский, Г.Е. Хомич. – Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М, 2015. – 686 с.

17. Смирнов, В.М. Физиология человека: учебник / В.М. Смирнов. – М.: Академия, 2009. – 321 с.
18. Смирнов, В.М. Физиология сенсорных систем и высшая нервная деятельность: учеб. пособие / В.М. Смирнов, С.М. Будылина. – М.: Академия, 2013. – 304 с.
19. Смирнов, В.М. Физиология центральной нервной системы: учеб. пособие / В.М. Смирнов, В.Н. Яковлев. – М.: Академия, 2002. – 352 с.
20. Стадниченко, Л.И. Практикум по психофизиологии профессиональной деятельности: учеб.-метод. пособие для вузов / Л.И. Стадниченко. – Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 2018. – 15 с.
21. Судаков, К.В. Нормальная физиология: учебник для студентов мед. вузов / К.В. Судаков. – М.: Мед. информ. агентство, 2006. – 920 с.
22. Физиология человека / под ред. В.М. Смирнова. – М.: Медицина, 2001. – 608 с.
23. Физиология человека: учебник / под ред. В.М. Покровского, Г.Ф. Коротько. – М.: Медицина, 2022. – 656 с.