

МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ МОЛДОВА

Мария ДУКА

Лидия ДЕНЧИКОВ-КРИСТЯ

# БИОЛОГИЯ

СИСТЕМЫ И ПРОЦЕССЫ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ

учебник для XI -го класса

Реальный профиль  
Гуманитарный профиль



Кишинев 2014

Учебник был утвержден приказом № 608 от 6 июня 2014 года Министра Просвещения Республики Молдова.

Учебник разработан в соответствии с Куррикулум по биологии при финансовой поддержке Министерства Просвещения Республики Молдова.

Все права на данное издание принадлежат издательству *Editerra Prim*.

**Оценочная комиссия:**

**Теодор ФУРДУЙ** – доктор хабилитат биологических наук, академик.

**Варвара КИКУ** – доктор наук, доцент, Институт Педагогических Наук, кафедра математики и наук.

**Михай ЛЕШАНУ** – доктор биологических наук, доцент, декан факультета биологии и почвоведения МГУ.

**Диана КОШКОДАН** – доктор биологических наук, доцент, кафедра биологии животных, ТГУ.

**Еуджения ПУЛБЕРЕ** – доктор биологических наук, доцент, кафедра растительной биологии, ТГУ.

**Марина ШЕВЕЛОВА** – учитель, высшая дидактическая степень, ТЛ «М.Коцюбинский», мун. Кишинев.

Этот учебник является собственностью Министерства Просвещения Республики Молдова				
Школа/лицей .....				
Учебник №.....				
Год	Фамилия и имя ученика, получившего учебник	Школьный год	Состояние учебника	
			При получении	При сдаче
1				
2				
3				
4				
5				

Учитель должен проверить правильность написания имени ученика.

Ученики не должны делать какие-либо пометки в учебнике.

Просим как можно бережнее относиться к учебнику.

Состояние учебника оценивается как: новый, хорошее, ухоженный, неудовлетворительное, плохое.

**Обложка:** Л. Гуцу

**Перевод:** Л. Чепой

**Корректор:** С. Абабий

**Дизайн и техноредактирование:** Л. Гуцу

**DESCRIEREA CIP A CAMEREI NAȚIONALE A CĂRȚII**

**Дука, Мария**

Биология : процессы и системы жизнеобеспечения : Учебник для 11-го класса : Реальный профиль. Гуманитарный профиль / Мария Дука, Лидия Денчиков-Кристя; оценочная комиссия: Теодор Фурдуй [и др.] ; М-во Просвещения Респ. Молдова. – Кишинев : Editerra Prim, 2014 (Tipogr. "Universul"). – 156 p.

4 700 ex.

ISBN 978-9975-4352-2-2.

57(075.3)

Д 81

© Editerra Prim, 2014.

© Мария Дука, Лидия Денчиков-Кристя, 2014.

© Дизайн: Л. Гуцу, 2014.

# Оглавление

## **ГЛАВА 1. НЕРВНАЯ СИСТЕМА ..... 5**

1. Строение и функции нейрона. Синапсы.....	6
2. Распространение нервного импульса .....	9
3. Нервная система человека.....	11
4. Соматическая и вегетативная нервная система .....	16
5. Рефлексы.....	19
6. Рефлекторная и проводящая функция нервной системы.....	21
7. Основные корковые процессы.....	24
8. Гигиена, дисфункции и заболевания нервной системы.....	26
Повторение .....	28
Итоговый тест .....	30

## **ГЛАВА 2. ЧУВСТВЕННОЕ ВОСПРИЯТИЕ ..... 31**

9. Система органов чувств человека .....	32
10. Слуховой анализатор человека.....	34
11. Вестибулярный анализатор человека.....	37
12. Кожный анализатор человека .....	40
13. Вкусовой и обонятельный анализатор человека.....	43
14. Зрительный анализатор человека .....	45
15. Гигиена и дисфункции органов чувств	
Повторение .....	51
Итоговый тест .....	52

## **ГЛАВА 3. ГУМОРАЛЬНАЯ РЕГУЛЯЦИЯ..... 53**

16. Эндокринные железы и органы с эндокринными функциями .....	54
17. Гормоны .....	56
18. Дисфункции и заболевания эндокринной системы .....	58
Лабораторная работа.....	60
Тематическое исследование .....	60
Повторение .....	62
Итоговый тест .....	64

## **ГЛАВА 4. ЛОКОМОТОРНЫЙ АППАРАТ И ЛОКОМОЦИЯ ..... 65**

19. Скелетная система человека .....	66
20. Осевой скелет человека.....	69
21. Добавочный скелет человека.....	72
22. Мышечная система человека.....	74
23. Работа скелетных мышц .....	77
24. Гигиена, дисфункции и заболевания опорно-двигательного аппарата .....	79
Повторение .....	81
Итоговый тест .....	82

**ГЛАВА 5. ТРАНСПОРТ ВЕЩЕСТВ В ОРГАНИЗМЕ ..... 83**

25. Внутренняя среда человека.....	84
26. Сердечно-сосудистая система человека. Сердце.....	86
27. Сердечно-сосудистая система человека. Кровеносные сосуды.....	88
28. Лимфатическая система человека.....	91
29. Гигиена, дисфункции и заболевания сердечно-сосудистой системы.....	94
Повторение.....	96
Итоговый тест.....	98

**ГЛАВА 6. ДЫХАНИЕ ..... 99**

30. Анатомия дыхательной системы человека.....	100
31. Физиология дыхательной системы человека.....	102
32. Гигиена, дисфункции и заболевания дыхательной системы.....	105
Повторение.....	107
Итоговый тест.....	108

**ГЛАВА 7. ПИТАНИЕ ..... 109**

33. Анатомия пищеварительной системы человека.....	110
34. Физиология пищеварительной системы человека.....	112
35. Экзокринные железы пищеварительной системы.....	116
36. Гигиена, дисфункции и заболевания пищеварительной системы.....	119
Повторение.....	121
Итоговый тест.....	122

**ГЛАВА 8. ВЫДЕЛЕНИЕ ..... 123**

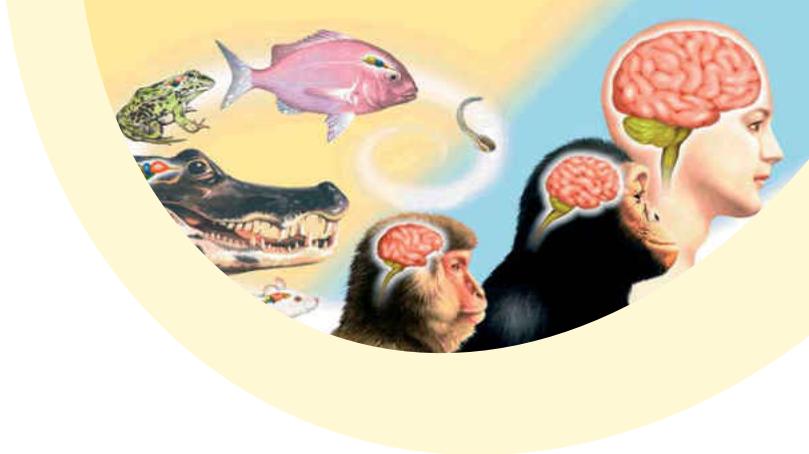
37. Выделительная система человека.....	124
38. анатомия Мочевыделительной системы человека.....	126
39. Физиология мочевыделительной системы человека.....	128
40. Гигиена, дисфункции и заболевания мочевыделительной системы.....	131
ПОВТОРЕНИЕ.....	133
Итоговый тест.....	134

**ГЛАВА 9. РЕПРОДУКТИВНАЯ СИСТЕМА И РАЗМНОЖЕНИЕ ЧЕЛОВЕКА .... 135**

41. Репродуктивная система человека.....	136
42. Гаметогенез у человека.....	139
43. Оплодотворение у человека.....	143
44. Пренатальное развитие человека.....	146
45. Постнатальное развитие человека.....	149
46. Заболевания репродуктивной системы человека.....	151
Повторение.....	154
Итоговый тест.....	155

# НЕРВНАЯ СИСТЕМА

- Строение и функции нейрона. Синапсы
- Распространение нервного импульса
- Нервная система человека
  - Соматическая и вегетативная нервная система
  - Рефлексы
    - Рефлекторная и проводящая функция нервной системы
    - Основные корковые процессы
    - Гигиена, дисфункции и заболевания нервной системы



# СТРОЕНИЕ И ФУНКЦИИ НЕЙРОНА. СИНАПСЫ

Нейрон (нервная клетка) – структурная и функциональная единица нервной системы, которая воспринимает и передает нервный импульс. Эти функции базируются на двух основных свойствах нейрона:

- ✓ возбудимости – свойстве отвечать на действие стимулов;
- ✓ проводимости – свойстве передавать возбуждение другим нейронам или эффекторным клеткам.

Продолжительность жизни нейрона может превышать 100 лет в условиях оптимального питания и аэрации. В отсутствии кислорода нейрон погибает через несколько минут. Большинство нейронов не делятся, поэтому погибшие нейроны не могут быть заменены новыми.

Нейроны вместе с *глиальными клетками* образуют нервную ткань. Глиальные клетки обеспечивают нормальную деятельность нейронов, выполняя поддерживающую роль, обеспечивая их питательными веществами, подвергая фагоцитозу деградированные нейроны и др.

## СТРОЕНИЕ НЕЙРОНА

Нейроны отличаются по форме, размерам и расположению, но имеют одинаковую структуру и состоят из *тела* и *отростков* (рис. 1.1).

■ **Тело нейрона**, аналогично другим эукариотическим животным клеткам, состоит из цитоплазмы, ядра и цитоплазматической мембраны.

Цитоплазма, помимо типичных органоидов, содержит тельца Ниссля (плотные массы, образованные шероховатой эндоплазматической сетью), которые синтезируют белки, необходимые для образования нейромедиаторов.

■ **Отростки нейрона** воспринимают и передают нервные импульсы. Они делятся на два вида: дендриты и аксоны (табл. 1.1).

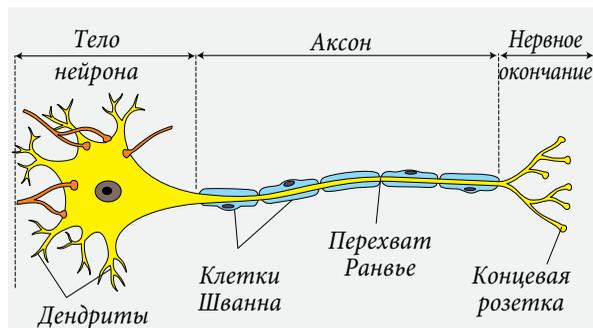


Рис. 1.1. Строение нейрона

**Дендриты** воспринимают нервный импульс от рецепторных органов или отростков других нейронов и передают его телу нейрона. Диаметр дендритов у основания составляет 10 микрон, а на конце – 1 микрон.

**Аксон** передает нервный импульс от тела клетки к рабочим органам или другим нейронам. Окончания аксона образуют разветвления, которые называются аксонными окончаниями. Окончание аксона разветвляется на *нервные окончания*. Каждое аксонное окончание образует концевое расширение – *концевую розетку*. Диаметр аксона стабилен, а длина варьирует от нескольких десятых долей микрона до нескольких дециметров. Самые длинные аксоны (длиной до одного метра) образуют седалищный нерв (который отходит от спинного мозга и доходит до большого пальца на каждой ноге).

С наружной стороны аксоны окружены глиальными клетками: *олигодендроцитами* (аксоны нейронов центральной нервной системы) и *шванновскими клетками* (нейроны периферической нервной системы). Оба типа клеток могут образовывать миелиновую оболочку – липопротеиновое покрытие, выполняющую функцию изолятора.

Миелиновая оболочка на протяжении длины аксона через одинаковые промежутки прерывается, образуя *перехваты Ранвье*.

Таблица 1.1

Отличия между дендритами и аксонами

Дендрит	Аксон
Передаёт импульс от рецепторных органов или других нейронов клеточному телу	Передаёт нервный импульс от клеточного тела к другим нейронам или клеткам эффекторных органов (мышцы, железы)
Как правило, нейрон имеет несколько дендритов	Как правило, нейрон имеет один аксон
Без миелина	Некоторые аксоны покрыты миелиновой оболочкой
Образует ветвления в непосредственной близости от тела нейрона	Образует ветвления на противоположном конце тела нейрона

## ТИПЫ НЕЙРОНОВ

Нейроны классифицируются в зависимости от: морфологии, функций, органов с которыми образуют связи, покрытия аксона и др. (рис. 1.2)

■ В соответствии с морфологическим критерием нейроны делятся на:

✓ **псевдоуниполярные нейроны** имеют один короткий отросток, делящийся на: дендрит, образующий связь с рецепторами органов и аксон, проникающий в спинной мозг или ствол головного мозга. Они образуют некоторые черепномозговые и спинномозговые нервы.

✓ **биполярные нейроны** имеют по одному аксону и дендриту на разных полюсах клетки;

✓ **мультиполярные нейроны** имеют один аксон и несколько дендритов. Это самые многочисленные нейроны и встречаются, в основном, в центральной нервной системе.

■ В зависимости от функций нейроны делятся на:

✓ **чувствительные (рецепторные)** нейроны воспринимают возбуждение от внешних раздражителей (обонятельные нейроны, температурные рецепторы, рецепторы давления, болевые рецепторы и др.). В основном это псевдоуниполярные и биполярные нейроны;

✓ **двигательные (эффекторные)** нейроны передают импульс от аксона к эффекторным органам (мышцам, железам). Большинство из них мультиполярные;

✓ **ассоциативные (вставочные)** нейроны получают информацию от чувствительных нейронов, вырабатывают ответную реакцию и передают ее и двигательным нейронам;

✓ **секреторные нейроны** – нейроны гипоталамуса, вырабатывающие нейрого르몬ы.

■ В зависимости от органов, с которыми осуществляют связь, нейроны делятся на:

✓ **соматические** – образуют прямые связи с кожей, скелетными мышцами, сухожилиями, связками и др;

✓ **висцеральные** – иннервируют внутренние органы.

■ Наличие или отсутствие миелиновой оболочки является критерием деления нейронов на:

✓ **миелиновые нейроны**, аксоны которых покрыты миелиновой оболочкой.

✓ **немиелиновые нейроны**, аксоны которых не обладают миелиновой оболочкой.

## СКОПЛЕНИЯ НЕЙРОНОВ

Тела нейронов образуют скопления – нервные ядра и нервные узлы, а отростки образуют нервные волокна.

■ **Нервные ядра** локализованы в центральной нервной системе, и вместе с безмиелиновыми волокнами образуют серое вещество.

■ **Нервные узлы** являются частью периферической нервной системы.

■ **Нервные волокна** состоят из аксонов (преимущественно), длинных дендритов и ассоциированных тканей.

В центральной нервной системе нервные волокна миелинизированы и образуют белое вещество. В периферической нервной системе нервные волокна (аксоны двигательных нейронов, длинные дендриты псевдоуниполярных нейронов) образуют нервы.

Скопления нервных волокон, отходящие от спинного мозга, образуют спинномозговые нервы, а отходящие от головного мозга – черепномозговые нервы. Нервы могут состоять как из миелиновых, так и из немиелиновых волокон.

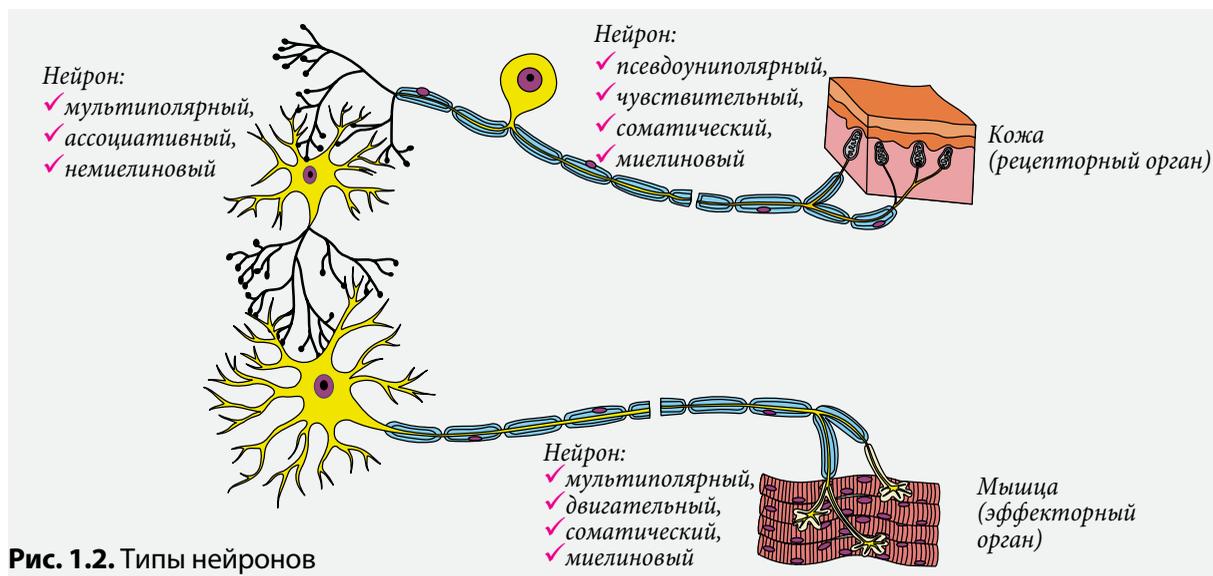


Рис. 1.2. Типы нейронов

## СИНАПСЫ

Функциональное соединение между одним нейроном и другой клеткой называется *синапсом* (о греческого *syn* – соединять). При помощи синапсов происходит однонаправленная передача нервного импульса. Каждый нейрон образует от 1000 до 10000 синапсов.

Нейроны центральной нервной системы образуют синапсы с другими нейронами, а нейроны периферической нервной системы – с другими нейронами или с клетками эффекторных органов (мышц, желез).

В зависимости от способа передачи импульса, синапсы бывают химическими и электрическими.

■ **Химический синапс** передает импульс при помощи веществ, синтезированных в теле нейрона – *нейромедиаторов*. Он состоит из:

- пресинаптической мембраны концевой розетки;

- постсинаптической мембраны – участка мембраны нейрона или эффекторной клетки;
- синаптической щели, разделяющей пресинаптическую и постсинаптическую мембрану (рис. 1.3).

■ **Электрический синапс** осуществляет передачу нервного импульса посредством электрического разряда.

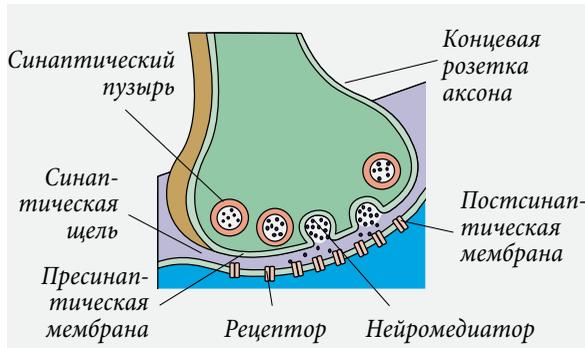


Рис. 1.3. Строение химического синапса

## ИЗУЧЕНИЕ МИКРОСКОПИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ НЕЙРОНОВ

### ■ Материалы и инструменты

- ✓ Микроскоп
- ✓ Микропрепараты (фотографии): «Нервная ткань», «Серое вещество», «Белое вещество».

### ■ Этапы работы

1. Изучи под микроскопом (на фотографиях) нервную ткань, серое вещество, белое вещество.
2. Идентифицируй нейрон и его компоненты: тело нейрона, дендриты, аксон, перетяжки Ранвье, концевые розетки.
3. Классифицируй изученные нейроны по строению и по функциям.

### ■ Представление результатов

4. Нарисуй нейроны, увиденные в микроскопе.
5. Составь легенду рисунка.
6. Опиши изученные нейроны, подчеркни общие свойства и отличия.

## ПРАВИЛО ХЕББА

Способность нейронов человеческого мозга подвергаться различным изменениям называется нейропластичностью. Это свойство наблюдается в любом возрасте с раннего детства и до старости, во время обучения и во время восстановительного периода после травмы или неврологического заболевания. Одним из механизмов нейропластичности описан в Законе Хебба, который постулирует: многократная передача нервного импульса от аксона одного нейрона к другому нейрону увеличивает их эффективность. Чем чаще мы повторяем какое-то действие, тем больше укрепляются синапсы, а повторяемое действие становится привычкой.



1. Опиши структуры нейронов, которые вовлечены в процесс передачи нервного импульса, и структуры, которые воспринимают нервный импульс.
2. Объясни, основываясь на строении нейрона, химического синапса и правиле Хебба, высказывание «Повторение – мать учения».



1. Назови структурные компоненты двигательного, чувствительного, ассоциативного нейрона.
2. Объясни функции отростков нейронов.

3. Представь в виде схемы разнообразие нейронов.
4. Сравни строение нервных ядер, узлов и волокон.
5. Объясни, сообщаются между собой нейроны, прямой физической связи.

6. Докажи роль телец Ниссля в передаче нервного импульса.
7. Оцени нарушения чувствительного нейрона, безконцевых розеток.

## 2 РАСПРОСТРАНЕНИЕ НЕРВНОГО ИМПУЛЬСА

Информация о внешней и внутренней среде воспринимается рецепторами и превращается в нервный импульс. Он распространяется по нейронным отросткам и синапсам к эффекторным органам или другим нейронам.

### МЕХАНИЗМ РАСПРОСТРАНЕНИЯ НЕРВНОГО ИМПУЛЬСА ПО НЕЙРОНУ

Цитоплазматическая мембрана нейрона, в состоянии покоя *поляризована*. Внешняя сторона обладает положительным зарядом, а внутренняя – отрицательным, так как они соприкасаются с двумя различными по составу растворами (рис. 1.4). Между внешней и внутренней мембранами устанавливается разница потенциала, названная *потенциалом покоя*, значение которого варьирует от +70 мВ до –90 мВ.

Под действием раздражителя мембрана становится проницаемой для  $\text{Na}^+$ , которые проникают внутрь, и непроницаемой для  $\text{K}^+$ , которые накапливаются в цитоплазме. На месте действия раздражителя происходит *деполяризация мембраны* (на ее внешней стороне накапливается отрицательный заряд, а на

внутренней – положительный) – возникает *потенциал действия*.

Возникновение потенциала действия на одном участке мембраны влечет за собой рост проницаемости для ионов  $\text{Na}^+$  на соседнем участке. Таким образом, волна деполяризации распространяется по нейрону (рис. 1.4).

Деполяризация продолжается до достижения мембранным потенциалом значения +40 мВ. После этого диффузия  $\text{Na}^+$  прекращается, и возрастает проницаемость для  $\text{K}^+$  – происходит *реполяризация* мембраны и восстановление потенциала покоя.

По немиелиновым волокнам распространение импульса происходит по всей длине аксона, а по миелиновым – скачкообразно, через перехваты Ранвье (табл. 1.2).

Распространение нервного импульса возможно при соблюдении следующих законов:

**Закон целостности нерва.** Нервное волокно должно быть неповрежденным.

**Закон изолированной проводимости.** Каждое нервное волокно проводит нервный импульс самостоятельно от других волокон.

**Закон двухсторонней проводимости.** По изолированным волокнам импульс распространяется как от тела клетки к периферии, так и наоборот. В живом организме передача импульса происходит строго в одном направлении: от дендритов к телу клетки и к аксону.

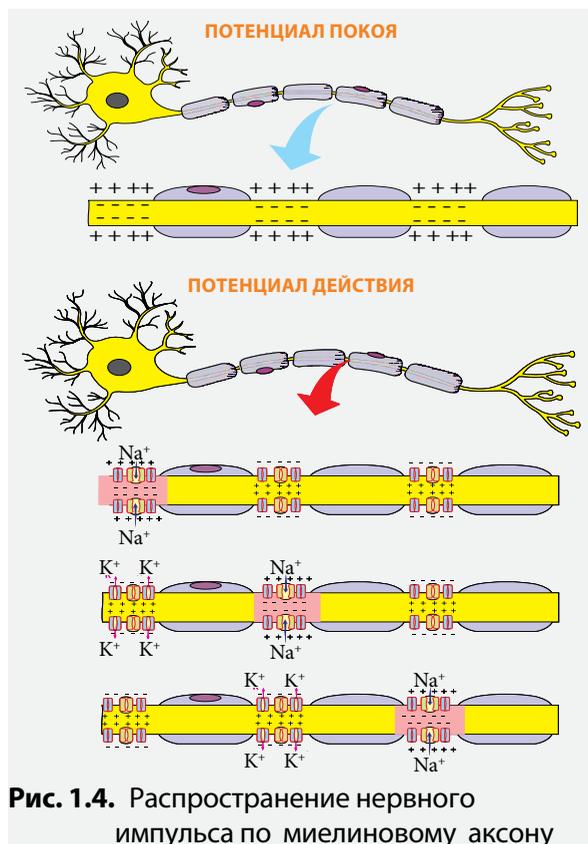


Рис. 1.4. Распространение нервного импульса по миелиновому аксону

Таблица 1.2

Способы распространения нервного импульса

Нервные волокна	Способ распространения	Механизм распространения
Немиелиновые	Непрерывно	Возбуждение на одном участке мембраны передается на соседние. Этот процесс продолжается до тех пор, пока нервный импульс не пройдет по всему волокну
Миелиновые	Скачкообразно	От одной перетяжки Ранвье к другой

## МЕХАНИЗМ ХИМИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ ИМПУЛЬСОВ ЧЕРЕЗ ХИМИЧЕСКИЙ СИНАПС

Прохождение нервного импульса через химический синапс опосредовано *нейромедиаторами*, и называется *нейротрансмиссией*.

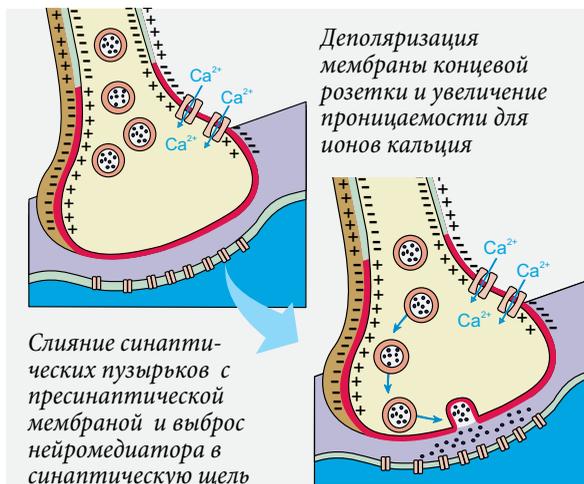
Нервный импульс вызывает деполяризацию мембраны концевой розетки и увеличение ее проницаемости для ионов  $\text{Ca}^{2+}$ , что способствует слиянию синаптических пузырьков с пресинаптической мембраной и экзоцитозу (*выбросу нейромедиатора в синаптическую щель*).

Молекулы медиатора проходят через синаптическую щель и связываются с рецепторами постсинаптической мембраны, в результате чего происходит ее деполяризация и передача информации эффекторным органам (*рис. 1.5*).

Выполнившие свою функцию нейромедиаторы реабсорбируются концевыми розетками или подвергаются энзиматическому гидролизу в синаптической щели.

В случае постоянного возбуждения количество выделяемого нейромедиатора падает. Это явление, называемое *аккомодацией*, защищает эффекторную клетку от перевозбуждения.

Распространение нервного импульса происходит в одном направлении. Это объясняется расположением пузырьков с нейромедиатором только в пресинаптической зоне и наличием специфических мембранных рецепторов только на постсинаптической мембране.



**Рис. 1.5.** Прохождение нервного импульса через химический синапс

■ **Нейромедиаторы** – это вещества, которые при взаимодействии с рецепторами постсинаптической мембраны вызывают ряд биохимических реакций, приводящих к возникновению потенциала действия.

Нейромедиаторы различаются по своему составу и действию. Так, например, ацетилхолин вызывает сокращение скелетных мышц, стимулирует внимание и память; дофамин стимулирует произвольные движения и положительные эмоции; норадреналин способствует приспособлению организма к стрессу и играет важную роль в процессе обучения.

## СКОРОСТЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ НЕРВНОГО ИМПУЛЬСА

И  
С  
С  
Л  
Е  
Д  
О  
В  
А  
Н  
И  
Е

Скорость распространения нервного импульса по нервным волокнам зависит от: наличия миелиновой оболочки, диаметра волокна (смотри таблицу) и возраста человека. У новорожденных скорость прохождения нервного импульса на 50% меньше, чем у взрослых, и увеличивается по мере образования миелиновых оболочек. После 60 лет происходит снижение скорости передачи импульсов примерно на 10% в результате замедления скорости обмена веществ и кровообращения и снижения температуры тела.

? Проанализируй информацию и установи зависимость между скоростью распространения нервного импульса и типом и диаметром волокна.

Тип волокна	Диаметр (мкм)	Скорость распространения (м/с)
Миелиновое	10–20	60–120
Миелиновое	7–15	40–90
Миелиновое	4–8	30–40
Миелиновое	2,5–5	15–25
Миелиновое	1–3	3–14
Немиелиновое	>1	0,5–2

?

- Опиши разницу концентраций  $\text{K}^+$  и  $\text{Na}^+$  на поляризованной и деполяризованной мембране нейрона.
- Объясни, почему деполяризация миелинового аксона про-

- исходит только в зоне перетяжек Ранвье.
- Приведи сравнительное описание распространения импульса по миелиновым и немиелиновым аксонам.
- Докажи роль  $\text{Ca}^{2+}$  в распространении импульса.

- Оцени действие наркотиков, блокирующих постсинаптические рецепторы.
- Объясни механизм возникновения и распространения нервного импульса по цепи из 8-и нейронов, если раздражитель воздействует на третий нейрон.

# 3 НЕРВНАЯ СИСТЕМА ЧЕЛОВЕКА

Нервная система человека координирует функции всего организма, и выполняет две функции: *рефлекторную* и *проводящую*.

**Рефлекторная функция** обеспечивается *нервными центрами*, которые получают информацию о внутренней и внешней среде, анализируют ее и вырабатывают ответные реакции.

**Проводящая функция** обеспечивается *проводящими путями*, которые проводят информацию от рецепторов к нервным центрам, и от них далее к эффекторным органам.

**Нервная система** человека состоит из двух структурных компонентов: *центральной (ЦНС)* и *периферической нервной системы (ПНС)*; и двух функциональных компонентов: *соматической* и *вегетативной нервной системы (рис. 1.6)*.

**ЦЕНТРАЛЬНАЯ НЕРВНАЯ СИСТЕМА** включает головной и спинной мозг, нервная ткань которых представлена следующими структурами:

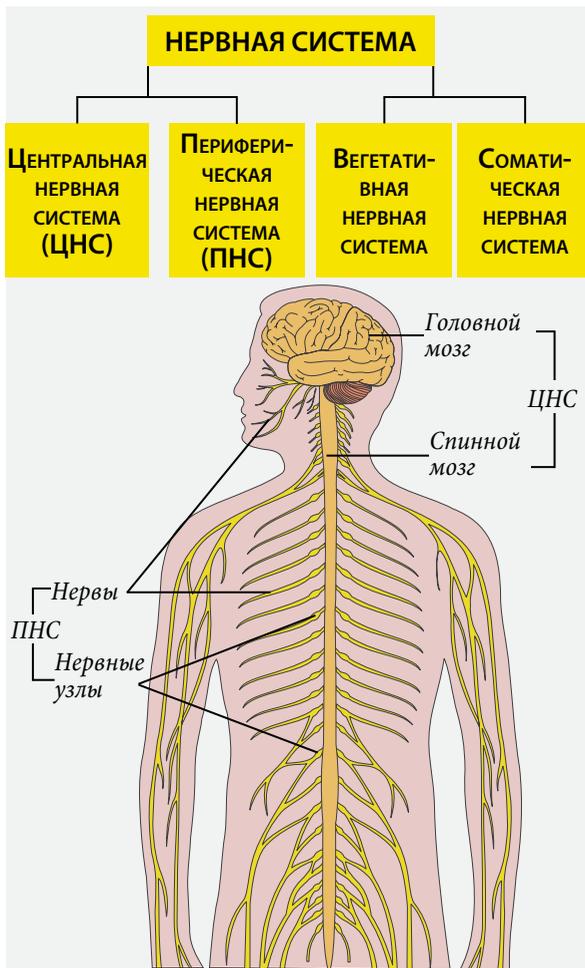


Рис. 1.6. Составные части нервной системы

✓ серое вещество – выполняющее рефлекторную функцию, и состоящее из тел нейронов, дендритов, немиелиновых аксонов и глиальных клеток;

✓ белое вещество – выполняющее проводящую функцию, и состоящее из миелиновых аксонов и глиальных клеток.

Нормальное функционирование головного и спинного мозга обеспечивается:

✓ системой опоры и защиты, состоящей из костей скелета, мозговых оболочек и эпидурального пространства;

✓ спинномозговой жидкостью;

✓ сеть кровеносных сосудов, которые обеспечивают нервную ткань кислородом, питательными веществами и освобождают ее от метаболических отходов.

Кости черепа защищают головной мозг, а позвонки – спинной мозг.

С наружной стороны головной и спинной мозг покрыты тремя *мозговыми оболочками*: твердой, паутинной и мягкой.

**Твердая оболочка** – наружная. Плотно прилегает к костям основания черепа и образует выросты, которые разделяют большие и мозжечковые полушария. В области свода легко отделяется от костей, что способствует образованию эпидуральных гематом.

Твердая оболочка спинного мозга – соединительная волокнистая мембрана, отделенная от стенок канала эпидуральным пространством. В верхней части плавно переходит в твердую оболочку головного мозга.

**Паутинная оболочка** тонкая, и напоминает паутину. Между ней и мягкой оболочкой находится спинномозговая жидкость.

**Мягкая оболочка** – мембрана, которая прилегает к спинному и головному мозгу. Она участвует в выработке спинномозговой жидкости, выполняет питательную и защитную функцию.

**Эпидуральное пространство** – это пространство между твердой оболочкой, костями. Выполняет функцию поддержки и защиты. Заполнено жировой тканью. Сюда вводятся препараты для эпидуральной анестезии.

**Спинномозговая жидкость** – производная от плазмы крови, она переносит питательные вещества и метаболиты. Выполняет защитную функцию и обеспечивает постоянство внутричерепного давления.

■ **Спина́льный мозг**, расположенный в позвоночном канале, короче позвоночника. У взрослого человека нижний конец спинного мозга находится на уровне первого или второго поясничного позвонка.

**Внешний вид.** Спина́льный мозг имеет вид шнура, сплющенного в спинно-брюшной плоскости. Образует два утолщения: шейное и поясничное. В связи с развитием руки как орудия труда, шейное утолщение больше поясничного.

**Внутреннее строение.** Спина́льный мозг состоит из примерно 100 миллионов нейронов, которые образуют белое и серое вещество.

Серое вещество образует два вертикальных столбца, которые на поперечном разрезе напоминают букву Н или бабочку. В каждом столбце выделяют передний и задний рога. Передние рога короткие, а задние рога узкие и длинные. Функционально, передние рога являются двигательными, а задние – чувствительными (рис. 1.7).

Белое вещество располагается на периферии спинного мозга, вокруг серого вещества. Оно состоит из пучков нервных волокон, которые, в зависимости от направления передаваемого импульса, делятся на:

- ✓ восходящие нервные пути, направленные к головному мозгу (чувствительные волокна);
- ✓ нисходящие нервные пути, направленные от головного мозга (двигательные волокна).

■ **Головной мозг** расположен в черепной коробке. Он состоит из около 100 миллиардов нейронов. Соединение головного и спинного мозга происходит на уровне затылочной кости. Головной мозг состоит из трех морфологически обособленных частей: переднего мозга, среднего мозга и заднего мозга.

■ **Задний мозг** состоит из: продолговатого мозга, Варолиева моста и мозжечка (рис. 1.8).

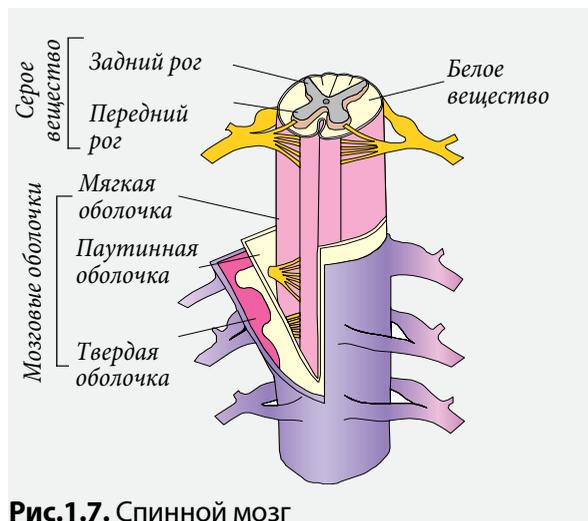


Рис.1.7. Спина́льный мозг

Конфигурация и строение *продолговато-го мозга* аналогично спинному мозгу. Серое вещество расположено в середине и образует ядра, от которых берут начало IX–XII черепномозговые нервы. Проводящие пути продолговатого мозга проходят в восходящем, нисходящем и поперечном (перекрестном) направлении.

**Варолиев мост** имеет вид полосы, в котором серое вещество образует ядра, от которых отходят V–VIII черепномозговые нервы.

**Мозжечок** состоит из двух полушарий и узкого сегмента между ними. Белое вещество находится в центре мозжечка, а серое – расположено на периферии и образует кору мозжечка с узкими извилинами, которые увеличивают ее поверхность до 850 см<sup>2</sup>.

**Средний мозг** состоит из белого вещества, которое образует проводящие пути, и серого вещества, которое включает нервные ядра III и IV черепномозговых нервов (рис. 1.8).

**Передний мозг** (собственно мозг) состоит из *промежуточного мозга* и *больших полушарий* (рис. 1.8).

**Промежуточный мозг** находится под большими полушариями и состоит из: таламуса, метаталамуса, эпиталамуса и гипоталамуса, которые координируют целый ряд жизненно важных функций организма.

**Большие полушария** закрывают все отделы мозга и состоят из: обонятельного мозга, базальных ядер (скоплений серого вещества в толще полушарий) и коры полушарий.

Кора больших полушарий состоит из серого вещества и включает 6 слоев нейронов, отличающихся по форме, размерам и функциям. Кора образует несколько функциональных областей – корковых зон, в которых преобладают определенные типы нейронов.

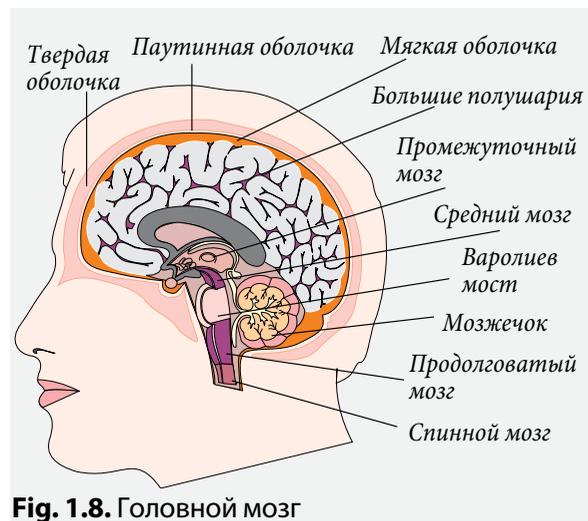


Fig. 1.8. Головной мозг

## ПЕРИФЕРИЧЕСКАЯ НЕРВНАЯ СИСТЕМА

состоит из нервов и нервных узлов.

■ **Нервы** состоят из миелиновых волокон, соединительной ткани, и сети кровеносных сосудов. В зависимости от места расположения корня, нервы делятся на спинномозговые и черепномозговые.

**Спинномозговые нервы** представляют собой пути прохождения нервного импульса от органов чувств к спинному мозгу, и к эффекторным органам. Каждый спинномозговой нерв (из 31 пары) состоит из двух корешков (переднего и заднего), ствола нерва и ветвлений нерва (рис. 1.9).

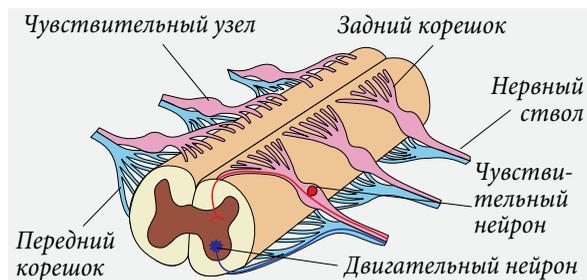
**Передние корешки** образованы аксонами двигательных нейронов. Тела этих нейронов и их дендриты находятся в сером веществе спинного мозга (рис. 1.9).

**Задние корешки** состоят из отростков и тел чувствительных нейронов. Условно задний корешок можно разделить на три морфофункциональные сектора:

- ✓ аксоны чувствительных нейронов, которые проникают в задний рога серого вещества;
- ✓ чувствительный узел (спинной), состоящий из тел чувствительных нейронов;
- ✓ дендриты чувствительных нейронов, направленные к чувствительным органам (рис. .9).

**Ствол нерва** образуется соединением переднего и заднего корешка. Ствол короткий (около 1 см), образует четыре ветви, которые иннервируют определенные области кожи или мышц – **зоны действия**.

Знание этих зон является решающим фактором в диагностике разных дисфункций нервов.



**Рис. 1.9.** Строение спинномозгового нерва

Функционально спинномозговые нервы являются смешанными и состоят из чувствительных и двигательных волокон.

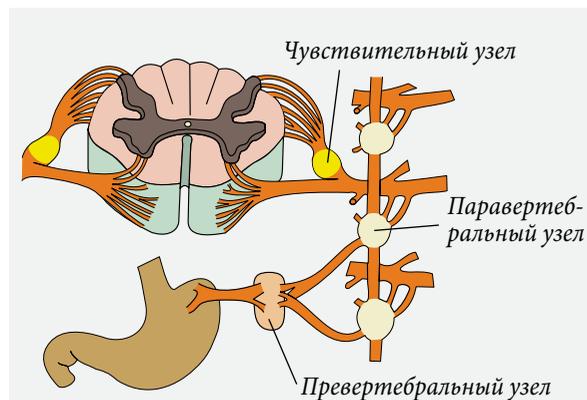
**Черепномозговые нервы.** У человека 12 пар симметричных нервов: чувствительных, двигательных и смешанных, которые выходят из черепной коробки.

■ **Нервные узлы** представляют собой скопления тел нейронов, дендритов и глиальных клеток. Они обеспечивают связь различных структур нервной системы, анализ нервных импульсов и координацию функций внутренних органов. Нервные узлы делятся на чувствительные и двигательные (рис. 1.10).

**Чувствительные нервные узлы** расположены в задних корешках спинномозговых нервов и состоят из тел чувствительных нейронов.

**Двигательные нервные узлы** состоят из тел вегетативных нейронов, через которые информация от центральной нервной системы передается внутренним органам. В зависимости от расположения, двигательные нервные узлы делятся на три группы:

- ✓ **паравerteбральные узлы**, образующие две цепи вдоль позвоночника;
- ✓ **превертебральные узлы**, располагающиеся вблизи крупных брюшных кровеносных сосудов;
- ✓ **интрамуральные узлы** – внутри стенок внутренних органов.



**Рис. 1.10.** Нервные узлы

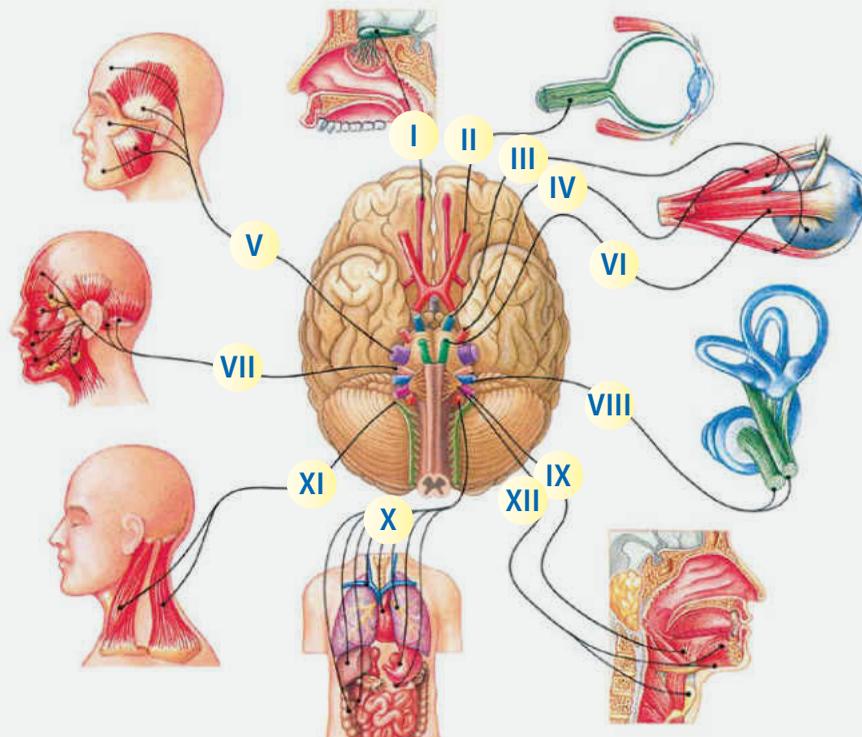
?

1. Назови функции нервной системы.
2. Перечисли части ЦНС и ПНС.
3. Опиши защитные структуры ЦНС.
4. Опиши функции и морфологию нейронов, которые образуют нервные корешки.

5. Представь в виде таблицы различия между спинными и черепными нервами.
6. Составь схему «Строение головного мозга».
7. Повреждение каких нервов вызовет потерю способности глотать?

8. Проанализируй с функциональной точки зрения разницу в диаметре отделов спинного мозга:
  - ✓ Шейный – 13-14 мм;
  - ✓ Грудной – 10 мм;
  - ✓ Поясничный – 12 мм
9. Оцени последствия повреждения чувствительного узла.

## ЧЕРЕПНОМОЗГОВЫЕ НЕРВЫ



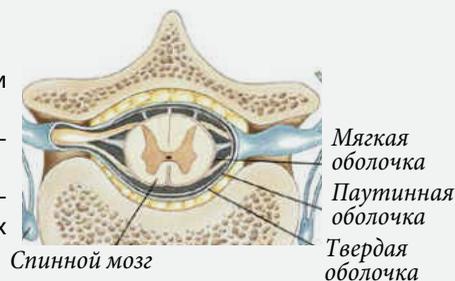
НЕРВ	ИННЕРВИРУЕМАЯ ЗОНА	ФУНКЦИЯ
<b>I. Обонятельный</b> (чувствительный)	Обонятельный эпителий	Обоняние
<b>II. Зрительный</b> (чувствительный)	Сетчатка	Зрение
<b>III. Глазодвигательный</b> (двигательный)	Мышцы глазного яблока. Цилиальные мышцы Мышцы радужки	Движения глазного яблока Сужение зрачка
<b>IV. Блоковый</b> (двигательный)	Верхние косые мышца глазного яблока	Движения глазного яблока
<b>V. Тройничный</b> (смешанный)	Жевательные мышцы, Лицо, зубы, зубные альвеолы, десна, язык	Жевание Осязательная, болевая и термическая кожная чувствительность
<b>VI. Отводящий</b> (двигательный)	Прямая внешняя мышца глазного яблока	Движения глазного яблока
<b>VII. Лицевой</b> (смешанный)	Мимические мышцы Вкусовые сосочки Слюнные железы	Мимика Вкусовая чувствительность Слюноотделение, слезообразование
<b>VIII. Преддверно-улитковый</b> (чувствительный)	Слуховые клетки Кортиева органа, Слуховые клетки макулл и гребней	Слуховая чувствительность Равновесие
<b>IX. Языко-глоточный</b> (смешанный)	Верхние мышцы глотки Слизистая языка Слюнные железы	Глотание, звукообразование, вкусовая чувствительность, движение внутренних органов
<b>X. Блуждающий</b> (смешанный)	Верхние мышцы глотки и мышцы гортани, слизистая языка, внутренние органы грудной и брюшной полости	Глотание, вкусовая чувствительность, слюноотделение
<b>XI. Добавочный</b> (двигательный)	Трапецевидные, грудино-ключично- сосцевидные мышцы, мышцы глотки и гортани	Двигательная, глотание
<b>XII. Подъязычный</b> (двигательный)	Мышцы языка	Глотание

## I. ЭПИДУРАЛЬНАЯ АНЕСТЕЗИЯ

Эпидуральная анестезия – это локальная инъекция анестетика в эпидуральное пространство. Анестетик – вещество, которое ингибирует чувствительные нервные окончания и волокна. После этой процедуры немеет часть тела ниже места инфильтрации анестетика, устраняя тем самым боль, вызванную, например, сокращением матки во время родов.



1. Определи на рисунке эпидуральное пространство и чувствительные нервные волокна.
2. Назови структуру спинного мозга, в которой находятся чувствительные нервные окончания.
3. Опиши «путь», пройденный анестетиком из эпидурального пространства до чувствительных нервных окончаний.



## II. ЗАКОН БЕЛЛА-МАЖАНДИ

Чарльз Белл, в 1810 году, изучал на животных и человеческих трупах строение головного мозга, мозжечка, спинного мозга и нервов. Он сделал вывод, что корни спинномозговых нервов имеют различные функции: нервные волокна в передних корешках выполняют смешанные функции, а задний корешок – жизненно важные функции.

Франсуа Мажанди, в 1820-1822 годах, не зная о выводах Чарльза Белла, проводил лабораторные эксперименты на живых животных. Ученый разрезал корешки спинномозговых нервов разных зон и наблюдал за поведением животных.

На основании результатов, полученных Мажанди, в 1824 году были подтверждены выводы, сделанные Беллом о том, что корешки спинномозговых нервов имеют различные функции. Франсуа Мажанди в результате экспериментов обнаружил функции передних и задних корешков. Таким образом, он опроверг выводы Белла о функциях каждого из корешков спинномозговых нервов.



1. Назови типы нейронов и их компоненты, которые образуют спинномозговые нервные корешки.
2. Предположи поведение собаки, которой Мажанди разрезал задний корешок, передний корешок или оба корешка нервов поясничного отдела спинного мозга – нервов, иннервирующих задние конечности.
3. Дополни закон Белла-Мажанди верными понятиями.  
(...) *нервные волокна проходят по пути задних спинномозговых корешков, а (...) нервные волокна проходят по пути передних корешков.*

## III. ТРАВМЫ СПИННОГО МОЗГА

Травмы спинного мозга могут быть результатом его прямого повреждения или повреждений позвоночника. В результате травмы спинного мозга все нервы, расположенные выше места повреждения, продолжают работать, а расположенные на уровне травмы и ниже больше не передают нервные импульсы в головной мозг и не получают информацию от мозга (даже если они не повреждены). Чем выше повреждение спинного мозга, тем сильнее выражены двигательные и чувствительные нарушения функции тела.

Тетраплегия это термин, который описывает состояние пациента с повреждением спинного мозга в зоне шейного отдела, а параплегия – в зоне T2-S5.



1. Назови структуры позвоночника, при повреждении которых нарушается передача нервных импульсов к головному мозгу и от него.
2. Один пациент (А) в результате травмы шейных позвонков (С3) получил повреждение спинного мозга, а у другого пациента (В) – травма на уровне Т8 с повреждением спинного мозга.
  - 2.1. Укажите сегмент спинного мозга (для каждого пациента), начиная с которого чувствительность и подвижность нарушены.
  - 2.2. У какого пациента более высокая чувствительность и способность к движениям?

С функциональной точки зрения нервная система делится на *соматическую* (СНС) и *вегетативную* (ВНС) (табл. 1.3).

**СОМАТИЧЕСКАЯ НЕРВНАЯ СИСТЕМА** отвечает за восприятие внешних стимулов и произвольные движения тела. Она состоит из:

- ✓ нервных центров головного и спинного мозга и нервных путей;
- ✓ чувствительных нервных волокон (афферентных), передающих информацию от органов чувств к ЦНС;
- ✓ эфферентных соматических нервов, которые передают импульс от ЦНС к скелетным мышцам (рис. 1.11).

В качестве нейромедиатора нейронов соматической нервной системы выступает *ацетилхолин*.

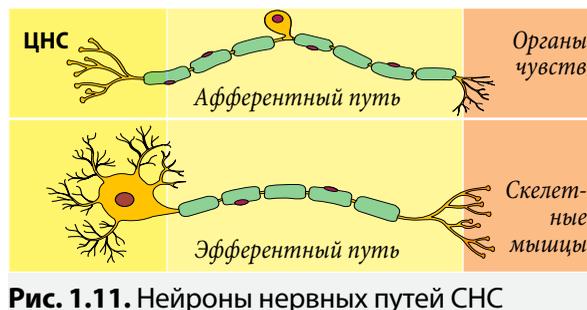


Рис. 1.11. Нейроны нервных путей СНС

## ВЕГЕТАТИВНАЯ НЕРВНАЯ СИСТЕМА

координирует функции внутренних органов: сокращение/расслабление гладких мышц; секрецию эндокринных желез; сердечную деятельность; энергетический метаболизм, иммунную систему. Деятельность ВНС носит непроизвольный и постоянный характер. Она состоит из:

- ✓ вегетативных центров, расположенных в спинном, продолговатом и среднем мозге;
- ✓ чувствительных (афферентных) нервных волокон, которые передают информацию от внутренних органов к нервным центрам, входящим в состав III, VII, IX, X черепномозговых нервов и спинных нервов;
- ✓ двигательных вегетативных (эфферентных) нервных волокон, образованных доузловыми и послеузловыми нейронами.

Вегетативные нервные узлы расположены: в паравертебральной цепи на определенном расстоянии от позвоночника или в стенках внутренних органов (интрамурально).

В зависимости от морфофункциональных особенностей, вегетативная нервная система делится на симпатическую и парасимпатическую (табл. 1.4).

Таблица 1.3

Основные отличия соматической и вегетативной нервной системы

	Соматическая нервная система	Вегетативная нервная система
<b>Действие</b>	Произвольное	Непроизвольное
<b>Расположение нервных центров</b>	Головной мозг, спинной мозг	Средний мозг Продолговатый мозг Варолиев мост Спинной мозг
<b>Рецепторы</b>	Рецепторы органов чувств	Локализованные в стенках внутренних органов: <ul style="list-style-type: none"> <li>• барорецепторы стенок кровеносных сосудов и сердца;</li> <li>• рецепторы уровня кислорода;</li> <li>• осморецепторы;</li> <li>• глюкорецепторы</li> </ul>
<b>Двигательные (эфферентные) нервные пути</b>	Один миелиновый нейрон	Два нейрона: <ul style="list-style-type: none"> <li>• доузловой миелиновый</li> <li>• послеузловой немиелиновый</li> </ul>
<b>Нейромедиаторы</b>	Ацетилхолин	Ацетилхолин Адреналин Норадреналин
<b>Скорость передачи нервного импульса</b>	60–120 м/с	1–30 м/с

■ **Симпатическая нервная система** мобилизует организм для обеспечения его адаптации к стрессу («бегство или бой»). Является эрготропной (производящей энергию) системой.

Симпатическая нервная система:

- ✓ усиливает обмен веществ;
- ✓ ускоряет сердечный и дыхательный ритм;
- ✓ замедляет пищеварение и производство мочи;
- ✓ увеличивает уровень глюкозы в крови;
- ✓ увеличивает кровоснабжение мышц.

Нервные центры симпатической нервной системы расположены в передних рогах грудного и поясничного отделов спинного мозга.

Доузловые нейроны расположены в передних рогах грудного и поясничного отделов спинного мозга. Их миелиновые аксоны образуют синапсы с клеточными телами послеузловых нейронов на уровне симпатических узлов. Нейромедиатором доузловых симпатических нейронов является ацетилхолин.

Тела послеузловых нейронов расположены в симпатических узлах, а их немиелиновые аксоны образуют синапсы с внутренними органами. Они передают нервный импульс посредством норадреналина.

■ **Парасимпатическая нервная система** обеспечивает накопление энергии, для новой стрессовой реакции («отдых и питание»).

Нервные центры парасимпатической системы расположены в мозговых ядрах (среднего и продолговатого мозга, Варолиева моста), и спинномозговых ядрах S2–S4.

Доузловые нейроны передают нервные импульсы от головного мозга по волокнам глазодвигательного (III), лицевого (VII), языко-глоточного (IX), блуждающего (X) нервов и доузловых нейронов крестцовых нервов. Они образуют синапсы с клеточными телами послеузловых нейронов парасимпатических узлов вблизи внутренних органов.

Послеузловые нейроны короче доузловых. Они иннервируют внутренние органы.

Нейромедиатором нейронов парасимпатической нервной системы является ацетилхолин.

Большинство органов (сердце, гладкие мышцы стенок пищеварительных органов и мочевого пузыря и др.) иннервированы антагонистическими симпатическими и парасимпатическими волокнами.

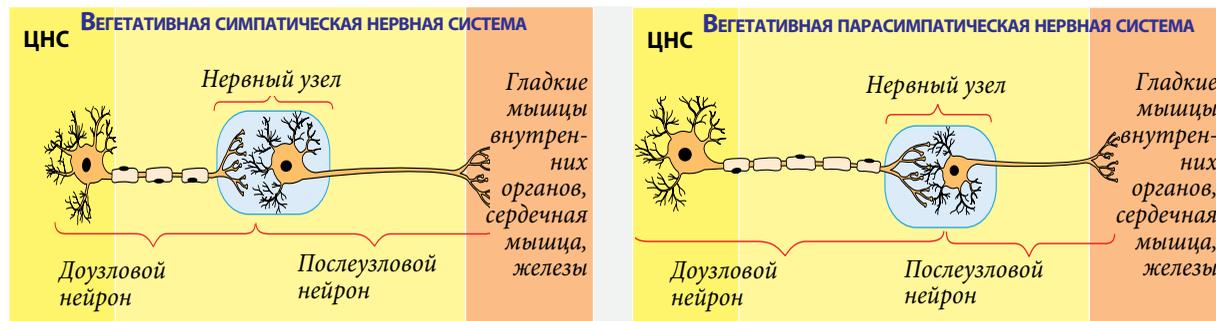


Рис. 1.12. Нейроны эфферентных путей вегетативной нервной системы

Таблица 1.4  
Основные отличия симпатической и парасимпатической нервной системы

	Симпатическая нервная система	Парасимпатическая нервная система
<b>Функции</b>	Мобилизация организма в условиях стресса, путем производства энергии для активации мышц («бегство или бой»)	Накопление и запасание энергии, необходимой в стрессовых ситуациях («отдых и питание»)
<b>Расположение нервных центров и клеточных тел доузловых нейронов</b>	Спинной мозг (грудной и поясничные отделы)	Средний мозг Варолиев мост Продолговатый мозг Спинной мозг
<b>Длина послеузловых аксонов по сравнению с доузловыми</b>	Короче	Длиннее
<b>Расположение нервных узлов</b>	Паравертебрально и превертебрально	Интрамурально
<b>Нейромедиаторы</b>	Ацетилхолин Норадреналин	Ацетилхолин

## СИМПАТИЧЕСКАЯ НЕРВНАЯ СИСТЕМА

## ПАРАСИМПАТИЧЕСКАЯ НЕРВНАЯ СИСТЕМА

Сокращение радиальных мышц радужки и расширение зрачка.		Сокращение круговых мышц радужки и сокращение зрачка.
Сокращение цилиарных мышц для дальнего зрения.		Сокращение цилиарных мышц для близкого зрения.
Сужение слезных каналов.		Расширение слезных каналов.
Сокращение каналов слюнных желез. Выделение вязкой слюны.		Обильное слюноотделение.
Расширение бронхов.		Сужение бронхов.
Учащение сердечного ритма, расширение коронарных сосудов.		Снижение сердечного ритма, сужение коронарных сосудов.
Снижение тонуса и подвижности пищеварительных органов. Сокращение сфинктеров.		Повышение тонуса и моторики пищеварительных органов. Расслабление сфинктеров. Ускорение пищеварения.
Усиление деятельности надпочечников и щитовидной железы.		Превращение глюкозы в гликоген.
Превращение гликогена в глюкозу		Сокращение мышц мочевого пузыря и расслабление сфинктера.
Расслабление мышц мочевого пузыря и сокращение сфинктера.		

### «БЕГСТВО ИЛИ БОЙ»

ИССЛЕДОВАНИЕ

«Все бы ничего, но когда я услышал про отца, сразу обмяк. Потом незаметно прокрался среди людей и побежал в сторону Хумулешть, постоянно оглядываясь: не догоняет ли меня старик? По правде говоря, я думал только о том, чтобы спастись от него. Как говорится: «Оставь его! Я бы оставил, да теперь он меня не оставляет!». Так и со мной. Еще и радовался, что легко отделался. Хорошо бы на этом все и закончилось, и чтобы я имел дело только с мамой и теткой Мэриукой, думал я, а сердце мое билось в груди как у зайца – от страха и усталости».

Ион Крянгэ (*Воспоминания детства*)

?

1. Объясни поведение мальчика, описывая деятельность компонентов:

- Соматической нервной системы (рецепторы, внешний афферентный нерв, расположение нервного центра, эффекторные органы, нейромедиаторы, ответная реакция);
- Вегетативной нервной системы (симпатический или парасимпатический отдел: типы узлов, их расположение, нейромедиаторы и др.)

?

1. Назови критерий классификации нервной системы на соматическую и вегетативную.
2. Перечисли функции:
  - ✓ Соматической нервной системы.
  - ✓ Вегетативной нервной системы
3. Назови эффекторные органы:
  - ✓ Соматической нервной системы;

- ✓ Вегетативной нервной системы
4. Составь схему, отражающую сравнительное строение соматической и вегетативной нервной системы.
5. Сравни деятельность соматической и вегетативной нервной системы во время сна и бодрствования.
6. Проведи сравнительный анализ жизненных ситу-

- аций, когда проявляется действие симпатической и парасимпатической нервной системы.
7. Объясни, почему в стрессовых ситуациях (например, в случае испуга или страха) учащается дыхание, а сердце кажется что выскакивает из груди.

# 5 РЕФЛЕКСЫ

**РЕФЛЕКС** – это ответная реакция организма на действие факторов среды, осуществляемая при участии центральной нервной системы. Каждому рефлексу соответствует траектория, называемая *рефлекторной дугой*.

Простейшая рефлекторная дуга, состоящая из трех отделов (*рецептор, нейрон, эффектор*) была обнаружена у кишечнорастворимых. У высших животных рефлекторная дуга состоит из пяти отделов: *рецептор, чувствительный нейрон, нервный центр* (головной или спинной мозг), *двигательный нейрон* и *эффекторный орган*.

■ **Рецепторы** (тактильные, слуховые, зрительные, обонятельные, вкусовые, вестибулярные, внутренних органов) воспринимают действие внешних и внутренних факторов и превращают их энергию в нервный импульс.

■ **Чувствительные нейроны** (афферентные волокна) передают импульс к нервным центрам.

■ **Нервные центры** расположены в сером веществе ЦНС. Они анализируют и обрабатывают информацию о среде, и вырабатывают ответную реакцию.

■ **Двигательные нейроны** (эфферентные волокна) проводят импульс от центральной нервной системы к эффекторам.

■ **Эффекторные органы** осуществляют ответную реакцию в зависимости от стимула.

## ТИПЫ РЕФЛЕКСОВ

Деятельность организма человека обеспечивается множеством различных рефлексов: безусловных (*врожденных*); условных (*приобретенных*); соматических; вегетативных и др.

Центры безусловных рефлексов находятся в спинном мозге, стволе мозга и подкорковых зонах.

### ■ **Безусловные рефлекссы:**

- ✓ существуют в момент рождения;
- ✓ наследуются от предков;
- ✓ свойственны всем представителям вида и называются *видовыми*;
- ✓ относительно стабильны, и возникают в ответ на адекватное раздражение.

Безусловные рефлекссы (*слюноотделение при попадании пищи в рот, моргание, сосание, дыхание, сужение и расширение зрачка и др.*). Они автономны независимы от коры), обеспечивают связь с внешней средой, но не могут обеспечить выживание особи. Это было доказано на опыте с собакой, которой удалили кору.

Собака не может самостоятельно найти пищу, так как при удалении коры были нарушены центры зрения, обоняния, слуха. Животное не чувствует запах пищи, не узнает хозяина. Если ей положить пищу в рот, она ее ест, так как центры безусловных рефлекссов сохранились.

Кора головного мозга человека стала в процессе эволюции органом интеграции всех функций организма. Как следствие, безусловные рефлекссы стали зависимыми от коры.

Нервные центры условных рефлекссов расположены в коре. Условные рефлекссы:

- ✓ появляются только в определенных условиях при участии коры головного мозга;
- ✓ отсутствуют при рождении;
- ✓ рефлекторные дуги замыкаются в коре;
- ✓ временные и индивидуальные;
- ✓ приобретаются в результате личного опыта.

■ **Условные рефлекссы** формируются под влиянием внешней среды путем образования временных связей между различными нервными центрами коры. С изменением условий среды старые связи разрушаются, и образуются новые.

У детей при рождении есть только безусловные рефлекссы. В процессе развития, под влиянием зрительных, осязательных, слуховых и др. раздражителей, у ребенка образуются новые связи в коре головного мозга, которые обеспечивают приспособление организма к условиям среды. У детей вновь образованные связи являются результатом процесса воспитания и обучения.

Условные рефлекссы обеспечивают нахождение пищи, своевременное обнаружение опасности и избегание повреждающего действия.

Соматический рефлекс является относительно быстрым и предсказуемым ответом организма на влияние факторов среды. Эффекторными органами соматических рефлекссов являются скелетные мышцы. Соматическая рефлекторная дуга может быть:

- ✓ Моносинаптической – когда чувствительный нейрон образует синапс с двигательным нейроном (*рефлекссы растяжения*);
- ✓ Полисинаптической, когда чувствительный нейрон образует синапс со вставочными нейронами, а последние – с двигательным нейроном (*рефлекс сгибания*).

В случае рефлексов растяжения (*бицепс-рефлекса, коленного*), нервный импульс от чувствительных нейронов передается спинному мозгу, затем двигательным нейронам и мышцам, вызывая их сокращение.

## КОЖНО-СУХОЖИЛЬНЫЕ РЕФЛЕКСЫ

ИССЛЕДОВАНИЕ

Бицепс-рефлекс (C5-C6) наблюдается при ударе по сухожилию двуглавой мышцы в области локтевого сгиба. Субъект должен слегка согнуть руку в локте, а наблюдатель – поддерживать ее. В результате удара происходит сокращение двуглавой мышцы плеча.

Коленный рефлекс (L2-L4) возникает при лёгком ударе под коленной чашечкой. Субъект должен сидеть на крае стула. При ударе происходит непроизвольное разгибание голени в результате сокращения четырехглавой мышцы бедра.

- ?
1. Определи на представленной схеме и в тексте компоненты рефлекторных дуг бицепсного и коленного рефлекса.
  2. Опиши эти дуги, отражая: расположение нервных центров, число нейронов, ответную реакцию.
  3. Используй медицинский молоточек, проверь эти рефлексы. Определи временной интервал между действием стимула и ответной реакцией, а также амплитуду движения конечностей.
  4. Сравни ответные реакции разных людей.
  5. Определи гиперфлексию (преувеличенную реакцию) и гипофлексию (слабую реакцию).

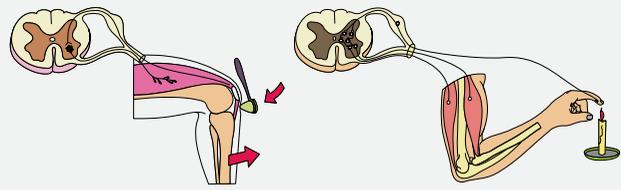


Рис. 1.13. Соматические рефлексы

■ **Вегетативные рефлексы** полисинаптические рецепторы находятся во внутренних органах (рис. 1.14).

*Афферентный чувствительный путь* состоит из отростков чувствительных нейронов спинномозговых и черепномозговых нервов. Дендриты собирают информацию от барорецепторов, хеморецепторов, осморорецепторов и передают ее нервным центрам.

*Нервные центры* вегетативных рефлексов расположены в вегетативных ядрах.

*Эфферентный двигательный путь* состоит из двух вегетативных нейронов: *доузлового и послеузлового*. *Эффекторными органами* вегетативных рефлексов являются гладкие мышечные волокна, железистые клетки, сердечная мышца и др.

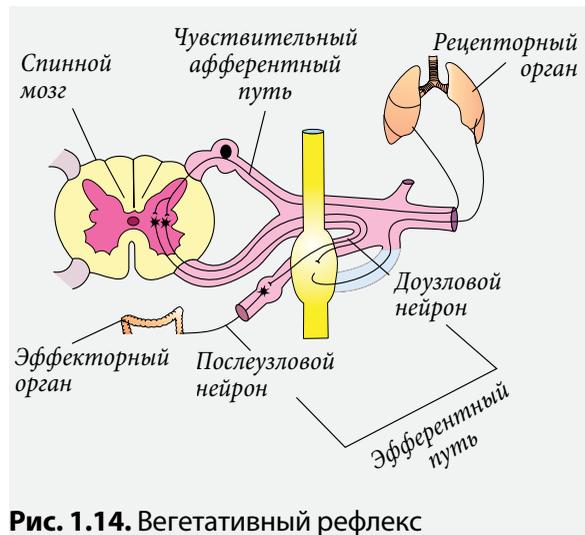


Рис. 1.14. Вегетативный рефлекс

?

1. Дай определение:
  - ✓ Рефлекса;
  - ✓ Рефлекторной дуги.
2. Назови общие и отличительные признаки соматической и вегетативной рефлекторной дуги.
3. Опиши особенности условных и безусловных рефлексов.
4. Составь легенду для рисунка 1.13, используя следующие

- понятия: спинной мозг, рецепторный орган, кожные рецепторы, афферентный путь, чувствительные нейроны, эфферентный путь, эффекторный орган, мышцы, двигательный нейрон.
5. Представь в виде таблицы анатомические отделы рефлекторной дуги условного рефлекса и их функции.

6. Опиши на реальном или вымышленном примере, этапы образования условных рефлексов, используя в качестве ориентиров раздражители и участки коры, между которыми образуются связи.
7. Аргументируй использование коленного рефлекса в диагностике повреждений спинного мозга.

# РЕФЛЕКТОРНАЯ И ПРОВОДЯЩАЯ ФУНКЦИЯ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ

## ФУНКЦИИ ГОЛОВНОГО МОЗГА

Головной мозг собирает информацию, анализирует ее и вырабатывает адекватную ответную реакцию организма. Отделы мозга отличаются между собой по форме, размеру и расположению белого и серого вещества. Эти отличия лежат в основе деления мозга на пять функциональных отделов: *метенцефалон*, *миеленцефалон*, *мезенцефалон*, *диенцефалон* и *теленцефалон*.

### ■ Миеленцефалон (продолговатый мозг).

Рефлекторная функция продолговатого мозга обеспечивается рядом *вегетативных нервных центров* жизненно важных рефлексов (дыхательного, сердечного, вазомоторного и др.), пищеварительных рефлексов (слюнообразования, глотания, сосания и др.) и защитных рефлексов (чихания, моргания, кашля, рвоты, мышечного тонуса) (рис. 1.15).

Проводящая функция продолговатого мозга осуществляется *афферентными волокнами*, которые идут от рецепторов органа слуха и равновесия, ротовой полости, кожи лица, органов грудной клетки (сердца, сосудов и легких) и некоторых органов брюшной полости (желудка, поджелудочной железы, печени и желчных путей, тонкого кишечника); и *эфферентными волокнами*, идущими от нейронов продолговатого мозга ко всем мышцам и железам лица, сердцу, бронхам, гортани, пищеводу, желудку, поджелудочной железе, печени и кишечнику.

### ■ Метенцефалон (Варолиев мост, мозжечок).

*Варолиев мост* выполняет рефлекторную функцию регуляции слезного рефлекса, слюноотделения, жевания, роговичного рефлекса, потоотделения и сальных выделений кожи лица и головы, сокращения лицевых мышц (экспрессивная мимика), боковых движений глазных яблок, поддержания мышечного тонуса и, в некоторых случаях, дыхательных движений.

Проводящая функция выполняется волокнами белого вещества моста.

*Мозжечок* – это орган адаптации к силе тяжести и инерции, обеспечения координации движений тела, и равновесия.

■ **Мезенцефалон** (средний мозг) содержит ядра глазодвигательного (III) и блокового (IV) нервов, которые осуществляют рефлексы ориентирования на свет и звук. Средний мозг выполняет функции, связанные с правильным

распределением мышечного тонуса и с рефлексами выпрямления.

■ **Диенцефалон** (промежуточный мозг) осуществляет взаимосвязь организма со средой обитания.

*Таламус* отвечает за чувственное восприятие. В случае его повреждения теряется тактильная чувствительность, происходят параличи и нарушение сна и др.

*Гипоталамус* – главный координирующий центр всех функций жизнеобеспечения (функции внутренних органов и некоторых реакций, связанных с инстинктами и эмоциональными состояниями). Он воздействует на внутренние органы посредством синтеза гипофизотропных гормонов.

✓ Гипоталамус влияет на моторику органов пищеварения. Передняя часть гипоталамуса активизирует моторику желудка и кишечника, а задняя часть ингибирует ее, и влияет на дефекацию и мочеиспускание.

✓ Центры гипоталамуса влияют на синтез гонадотропного гормона. Этот гормон регулирует развитие первичных и вторичных половых признаков. Гипоталамус влияет на половые функции. Так, сильные эмоции могут вызвать или остановить менструацию, или спровоцировать импотенцию у мужчин.

✓ В гипоталамусе находятся центры эмоционального состояния (отвечающих за выражение лица: раздражение, гнев, страх, меланхолию, покраснение лица, ускорение пульса и др).

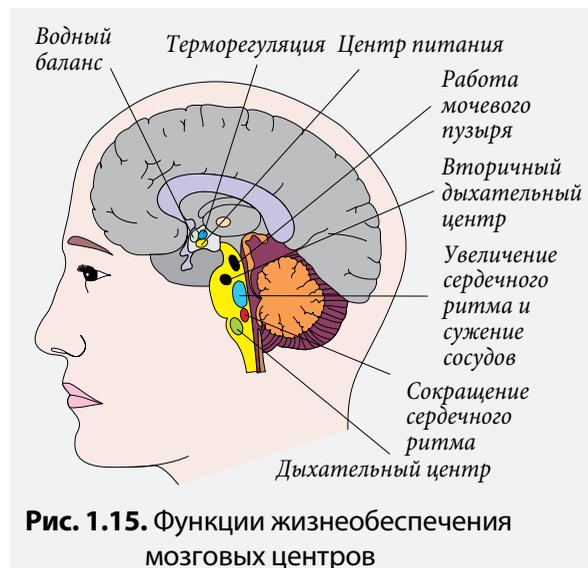


Рис. 1.15. Функции жизнеобеспечения мозговых центров

✓ Водный баланс обеспечивается путем регуляции синтеза антидиуретического гормона задней доли гипофиза. При его нарушении возникает «несахарный диабет» (усиленное удаление воды).

✓ В гипоталамусе находится центр голода, повреждение которого приводит к ожирению.

✓ Гипоталамус поддерживает тонус коры мозга посредством возбуждения, передаваемого от анализаторов (зрительного, слухового, обонятельного), или посредством возбуждения экстерорецепторов и проприорецепторов и поддерживает состояние бодрствования.

✓ Гипоталамус защищает организм от перегрева и переохлаждения. При повышении температуры среды происходит расширение сосудов кожи, усиливается потоотделение и учащается дыхание. При понижении температуры происходит сужение сосудов кожи, появляется озноб и замедляется дыхание.

■ **Теленцефалон** (конечный мозг – обонятельный мозг, базальные ядра и кора полушарий) координирует жизненно важные функции организма.

**Обонятельный мозг** обеспечивает обоняние и обонятельно-вегетативные функции (дыхательные изменения; изменения моторики желудка, артериального давления; слюноотделение; мочеиспускание).

**Базальные ядра** координируют непроизвольные движения (мимика во время разговора).

**Кора головного мозга** выполняет сенсорную, чувствительную, двигательную, психическую

и др. функции, локализованные в разных корковых зонах (рис. 1.16).

**Сенсорная функция** осуществляется обонятельной, вкусовой, зрительной и слуховой зонами коры, в которых информация от органов чувств превращается в ощущения.

**Чувствительная функция** осуществляется корковыми зонами, которые воспринимают осязательные, болевые, температурные, мышечно-суставные раздражения. Проекцию чувствительных зон на коре схематически можно изобразить в виде человечка – *homunculus sensitiv*.

**Двигательная функция** коры состоит в координации произвольных быстрых и точных движений скелетных мышц противоположной части тела, и может быть изображена схематически в виде *homunculus motor*.

**Психическая функция** осуществляется ассоциативными зонами.

✓ Ассоциативные двигательные зоны руководят освоенными в течение жизни движениями. Примерами могут служить: ассоциативные зоны речи и письма, которые формируются в результате обучения.

✓ Ассоциативная зона речи координирует движения, обеспечивающие произношение слов в определенной последовательности. При повреждении данной зоны речи, человек понимает все, но не может разговаривать. Это состояние называется *афазией*.

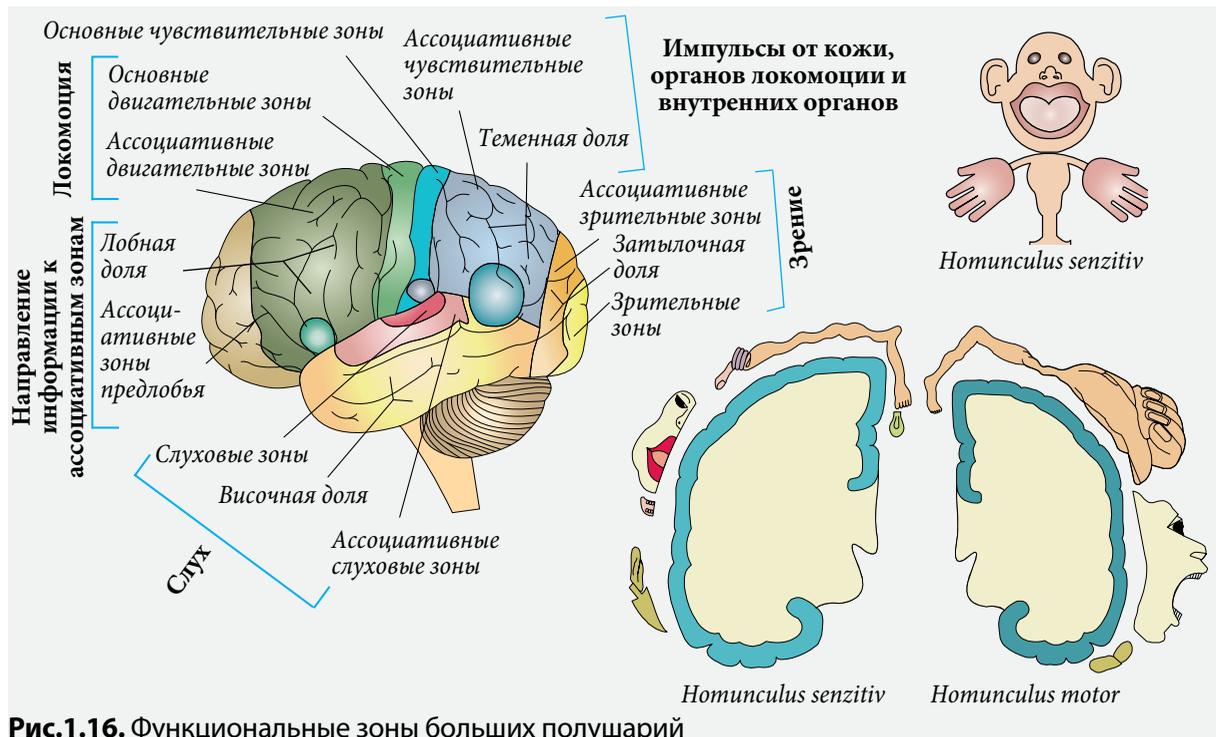


Рис.1.16. Функциональные зоны больших полушарий

✓ Ассоциативная зона письма руководит письменным выражением мыслей. Повреждения в этой зоне ведут к потере способности писать – *аграфии*.

✓ Чувствительные ассоциативные зоны – это зоны восприятия произнесенных слов и зона восприятия написанных слов.

Повреждение ассоциативной зоны восприятия произнесенных слов приводит к непониманию речи: слова воспринимаются как гул, и теряют смысловое значение. Это состояние называют *типичной агнозией* или *речевой глухотой*. При повреждении ассоциативной зоны восприятия написанных слов человек не воспринимает написанное: для него это всего лишь чернильные пятна. Это состояние называют *алексией* или *речевой слепотой*.

## ФУНКЦИИ СПИННОГО МОЗГА

Спинальный мозг выполняет две основные функции: *рефлекторную* и *проводящую*. В сером веществе спинного мозга находятся центры некоторых важных соматических и вегетативных рефлексов: коленного, пяточного, бицепс-

ного, трицепсного, сосудосуживающего, потогонного, перистальтики пищеварительного тракта, жевательного, рефлекса дефекации и мочеиспускания, половых рефлексов и др.

Проводящая функция выражается в передаче нервных импульсов по длинным путям (восходящим и нисходящим) и коротким путям (ассоциативным и межсегментным). Восходящие (чувствительные) пути проводят информацию от рецепторов к мозгу, а нисходящие (двигательные) от мозга к эффекторным органам (*рис. 1.17*).

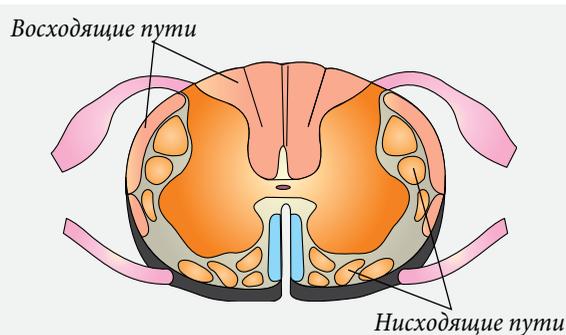


Рис. 1.17. Проводящие пути спинного мозга

## РОЛЬ МОЗЖЕЧКА И СРЕДНЕГО МОЗГА В ОБЕСПЕЧЕНИИ РАВНОВЕСИЯ

### ■ Ход работы:

1. Встань, расположив ноги одна за другой, так, чтобы большой палец одной ноги прикасался к пятке другой.
2. Прижми руки к груди и сожми плечи.
3. Удерживай как можно дольше равновесие в этой неудобной позе.

### ■ Представление результатов

1. Опиши движения испытуемого (колебания тела и потеря равновесия, движения рук и ног, обеспечивающие сохранение равновесия).
2. Найди на муляжах, таблицах или схемах головного мозга нервные центры, которые обеспечивают сохранение вертикального положения тела при потере равновесия.
3. Сформулируй вывод о роли мозжечка и среднего мозга в сохранении вертикального положения тела при потере равновесия.



1. Дай определение понятиям:
  - ✓ рефлекторная функция ЦНС;
  - ✓ проводящая функция ЦНС;
  - ✓ *Homunculus sensitivus*;
  - ✓ *Homunculus motor*.
2. Объясни ассоциацию между понятиями: тело и отростки нейрона; нервные центры и нервные волокна; белое и серое вещество; проводящая и рефлекторная функция мозга.
3. Представь в виде таблицы функции коры головного мозга.
4. Найди на рисунке 1.16 корковые зоны, поврежденные у человека, который не воспринимает болевые ощущения.
5. Докажи, что гипоталамус обеспечивает гомеостаз организма.
6. Прокомментируй высказывание античных ученых о том, что продолговатый мозг является центром координации жизненно важных функций.
7. Проанализируй деятельность частей нервной системы, которые характерны для ученика в следующих ситуациях:
  - ✓ заметил на столе карандаш;
  - ✓ решил поднять карандаш;
  - ✓ поднял карандаш.

# 7 ОСНОВНЫЕ КОРКОВЫЕ ПРОЦЕССЫ

## ПРОЦЕССЫ ВОЗБУЖДЕНИЯ И ТОРМОЖЕНИЯ В КОРЕ ГОЛОВНОГО МОЗГА

Возникновение и исчезновение условных рефлексов происходит в результате взаимодействия двух функциональных состояний нейрона: *возбуждения* и *торможения*.

*Возбуждением* называется состояние нейрона, способствующее передаче нервного импульса. Если через нейрон коры проходит импульс, значит, он находится в состоянии возбуждения. *Торможением* называется состояние нейрона, при котором передача импульса не происходит. Если через нейрон коры не передается импульс, значит, этот нейрон находится в состоянии торможения.

Возбуждение и торможение тесно связаны друг с другом и могут плавно переходить одно в другое, то есть состояние возбуждения сменяется торможением и наоборот. Процессы возбуждения и торможения мигрируют в коре головного мозга и находятся в постоянном противодействии. От результата этого противодействия зависит состояние организма.

В случае, если нейроны возбуждены, большинство нервных центров возбуждены, и организм находится в состоянии бодрствования. Если происходит торможение нейронов, организм переходит в особое состояние, когда мышцы расслаблены, а стимулы больше не воспринимаются. Это состояние называется *сном*.

**Память** – процесс накопления, хранения и реактуализации информации. Она лежит в основе процессов обучения и адаптации к условиям внешней среды.

К нервным центрам коры головного мозга постоянно стекается огромное количество информации. Память обеспечивает ее избирательное сохранение (в зависимости от значимости, внимания и запоминающей способности мозга), защищая мозг от ненужной информации. Человеческий мозг обладает способностью запоминать сначала концепцию, а затем ее детали. Память способна использовать отложенные в абстрактном виде концепции или идеи.

В зависимости от цели запоминания, память бывает произвольной и произвольной.

■ **Непроизвольная память** проявляется в отсутствии цели что-либо запомнить.

■ **Произвольная память** проявляется при целенаправленном запоминании, достигается

с опытом, и может постоянно меняться. В зависимости от продолжительности запоминания, память бывает: *чувственной, первичной, вторичной и третичной* (рис. 1.18).

■ **Чувственная память** возникает в момент поступления информации от рецепторов в кору, где происходит ее обработка для хранения или удаления. Чувственная память – это автоматический процесс, протекающий в течение нескольких миллисекунд.

■ **Первичная**, или краткосрочная **память**, следует за чувствительной, при условии что информация, полученная от рецепторов, была сохранена (запоминание фактов, слов, чисел, букв и др. на несколько секунд). Эта информация забывается при поступлении новой информации.

■ **Вторичная**, или долгосрочная **память**, представляет собой процесс запоминания на несколько минут, часов, дней и даже лет. Информация, запомнившаяся на несколько секунд, может быть закреплена повторением и переходит из первичной памяти во вторичную.

■ **Третичная память** относится к информации о собственном имени, способности чтения, письма и др., которая не забывается даже при потере остальных видов памяти.

Частичная или полная потеря памяти называется *амнезией*.



Рис. 1.18. Типы памяти

## ■ Ход работы

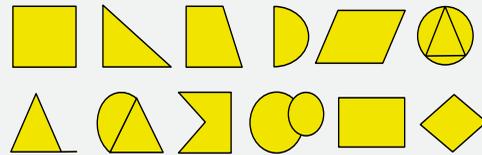
1. Внимательно читай в течение двух минут следующие слова, после чего закрой учебник и попробуй воспроизвести письменно или устно как можно больше слов в любом порядке.

Тест. Математика. Расписание. Ученик. Перемена. Звезда. Солнце.

Линейный. Тушь. Коньки. Цифра. Школа. Машина. Фильм. Тетрадь. Куб.

Сфера. Майка.

2. В течение двух минут рассматривай фигуры. Закрой учебник и воспроизведи как можно больше фигур в любой последовательности.



## ■ Представление результатов

Подсчитай количество правильных ответов. Если ты набрал 23-32 б. (по одному за каждый ответ) – у тебя очень хорошая память; 19-22 б. – хорошая память; 10-18 б. – удовлетворительная память; 0-9 б. – слабая память.

**ОБУЧЕНИЕ** представляет собой процесс получения информации и накопления знаний путем запоминания и отделения полезной информации от бесполезной или опасной, в целях формирования адекватных поведенческих и нейропсихических реакций.

Обучение бывает двух типов (по Крумбольцу): *неассоциативное*, которое основывается на повторении и опыте, и *ассоциативное обучение*, основанное на стимулах, на наблюдении модели или сопоставлении двух событий.

■ **Неассоциативное обучение** осуществляется в условиях отсутствия связи между стимулами привыкания и сенсibilизации.

**Привыкание** это свойство мозга игнорировать несущественную информацию. Например, если вы впервые навещаете друга, который живет в шумном месте, окружающий шум будет сильно давить на вас. Через некоторое время звуки перестанут вас беспокоить, и вы их практически перестанете замечать. Или, например, вы услышали громкий звук. Повернув голову, вы убедились, что этот звук не имеет к вам никакого отношения. Если через некоторое время этот звук повторится, вы не отреагируете на него. Привыкание объясняется синаптическим торможением – синапсы не передают сигналы, которые не являются значимыми на данный момент.

**Сенсibilизация** представляет собой форму обучения, при которой мозг привыкает быстро получать полезную и важную информацию, как например, информацию о боли, приятных эмоциях и др. В его основе лежит явление синаптической сенсibilизации, которое противоположно явлению синаптического торможения.

■ **Ассоциативное обучение** проводится путем образования ассоциаций между разными отделами коры и основывается на:

- ✓ классических условных рефлексов, которые являются формой ассоциативного обучения;
- ✓ искусственной условности, при которой отсутствует безусловный раздражитель.

У человека обучение посредством искусственной условности наблюдается, например, когда ученика хвалят за хорошую учебу, а в дальнейшем он будет стараться получать такие же, или даже лучшие, результаты.

Этот способ обучения применяется при дрессировке животных. Именно так обучались голуби для поиска потерпевших кораблекрушение. Когда голуби замечают в море красный, оранжевый или желтый цвет (*цвета сигнала S.O.S. или спасательных жилетов*), они нажимают на определенные кнопки на спасательном судне, указывая правильное направление, и за это получают лакомство. Оба типа обучения, как правило, протекают одновременно.



1. Дай определение понятиям: возбуждение нейрона и нервного центра; торможение нейрона и нервного центра; запоминание; обучение.

2. Найди соответствие между формами памяти и запоминанием стихов, номеров телефонов, имен родителей, незнакомого прохожего.

3. Приведи сравнительную характеристику ассоциативного и неассоциативного обучения.

4. Объясни, почему люди, живущие в больших городах, не реагируют на шум.

5. Определи свой собственный тип обучения, основываясь на классификации, приведенной в тексте.

### ФАКТОРЫ РИСКА ДЛЯ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ

Нормальная деятельность человеческого организма определяется, в основном, функциональным состоянием нервной системы, которое соответствует факторам внутренней среды (содержанию кислорода и глюкозы в крови, уровню востребованности нейронов, чередованию физической и умственной деятельности и др.) и внешней среды (температуре, содержанию кислорода, пищевому режиму и др.).

Стресс и суэта современной жизни вызывают дисфункции и заболевания нервной системы, которые называются «болезнями цивилизации». Специалисты утверждают, что около 70% соматических заболеваний имеют психоневрологическое происхождение.

Дисфункции нервной системы возникают в результате травм, действия токсических веществ, нарушения кровообращения, стресса и др.

Черепно-мозговые травмы являются результатом ударов и приводят к сотрясениям мозга, которые сопровождаются головокружением, головными болями и тошнотой. Травмы спинного мозга возникают в результате ударов и повреждений, и сопровождаются острой болью в спине, особенно при движении. Переломы позвоночника приводят к параличу нижней части тела.

Алкоголь, никотин, соли тяжелых металлов, наркотики и др. отрицательно влияют на нервную систему человека.

### ЗАБОЛЕВАНИЯ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ

■ **Менингит** это воспаление оболочек центральной нервной системы. Может быть инфекционным и неинфекционным.

Возбудителями инфекционного менингита являются бактерии, вирусы, микроскопические грибы и простейшие. Возбудители могут непосредственно атаковать оболочки нервной системы (*первичный менингит*) или могут проникнуть из уже имеющегося в организме очага воспаления (*отит, воспаление легких*). Вирусный менингит более легкое заболевание и проходит без какого-либо специфического лечения. Бактериальный менингит может протекать в очень тяжелой форме, и приводит к разрушению структур мозга, потере слуха, трудностям в процессе обучения и др.

Основными симптомами заболевания являются высокая температура, головная боль и «жесткая» шея, проявляющиеся в течение 24-48 часов. Другими симптомами являются тошнота, рвота, фотофобия, запутанность сознания, сонливость.

Некоторые формы бактериального менингита являются инфекционными. Возбудитель передается через выделения дыхательной системы, при кашле. Лицам, находящимся в контакте с больными менингитом, вызванным *Neisseria meningitidis*, во избежание заболевания рекомендуется принимать антибиотики.

■ **Бешенство** – острое вирусное заболевание, вызывающее поражение центральной нервной системы. Бешенство известно с самых древних времен. Вирус бешенства передается через укус инфицированного животного, или в результате попадания его слюны в открытую рану.

Первыми симптомами заболевания являются боли и онемелость в области укуса, жар, першение в горле, головокружение, рвота, понос, боли в области живота и общая слабость. У некоторых людей первой реакцией нервной системы на заболевание является чувство страха, возбуждение, нервозность, бессонница или депрессия.

Симптомы бешенства прогрессируют стремительно, ведут к параличу, спазмам горла, бреду, галлюцинациям, сердечной аритмии, коме и, наконец, к смерти. Во время инкубационного периода возможно эффективное лечение. Своевременное лечение позволяет организму справиться с заболеванием.

Лечение вакциной и сывороткой против бешенства дает хороший эффект, если начинается не позже 14 дней после заражения.

■ **Миелит** это воспаление спинного мозга, вызванного нейротропным вирусом или вследствие оспы, скарлатины, гриппа, воспалительных процессов, острых или хронических отравлений свинцом, монооксидом углерода, инсектицидами, гербицидами и др. Заболевание сопровождается головными болями, общей слабостью, сонливостью, высокой температурой, рвотой, судорогами. Лечение миелита проводится в стационарных условиях.

Психические заболевания (*неврозы и психозы*) – это поражения центральной нервной системы, под действием факторов, которые вызывают усталость и истощение нейронов.

■ **Неврозы** возникают из-за событий в социальной среде (семье, школе, работе и др.), которые на определенное время выводят личность из равновесия. Самыми распространенными формами являются астенический невроз (головные боли, бессонница) и истерия (крики, плач или уход в себя).

■ **Психозы** выражаются в неспособности больного контактировать с семьей и обществом, временном или частичном отрыве от реальной жизни.

Симптомами психических заболеваний являются состояние депрессии, печали, возбуждения и беспокойства. Профилактика психических заболеваний состоит в избегании факторов риска и здоровом образе жизни. В случае появления первых симптомов необходимо обратиться к врачу.

**ГИГИЕНА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ТРУДА**

Любой труд выполняется благодаря деятельности нервной системы. Умственный труд включает в себя различные типы деятельности, но основная роль при этом принадлежит центральной нервной системе. При выполнении умственного труда большая роль отводится

опорно-двигательной, сердечно-сосудистой, дыхательной системе и др. Мышечная деятельность обеспечивает определенное положение тела и осуществление произвольных и непроизвольных движений. Во время умственной деятельности происходит изменение интенсивности обменных процессов, пульса (снижение), артериального давления (иногда повышается), дыхания (становится интенсивнее).

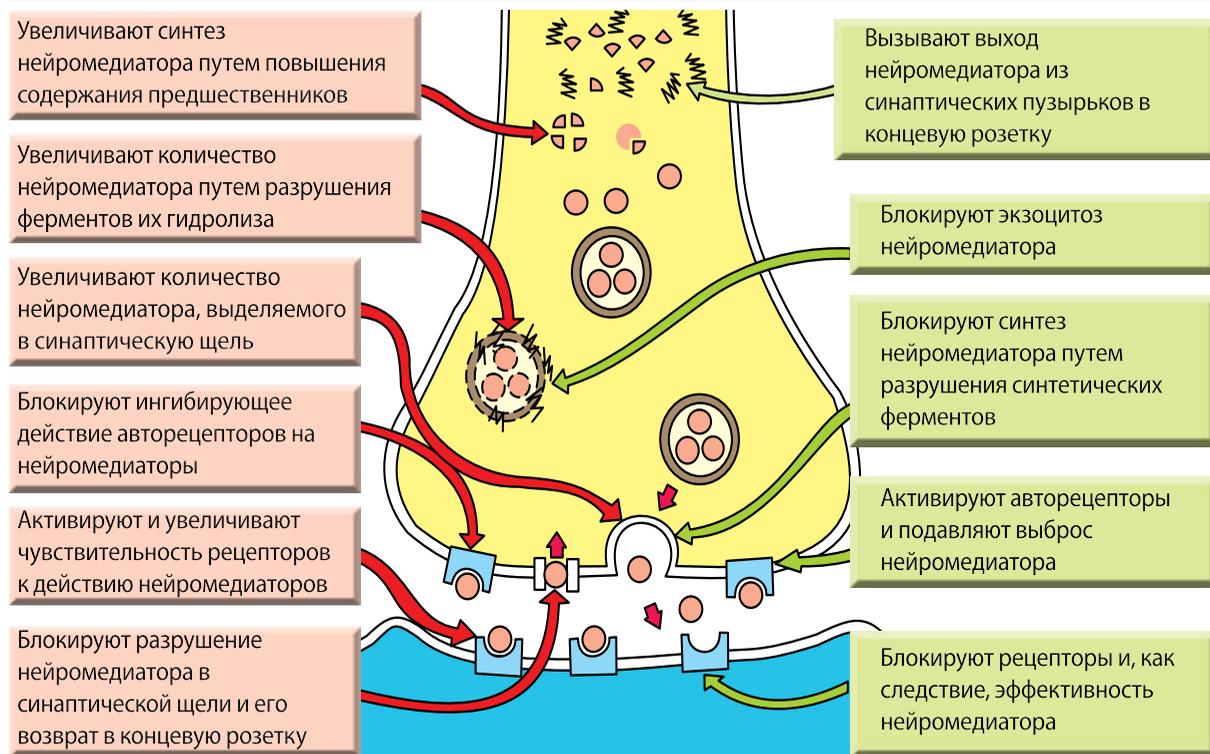
Для повышения эффективности умственного труда ежедневный трудовой процесс должен быть четко и реалистично спланирован. Интенсивная неорганизованная умственная работа приводит к усталости и общему истощению нервной системы.

■ **Усталость** – это нормальный физиологический процесс, который исчезает после отдыха. Во время умственного труда необходимы 5–10 минутные перерывы для физических упражнений, важен и активный отдых после работы.

■ **Истощение** – это продолжительная усталость, которая сопровождается общей слабостью, отсутствием интереса к работе, головными болями, нарушением сна и др. Возникает в результате отсутствия полноценного отдыха и др.

**ТЕМАТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ**

Изучите представленную информацию и оцените эффекты агонии и ингибирования, вызванные действием наркотиков и лекарств. Приведите аргументы в пользу каждой позиции и по одному примеру веществ (лекарств, наркотиков), которые вызывают данные изменения.



# НЕРВНАЯ СИСТЕМА

Обеспечивает адаптацию организма к изменчивым условиям внутренней и внешней среды путем:

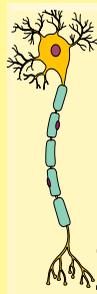
- ✓ Восприятия информации из внешней и внутренней среды;
- ✓ Анализа и интеграции полученной информации;
- ✓ Разработки адекватной ответной реакции организма

## НЕЙРОН



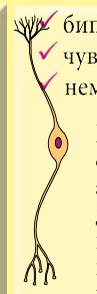
- ✓ псевдоуниполярный,
- ✓ чувствительный,
- ✓ соматический,
- ✓ миелиновый

Имеют по одному аксону и дендриту на разных полюсах клетки



- ✓ мультиполярный
- ✓ двигательный
- ✓ соматический
- ✓ миелиновый
- ✓ мультиполярный
- ✓ ассоциативный
- ✓ немиелиновый

От тела нейрона отходит множество дендритов и только один аксон



- ✓ биполярный
- ✓ чувствительный
- ✓ немиелиновый

Имеют по одному аксону и дендриту на разных полюсах клетки

## СИНАПСЫ

### Электрические

Передают нервные импульсы посредством электрических разрядов

### ХИМИЧЕСКИЕ

Передают нервные импульсы посредством химических нейромедиаторов (ацетилхолин, норадреналин, адреналин)

### Нейро-нейронные

Синапсы между нейронами

### Нейро-тканевые

Синапсы между нейронами и эффекторными клетками

**Аксо-дендритные**, образованные между аксоном и дендритами двух нейронов

**Аксо-соматические**, образованные между аксоном и клеточным телом двух разных нейронов.

**Нейро-мышечные** между аксонами нейронов и мышечными волокнами

**Нейро-железистые**, между аксоном и секреторными клетками.

## НЕРВНАЯ

### НЕЙРОНЫ

Структурная и функциональная единица нервной системы, которая отвечает на действие раздражителей (возбудимость) и передает возбуждение другим нейронам или эффекторным клеткам (проводимость).

### НЕЙРОГЛИЯ (глиальные клетки)

Клетки, поддерживающие нейроны, образующие миелиновую оболочку, осуществляющие фагоцитоз деградированных нейронов, патогенов и др.

### Клетки Шванна

- ✓ Окружают нейроны периферической нервной системы.
- ✓ Образуют миелиновую оболочку аксонов ПНС.
- ✓ Участвуют в регенерации поврежденных нейронов.

### Астроциты

- ✓ Соединяют кровеносные сосуды и нейроны.
- ✓ Участвуют в метаболизации нейромедиаторов.
- ✓ Поддерживают баланс  $K^+$ .

### Олигодендроциты

- ✓ Окружают и поддерживают нейроны ЦНС.
- ✓ Образуют миелиновую оболочку нейронов ЦНС.

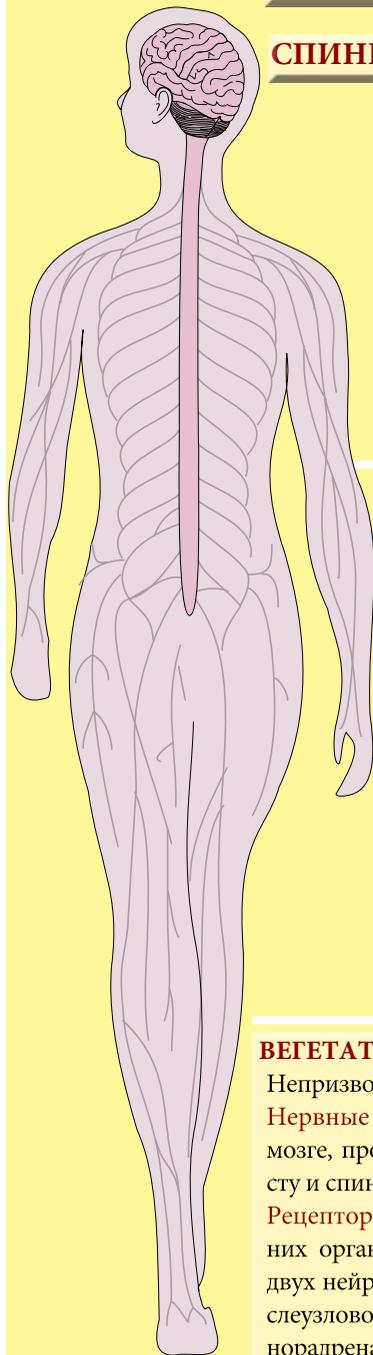
### Микроглиальные клетки

- ✓ Осуществляет фагоцитоз деградированных нейронов, отходов, патогенов.

### Эпендимальные клетки

- ✓ Образуют спинномозговую жидкость.
- ✓ Способствуют движению спинномозговой жидкости.

# НЕРВНАЯ СИСТЕМА



## ЦЕНТРАЛЬНАЯ НЕРВНАЯ СИСТЕМА

### СПИННОЙ МОЗГ

### ГОЛОВНОЙ МОЗГ

#### Передний мозг

Большие полушария

#### Средний мозг

Промежуточный мозг

#### Задний мозг

Мозжечок

Варолиев мост

Продолговатый мозг

## ПЕРИФЕРИЧЕСКАЯ НЕРВНАЯ СИСТЕМА

### УЗЛЫ

Чувствительные

Паравертебральные

Двигательные

Превертебральные

Муральные

### НЕРВЫ

31 пара спинномозговых смешанных нервов

#### Черепномозговые нервы

- ✓ Чувствительные нервы (I, II, VIII)
- ✓ Двигательные нервы (III, IV, VI, XI, XII)
- ✓ Смешанные нервы (V, VII, IX, X)

## ВЕГЕТАТИВНАЯ НЕРВНАЯ СИСТЕМА

Непроизвольная деятельность.

**Нервные центры** располагаются в среднем мозге, продолговатом мозге, Варолиевом мосту и спинном мозге.

**Рецепторы** расположены в стенках внутренних органов. **Нервные пути** образованы из двух нейронов: миелиновый доузловой, и послеузловой. **Нейромедиаторы**: ацетилхолин, норадреналин, адреналин.

**Эффекторные органы**: гладкие мышцы внутренних органов, сердечная мышца, секреторные клетки.

## СОМАТИЧЕСКАЯ НЕРВНАЯ СИСТЕМА

Произвольная деятельность.

**Нервные центры** в головном и спинном мозге. **Рецепторы** органов чувств.

**Нервные пути** образованы одним немиелиновым нейроном.

**Нейромедиатор** – ацетилхолин.

**Эффекторные органы** – скелетные мышцы.

## СИМПАТИЧЕСКАЯ НЕРВНАЯ СИСТЕМА

Мобилизует организм в условиях стресса, путем выработки энергии для мышечной деятельности.

«Бегство или бой»

## ПАРАСИМПАТИЧЕСКАЯ НЕРВНАЯ СИСТЕМА

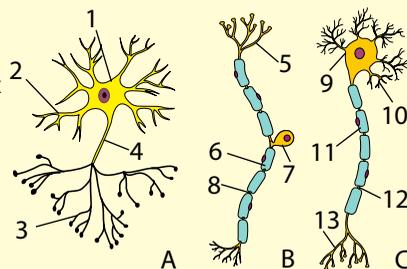
Собирает и запасает энергию, необходимую в стрессовых ситуациях.

«Отдых и питание»

## ИТОГОВЫЙ ТЕСТ

1. Найди на схемах А, В, С и назови следующие структуры и нейроны:

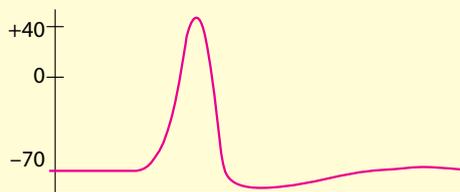
- Клетки которые образуют миелиновую оболочку.
- Образуют чувствительный нервный узел.
- Принимают нервный импульс от аксонов вставочных нейронов спинного мозга.
- Образуют концевые розетки.
- Связывает чувствительные и двигательные нейроны.
- Вместе с нейронными телами образуют серое вещество.
- Образуют передний рог спинномозгового нерва.
- Образуют немиелиновые нервные волокна.
- Образуют задний рог спинномозгового нерва.



2. Нарисуй цепь из трех нейронов: чувствительного, ассоциативного и двигательного. Укажи при помощи стрелок направление распространения нервного импульса.

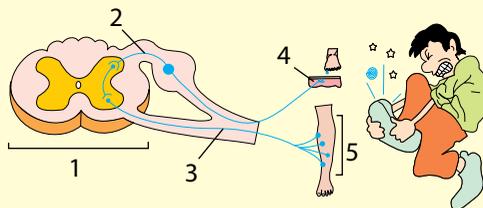
3. Изучи кривую потенциала действия и укажи отрезки, соответствующие:

- мембране, проницаемой для ионов  $\text{Na}^+$  и непроницаемой для ионов  $\text{K}^+$ ;
- мембране, проницаемой для ионов  $\text{K}^+$  и непроницаемой для ионов  $\text{Na}^+$ .



Аргументируй свой выбор.

4. Опиши тип рефлекса, представленного на рисунке (соматический/вегетативный, условный/безусловный, сгибания/разгибания). Отметь значение рефлекса в интеграции организма в среду обитания.



5. Приведи сравнительное описание соматической и вегетативной нервной системы с точки зрения эффекторных органов, нейромедиаторов, афферентных и эфферентных путей, узлов.

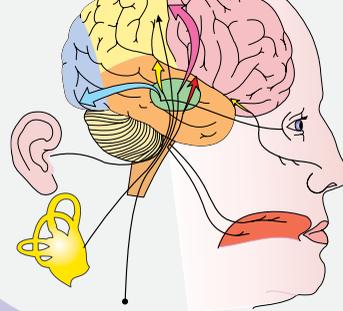
6. Оцени изменения деятельности нейрона, концевые розетки которого помещены в искусственную среду – раствор ЭДТА (химическое вещество, которое фиксирует ионы кальция из внешней среды). Сформулируй вывод о роли ионов кальция в работе головного мозга.

7. Назови зону и функцию коры (рефлекторную или проводящую), которые нарушены у человека, страдающего типичной агнозией или речевой глухотой.

8. Внимательно прочти предложение и ответь на следующие вопросы.

*В результате несчастного случая профессор, преподающий алфавит Брайля, получил травму на уровне левых задних корешков нервов поясничного отдела.*

- Назови анатомо-функциональный отдел нервной системы, на уровне которого произойдет разрыв рефлекторных дуг данного участка тела.
- Оцени функциональные нарушения организма, которые возникнут в результате данного несчастного случая.



## ГЛАВА

# 2

# ЧУВСТВЕННОЕ ВОСПРИЯТИЕ

- Система органов чувств человека
- Слуховой анализатор человека
- Вестибулярный анализатор человека
- Кожный анализатор человека
- Вкусовой и обонятельный анализатор человека
- Зрительный анализатор человека
- Гигиена и дисфункции органов чувств

**СИСТЕМА ОРГАНОВ ЧУВСТВ** человека воспринимает энергию стимулов и передает ее в виде нервных импульсов в ЦНС.

Мозг человека получает огромный объем информации о предметах и явлениях внутренней и внешней среды. Было установлено, что 1% этой информации воспринимает вкусовой анализатор, 1,5% – кожный, 3,5% – обонятельный, 11% – слуховой и 83% – зрительный. Общий объем информации, воспринимаемый анализаторами составляет  $10^{11}$  бит/с, а в центральную нервную систему попадает  $10^7$  бит/с. Вся информация подвергается бессознательному анализу. Более 99% информации сбрасывается как несущественная. Сон является самой эффективной «противоинформационной» защитой организма. За одну бессонную ночь в сферу сознания проникает 460 000 бит информации.

Система органов чувств человека состоит из анализаторов: зрительного (глаз), обонятельного (нос), слухового (ухо), вкусового (ротовая полость), и кожного. Стимул (в физиологии) представляет собой восприятие рецепторами ощутимых изменений условий среды.

**АНАЛИЗАТОРЫ** представляют собой системы органов, которые воспринимают, передают и превращают в ощущения возбуждения, исходящее из внутренней или внешней среды. Каждый анализатор состоит из трех отделов:

- **Чувствительные рецепторы** (периферический отдел) воспринимает стимул и превращает его в нервный импульс (физиологическую энергию). К ним относятся клетки, которые воспринимают энергию специфического стимула. Рецепторы классифицируются в зависимости от:
  - ✓ локализации: экстерорецепторы (стимулы внешней среды); висцерорецепторы (стимулы внутренних органов); проприорецепторы (стимулы мышц, сухожилий, суставов и костей).

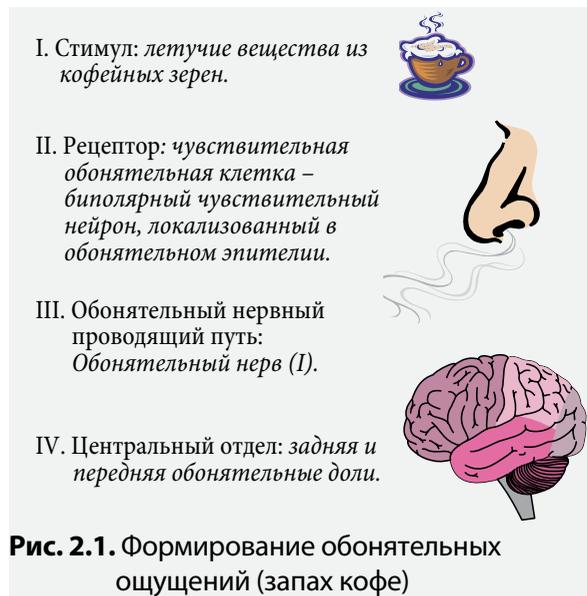
- ✓ типа энергии стимула: механорецепторы (механические изменения), терморецепторы (температурные изменения), хеморецепторы (изменения химического состава), ноцицепторы (стимулы, которые вызывают боль).

- **Чувствительные нервные пути** (средний отдел), по которым импульсы от рецепторов передаются в ЦНС. Они состоят из окончаний чувствительных нейронов.

- **Чувствительные зоны коры головного мозга** (центральный отдел) хранит и систе-

матизирует информацию, полученную от рецепторов, и вырабатывает ощущения.

**ОЩУЩЕНИЕ** представляет собой знание о свойствах предметов и явлений: о цвете и форме, размерах, запахе, звуках, наличии некоторых химических веществ и др. Формирование ощущений происходит только при наличии стимулов и работе анализаторов (рис. 2.1). Если один из отделов анализатора поврежден, ощущения не формируются.



**Рис. 2.1.** Формирование обонятельных ощущений (запах кофе)

Ощущения поставляют информацию о: предметах и явлениях (зрительные, слуховые, кожные, обонятельные, и вкусовые), положении и движении тела (проприоцептивные и о равновесии) и об изменениях внутренней среды (голода, жажды, боли и др.). Они очень разнообразны, но имеют некоторые общие характеристики: *продолжительность ощущения, пороги чувствительности и сенсорная адаптация.*

- **Продолжительность ощущений** зависит от интенсивности и времени действия стимула на рецептор. Ощущение формируется через определенное время после начала воздействия стимула. Этот промежуток называется латентным временем. В случае тактильных ощущений латентное время составляет 130 мс, в случае болевых – 370 мс, а в случае вкусовых – 50 мс. После удаления стимула ощущения сохраняются в течение нескольких секунд. Это время называется *последствием* или *постэффектом*.

■ **Пороги ощущения.** Ощущение формируется только если стимул достигает определенной интенсивности. Самое низкое значение интенсивности стимула, которое может вызвать ощущение, называется *нижним абсолютным порогом* ощущения. Люди, которые воспринимают стимулы низкой интенсивности обладают высокой чувствительностью, а люди воспринимающие высокоинтенсивные стимулы характеризуются низкой чувствительностью. Нижний порог ощущения варьирует у одного и того же человека в зависимости от его состояния.

Самая высокая интенсивность стимула, которое вызывает ощущение называется *верхним абсолютным порогом* ощущения. Для того чтобы два стимула формировали два ощущения, разница между ними должна превышать определенный минимум, называемый *порогом различения*.

■ **Сенсорная адаптация.** Если перейти из ярко освещенной комнаты в темную, сперва ничего невозможно увидеть, но потом, наступает «привыкание» к темноте. В этом случае происходит адаптация анализатора. Сенсорная адаптация представляет собой изменение

чувствительности анализатора в зависимости от интенсивности и продолжительности действия стимула. Адаптация происходит в сторону роста чувствительности при воздействии низкоинтенсивных стимулов, а в случае высокоинтенсивных стимулов или продолжительного воздействия – чувствительность падает.

**ВОСПРИЯТИЕ** является высшей формой познания окружающей среды, которая обеспечивает единое интегрированное отражение предметов и явлений. Оно формируется в результате привлечения мышления, памяти, воображения, таким образом формируется синтетическое изображение предметов. Восприятие окружающего мира происходит одновременно с формированием ощущений.

В зависимости от анализатора различают следующие типы восприятия: зрительное (созерцание пейзажа); слуховое (прослушивание мелодии, речи); тактильное (опознание предмета ощупыванием); пространства (размер, форма, расстояние до предметов и их расположение); времени (отражение продолжительности и последовательности явлений или событий).

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕРХНЕГО И НИЖНЕГО ПОРОГА ВКУСОВОГО ОЩУЩЕНИЯ

### ■ Необходимые материалы:

**Приборы и посуда:** стаканы, весы

**Реактивы:** сахароза, хлорид натрия, дистиллированная вода

### ■ Ход работы:

1. Приготовь основной раствор: сахароза – 30 г на 1000 мл; хлорид натрия – 8 г на 1000 мл.
2. Приготовь из основного раствора путем разбавления дистиллированной водой рабочие растворы:

<b>Основной раствор (мл)</b>	250	225	200	175	150	125	100	75	50	25
<b>Дистиллированная вода (мл)</b>	750	775	800	825	850	875	900	925	950	975

3. Дегустируй пробы после разбавления.
4. Дегустированные пробы не проглатываются. Они удерживаются во рту некоторое время, чтобы раствор вошел в контакт со всей поверхностью языка, после чего выплевывается в сборный сосуд. Между дегустацией проб необходимо прополоскать рот дистиллированной водой и выдержать паузу около 30 с.
5. Проверь пороги вкусового ощущения у членов семьи и одноклассников.
6. Рассчитай среднее значение порогов у лиц одного возраста, пола.



1. Дай определение понятиям: анализатор, ощущение, восприятие.
2. Опиши общую структуру анализаторов человека.
3. Объясни, каким образом мозг «защищается» от потока информации.
4. Поражение какого органа чувств приведет к потере сенсорного восприятия примерно на 80%?

5. Представь в виде схемы путь, пройденный информацией о цвете лепестков по соответствующему анализатору.
6. Объясни разницу между продолжительностью ощущения вкуса шоколада, латентным временем и последствием.
7. Опиши изменение термических ощущений человека, вошедшего в воду, температура которой составляет 23°C.

8. Сенсорная оценка пищевых продуктов может быть проведена только специалистами – дегустаторами.
  - ✓ объясни, почему эти люди должны пройти тест на определение нижнего абсолютного порога ощущения.
  - ✓ разработай тест для выявления обонятельной чувствительности при помощи уксуса.

Слуховой анализатор позволяет человеку воспринимать мир звуков, общаться со своими сородичами, развивать свои познавательные способности и интегрироваться в общество. Слуховой анализатор выполняет следующие основные функции:

- ✓ обнаружение и восприятие звуков;
- ✓ превращение звуков в нервные импульсы;
- ✓ проведение нервного импульса в головной мозг;
- ✓ хранение и анализ нервных импульсов в целях выработки ответной реакции.

Слуховой анализатор состоит из: *слухового рецептора* (внешнее, среднее и внутреннее ухо), *нервного пути* (слуховая ветвь VII черепномозгового нерва, ядра и волокна продолговатого мозга, Варолиева моста и таламуса), *слуховой зоны коры*.

### СЛУХОВОЙ РЕЦЕПТОР

Естественным стимулом слухового рецептора является звук, который представляет собой вибрацию молекул воздуха. Слуховой рецептор воспринимает музыкальные звуки и шумы, которые характеризуются определенной силой (децибелы – дБ) и частотой (герцы – Гц). Ухо подростка может воспринимать звуки частота которых колеблется между 16 Гц и 20 Гц. По мере старения верхний предел падает, и пожилые могут воспринимать звуки от 12 до

14 Гц. Совокупность звуков в данных пределах составляет звуковой ряд (*звуковое поле*).

Слуховой рецептор состоит из *наружного, среднего и внутреннего уха* (рис. 2.2).

■ **Наружное ухо** – парный орган воспринимающий и усиливающий энергию звуковых волн. Оно состоит из: *ушной раковины, наружного слухового прохода, барабанной перепонки*. Ушная раковина расположена в нижней боковой части головы. Неправильная форма ушной раковины позволяет ей воспринимать звуки из любого направления.

**Наружный слуховой проход** передает звуковые волны от ушной раковины к барабанной перепонке. Он действует как закрытая резонаторная трубка, усиливая силу звука от 3 до 5 дБ. Наружный слуховой проход снабжен волосками, а серные и сальные железы выделяют серный секрет. Волоски и ушная сера защищают среднее ухо от попадания пыли, насекомых и др.

**Барабанная перепонка** отделяет наружное ухо от среднего, и представляет собой эластичную пластинку толщиной 0,1 мм, которая способна вибрировать под воздействием звуковых волн и передавать вибрацию слуховым косточкам.

■ **Среднее ухо** состоит из *барабанной полости и системы слуховых косточек* (рис. 2.2). Оно передает звуковые колебания барабанной перепонки внутреннему уху и приспосабливает силу звука

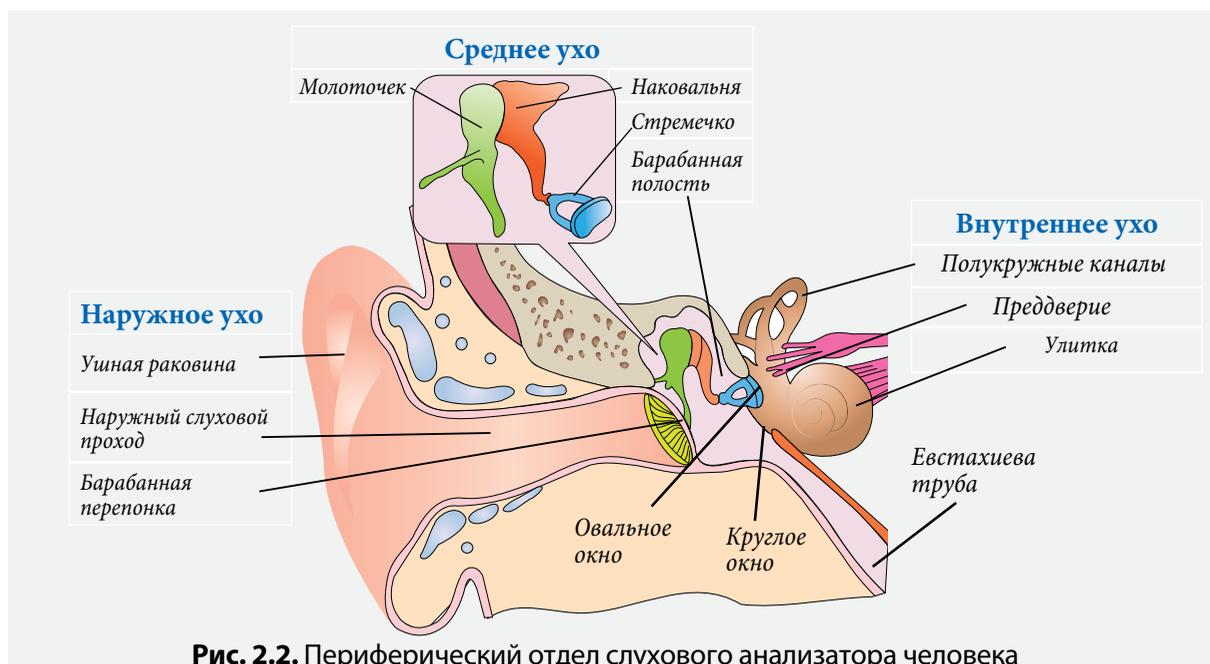


Рис. 2.2. Периферический отдел слухового анализатора человека

к его слуховым возможностям. Среднее ухо соединяется с глоткой через *Евстахиеву трубу*.

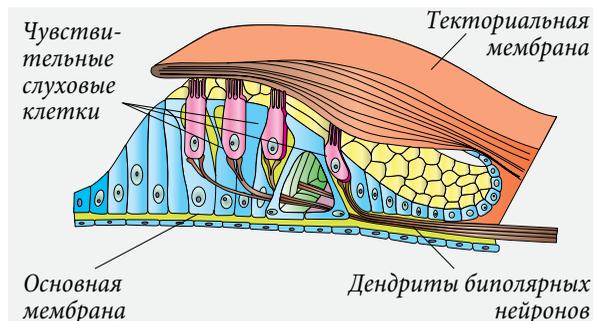
**Барабанная полость** – углубление в височной кости объемом около 1 см<sup>3</sup>, заполненная воздухом. В случае очень громких звуков, взрывов, давление воздуха внутри барабанной полости становится ниже давления окружающего воздуха. Барабанная перепонка прогибается в сторону наименьшего давления (во внутрь). В результате снижается слуховая чувствительность, появляется шум в ушах, может произойти разрыв перепонки. Функция регулирования давления в среднем ухе выполняется Евстахиевой трубой, которая путем открытия и закрытия глоточного отверстия пропускает воздух из глотки в барабанную полость. Открытие происходит во время глотания.

**Слуховые косточки** – *молоточек, наковальня, стремечко* – расположенные в барабанной полости, являются функциональными структурами среднего уха. Косточки подвижно соединены друг с другом и образуют цепь. Они прикреплены к стенкам полости сухожилиями, которые сохраняют их положение. Молоточек упирается в барабанную перепонку, за ним следует наковальня и стремечко, которое упирается основанием в овальное окно.

Система косточек принимает колебание барабанной перепонки, усиливает слабые звуки, обеспечивая, тем самым, их восприятие, и уменьшает интенсивность громких звуков, защищая внутреннее ухо.

■ **Внутреннее ухо** состоит из *костного и мембранного лабиринта*, с одинаковыми структурами: *полукружные каналы, преддверие и улитка*. Мембранный лабиринт находится внутри костного и отделен от него перилимфой, которая защищает его от механических и температурных факторов. Мембранный лабиринт заполнен жидкостью – *эндолимфой*.

Внутри костной улитки расположена *основная мембрана*, состоящая из около 50 000 акустических связок (микрорезонаторных волокон), рассчитанных на определенное количество



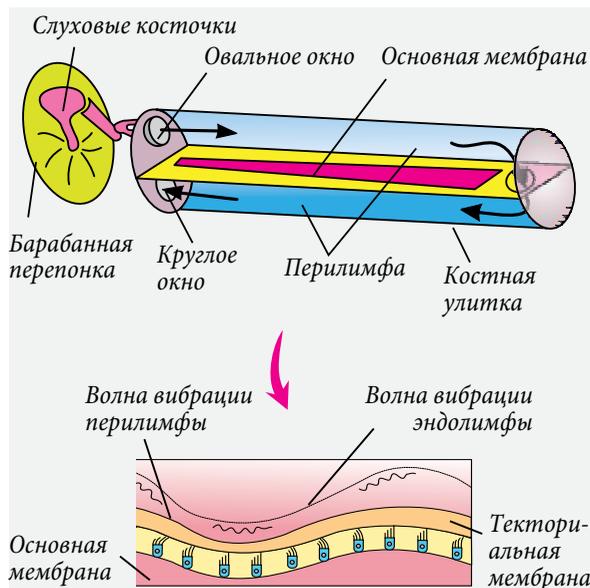
**Рис. 2.3.** Кортиев орган

колебаний. На основной мембране расположен *Кортиев орган*, (акустический рецептор), состоящий из *текториальной мембраны, чувствительных слуховых клеток и поддерживающих клеток*. Чувствительные слуховые клетки снабжены ресничками, которые контактируют с текториальной мембраной, а у основания образуют синапсы с дендритами чувствительных нейронов Кортиева узла (**рис. 2.3**).

Во внутреннем ухе происходит превращение механической энергии слуховых волн в физиологическую энергию – нервный импульс (**рис. 2.4**):

- ✓ мембрана овального окна начинает вибрировать под действием основания стремечка и давит на перилимфу, увеличивая ее давление;
- ✓ вибрация перилимфы вызывает вибрацию эндолимфы, которая заставляет вибрировать волокна основной мембраны;
- ✓ микрорезонаторные волокна поднимают чувствительные слуховые клетки, расположенные на основной мембране так, что их реснички соприкасаются с текториальной мембраной;
- ✓ в момент соприкосновения возникает деформация ресничек, деполяризация цитоплазматической мембраны и возникновение потенциала действия;
- ✓ потенциал действия передается дендритам биполярных нейронов.

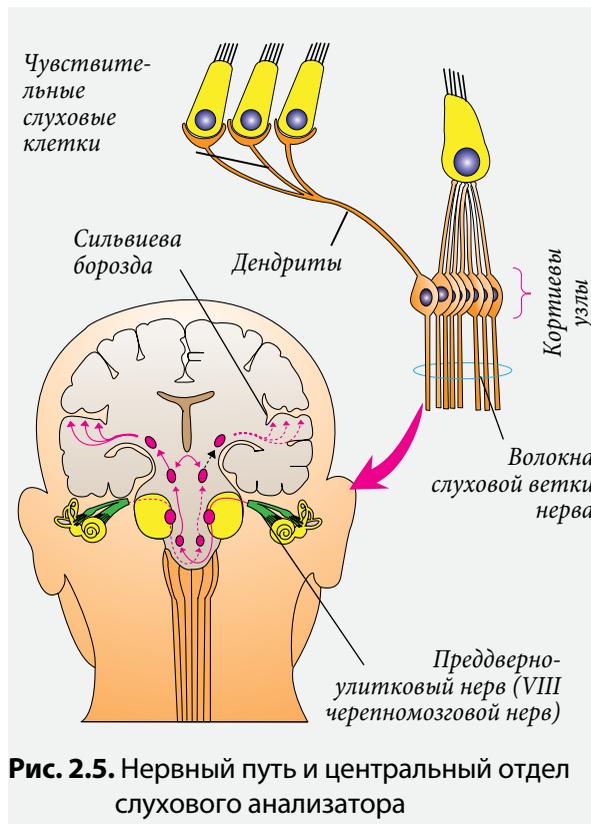
Низкочастотные волны вызывают вибрацию основной мембраны у овального и круглого окна, среднечастотные волны – в средней части, а высокочастотные волны активируют конечные участки основной мембраны.



**Рис. 2.4.** Распространение звуковых волн в среднем и внутреннем ухе

**НЕРВНЫЙ СЛУХОВОЙ ПУТЬ** проводит информацию от слухового рецептора к высшим нервным структурам. Он состоит из биполярных чувствительных нейронов, нейронов улитковых ядер и нейронов таламуса.

Биполярные нейроны получают информацию от чувствительных слуховых клеток Кортиевого органа и передают ее улитковым ядрам продолговатого мозга и Варолиевого моста. Дендриты этих нейронов образуют синапсы с основанием чувствительных клеток, их тела образуют Кортиев узел, а аксоны, объединяются в единый ствол, образуют слуховую ветвь преддверно-улитковой нерва. Волокна



**Рис. 2.5.** Нервный путь и центральный отдел слухового анализатора

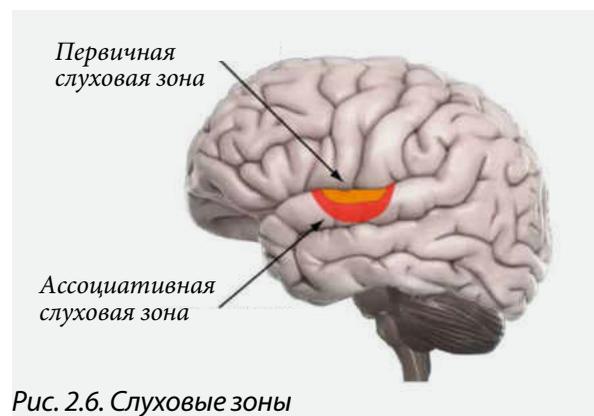
нерва перекрещиваются на уровне ствола мозга. Концевые розетки этих аксонов формируют синапсы с улитковыми узлами Варолиевого моста (рис. 2.5.).

Нейроны образующие улитковые ядра направляют аксоны в сторону среднего мозга и таламуса (рис. 2.5.).

**ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ОТДЕЛ СЛУХОВОГО АНАЛИЗАТОРА** включает первичные и ассоциативные слуховые зоны коры (рис. 2.6.).

Первичные слуховые зоны коры обрабатывают информацию, полученную от слухового рецептора, и превращают нервный импульс в слуховые ощущения. Они расположены симметрично в глубине Сильвиевой борозды в верхней части височной доли (Сильвиева борозда разделяет височную и лобную доли). Разрушение одной первичной слуховой зоны приводит к легкому снижению слуха, а разрушение двух зон – к корковой глухоте.

Ассоциативные слуховые зоны получают информацию от первичных слуховых зон и ассоциируют звуки с определенными частотами и с информацией, полученной из других зон коры, передают информацию в зоны, отвечающие за письменную и устную речь (зоны Вернике и Бока).



**Рис. 2.6.** Слуховые зоны

?

1. Дай определение понятию слуховой анализатор.
2. Представь в виде таблицы строение и функции составных частей слухового рецептора:
  - ✓ наружного уха;
  - ✓ среднего уха;
  - ✓ внутреннего уха.
3. Составь схему, которая бы показывала путь нервного импульса от чувствительных клеток внутреннего уха (левого и правого) до улитковых ядер.

4. Опиши защитные функции:
  - ✓ внешнего слухового канала;
  - ✓ среднего уха.
5. Назови компоненты слухового анализатора, функции которых будут нарушены в случае накопления ушной серы в наружном слуховом проходе. Объясни, почему у людей, у которых формируются ушные пробки наблюдается снижение слуха.

6. Улитковый имплантат представляет собой электронное устройство, выполняющее функцию внутреннего уха. Он воспринимает звуки из окружающей среды, кодирует их и передает в виде электрических импульсов непосредственно слуховому нерву. Опиши строение и функции части внутреннего уха, которое замещает данный имплантат.

# 11 ВЕСТИБУЛЯРНЫЙ АНАЛИЗАТОР ЧЕЛОВЕКА

Вестибулярный анализатор обеспечивает контроль и поддержание статического и динамического равновесия тела. Он поставляет информацию о движении и положении тела в пространстве и разрабатывает рефлексы, обеспечивающие сохранение равновесия.

Физиологическими стимулами вестибулярного аппарата являются движения головы или одновременно головы и тела.

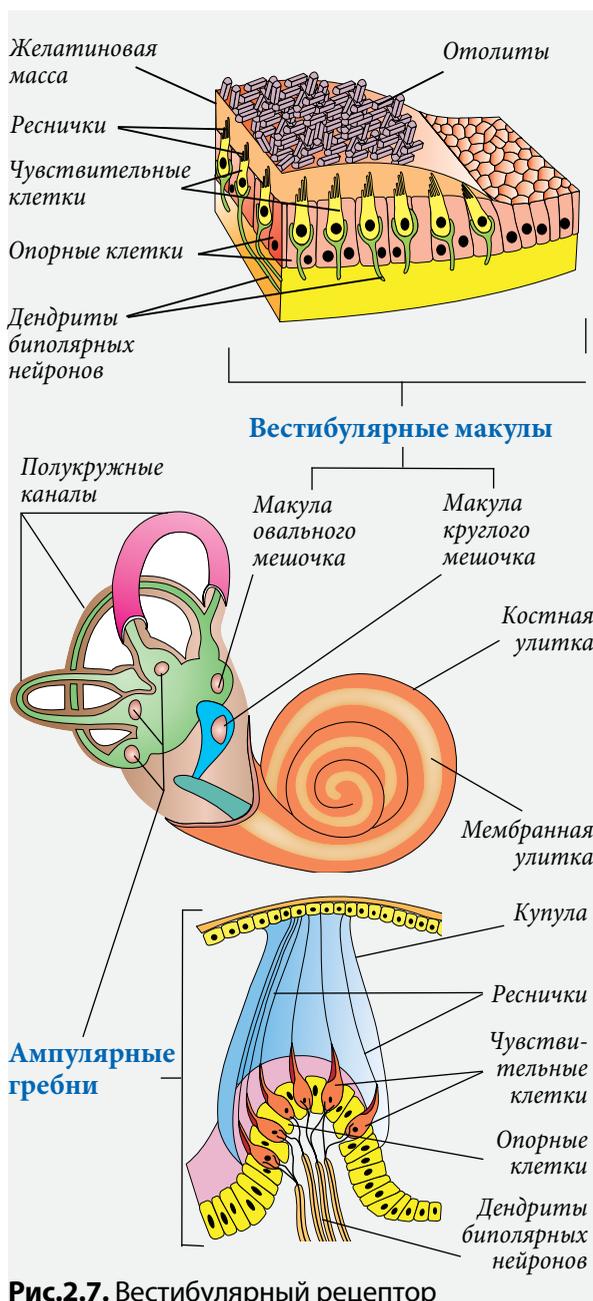


Рис.2.7. Вестибулярный рецептор

**Вестибулярный рецептор** расположен в полукружных каналах и преддверии мембранной улитки внутреннего уха (рис. 2.7). Он обеспечивает *сохранение равновесия* во время движения и в состоянии покоя, информируя нервную систему о *направлении движения* тела и о его *положении* в пространстве.

Функциональными единицами вестибулярного рецептора являются чувствительные клетки, снабженные одной длинной подвижной ресничкой и 80-100 неподвижными ресничками разной длины и толщины. Движения длинной реснички передается неподвижным ресничкам, которые сгибаются и вызывают деполаризацию мембраны чувствительной клетки.

■ **Полукружные мембранные каналы** открываются в овальном мешочке. В ампулах каналов эпителий образует выросты – *ампулярные гребни*. Каждый гребень состоит из опорных и чувствительных клеток (около 23 тыс.), которые погружены в купулу, содержание которой близко к эндолимфе (рис. 2.7).

Чувствительные клетки ампулярных гребней отвечают за восприятие вращательных движений головы и туловища. Движение головы вызывает движение купулы в обратную сторону, результате чего возбуждаются только реснички чувствительных клеток полукружного канала соответствующей плоскости. Так определяется плоскость и направление движения.

■ **Мембранное преддверие** состоит из двух мешочков: круглого и овального, сообщающихся между собой. Каждый мешочек имеет выступ – *макулы круглого и овального мешочка* (чувствительные пятна). Каждая макула состоит из опорных и чувствительных реснитчатых клеток (около 45-60 тыс.), покрытых желеобразной массой, содержащей известковые гранулы – *отолиты* (рис. 2.7).

В состоянии покоя при ровном положении головы отолиты макул воздействуют на волоски чувствительных клеток с одинаковой силой. При наклоне головы или тела, отолиты двигаются по инерции в обратную сторону. Горизонтальное движение тела вызывает возбуждение чувствительных клеток макул овального мешочка, а движение в вертикальной плоскости – клеток круглого мешочка.

**НЕРВНЫЙ ПУТЬ** вестибулярной чувствительности состоит из биполярных чувствительных нейронов, нейронов ядер продолговатого мозга и нейронов таламуса.

Дендриты биполярных нейронов соединяются с вестибулярными чувствительными клетками, а их тела образуют *узел Скарпа*. Аксоны биполярных нейронов (около 20 000 волокон) образуют вестибулярную ветвь преддверно-улиткового нерва (VIII). Большинство окончаний этих аксонов образуют синапсы с нейронами вестибулярных ядер в верхней части продолговатого мозга и Варолиева моста. Часть образует прямые синапсы с нейронами мозжечка.

Аксоны вестибулярных нейронов отходят в сторону:

- ✓ мозжечка, который интегрирует сенсорную информацию от различных систем, и координирует движения головы и туловища;
- ✓ глазодвигательных ядер III, IV и VI черепномозговых нервов, которые контролируют движения глазного яблока в обратном направлении по отношению к движению головы;
- ✓ спинного мозга, к двигательным нейронам, иннервирующих мышцы – разгибатели туловища и шеи;
- ✓ гипоталамуса (волокна, вовлеченные в появлении болезни движения) и др.

Нейроны вестибулярных путей, расположенные в таламусе, направляют свои аксоны в кору головного мозга.

**ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ОТДЕЛ ВЕСТИБУЛЯРНОГО АНАЛИЗАТОРА** расположен в нескольких чувствительных зонах коры. Электрическая стимуляция зоны, расположенной вблизи от двигательных участков и межтеменной бо-

розды вызывает ощущение головокружения, формируя предупреждение о положении тела в пространстве. В процесс ориентации в пространстве и восприятия движения также вовлечены теменные и височные зоны коры.

Информация, полученная от вестибулярных рецепторов, зрительного рецептора и проприорецепторов костей и суставов подвергается интеграции, анализу и сравнению. Сформированные ответные реакции передаются эффекторным органам: мышцам затылка, глаз, туловища и конечностей, которые должны действовать в целях сохранения равновесия.

Вестибулярные импульсы и вестибулярные ядра лежат в основе вестибуло-медулярных и вестибуло-зрительных рефлексов.

■ **Вестибуло-медулярные рефлекс** делятся на статические и статокинетические.

Статические рефлекс обеспечивают сохранение позиции и равновесия тела на подсознательном уровне. Особую роль в проявлении данных рефлексов играет положение головы, вестибулярные и зрительные рецепторы которой передают необходимую информацию для дальнейшей обработки.

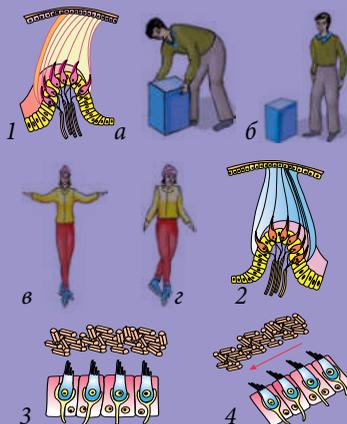
Статокинетические рефлекс проявляются в результате возбуждения вестибулярного рецептора при движениях головы.

■ К **вестибуло-зрительным рефлексам** относится рефлекс движения глаз в сторону, обратную движению головы. При наклоне головы происходит изменение положения глаз, которое приводит к потере изображения. Для поддержания постоянного изображения происходит автоматическое движение глазных яблок в противоположную сторону. Так сохраняется изображение на сетчатке.

?

1. Назови функцию вестибулярного анализатора.
2. Представь в виде схемы структуру и функции компонентов вестибулярного рецептора:
  - ✓ Вестибулярных макул.
  - ✓ Ампулярных гребней.
3. Разработай схему, которая отражала бы путь проиденный нервным импульсом от чувствительных клеток макул и гребней до вестибулярных ядер.
4. Изобрази схематично строение чувствительной клетки макулы и ампулы. Составь легенду схемы.

5. Найди корреляции между представленными ниже рисунками. Аргументируй ответ.



6. Объясни, почему слуховой и вестибулярный анализаторы объединяются общим названием «вестибуло-слуховой» или «статоакустический» анализатор.
7. В результате черепномозговой травмы у пациента были повреждены нисходящие от вестибулярных ядер нервные пути. Оцени нарушения, которые будут наблюдаться у пациента.

## I. СРЕДНИЙ ОТИТ

Средний отит – заболевание, которое проявляется снижением слуха (ощущение заложенности уха). Вызвано накоплением жидкости в среднем ухе из-за блокирования отверстия между средним ухом и глоткой.

Средний отит бывает двух видов:

- ✓ Острый – вызванный развитием бактерий и вирусов в жидкости, накопленной в среднем ухе. Пациент испытывает боль (иногда очень сильную), может повыситься температура тела.
- ✓ Экссудативный – накопление жидкости в отсутствии инфекции. Пациент не чувствует признаков заболевания, но присутствует ощущение заложенности уха и снижение остроты слуха.



1. Назови отдел слухового анализатора, который поражается при среднем отите.
2. Опиши структурные компоненты данного отдела и их функции, которые нарушаются в случае отита.
3. Объясни, почему снижается острота слуха при среднем отите.
4. Предложи меры профилактики среднего отита.

## II. «БОЛЕЗНЬ ДВИЖЕНИЯ»

«Болезнь движения» (морская болезнь, укачивание) представляет собой нарушение вызванное несоответствием между восприятием движения вестибулярным и зрительным рецепторами. Во время езды на машине вестибулярный анализатор будет передавать информацию о движении в центральную нервную систему. В то же время, если смотреть в пол, читать или разговаривать с попутчиком, глаза будут передавать информацию об отсутствии движения. Такое несоответствие может вызвать потерю сознания, побледнение, головные боли, тошноту и др. Чтобы избежать морской болезни нужно смотреть в окно.



1. Назови отдел вестибулярного анализатора, который воспринимает движения тела в горизонтальной и вертикальной плоскости.
2. Опиши изменения, которые происходят в рецепторе вестибулярного анализатора во время езды на машине.
3. Объясни роль глаз в сохранении равновесия тела.
4. Опиши информацию, которую передают в центральную нервную систему вестибулярный и зрительный анализаторы во время езды на машине, когда человек смотрит в окно.
5. Докажи, что «болезнь движения» не является нарушением работы вестибулярного анализатора.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСТРОТЫ СЛУХА

■ **Материалы и оборудование:** Часы, метровая лента, вата.

■ **Ход работы:**

1. Испытуемый закрывает левый внешний слуховой проход ватой.
2. Размести часы за спиной испытуемого.
3. Передвигай постепенно часы назад. При каждом передвижении спрашивай, насколько хорошо испытуемый слышит звук (для оценки остроты слуха используй произвольную шкалу, например, 10-ти бальную).
4. Запиши в таблицу расстояние и оценку остроты слуха.
5. Повтори в точности все действия для правого уха.
6. Определи остроту слуха других учеников, членов семьи разного возраста.

■ **Оформление результатов**

1. Изобрази в виде графика зависимость между расстоянием от источника слуха и остроты восприятия для левого и правого уха.

## КОЖНЫЕ РЕЦЕПТОРЫ

Кожа является внешней оболочкой человеческого тела, самым большим органом, весом около 5 кг и площадью – 1,75 м<sup>2</sup>. В коже находится огромное количество осязательных рецепторов, а также рецепторов вибрации, давления, термической чувствительности и боли. Они образуют периферический отдел кожного анализатора.

■ **Тактильная чувствительность**, восприятие вибрации и давления обеспечивается механорецепторами, естественным стимулом для которых является механические факторы, которые деформируют кожу. Эти факторы могут провоцировать:

- легкую деформацию – ощущение прикосновения (осязание);
- интенсивную деформацию – ощущение надавливания (давление);
- быстро повторяющиеся колебательные движения (частота >10-20 циклов/с) – ощущение вибрации.

Кожные рецепторы для тактильной чувствительности, вибрации и давления бывают:

✓ неинкапсулированные рецепторы: *свободные нервные окончания* и *рецепторы-придатки волос* (рис. 2.8);

✓ инкапсулированные рецепторы: *тельца Мейснера*, *диски Меркеля*, *тельца Ватер-Пачини*, в которых нервное окончание окружены различными структурами (рис. 2.8).

**Свободные нервные окончания** представляют собой немиелинизированные или слабо

миелинизированные волокна, которые присутствуют на всей поверхности кожи. Они могут воспринимать прикосновение и давление (рис. 2.8).

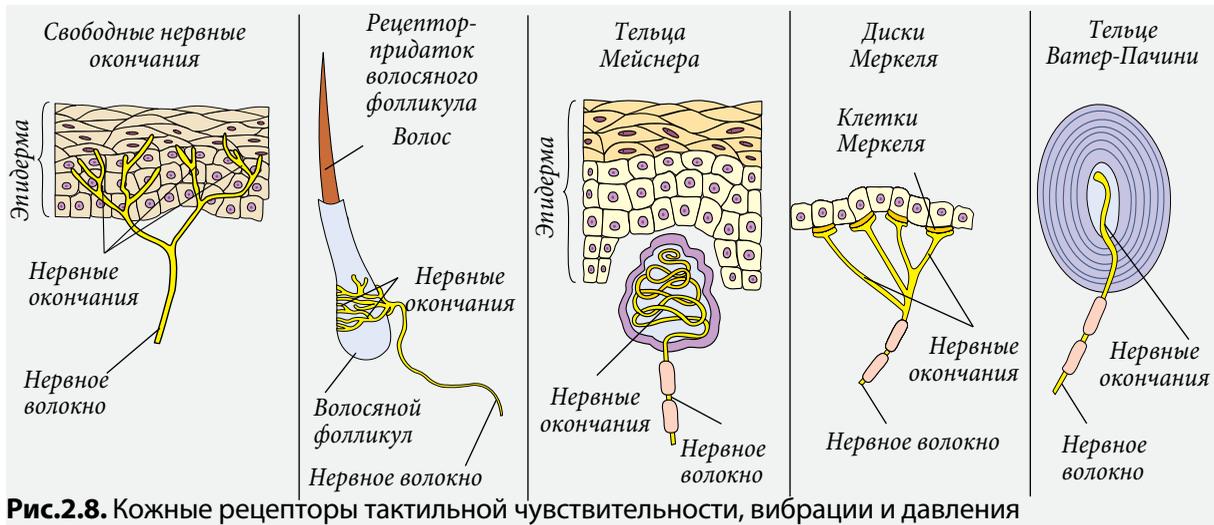
**Рецепторы-придатки волосяных фолликулов** (нервные волокна) воспринимают контакт с объектом и движение предметов на поверхности кожи. Движение волос вызывает потенциал действия в нервном волокне (рис. 2.8).

**Тельца Мейснера** расположены в дерме, в большом количестве наблюдаются на ладонях, ступнях и губах; реже – на туловище. Воспринимают легкие прикосновения и низкочастотные колебания и позволяют различить пространственные параметры предметов и уточнить его свойства при ощупывании (рис. 2.8).

Тельце Мейснера представляет собой капсулу из пластинок и соединительных клеток, между которыми проникают окончания нервных волокон (рис. 2.8).

**Диски Меркеля**, расположенные в эпидерме, воспринимают сильное прикосновение, адаптируются медленно и только частично. Они состоят из клеток, цитоплазма которых содержит пузырьки с нейромедиатором. В результате механической деформации диски Меркеля выделяют нейромедиатор, который вызывает возбуждение ближайших нервных окончаний и появление потенциала действия (рис. 2.8).

**Тельца Ватер-Пачини** находятся в большом количестве в гиподерме ладоней и ступней. Стимулом для них является вибрация и движение кожи по неровной поверхности.



Тельца Ватер-Пачини имеют вид капсулы из 20-60 концентрических соединительных пластинок (наподобие луковицы), внутри которой находится нервное окончание. Механический стимул, действуя на капсулу, деформирует пластинки, и деформация передается нервному окончанию. В нервном волокне возникает потенциал действия – информация передается в центральную нервную систему (рис. 2.8)

Свободные нервные окончания, диски Меркеля, тельца Мейснера и Ватер-Пачини характерны для гладкой кожи.

Тактильная чувствительность кожных покровов, покрытых волосами, обеспечивается рецепторами-придатками волосяного фолликула, дисками Меркеля и тельцами Ватер-Пачини.

■ **Термическая чувствительность** обеспечивается терморепцепторами, которые определяют относительную разницу температур предметов. Они обеспечивают образование ступенчатых термических ощущений: замерзание, холод, прохлада, комфорт, тепло, очень тепло, жарко. Бывают терморепцепторы тепла и холода, которые отвечают на безопасные термические стимулы и рецепторы боли, которые воспринимают экстремальные температурные значения.

Количество терморепцепторов зависит от зоны кожи:

- на губах – 15-20 рецепторов холода на см<sup>2</sup>;
- на пальцах – 3-5 рецепторов холода на см<sup>2</sup>;
- туловище – 1 рецептор холода на см<sup>2</sup>.

Рецепторов холода в 3-10 раз больше, чем рецепторов тепла.

Рецепторы тепла воспринимают температурные колебания выше температуры кожи.

**Тельца Руффини** расположены в глубоких слоях кожи. Они вырабатывают нервные импульсы при действии температур свыше 30°C. Тельце Руффини это цилиндрическая или веретенообразная капсула из 4-5 концентри-

ческих пластин и многочисленных нервных окончаний одного нервного волокна (рис. 2.9).

**Колбочки Краузе** – это рецепторы холода, расположенные в дерме, представляющие собой тонкие миелиновые волокна, которые воспринимают температуру 15-35°C (рис. 2.8).

■ **Болевая чувствительность** возникает под действием разрушительных физических, химических и биологических стимулов. Боль является сигналом тревоги для организма и говорит о необходимости удаления раздражителей, которые ее вызвали.

Болевыми рецепторами являются свободные нервные окончания миелиновых или немиелиновых нервных волокон. Особенно плотно они представлены в коже. В зависимости от энергии действующих вредных стимулов болевые рецепторы – ноцицепторы- делятся на: механические, термические, химические и полимодальные (отвечающие на механические, химические и термические стимулы одновременно).

Боль бывает двух типов: быстрая и медленная.

**Быстрая боль** чувствуется через 0,1 с после действия стимула и ощущается как укол. Она вызывается в основном механическими или термическими факторами которые передаются

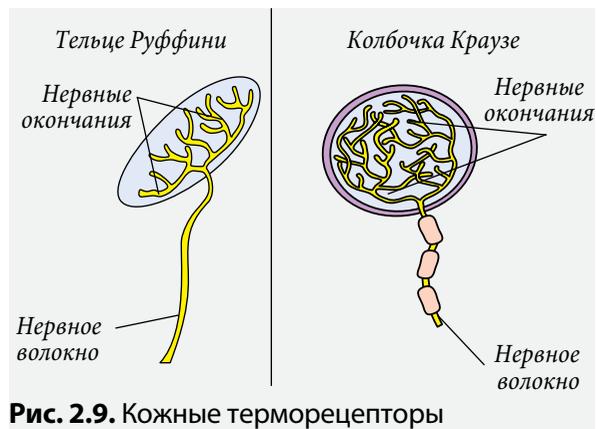
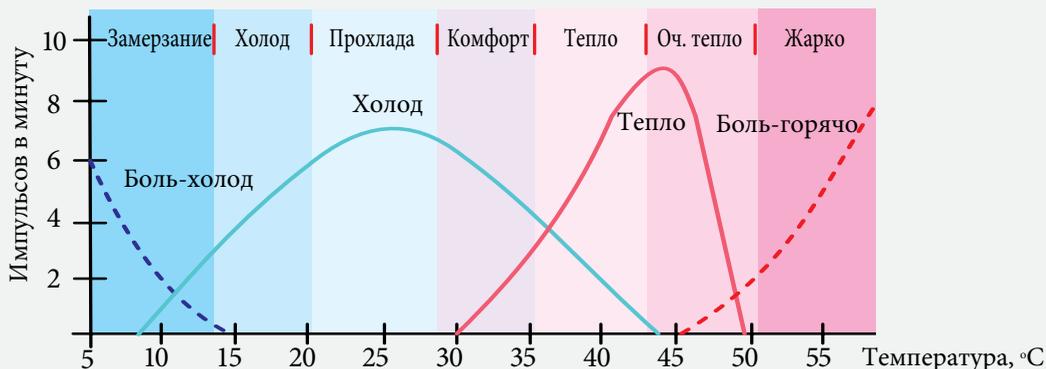


Рис. 2.9. Кожные терморепцепторы

### СТИМУЛЯЦИЯ ТЕРМОРЕЦЕПТОРОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ

ИССЛЕДОВАНИЕ

Изучи график и определи значение температур, которые стимулируют терморепцепторы: боли-холода, холода, тепла, боли-горячего. Заполни таблицу.



по нервным волокнам со скоростью 6-30 м/с. Быстрая боль вызывает рефлексы сгибания, повышения артериального давления.

**Медленная боль** появляется через 1 с после действия стимула, медленно усиливается, ощущается как глухая боль или ожог. Она возникает в результате действия механических, термических и химических стимулов, которые передаются по нервным волокнам со скоростью 0,5–2 м/с.

Медленная боль сопровождается тошнотой, обильным потоотделением, снижением артериального давления и общим снижением мышечного тонуса.

**Проводящий путь** кожного анализатора (средний отдел) состоит из трех сегментов:

- нейроны заднего корешка спинного нерва (термические, болевые или тактильные волокна), аксоны которого направляются в задний рог спинного мозга (рис. 2.10);
- нейроны заднего рога спинного мозга, аксоны которых проходят в боковые тяжи спинного мозга и образуют пучки, направленные в таламус (рис. 2.9).
- нейроны таламуса, аксоны которых передают информацию в кору (рис. 2.10)

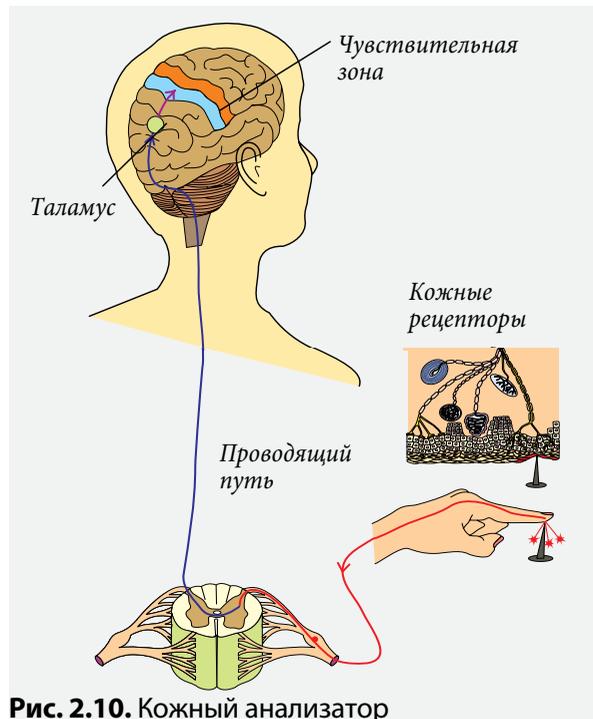


Рис. 2.10. Кожный анализатор

**ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ОТДЕЛ** представлен чувствительным кортексом (рис. 2.10). Каждая часть тела имеет определенную проекцию на коре больших полушарий.

## ИЗУЧЕНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ

### ■ Необходимые материалы:

- ✓ Сосуды с водой.
- ✓ Термометр.
- ✓ Прибор для нагревания воды.
- ✓ Вата.

### ■ Ход работы:

1. Приготовь два сосуда с водой (температура 40°C). Помести один палец левой руки в один сосуд и всю правую кисть – во второй. Отметь, где вода кажется холодней.
2. Подготовь три сосуда с водой (температура 45, 30, 15°C). Опусти на 5 мин. левую руку в сосуд с водой 15°C и правую руку в сосуд с водой 45°C. После этого опусти обе руки в сосуд с водой 30°C. Отметь, какая рука ощущает тепло.

### ■ Оформление результатов

Представь в форме текста или таблицы термические ощущения в зависимости от температуры воды в которой находилась рука.



1. Дай определение понятиям:
  - ✓ тактильный рецептор
  - ✓ термический рецептор
  - ✓ болевой рецептор
2. Назови стимулы рецепторов – придатков волос, свободных и инкапсулированных нервных окончаний кожи человека.
3. Назови структуры, обеспечивающие осязание у человека.

4. Представь в таблице или диаграмме информацию о классификации кожных рецепторов в зависимости от:
  - ✓ локализации: эпидерма / дерма / гиподерма;
  - ✓ энергии стимула: терморецепторы / механорецепторы;
  - ✓ строения: свободные / инкапсулированные / нервные окончания.

5. Алфавит Брайля предназначен для незрячих и состоит из букв в виде рельефных точек. Назови рецепторы, позволяющие «читать» по Брайлю, и объясни, почему легче читать при помощи большого и указательного пальца.

Хеморецепторы человека обеспечивают образование вкусовых и обонятельных ощущений. Они способствуют пищеварению, вызывая выделение слюны и пищеварительных соков. Ощущения вкуса и обоняния возникают вследствие прямого контакта молекул химических веществ с вкусовыми и обонятельными рецепторами. Эти чувства позволяют оценить качество пищевых продуктов и выполняют защитную роль по отношению к пищевым токсинам и загрязненному воздуху, нефтепродуктам, смогу и др. Нарушения деятельности хемоанализаторов, возникающие у пожилых людей, вызывают осложнения в выборе пищи, ведут к недоеданию, потере веса и др.

### ВКУСОВОЙ АНАЛИЗАТОР

#### ■ Анатомия вкусового анализатора.

Вкусовой анализатор состоит из *вкусовых рецепторов, нервного пути и центрального отдела.*

*Рецепторы* вкусового анализатора представлены вкусовыми почками, которые находятся во вкусовых луковицах на слизистой языка (*рис. 2.11*). Вкусовая почка состоит из 50–150 вкусовых клеток и опорных клеток.

Чувствительная вкусовая клетка имеет удлиненную форму. На одном конце располагаются микроворсинки с рецепторами, а другой конец образует синапсы с чувствительными нейронами. Продолжительность жизни вкусовых клеток составляет от 10 до 14 дней. Молодые вкусовые клетки образуются из опорных клеток.

*Нервный путь* образован дендритами чувствительных нейронов, которые образуют синапсы с чувствительными вкусовыми клетками. Тела этих нейронов находятся в нервных узлах черепномозговых нервов (*рис. 2.12*).

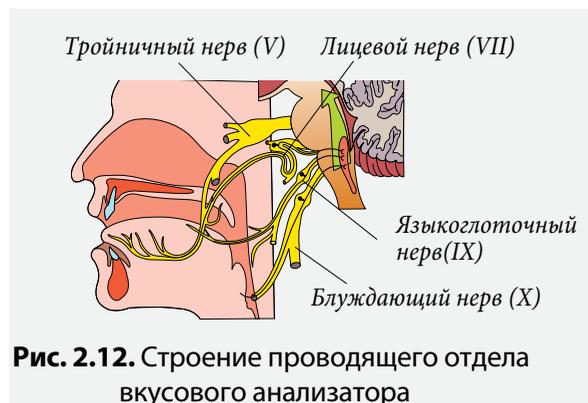
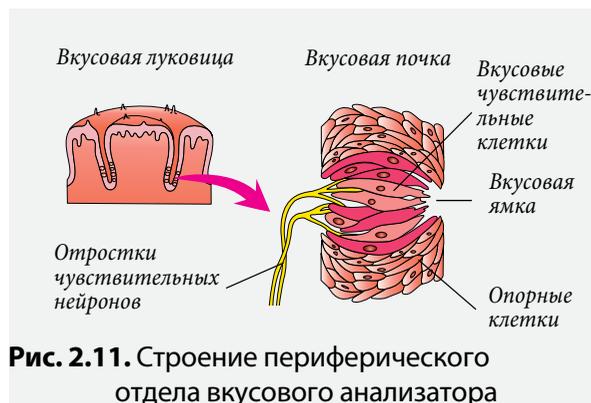
*Центральный отдел* представлен аксонами чувствительных нейронов и вставочными нейронами продолговатого мозга. Последние передают импульсы нейронам соматочувствительных зон коры и нейронам таламуса.

#### ■ Физиология вкусового анализатора.

Растворенные химические вещества в результате диффузии достигают микроворсинок вкусовых клеток. Каждая клетка может «узнавать» только определенный тип веществ. Вся гамма вкусовых ощущений человека сводится к 4 основным вкусам: кислый, горький, сладкий и соленый.

Каждая вкусовая луковица содержит только один вид вкусовых почек. На языке находятся 4 вкусовые зоны: горького вкуса (у основания языка), кислого вкуса (на задних боковых участках языка), соленого вкуса (на передних боковых участках языка) и сладкого вкуса (на кончике языка). Центральная часть языка и ее нижняя поверхность не имеет вкусовых зон.

Взаимодействие химических веществ ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{H}^+$ , глюкозы, горьких веществ) с рецепторами микроворсинок вкусовых клеток ведет к деполяризации клеточной мембраны и появлению потенциала действия. Мембрана становится проницаемой для ионов  $\text{Ca}^{2+}$ , которые вызывают экзоцитоз химических медиаторов. Медиаторы передают электрохимический потенциал чувствительным нейронам и возникает нервный импульс, который в соматочувствительной зоне коры превращается во вкусовые ощущения. В таламусе возникают ощущения «эмоционального» вкуса, которые определяют поведение человека (удовольствие, отвращение, секрецию пищеварительных соков, ностальгию и др.).



**ОБОНЯТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗАТОР** состоит из обонятельного рецептора, нервного пути и центрального отдела.

**Обонятельный рецептор** представлен обонятельным эпителием носовой полости.

**Носовая полость** считается дополнительной структурой обонятельного анализатора. Она выстлана слизистой оболочкой, состоящей из носового и обонятельного эпителия.

Обонятельный эпителий имеет небольшую поверхность и незначительное количество кровеносных сосудов, без секреторных желез. Взаимодействие обонятельного эпителия и вдыхаемого воздуха происходит благодаря тому что носовая полость ориентирована вниз (*особенность человека*).

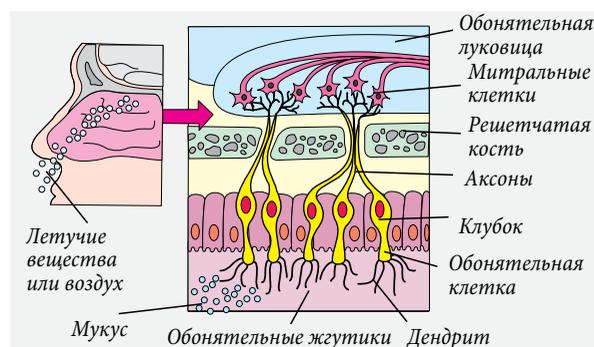
Функциональной единицей обонятельного эпителия является чувствительная обонятельная клетка – биполярный чувствительный нейрон с одним дендритом, который выходит за пределы опорных клеток, и направлен во внутреннюю часть носовой полости. На каждом дендрите 8–20 обонятельных жгутиков, которые плавают в слое слизи, вырабатываемом опорными клетками носового эпителия. Обонятельные жгутики содержат белковые рецепторы летучих веществ (*рис. 2.13*).

**Нервный путь.** От базальных полюсов обонятельных нейронов отходят короткие аксоны, собранные в пучки по 10-100 и составляющие

**обонятельный нерв.** Проходя через решетчатую кость, они образуют синапсы с дендритами митральных клеток (вторичные нейроны) и вставочными нейронами. Каждая митральная клетка формирует около 1000 синапсов с обонятельными нейронами и передает информацию чувствительным зонам коры по обонятельному пути. Дендриты митральных клеток и вставочные нейроны образуют клубочки.

Аксоны митральных клеток направлены в сторону чувствительных зон коры, образуя обонятельный путь.

**Центральный отдел** состоит из передних и задних обонятельных луковиц, вторичного коркового лимба и гиппокампа. Здесь нервные импульсы превращаются в обонятельные ощущения.



**Рис. 2.13.** Строение обонятельного эпителия

## ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ ВКУСОВЫХ И ОБОНЯТЕЛЬНЫХ ОЩУЩЕНИЙ

### ■ Необходимые материалы:

- ✓ Разные продукты для дегустации, в том числе яблоко и сырой картофель.
- ✓ Повязка для глаз.
- ✓ Вата.

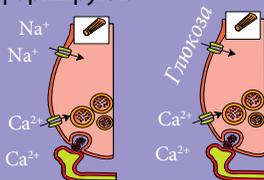
### ■ Ход работы:

1. Формируют две команды по 2–4 ученика – команда А и команда Б.
2. Назначают одного или двух ассистентов для каждой команды.
3. Ученики одной команды закрывают ноздри ватой.
4. Участникам обеих команд завязывают глаза.
5. Каждый участвующий в эксперименте ученик пробует предложенные ассистентом продукты и называет их.

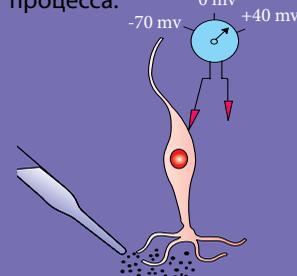


1. Дай определение понятиям:
  - ✓ вкусовой анализатор;
  - ✓ обонятельный анализатор.
2. Объясни роль хеморецепции (вкусовой и обонятельной рецепции).
3. Изобрази в виде схемы этапы образования:
  - ✓ обонятельных ощущений;
  - ✓ вкусовых ощущений.

4. Опиши работу изображенных чувствительных вкусовых клеток. Подчеркни их локализацию на языке и ощущение, которое они формируют.



5. Объясни механизм представленного на рисунке процесса.



# § 14 ЗРИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗАТОР ЧЕЛОВЕКА

Фоторецептор человека – глаз, это орган, воспринимающий световые волны.

Функционально глаз состоит из *рецепторного аппарата* – фоторецепторов сетчатки и *оптической системы*, которая создает на сетчатке уменьшенное и перевернутое изображение.

С анатомической точки зрения глаз состоит из *глазного яблока* и его *придатков*.

**ГЛАЗНОЕ ЯБЛОКО** обладает стенкой из трех оболочек (*внешняя, средняя и внутренняя*) и глазной полостью, в которой находятся преломляющие среды глаза (*рис. 2.14*).

■ **Внешняя оболочка** включает *роговицу* и *склеру*. *Роговица* прозрачная, лишенная кровеносных сосудов, иннервирована большим количеством немиелиновых волокон.

*Склера* у детей отдаёт голубизной, у взрослых – жемчужная, а у пожилых людей – светло-желтая. Защищает остальные части глаза от механических факторов и сохраняет его форму.

Через перфорированный участок в задней части склеры – *решетчатую пластинку*, проходят зрительный нерв и кровеносные сосуды.

■ **Средняя оболочка** состоит из *радужки*, *сосудистой оболочки* и *ресничного тела*.

*Радужка* находится в передней части средней оболочки, имеет форму диска, в центре которого находится отверстие – *зрачок*. Радужка содержит пигмент, определяющий цвет глаз. Состоит из кольцевых и радиальных мышц, при сокращении которых меняется диаметр зрачка.

*Сосудистая оболочка* – это оболочка, пронизанная множеством кровеносных со-

судов, выполняющая питательную функцию. Сосудистая оболочка выстилает склеру и благодаря пигментным клеткам, которые есть в ней, образует темную камеру.

*Ресничное тело* состоит из соединительной и мышечной ткани, расположено между сосудистой оболочкой и радужкой и включает ресничную мышцу и ресничные связки.

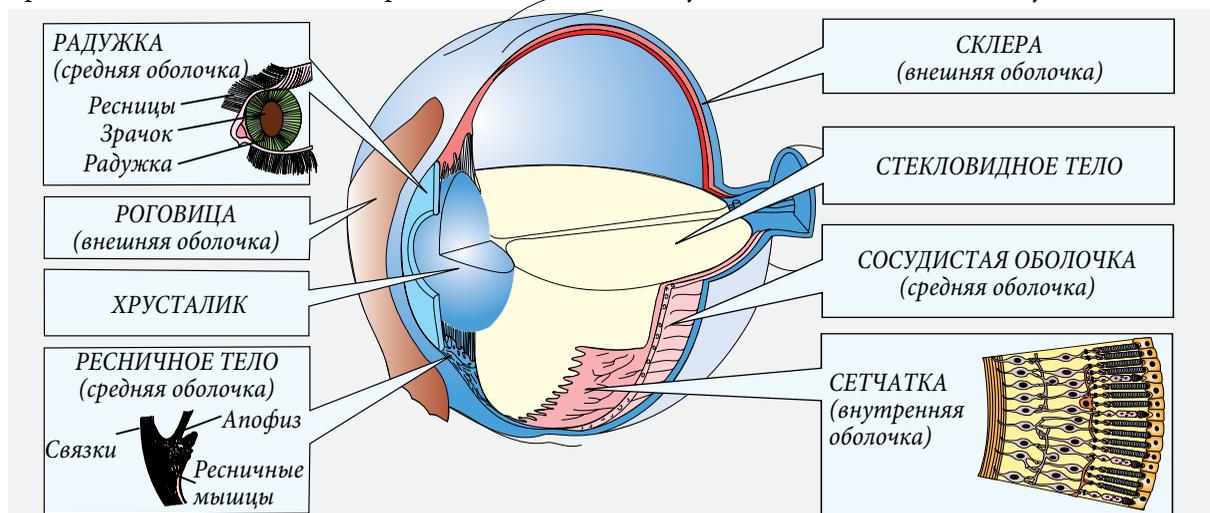
*Ресничная мышца* состоит из кольцевых и радиальных гладких мышечных волокон, которые участвуют в зрительной аккомодации на расстояние.

*Ресничные связки* состоят из эластичной соединительной ткани и покрыты эпителием, в котором находится множество кровеносных сосудов.

■ **Внутренняя оболочка** (нервная) называется сетчаткой – функциональный отдел глаза, состоит из *пигментного слоя* и *чувствительной сетчатки*.

*Пигментный слой* сетчатки представлен пигментными клетками, содержащими меланин. Они образуют амёбовидные отростки, проникающие между клетками внутреннего слоя сетчатки и формируют темные камеры. Эти клетки поглощают избыток света.

*Чувствительная сетчатка* состоит из светочувствительных клеток с *колбочками* (около 6-7 млн.) и *палочками* (около 125-130 млн.). *Центральная часть сетчатки* (*желтое пятно*) диаметром 3 мм содержит только колбочки и формирует самое четкое изображение. По мере удаления от желтого пятна количество колбочек уменьшается, а палочек – увеличивается.



**Рис.2.14.** Строение глазного яблока

Этот участок сетчатки образует менее четкое изображение (то, что видно краем глаза). На дне глаза под углом 15° в височной зоне находится *слепое пятно*, лишенное чувствительных клеток, через которое проходят зрительный нерв и кровеносные сосуды.

■ **Преломляющие среды** включают *роговицу, хрусталик, водянистую влагу и стекловидное тело*.

**Роговица** – составная часть внешней оболочки с неизменными оптическими свойствами.

**Хрусталик** является главной линзой глаза. Благодаря двояковыпуклой форме образует перевернутое изображение на сетчатке. Представляет собой прозрачную эластичную капсулу, заполненную раствором белков. Ресничные мышцы и связки удерживают хрусталик в экваториальной плоскости глаза и меняют его выпуклость при сокращении и расслаблении. Это позволяет видеть отдаленные и близкие предметы. С возрастом он становится жестче из-за денатурации белков.

**Водянистая влага** заполняет переднюю и заднюю камеры глазного яблока. Выполняет обменные функции и создает давление в глазном яблоке, увеличение которого наблюдается у больных глаукомой.

**Стекловидное тело** – прозрачное вещество, поддерживающее форму глаза, выполняет питательную функцию.

**Придатки** глазного яблока обеспечивают его движение (*мышцы глазного яблока*) и его защиту (*брови, веки, ресницы, слезный аппарат*) (рис. 2.15).

■ **Мышцы глазного яблока** (две косые и четыре прямые) двигают глазное яблоко в разные направления.

■ **Брови** – выступающие образования, препятствуют проникновению пота в глаза.

■ **Веки** – мышечно-волоконистые образования, покрытые кожей, защищающие роговицу. Модифицированные сальные, потовые и ресничные железы, открываются на свободном

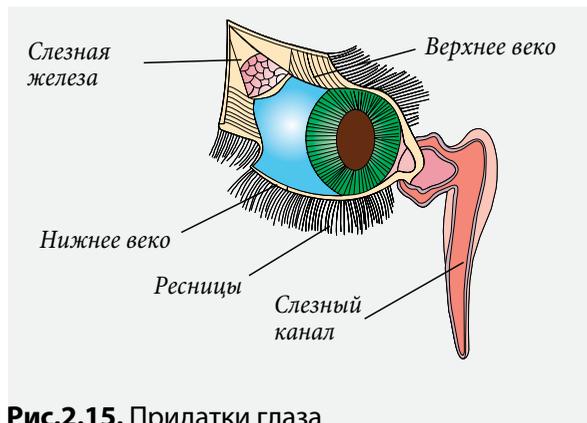


Рис. 2.15. Придатки глаза

крае век. Слезный аппарат состоит из слезных желез и слезных протоков.

## ФИЗИОЛОГИЯ ЗРИТЕЛЬНОГО РЕЦЕПТОРА

### ■ Образование изображения на сетчатке.

Специфическим стимулом глаза является свет. Световые волны проходят через преломляющие среды (роговицу, хрусталик, стекловидное тело) и достигают сетчатки.

Под действием света в сетчатке происходят следующие явления:

- пигментные клетки образуют псевдоподии, в сторону фоторецепторных клеток. Родопсин палочек и йодопсин колбочек расщепляются. Благодаря этим химическим реакциям на сетчатке формируется уменьшенное и перевернутое изображение (рис. 2.16).

- в светочувствительных клетках возникает потенциал действия, который по волокнам зрительного нерва поступает в центральный

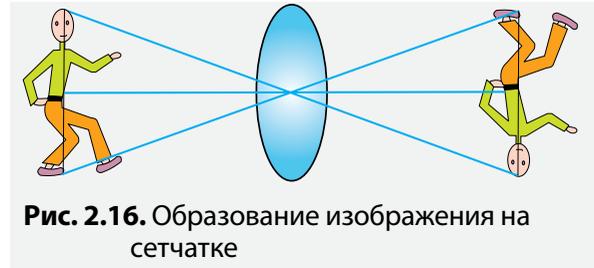


Рис. 2.16. Образование изображения на сетчатке

отдел зрительного анализатора, расположенный в затылочной доле коры, где нервный импульс превращается в зрительные ощущения.

Изменения, возникшие под действием света, сохраняются в течение 1/30 с после удаления стимула. Это объясняется тем, что химические реакции в сетчатке не прекращаются внезапно, а только через некоторое время. Также необходимо время и на восстановление разложившихся пигментов светочувствительных клеток. Благодаря этому явлению, если включить и выключить лампочку через 1/30 с, то создается впечатление, что свет не гаснет.

Явление стойкости изображения лежит в основе кинематографа. Иллюзия движения создается путем просмотра множества изображений за короткое время.

■ **Зрительная аккомодация к расстоянию** представляет собой изменение кривизны хрусталика в соответствии с расстоянием до рассматриваемого предмета, для получения четкого изображения на сетчатке (рис. 2.17).

В состоянии покоя хрусталик сплюснен и удерживается в напряжении ресничными связками. В таком состоянии глаз приспособлен к визуализации отдаленных предметов (более 6 м). Когда взгляд направлен на близкий предмет,

ресничные мышцы сокращаются и расслабляют связки. В результате расслабляется хрусталик и увеличивается его кривизна. Кривизна хрусталика тем больше, чем меньше расстояние до рассматриваемого предмета, но это расстояние ограничено (25 см). Максимальное расстояние аккомодации – 65 м, а минимальное – 12–15 см.

Способность к зрительной аккомодации уменьшается с возрастом из-за уменьшения эластичности хрусталика, который в 65–70 лет становится абсолютно жестким. Минимальное расстояние аккомодации в возрасте 40–50 лет составляет 25–40 см, а к 65–70 годам способность к аккомодации исчезает.

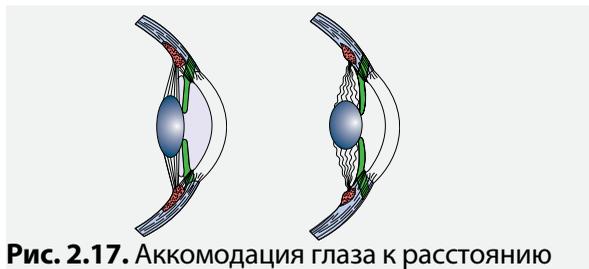


Рис. 2.17. Аккомодация глаза к расстоянию

#### ■ Аккомодация к интенсивности света.

В зависимости от интенсивности светового потока меняется диаметр зрачка благодаря мышечным сокращениям (круговые и радиальные мышцы). Сильный свет вызывает уменьшение диаметра зрачка, а слабый – увеличение. Как аккомодация к расстоянию, так и аккомодация к интенсивности света являются рефлекторными, произвольными и спонтанными явлениями.

■ **Восприятие цвета** происходит благодаря колбочкам, расположенным на сетчатке. Колбочки обладают высоким светочувствительным порогом и высокой зрительной остротой. Они обеспечивают цветное зрение, обладая специфической чувствительностью к красному, синему и зеленому цвету.

Палочки обладают большой чувствительностью к свету и являются ночными рецепторами. Они не способны различать цвет и структуру предметов.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛЯ ЗРЕНИЯ ГЛАЗА

### ■ Ход работы:

1. Нарисуй на доске розу ветров.
2. Испытуемый стоит на расстоянии 10–15 см от доски и смотрит левым глазом, немигающим взглядом только на центр рисунка.
3. Другой ученик проводит мелом белого цвета линию по радиусу от периферии к центру, пока испытуемый не заметит белый цвет. Второй ученик отмечает эту точку.
4. Определи поле зрения правого глаза для белого цвета.

### ■ Оформление результатов

1. Соедини линией отмеченные точки на радиусах.
2. Определи поле зрения каждого глаза (монокулярное поле зрения) для белого, красного, зеленого, синего цвета для наружной, внутренней, нижней и верхней части глаза.
3. Наложил зрительные поля правого и левого глаза для белого цвета и получи бинокулярное поле зрения ученика.

### ■ Выводы

1. Продемонстрируй зависимость между распределением палочек и колбочек на сетчатке глаза и полями зрения для бесцветных (белых) предметов.
2. Определи различия между полями зрения левого и правого глаза.

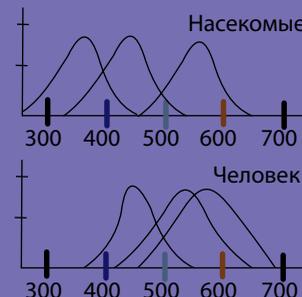


1. Назови светочувствительные клетки, обеспечивающие цветное зрение и зрение при слабом освещении.
2. Представь в виде таблицы структурные части глазного яблока и их функции.
3. Назови функции придатков глаза.
4. Представь в виде схемы путь световых лучей до чувствительных клеток сетчатки глаза.

### 5. Нарисуй и опиши форму:

- ✓ хрусталика при рассмотрении предметов на расстоянии 5 и 50 м;
- ✓ зрачка в зависимости от светового потока (сильного или слабого).

6. Изучи видимый диапазон для человека и насекомых и сравни зрительные способности человека и насекомых.



**ГИГИЕНА ОРГАНА СЛУХА**

Факторы риска, вызывающие дисфункции и заболевания слухового органа человека, это:

- ✓ сильные удары по уху;
- ✓ патогенные микробы;
- ✓ сильные шумы;
- ✓ крик и свист в ухо;
- ✓ давление, вызванное взрывом;
- ✓ серные пробки, химические вещества и посторонние предметы в ушах;
- ✓ повреждения и/или опухоли преддверно-улиткового нерва, головного мозга.

- **Расстройства слуха**

*Глухота* это полная или частичная одно- или двусторонняя потеря остроты слуха. Может быть вызвана заболеваниями наружного среднего и/или внутреннего уха, или VIII черепномозгового нерва.

*Тинитус* это звуковое ощущение похожее на звук, производимый звонком, которое возникает в результате раздражающего действия на внутреннее ухо или преддверно-улитковый нерв.

*Звон или шум в ушах* возникает в отсутствии специфических раздражителей звукового рецептора.

*Пресбиакузис* – физиологический процесс старения нейрочувствительной структуры внутреннего уха и слуховых центров с уменьшением слухового восприятия.

*Хроническая слуховая травма* (профессиональная глухота) может быть вызвана длительным воздействием шума во время работы.

*Отиты* представляют собой воспаления эпителия или слизистой оболочки ушей, вызванные бактериальной или грибковой инфекцией.

- **Профилактика нарушений слуха**

Сохранение функций статоакустического органа требует строгого соблюдения правил гигиены, которые предусматривают исключение факторов риска, и содержание ушей в чистоте.

Избегая воздействия громких звуков можно предотвратить потерю слуха. Когда рабочие условия включают сильные шумы, необходимо использовать шумопоглощающие устройства. Риск инфекционных заболеваний, которые могут привести к потере слуха может быть снижен путем вакцинации детей и своевременного лечения инфекций. Желательно исключить прием некоторых лекарств (например, аминогликозидов), поражающих слуховой

нерв. Потеря слуха, связанная с возрастными изменениями, не может быть предотвращена.

Диагностика и назначение лечения осуществляется врачом отоларингологом.

- **Вестибулярные расстройства**

*Головокружение* является ложным ощущением движения в одном из трех плоскостей пространства. Пациенты описывают головокружение как ощущение вращения. Головокружение сопровождается тошнотой, рвотой, бледностью, холодным потом. Оно обусловлено нарушениями периферической или центральной нервной системы, прием медикаментов, психологическими причинами и др.

*Расстройства равновесия* это склонность к падениям и/или отклонения при ходьбе.

*Нистагм* обусловлен дисфункцией внутреннего уха и проявляется в непроизвольных ритмических движениях глазных яблок в сторону повреждения (левого или правого уха).

**КОЖНЫЙ АНАЛИЗАТОР**

Дисфункции кожной чувствительности вызваны травмами, токсичными веществами (алкоголем), метаболическими расстройствами (сахарным диабетом), воспалительными процессами и т.д.

Возможность восстановления тактильного чувства зависит непосредственно от причины его нарушения, и даже в случае успешного лечения, часто может сохраниться некоторое снижение качества чувственного восприятия.

Проявлениями дисфункций чувствительности кожи являются аномальные ощущения, безболезненные, но неприятные, в виде покалывания, онемения; ощущения стянутости или рези, скручивания, растяжения, сжатия, жжения, поражения электрическим током.

Для описания расстройств чувствительности кожи используются следующие медицинские термины:

- ✓ *парестезия* (аномальные ощущения в отсутствии явного стимула);

- ✓ *дизестезия* (положительные ощущения, проявляющиеся под влиянием стимула или без него).

Клиническими дисфункциями чувствительности кожи являются:

- ✓ *гиперестезия* (преувеличенное восприятие легких стимулов);

- ✓ **гипостезия** (пониженная чувствительность к специфическим раздражителям);
- ✓ **гипоалгезия** (потеря восприятия боли, например при уколе булавкой или иглой);
- ✓ **анестезия** (отсутствие каких-либо ощущений на коже).

В случае хирургических операций для снижения или временного полного подавления чувствительности организма к боли используются химические или физические агенты, вызывающие эффект анестезии.

## ГИГИЕНА ВКУСОВОГО И ОБОНЯТЕЛЬНОГО ОРГАНА

Факторами риска дисфункций и заболеваний вкусового и обонятельного анализатора человека, являются:

- ✓ слишком холодная или горячая пища;
- ✓ случайное попадание на язык или обонятельный эпителий кислот или щелочей;
- ✓ патогенные микробы;
- ✓ удары, приводящие к повреждению языка и обонятельного эпителия.

Для обеспечения нормальной деятельности органов вкуса и обоняния необходимо соблюдать следующие правила гигиены:

- ✓ не употреблять слишком холодную или горячую пищу;
- ✓ избегать попадания на язык кислот и щелочей, которые могут вызвать и потерю вкуса;
- ✓ не вдыхать химические летучие или распыленные вещества, которые могут вызвать тяжелые ожоги и частичную или полную потерю обоняния;
- ✓ предотвращать инфекции слизистой языка и носовой полости, путем ограничения контакта с инфицированными лицами и их личными предметами.

## ЗРИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗАТОР

Дисфункции и заболевания органа зрения человека связаны с нарушением рефракции, ослаблением остроты зрения, бактериальными инфекциями и др.

Факторами риска для зрительного анализатора являются:

- ✓ перенапряжение глаз;
- ✓ отсутствие пауз при работе;
- ✓ недостаточное освещение рабочего места;
- ✓ недостаточное расстояние между рабочим столом, книгой, компьютером и глазами;
- ✓ неправильное положение тела во время чтения, письма;
- ✓ несоответствие между ростом ученика и высотой парты;
- ✓ несоблюдение правил личной гигиены;

- ✓ травмы глаз и соседних с ними участков;
- ✓ дисфункции и заболевания других систем жизнеобеспечения (эндокринной, нервной);
- ✓ авитаминоз.

■ **Глазная рефракция** это способность оптической системы глаза менять направление световых лучей при их прохождении через глаз. Степень рефракции света зависит от кривизны роговицы и хрусталика и от расстояния между ними. В зависимости от места пересечения лучей (фокуса), выделяют три типа рефракции: *эмметропическую (эмметропия)*, *миопическую (миопия)*, *гиперметропическую (гиперметропия)*. Миопия и гиперметропия являются нарушениями зрения, вызванными неправильной рефракцией световых лучей при их прохождении через оптические системы глаза.

Рефракция зависит также от возрастных изменений хрусталика и действия факторов среды. Например, у новорожденных наблюдается гиперметропия, которая по мере роста, переходит в эмметропию или миопию. У жителей степей и побережья преобладает эмметропия, а у горожан – миопия.

■ **Миопия (близорукость)** – нарушение рефракции, при котором параллельные световые лучи от бесконечно отдаленного источника (в офтальмологии более 5 м) фокусируются, не достигая сетчатки. Близорукий человек обладает хорошим близким, и нечетким дальним зрением. Для того, чтобы разглядеть отдаленные предметы, близорукие люди щурят и напрягают глаза. В результате возникает головная боль, усталость глаз, нарушение бинокулярного зрения, косоглазие и др.

Степень близорукости определяется при помощи вогнутых линз и измеряется в диоптриях. Близорукость может быть легкой (до 3 диоптрий), средней (3–6) и тяжелой (более 6).

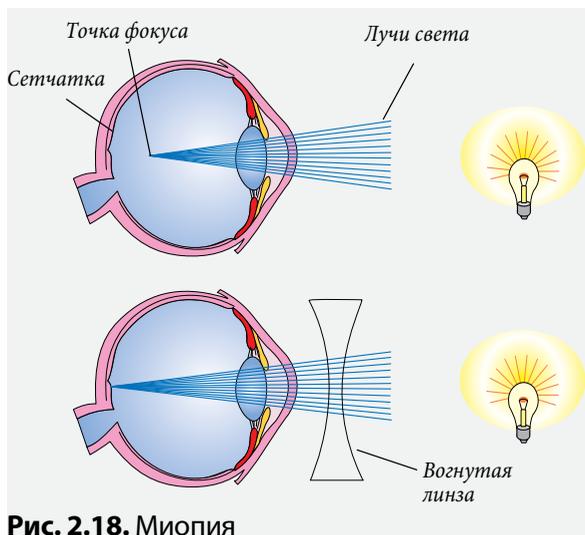


Рис. 2.18. Миопия

Коррекция близорукости проводится при помощи очков или контактных линз. Иногда назначают хирургическое лечение (рис. 2.18).

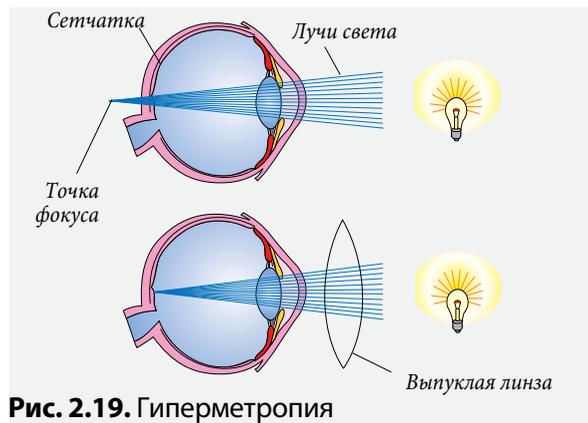


Рис. 2.19. Гиперметропия

В эпоху компьютеров близорукость может стать способом приспособления к близкому зрению. Исследования показали, что у учеников, которые часто используют компьютер во время учебного года близорукость прогрессирует, а во время летних каникул зрение постепенно восстанавливается.

■ **Гиперметропия** (дальнозоркость) представляет собой нарушение рефракции световых лучей, когда фокус образуется за пределами сетчатки. У дальнозоркого человека плохое как дальнее, так и близкое зрение.

Дальнозоркость является самым распространенным нарушением зрения (около 80%). Деятельность, связанная с большой нагрузкой на глаза вызывает слезоточивость, головные боли, покраснение глаз, нарушение зрения. Если посмотреть вдаль, эти симптомы исчезают, но затем снова возвращаются. Коррекция гиперметропии проводится выпуклыми линзами («+») (рис. 2.19).

■ **Катаракта** это частичное или полное помутнение хрусталика. Хрусталик становится непроницаемым для световых лучей, из-за чего происходит снижение остроты зрения, при тя-

желых формах – до полной слепоты. Встречается у 70% людей в возрасте старше 60 лет.

У больных катарактой наблюдаются следующие симптомы: зрение «как в тумане», частое моргание; раздвоение изображения; снижение остроты зрения и др.

Существуют способы замедления процесса развития катаракты на первых этапах заболевания (очки для улучшения зрения, капли), но единственным эффективным методом лечения остается хирургическое удаление помутневшего хрусталика и вживление искусственного.

■ **Конъюнктивит** это распространенное заболевание глаз, особенно у детей, которое проявляется воспалением конъюнктивы глаза. Причиной заболевания являются болезнетворные бактерии. Дым, пыль, токсичные газы являются факторами, способствующими развитию конъюнктивита.

Больной испытывает жжение, ощущение «песка в глазах», зуд и покалывание.

■ **Зрительный стресс**, вызванный работой на компьютере.

Наиболее распространенной проблемой является зрительный дискомфорт. Большинство тех, кто работает на компьютере более 2-х часов в день страдают проблемами зрения. Проведенные исследования показали тесную корреляцию между количеством часов, проведенных перед монитором и количеством симптомов зрительного стресса.

Прямыми симптомами зрительного стресса являются: зрительная усталость; головные боли; сложность фокусировки; раздвоение изображения; близорукость; нарушение восприятия цвета.

Косвенными симптомами зрительного стресса могут быть: мышечные и костные боли (шеи, плеч, спины, суставов рук); повышенная физическая утомляемость; низкая зрительная эффективность; напряжение глазных мышц и ассоциированные нарушения зрения.

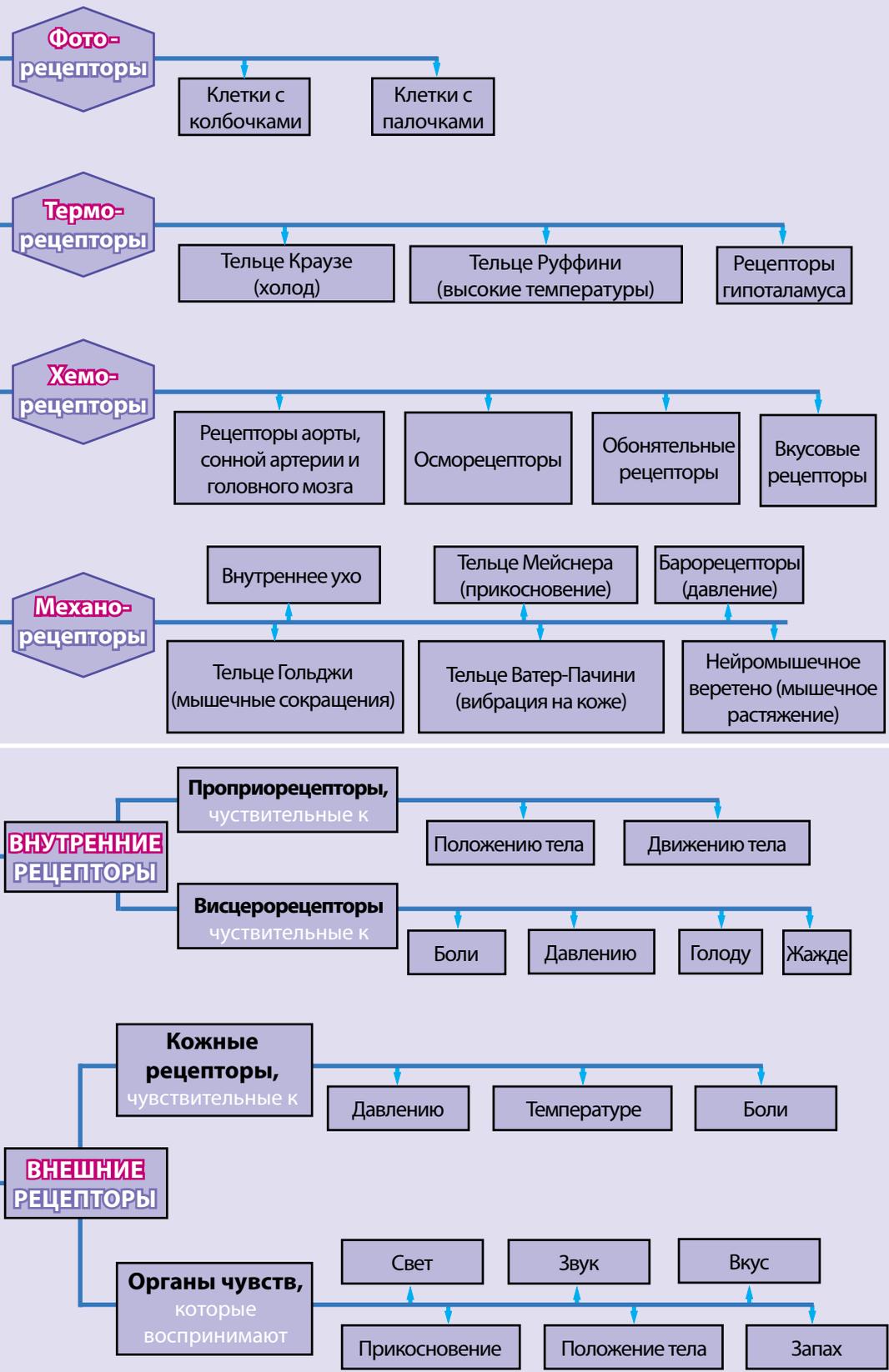


1. Составь и заполни таблицу, содержащую факторы риска для системы органов чувств человека.
2. Назови пораженный анализатор у человека, страдающего головокружением, отитом.
3. Назови рецепторный орган, который при закрытых глазах позволяет узнать предмет по его форме, текстуре и размерам.

4. Объясни влияние серной пробки на слуховой анализатор. Опиши меры профилактики ее формирования.
5. Перечисли ситуации, в которых необходимо обратиться к офтальмологу.
6. Опиши, чем отличается рефракция при эметропии (нормальном зрении), миопии и гиперметропии.

7. В последнее время более 50% женщин обращаются за эпидуральной анестезией во время родов. Объясните эффекты этой процедуры.
  8. Объясни, почему у людей, страдающих насморком\* обонятельная чувствительность снижена до минимума.
- \* Примечание: При насморке наблюдаются сухая слизистая носовой полости, серозные выделения и затрудненное дыхание.

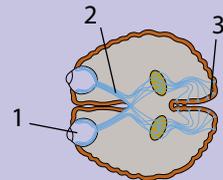
РЕЦЕПТОРЫ



## ИТОГОВЫЙ ТЕСТ

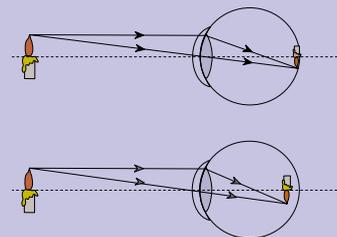
1. Определи функции системы органов чувств человека.
2. Представь в виде таблицы отделы анализаторов, их строение и функции.
3. Объясни отличие между ощущением и восприятием.
4. Человеческие возможности восприятия окружающей среды ограничены числом, типом и особенностями рецепторов. Назови 2–3 приспособления, которые увеличивают возможности человека в этом плане.

5. Изучи схему, которая представляет сегменты зрительного анализатора человека. Составь легенду. Найди и назови сегмент, который состоит из аксонов биполярных чувствительных нейронов.



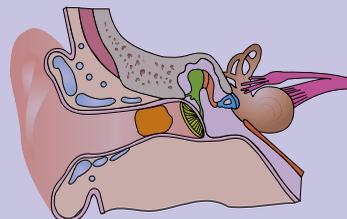
6. Расположи в правильном порядке этапы появления потенциала действия в жгутиковых механорецепторных клетках: *механический стимул; деполяризация мембраны; чувствительная клетка; механическая энергия; электрохимическая энергия; чувствительный нейрон; нервный импульс*. Назови один из рецепторов, в котором есть такие клетки, и ощущения, которые они формируют.
7. Нарисуй схему движения звуковых волн из внешней среды к Кортиеву органу, и составь легенду схемы.
8. Классифицируй предложенные ниже понятия по алгоритму: стимул, рецептор, орган в котором локализован рецептор. *Глюкоза, положение в пространстве, механорецептор, кожа, осязание, хеморецептор, температура, звук, глаз, язык, свет, терморецепторы*. Объясни, основываясь на знаниях о структуре языка, почему передняя часть языка называется зоной сладкого вкуса, а задняя – горького.

9. Схема изображает глазную рефракцию света у здоровых людей и у людей с нарушением зрения. Изучи схемы и ответь на следующие вопросы.



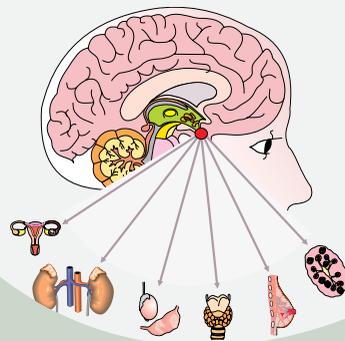
- Определи, на какой из схем изображен глаз с дефектом зрения.
- Назови изображенный дефект зрения.
- Опиши причины данного дефекта, симптомы, факторы риска и методы профилактики.
- Объясни, как можно восстановить нормальное или почти нормальное зрение у людей с изображенным дефектом зрения.

10. Изучи схему и определи фактор, препятствующий проникновению звуковых волн во внутреннее ухо. Опиши расположение, пути появления данного препятствия и способы профилактики.



# ГОРМОНАЛЬНАЯ РЕГУЛЯЦИЯ

- Эндокринные железы и органы с эндокринными функциями
- Гормоны
- Дисфункции и заболевания эндокринной системы



# 16 ЭНДОКРИННЫЕ ЖЕЛЕЗЫ И ОРГАНЫ С ЭНДОКРИННЫМИ ФУНКЦИЯМИ

Эндокринная система регулирует деятельность клеток, тканей, органов и систем органов, обеспечивая гомеостаз человеческого организма.

Эндокринные железы и органы с эндокринными функциями синтезируют гормоны и выделяют их в кровь.

## Эндокринные железы

■ **Гипофиз** называется также «**эндокринным мозгом**», так как его гормоны регулируют функции всех остальных эндокринных желез (рис. 3.1). Гипофиз состоит из трех структурно-функциональных долей:

✓ передняя доля, секретирует шесть гормонов: *пролактин (ПРЛ), аденокортикотропин (АКТГ), гонадотропины (ФСГ и ЛГ), тиротропин (ТСГ), соматотропин (СТГ)*;

✓ задняя доля гипофиза секретирует *антидиуретический гормон (АДГ) и окситоцин*, которые синтезируются секреторными нейронами;

✓ средняя доля, часто принимаемая за участок передней доли, отдельный тонкий слой клеток между передней и задней долями секретирует *меланоцитостимулирующий гормон (МСГ)*;

✓ *Щитовидная железа* синтезирует гормоны: *трийодтиронин (Т3), тироксин (Т4) и тиреокальцитонин*.

По форме щитовидная железа напоминает букву Н и состоит из двух долей, соединенных

перешейком. Доли делятся на дольки, а дольки состоят из фолликул (пузырьков), полость которых заполнена тиреоидным коллоидом (прозрачным вязким веществом желтого цвета), где содержатся гормоны (рис. 3.2).



Рис.3.2. Строение щитовидной железы

Гиперфункциональные фолликулы имеют незначительные размеры, коллоид их редуцирован и содержит значительное количество вакуолей из-за его интенсивного выделения в кровь. Гипофункциональные фолликулы больших размеров, с плотным коллоидом и практически без капилляров.

■ **Паращитовидные железы** расположены на задней поверхности долей щитовидной железы, синтезируют *паратиреоидный гормон (паратгормон)*.

■ **Надпочечники** расположены на верхней части почек. Надпочечник состоит из двух слоев клеток (рис. 3.3):

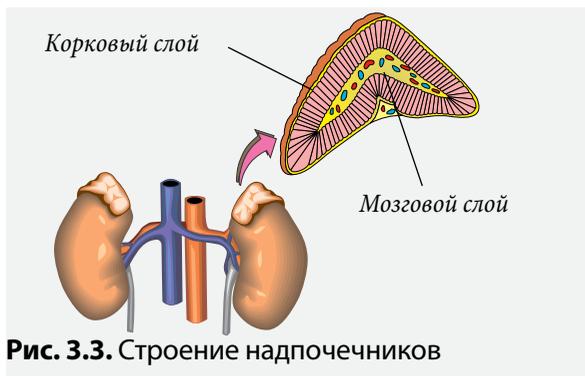


Рис. 3.3. Строение надпочечников

✓ коркового, синтезирующего *альдостерол, кортизол и андрогенные половые гормоны*;

✓ мозгового слоя, который синтезирует *адреналин (эпинефрин) и норадреналин (норэпинефрин)*.

■ **Тимус** расположен за грудиной, имеет вытянутую форму и состоит из двух долей (левой и правой). Развивается в первые два года жизни ребенка. Во время полового созревания тимус атрофируется и замещается соединительной и

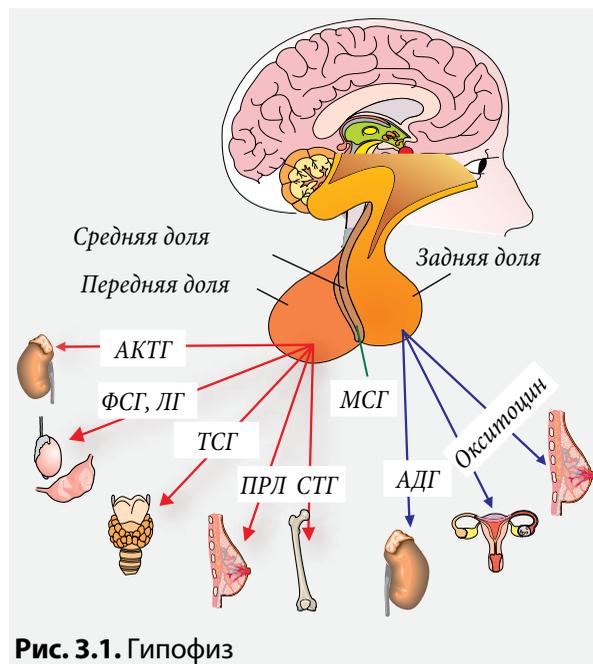


Рис. 3.1. Гипофиз

жировой тканью. Подобное развитие позволяет предположить его участие в росте организма. Тимус играет важную роль в деятельности иммунной системы. Гормоны тимуса – *ангиотензин* и *эритропоэтин*.

■ **Эпифиз** (пинеальная железа) является частью эпиталамуса. У детей она крупнее, чем у взрослых. Главный гормон эпифиза – *мелатонин*, руководит сном - бодрствованием. Мелатонин тормозит работу ЦНС в течение ночи, или днем, если человек находится в темном помещении.

Кроме мелатонина, эпифиз синтезирует и другие гормоны, которые тормозят деятельность щитовидной железы, надпочечников и половых желез.

### ОРГАНЫ С ЭНДОКРИННЫМИ ФУНКЦИЯМИ

■ **Гипоталамус** синтезирует и выделяет *гипофизотропные* (стимулируют или тормозят синтез гормонов гипофиза) и гипоталамические нейрогормоны (*окситоцин* и *АДГ*). Гипоталамус образует анатомическую и функциональную связь с гипофизом – *гипоталамо-гипофизарную ось*. *Анатомическая связь* обеспечивается общей кровеносной сетью, а *функциональная связь* осуществляется нейрогормонами, которые с током крови попадают в переднюю долю гипофиза (рис. 3.4).

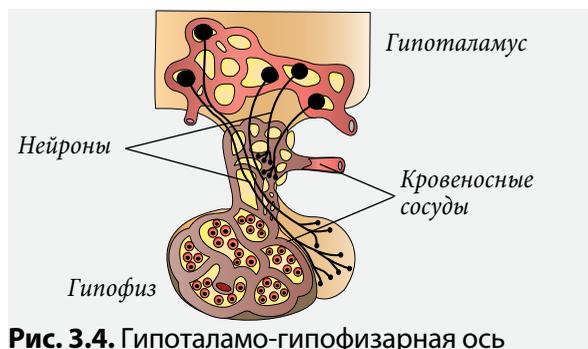


Рис. 3.4. Гипоталамо-гипофизарная ось

■ **Поджелудочная железа.** Эндокринная секреция обеспечивается островками Лангерганса, состоящими из: *альфа-клеток*, секретирующих *глюкагон*; *бета-клеток*, расположенных на периферии островков, меньше и многочисленнее альфа-клеток и синтезируют *инсулин* (рис. 3.5).

■ **Половые железы** секретируют в кровь половые гормоны: мужские (андрогены) и женские (эстрогены). Эндокринную функцию яичников выполняют фолликулы, которые синтезируют *фолликулин* и клетки желтого тела, которые вырабатывают *прогестерон* (*лютеин*). В яичниках также синтезируется незначительное количество андрогенов. В яичках эндокринную функцию выполняют клетки Лейдига, которые выделяют *тестостерон*.

■ **Плацента** – это орган с эндокринными функциями, который образуется во время беременности. Она выделяет в кровь будущей матери *гонадотропин*, *соматотропин*, *тиротропин*, *прогестерон*, *тестостерон* и др. В биосинтезе стероидных гормонов, наряду с плацентой, участвуют и зародышевые ткани.

■ **Пищеварительный канал.** По всей длине пищеварительного канала разбросаны эндокринные клетки, которые выделяют гормоны: *гастрин*, *секретин*, *холецистокинин*, *мотилин* и др. Эти гормоны координируют функции различных отделов пищеварительной системы.



Рис. 3.5. Строение эндокринной части поджелудочной железы

?

1. Назови гормоны гипофиза, синтезируемые клетками гипоталамуса.
2. Опиши строение фолликула щитовидной железы.
3. Объясни функциональную разницу между:
  - ✓ долями гипофиза;
  - ✓ корковым и мозговым слоем надпочечников;
  - ✓ альфа- и бета-клетками поджелудочной железы;
  - ✓ чувствительными и секреторными нейронами.

4. Объясни анатомическую связь между гипоталамусом и долями гипофиза.
5. Перепиши приведенные слова и составь из них логическую схему, которая отражает их анатомическую и функциональную связь. Гипоталамус, передняя доля гипофиза, ТТГ, щитовидная железа, секреция гормона,  $T_3$ ,  $T_4$ , портальная гипоталамо-гипофизарная система, гипофизотропные нейрогормоны.

6. Назови эндокринные железы и органы с эндокринными функциями мужчин и женщин.
7. Напиши эссе, объясняющее, почему длительный стресс ведет к увеличению размеров надпочечников. Используй следующие понятия: гормоны стресса, ответ организма, нейромедиатор, симпатическая нервная система, химический синапс.

**Гормоны** (от греч. *ὄρμη* – «импульс») – это химические вещества, синтезируемые и секретируемые клетками, железами и органами с функцией секреции. Попадая в кровь, они достигают клеток-мишеней.

Гормоны действуют на определенные клетки медленно (за исключением адреналина) и в очень низких дозах. Они являются «химическими посредниками» эндокринной системы, которые обеспечивают водный и минеральный баланс (осморегуляция), рост и развитие, пищеварение, энергетический обмен веществ, размножение, адаптацию к условиям окружающей среды и др.

Синтез и секреция гормонов регулируется нервной системой в зависимости от условий внутренней и внешней среды организма.

## ■ Осморегулирующие гормоны

**Антидиуретический гормон** (АДГ) участвует в сохранении водного баланса в плазме крови, путем сужения артериол и обратной фильтрации воды из мочи в почках. АДГ уменьшает объем мочи и повышает ее концентрацию, вызывает повышение артериального давления в результате сужения артериол. АДГ синтезируется нейронами гипоталамуса, а по аксонам попадает в заднюю долю гипофиза.

Пониженный уровень воды в плазме крови, вызывает секрецию АДГ в кровь.

**Альдостерон** играет важную роль в процессе обмена воды и минеральных солей. Он сохраняет концентрацию  $\text{Na}^+$  и  $\text{Cl}^-$  в крови и лимфе, увеличивает их осмотическое давление, удерживая воду, и увеличивает артериальное давление.

**Паратгормон** регулирует содержание фосфат-ионов и ионов кальция в крови. Гормон вызывает вымывание фосфора и кальция из костей, усиливает всасывание  $\text{Ca}^{2+}$  в кишечнике, и его реабсорбцию в почках. Это способствует повышению концентрации  $\text{Ca}^{2+}$  в крови.

**Кальцитонин** уменьшает концентрацию кальция и фосфатов в крови.

## ■ Метаболические гормоны

Хранение и расход запасных веществ контролируется метаболическими гормонами (инсулином, глюкагоном, кортизолом, тиреоидными гормонами, гастрином, секретинном, гормоном роста).

**Инсулин** выделяется в ответ на повышение концентрации глюкозы в крови. Он стимулирует проникновение глюкозы в мышечные во-

локна и жировые клетки, превращение глюкозы в гликоген, синтез белков и липидов.

**Глюкагон** синтезируется в ответ на снижение уровня глюкозы в крови. Он стимулирует синтез углеводов из продуктов расщепления белков и жиров, вызывает расщепление гликогена в печени и увеличивает уровень глюкозы в крови.

**Тиреоидные гормоны** (Т3 и Т4) регулируют обмен веществ, рост и развитие организма.

**Кортизол** регулирует обмен углеводов, стимулируя синтез глюкозы и расщепление гликогена в печени, повышает концентрацию глюкозы в крови, регулирует обмен белков. Он увеличивает запас свободных аминокислот для синтеза новых белков в печени.

## ■ Гормоны стресса

**Адреналин** вызывает:

- ✓ повышение сердечного ритма и артериального давления, сужение кожных артериол, расширение сердечных и скелетных артериол;
- ✓ расслабление мышц пищеварительной системы, бронхов и мочевого пузыря;
- ✓ повышение трудоспособности;
- ✓ повышение содержания глюкозы в крови путем расщепления гликогена в печени;
- ✓ расщепление гликогена в мышцах для получения энергии, необходимой для их работы.

**Норадреналин** вызывает сужение артериол и, как следствие, повышение давления.

## ■ Репродуктивные гормоны

**Фолликулин** регулирует развитие половых органов, молочных желез, вторичных половых признаков и женственного поведения.

**Прогестерон** играет важную роль в беременности, особенно во время первых трех месяцев. Он считается гормоном материнства.

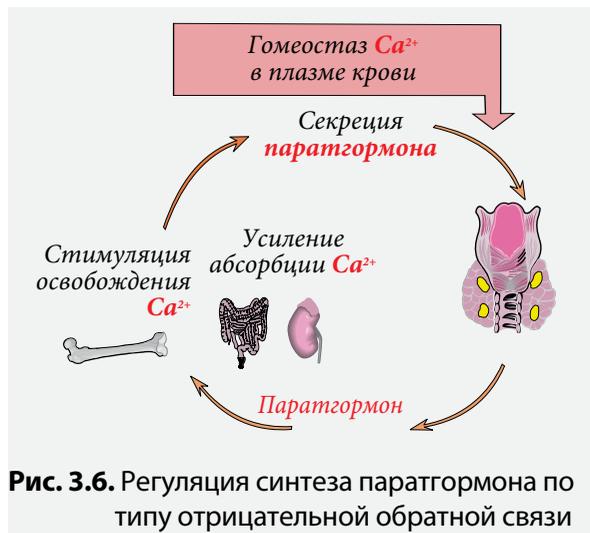
К гормонам, выделяемым плацентой, относятся: **гонадотропин** (лютеотропное действие), **соматоматотропин** (лактотропное, лютеотропное и соматотропное действие), **тиреотропин**, андрогенные гормоны, действующие аналогично половым гормонам.

## ■ Гормоны, регулирующие рост и развитие

**Соматотропный гормон** (СТГ) играет ключевую роль в процессе роста детского организма, стимулируя рост костей в эпифизарных точках роста. В отсутствии соматотропного гормона ростовая зона эпифиза редуцирована, а рост значительно замедляется.

**ГОРМОНАЛЬНЫЙ ГОМЕОСТАЗ** – это динамическое равновесие концентрации гормонов в крови, которое сохраняется специальным механизмом обратных связей (*feedback*). Этот механизм состоит в передаче информации от объекта регуляции (например, уровень глюкозы в крови) в командный центр (*эндокринная железа*). *Feedback* бывает двух типов: *отрицательный* и *положительный*.

■ **Отрицательный feedback.** Паращитовидные железы секретируют паратгормон, который регулирует уровень кальция в крови. Снижение уровня кальция приводит к синтезу паратгормона, и наоборот, повышение уровня кальция тормозит синтез паратгормона (*рис. 3.6*).



**Рис. 3.6.** Регуляция синтеза паратгормона по типу отрицательной обратной связи

■ **Положительный feedback.** В случае положительной обратной связи гормон (X) стимулирует выделение других гормонов или метаболитов (Y), которые, в свою очередь, усиливают синтез гормона (X). В природе встречается редко. Примером является выделение окситоцина, физиологический эффект которого состоит в сокращении матки. Во время родов концентрация этого гормона увеличивается (*рис. 3.7*).

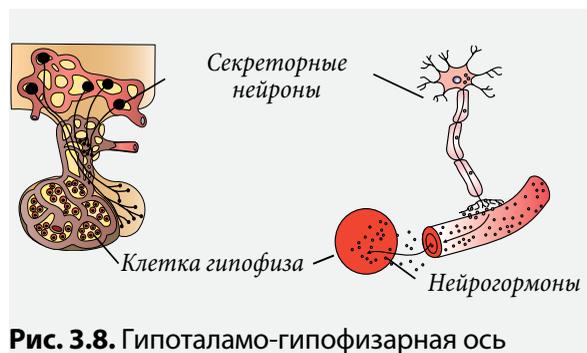
**СИНТЕЗ И СЕКРЕЦИЯ ГОРМОНОВ** регулируется нервным путем, другими гормонами, концентрацией в крови тех веществ, уровень которых регулируется данным гормоном.



**Рис. 3.7.** Регуляция синтеза окситоцина по типу положительной обратной связи

Симпатические нервные волокна стимулируют деятельность мозгового слоя надпочечников. Гипоталамус через гипоталамо-гипофизарную ось руководит деятельностью гипофиза (*рис. 3.8*).

Гормоны передней доли гипофиза секретируются только в отсутствии гормонов других эндокринных желез: синтез ТСГ определяется отсутствием тиреоидных гормонов, а синтез АКТГ – отсутствием гормонов коры надпочечников.



**Рис. 3.8.** Гипоталамо-гипофизарная ось



1. Дай определение понятиям:  
✓ гормон  
✓ нейрогормон.
2. Назови функции организма, регулируемые гормонами.
3. Объясни механизм регулирования водного баланса в крови при помощи АДГ.
4. Опиши роль паратгормона в увеличении уровня кальция в крови.

5. Объясни роль механизма обратной связи в сохранении гормонального гомеостаза.
6. Приведи аргументы в пользу того, что у людей с ожирением нарушена работа щитовидной железы.
7. Построй график, отражающий зависимость уровня глюкозы от количества инсулина в крови.

8. Сравни осморегулирующие гормоны и назови принцип их объединения в данную группу.
9. Оцени в сравнительном ключе роль инсулина и глюкагона в обменных процессах.
10. Аргументируй саморегулирующую роль гормонов (в синтезе и секреции).

Физиологические эффекты гормонов зависят от их концентрации и от функциональности клеток-мишеней. Отсутствие, недостаточность или повышенное содержание гормонов приводят к нарушениям функций организма и заболеваниям.

Эндокринные заболевания вызваны *гиперсекрецией* или *гипосекрецией* гормонов и повреждением гипоталамуса или гипофиза, которые контролируют эндокринные железы. Некоторые эндокринные заболевания возникают в случае, если клетки-мишени не реагируют на действие гормонов.

**АДЕНОМА ГИПОФИЗА** представляет собой опухоль передней или задней доли гипофиза. Опухоль сдавливает ткани железы, кровеносные сосуды или аксоны нейронов гипоталамуса, вызывая гипосекрецию или гиперсекрецию гормонов гипофиза.

■ **Гиперсекреция СТГ** у детей вызывает *гигантизм*, который проявляется в чрезмерном и непропорциональном росте скелета, особенно конечностей. У пациентов множество деформаций, очень длинные конечности, грудная клетка неразвита. Череп удлинён из-за увеличения лицевых костей, кроме нижней челюсти. У них появляются такие скелетные изменения как: кифоз, сколиоз, вдавленная грудь. Человек считается гигантом, если его рост на 20% превышает средний рост.

У взрослых гиперсекреция СТГ вызывает *акромегалию*, характеризующуюся удлинением рук и ног, костей лица, утолщением губ, увеличением внутренних органов.

■ **Гипосекреция СТГ** вызывает *гипофизарную карликовость* (эндокринное заболевание), которая начинается в детстве, но становится очевидной в период полового созревания. У детей с гипофизарной карликовостью крайне медленные темпы роста, но нормальные пропорции тела. Как правило, у этих людей рост на 20-25% ниже, чем средний.

■ **Гиперсекреция пролактина** вызывает секрецию молока, как у женщин, так и у мужчин.

■ **Гипосекреция АДГ** вызывает *несахарный (пресный) диабет*, который сопровождается выделением большого количества мочи (полиурия) и жаждой (полидипсия). Несахарный диабет приводит к обезвоживанию организма, потере минеральных веществ, сухости во рту, мышеч-

ной слабости, низкому кровяному давлению, лихорадке, головным болям, потере веса и т.д.

Лечение заболеваний гипофиза зависит от типа секреции (гипо- или гипер-), типа опухоли и может быть медикаментозным, радиологическим или хирургическим.

**ГИПОТИРЕОЗ** – гипосекреция щитовидной железы, которая происходит при поражении тканей железы, вирусных и бактериальных инфекциях, дисфункциях гипоталамуса или гипофиза, из-за недостатка или избытка йода в пищевых продуктах, лекарственных препаратов и др. Гипотиреоз неизбежен при хирургическом удалении щитовидной железы или ее химическом разрушении в результате лечения гипертиреоза.

Дефицит гормона щитовидной железы влияет на все системы организма и проявляется в разном возрасте по-разному.

У младенцев гипотиреоз наблюдается крайне редко. Если не лечить ребенка в первый месяц жизни, заболевание может привести к повреждению мозга, а затем – к *кретинизму*. Признаками кретинизма являются: низкий рост, короткие и толстые пальцы, короткие и кривые ноги, большое лицо с узким лбом, небольшой, но широкий нос, психическое состояние идиотизма и слабоумия, и т.д.

Подростки, страдающие гипотиреозом, выглядят гораздо моложе своих сверстников. При адекватном лечении они достигают нормального веса и роста.

Взрослые с гипотиреозом страдают от микседемы (задержка жидкости в тканях). У них медленные рефлексы и низкая мыслительная способность, высокое содержание холестерина и триглицеридов в крови, что повышает риск развития ишемической болезни сердца, инсульта.

Опасность развития гипотиреоза возможно увеличивается с возрастом, а самый высокий риск наблюдается у женщин в возрасте старше 40 лет.

Эффективное лечение гипотиреоза при помощи препаратов, содержащих гормоны щитовидной железы, которые возмещают их недостаток в организме. Гормональные препараты принимаются в строгом соответствии с рекомендациями специалистов!

При **ГИПЕРТИРЕОЗЕ** щитовидная железа производит высокие концентрации гормонов,

что может быть вызвано вирусными инфекциями, наличием узлов щитовидной железы или аденомой гипофиза, опухолями яичек или яичников.

Симптомами гипертиреоза являются: трудности с концентрацией внимания, повышенная утомляемость, зоб или узелки, непереносимость жары, увеличение аппетита, повышенная потливость, нервозность, беспокойство, потеря веса и т.д.

■ **Болезнь Базедова-Грейвса** вызвана гипертиреозом. В большинстве случаев это наследственное заболевание, но также может быть вызвано наличием узлов щитовидной железы или тиреоидитом (когда организм вырабатывает антитела, поражающие щитовидную железу). Симптомами заболевания являются: слабость, потеря веса, эмоциональная неустойчивость, тремор, непереносимость жары, повышенная потливость, смещение (выпячивание) глазных яблок и т.д.

Способы лечения гипертиреоза:

✓ Прием анти тиреоидных веществ, которые особенно эффективны в случае болезни Базедова-Грейвса у людей до 50 лет;

✓ Лечение радиоактивным йодом. Этот способ противопоказан до 20 лет, беременным или кормящим женщинам. Терапия радиоактивным йодом рассматривается как наиболее эффективный способ лечения: большинство людей вылечиваются после однократной дозы радиоактивного йода;

✓ Хирургическое лечение, при котором удаляется часть щитовидной железы.

**ГИПЕРПАРАТИРЕОЗ** является эндокринным заболеванием, вызванным избыточной секрецией гормонов паращитовидных желез. Гиперсекреция паратгормона приводит к на-

рушению равновесия кальция в организме: гиперкальциемии – повышению уровня кальция в крови (первичный гиперпаратиреоз) или его уменьшению (вторичный гиперпаратиреоз).

■ **Гиперкальциемия** вызывает такие заболевания, как остеопороз (потеря кальция костной тканью), и мочекаменной болезни.

Лечение гиперпаратиреоза можно проводить хирургически (удаление увеличенной железы или опухоли) или медикаментозно. Успешность хирургического лечения составляет около 90%.

**БОЛЕЗНЬ АДДИСОНА** – заболевание, которое встречается у 1 из 100000 человек, и проявляется в виде гипосекреции коры надпочечников и недостаточности альдостерона и кортизола.

Дефицит альдостерона приводит к увеличению выведения натрия вместе с водой (через мочу) и накоплению калия в крови. В результате уменьшается объем крови, и сердечный дебит, что в случае слишком низких показателей может привести к шоку и смерти. Пигментированная «загорелая» кожа является симптомом, который часто дает врачам повод подозревать болезнь Аддисона. У пациентов наблюдается тяга к соленому, мышечная слабость, усталость, потеря веса, депрессия, негативизм. Болезнь Аддисона лечится путем администрации кортизола и альдостерона.

**СИНДРОМ КУШИНГА** является редким заболеванием, вызванным гиперсекрецией надпочечников. Это заболевание известно как гиперкортицизм. Вызывает ожирение, изменения структуры кожи и усталость, а также диабет, гипертонию, депрессию и остеопороз. В отсутствии лечения синдром Кушинга может привести к смерти.

?

1. Назови причины появления эндокринных заболеваний.
2. Объясни разницу между гипер- и гипосекрецией эндокринных желез.
3. Составь таблицу, включающую эндокринные заболевания и пораженные железы (используй тему 18, интернет и др.)
4. Опиши предполагаемые структуральные и функциональные изменения гипофиза при:
  - ✓ аденоме передней доли;
  - ✓ аденоме задней доли.

5. Объясни, почему хирургическое или химическое удаление щитовидной железы отражается на деятельности всего организма.
6. Объясни, зачем при постановки диагноза эндокринного заболевания врач изучает:
  - ✓ результаты анализа крови;
  - ✓ возраст и пол пациента;
  - ✓ внешний вид кожи;
  - ✓ внешний вид человека;
  - ✓ эмоциональное поведение.

7. Пациент обратился к врачу с жалобами на жажду, полиурию и пониженное артериальное давление. Анализы показали нормальный уровень глюкозы и инсулина. Врач предположил несахарный диабет, и решил провести анализ содержания одного гормона.
  - ✓ Назови гормон и железу, которая его производит.
  - ✓ Опиши предполагаемые причины этих нарушений.

## НЕЙРОЭНДОКРИННАЯ РЕГУЛЯЦИЯ ГОМЕОСТАЗА В СТРЕССОВЫХ СИТУАЦИЯХ

### ■ Материалы и инструменты:

- ✓ Часы с секундомером;
- ✓ Аппарат для измерения давления;
- ✓ Материалы, которые могут вызвать состояние стресса (фотографии, сцены из фильмов ужасов, шокирующие новости и др.)

### ■ Ход работы:

1. Для выполнения работы нужны несколько добровольцев (одноклассников или членов семьи) разного возраста, пола и темперамента.
2. Измерь пульс и артериальное давление после нескольких минут покоя и в первые минуты стрессовой ситуации (для этого покажи фотографии, сцены из фильмов ужасов или расскажи шокирующую новость и др.)

### ■ Представление результатов

1. Запиши полученные результаты

Имя	Пульс		Артериальное давление	
	Покой	Стресс	Покой	Стресс
1.				

2. Назови гормоны стресса, железы, которые их производят и их влияние на пульс и артериальное давление в покое и при эмоциональном стрессе.
3. Объясни предложение: «Гормоны стресса в экстремальных ситуациях действуют одновременно с симпатической нервной системой».
4. Сформулируй вывод об изменении пульса и артериального давления в одинаковых стрессовых условиях у людей разного возраста, пола и темперамента.

## ТЕМАТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

### ДИАГНОСТИКА ЭНДОКРИННЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Эндокринные заболевания являются результатом дисфункций эндокринной системы. Диагностика и лечение этих заболеваний выполняются врачом эндокринологом на основе симптомов, которые наблюдаются у пациента и результатов лабораторных исследований (биохимический анализ крови и мочи).

Используя информацию, содержащуюся в таблице 3.1 и приобретенные знания о гормонах, поставь диагноз пациентам, симптомы которых перечислены ниже.

I. Женщина, 38 лет, жалуется на мышечную слабость, тревогу и депрессию.

- ?
- А. Какие из эндокринных дисфункций, перечисленных в таблице 3.1, могут объяснить эти симптомы?
  - Б. Какие лабораторные тесты могут подтвердить диагноз?

II. Елена, 33 года, в течении длительного времени пытается достичь идеальных форм тела, соблюдает низкокалорийную диету и тренируется в тренажерном зале. Несмотря на немалые прилагаемые усилия, Елена не может достичь желаемых результатов. Врач диетолог предположил гипофункцию щитовидной железы и рекомендовал Елене обратиться к специалисту для правильной диагностики.

- ?
- А. К какому специалисту должна обратиться Елена?
  - Б. Опишите симптомы гипотиреоза.
  - В. Достаточно ли описанных симптомов для постановки диагноза гипотиреоз?
  - Г. Какие биохимические анализы могут подтвердить или опровергнуть, наличие гипотиреоза у Елены?

III. Мужчина, 39 лет, жалуется на усталость. Он похудел, хотя и не соблюдал низкокалорийную диету. Анализ крови показал нормальный уровень глюкозы, низкое содержание натрия и высокое содержание калия.



- A. Определи эндокринное заболевание на основании симптомов и результатов анализа крови.
- Б. Может ли цвет кожи быть симптомом, достаточным для диагностики данной дисфункции?
- В. Какие лабораторные тесты должны быть выполнены для объективного диагноза эндокринного заболевания, которым страдает пациент?

IV. Пациенты с диагнозом болезни Грейвса могут быть подвергнуты разному лечению. В некоторых случаях рекомендуется хирургическое удаление части щитовидной железы.



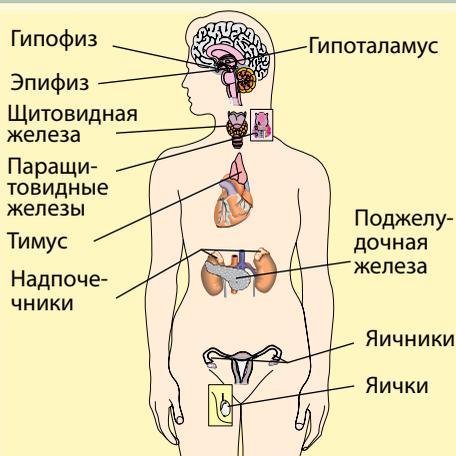
- A. Опиши симптомы пациентов с диагнозом болезни Грейвса.
- Б. Каковы причины данного эндокринного заболевания?
- В. Оцени последствия хирургического удаления части щитовидной железы у пациентов с болезнью Грейвса.

**Таблица 3.1**

**Эндокринные нарушения и заболевания**

Эндокринные нарушения и заболевания	Симптомы	Результаты лабораторных анализов
<b>Болезнь Аддисона</b>	Усталость и слабость мышц, потеря веса, пигментация «загар» кожи.	Высокий уровень натрия и низкий уровень калия в крови. Увеличение концентрации АКТГ и уменьшение уровня альдостерона и кортизола в крови.
<b>Синдром Кушинга</b>	Мышечная слабость, боль в спине, тревога, депрессия, ожирение, нерегулярный менструальный цикл у женщин.	Повышенный уровень кортизола в крови
<b>Несахарный диабет</b>	Частое мочеиспускание, чрезмерная жажда.	Отсутствие глюкозы в моче. Нормальный уровень глюкозы в крови. Низкий уровень АДГ в крови.
<b>Гиперпаратиреоз</b>	Чрезмерная жажда, хрупкие кости, усталость, тошнота.	Высокий уровень кальция в крови. Высокий уровень паратиреоидного гормона в крови.
<b>Гипертиреоз</b>	Нервозность, высокая температура тела, повышенная потливость, учащенное сердцебиение, потеря веса, нерегулярный менструальный цикл у женщин.	Высокий уровень тироксина в крови. Низкий уровень ТТГ в крови.
<b>Гипотиреоз</b>	Мышечная слабость, усталость, ожирение, депрессия, низкая частота сердечных сокращений, низкая температура тела и непереносимость холода	Низкий уровень тироксина в крови. Высокий уровень ТТГ в крови.
<b>Сахарный диабет, тип I</b>	Частое мочеиспускание, чрезмерная жажда, потеря веса	Наличие глюкозы в моче, повышенное содержание глюкозы, наличие антител к инсулину в крови.
<b>Сахарный диабет, тип II</b>	Частое мочеиспускание, чрезмерная жажда.	Наличие глюкозы в моче, повышенное содержание глюкозы, отсутствие антител к инсулину в крови.

## ЭНДОКРИННАЯ СИСТЕМА



### Функции:

- ✓ Регулирует рост и развитие организма.
- ✓ Регулирует процесс дифференцирования тканей.
- ✓ Регулирует обменные и поведенческие процессы.
- ✓ Обеспечивает гомеостаз – постоянство внутренней среды.

**Эндокринные железы** – органы, которые производят гормоны и выделяют их в кровь.

**Гормоны** – биологически активные вещества, которые действуют медленно, в низких дозах на клетки-мишени.

**Клетки-мишени** – рецепторные клетки, чувствительные к определенному гормону.

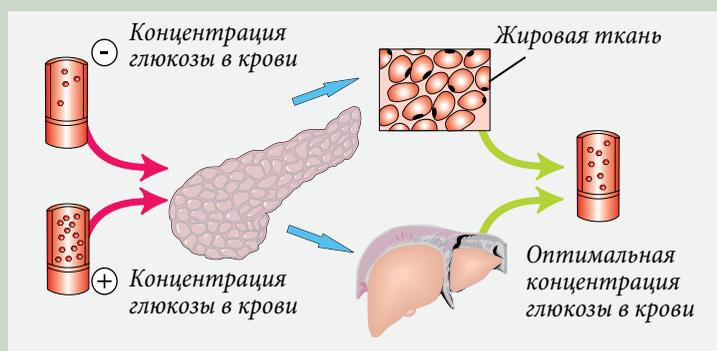
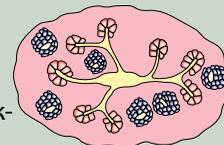
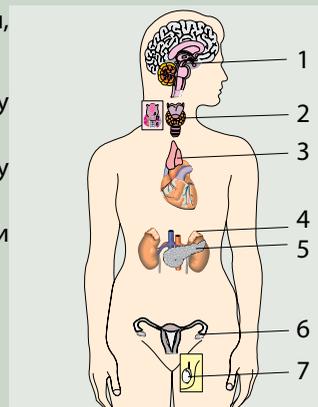
Эндокринная железа	Гормон	Клетки (органы)-мишени	Функция
Гипофиз	• ОТ окситоцин (от греч. <i>ōkyotikiné</i> – быстрые роды)	• Мышцы матки • Шейка матки • Миоэпителиальные клетки, окружающие молочные альвеолы.	• Открытие шейки матки (до начала родов) • Сокращающее действие на гладкие мышцы матки во время родов • Сокращение миоэпителиальных клеток, окружающих молочные альвеолы, и выброс молока
	• ТТГ тиреотропный гормон	• Щитовидная железа	• Секреция Т3 и Т4 • Пролиферация клеток щитовидной железы • Гипертрофия клеток щитовидной железы
	• ЛТГ лютеинотропный гормон	• Яичники • Яички	• Запускает овуляцию • Стимулирует производство тестостерона в клетках Лейдига яичек
	• ФСГ фолликулостимулирующий гормон	• Яичники • Яички	• Развитие первичных фолликулов • Участие в сперматогенезе у мужчин
	• АКТГ адренокортикотропный гормон	• Почки	• Стимулирует производство гормонов в надпочечниках
	• ПЛ пролактин	• Молочная железа	• Вызывает секрецию в молочной железе двух энзимов – лактозосинтетазы и 1-альфа-лактальбумина
	• СТГ соматотропный гормон (гормон роста)	• Ростовые хрящи • Мышцы	• Стимулирует рост и деление клеток • Стимулирует расщепление липидов и гликогена с образованием глюкозы в качестве энергетического источника
Щитовидная железа	• Трийодтиронин Т3 • Тироксин Т4 • Кальцитонин	• Системы жизнеобеспечения человеческого организма	• Стимулирует основной обмен веществ • Влияет на использование энергии • Обеспечивает терморегуляцию • Стимулирует рост скелета у детей • Влияет на состав крови • Усиливает чувствительность нервной системы к другим гормонам • Кальцитонин – снижает уровень $Ca^{2+}$ и стимулирует остеогенез

**ПОВТОРЕНИЕ**

Эндокринная железа	Гормон	Клетки (органы)-мишени	Функция
Паращитовидные железы	• Паратгормон	• Костная ткань	Регулирует обмен кальция и фосфора Стимулирует остеобласты и разрушение костной ткани
Тимус	• Ангиотензин • Эритропоэтин	• Иммунная система	Созревание Т-клеток (timoцитов) (антитела) Производство гормона роста у детей (тимопоэтина) Лимфатические функции
Эпифиз (пинеальная железа)	• Мелатонин • Пиеланин	• Центральная нервная система • Щитовидная железа, • Надпочечники • Половые железы	• Вызывает состояние сна • Снижает фиксацию йода в щитовидной железе • Снижает секрецию альдостерона и кортикостерона • Антигонадотропное действие (задержка полового созревания)
Надпочечники	• Альдостерон • Кортизол • Андрогенные гормоны • Адреналин (эпинефрин) • Норэпинефрин (норэпинефрин)	• Симпатическая нервная система • Почки • Половые железы	• Действует одновременно с симпатической нервной системой • Минералокортикоиды стимулируют реабсорбцию воды и натрия и выведение калия в почках • Глюкокортикоиды выполняют гипергликемическую, гиперлипидемическую роль • Половые стероиды управляют половым развитием посредством гормонов: андрогенов и эстрогенов
Эндокринная железа	Гормон	Клетки (органы)-мишени	Функция
Гипоталамус	• Гипофизотропные нейрогормоны • АДГ • Окситоцин	• Гипофиз • Почки • Кровеносные капилляры	• Стимулирует секрецию гормонов гипофиза • Поддержание водного баланса в плазме путем вазоконстрикции артериол • Реабсорбция воды из мочи в почках
Поджелудочная железа	• Инсулин • Глюкагон	• Клетки печени • Жировая ткань	• Увеличение использования глюкозы клеткой • Запасание глюкозы в виде гликогена в мышцах • Превращение углеводов в жиры в печени и жировой ткани • Стимулирование синтеза белка • Стимулирование глюконеогенеза из аминокислот • Оказывает липолитический эффект • Вызывает гипергликемию и расщепление гликогена в печени.
Половые железы	• Эстроген • Прогестерон • Тестостерон	• Репродуктивная система	• Развитие вторичных половых признаков • Поддержание слизистой оболочки и кислой среды влагалища
Плацента	• Прогестерон • Эстроген	• Репродуктивная система • Плод	• Обеспечивает нормальное протекание беременности и развитие плода
Пищеварительный канал	• Гастрин • Секретин • Хоцистокинин • Мотилин	• Стенки пищеварительного канала • Пищеварительные железы	• Регулирует секрецию поджелудочной железы в двенадцатиперстную кишку • Стимулирует подвижность пищеварительного канала • Стимулирует производство пепсина

## ИТОГОВЫЙ ТЕСТ

1. Дай определение понятиям: эндокринная железа, гормон, клетка–мишень
2. Назови железу внутренней секреции и соответствующую цифру на рисунке, гипосекреция которой приводит к:
  - замедлению метаболизма и уменьшению температуры тела у взрослых;
  - декальцинации костей и повышению возбудимости организма;
  - замедленному росту костей;
  - карликовости у детей;
  - сахарному диабету.
3. Назови гормоны, дефицит которых в крови вызывает:
  - Болезнь Аддисона
  - Кретинизм
  - Несахарный диабет
  - Сахарный диабет
  - Микседему
  - Гипофизарную карликовость.
4. Опиши общие признаки болезни Аддисона и синдрома Кушинга.
5. Опиши сущность механизма положительной обратной связи (положительный feedback) при регуляции секреции гормонов.
6. Объясни роль обильного кровоснабжения эндокринных тканей.
7. Изучи схему разреза поджелудочной железы. Найди эндокринные структуры и установи их основное отличие от экзокринных участков.
8. На основе предложенной схемы, объясни роль и способ действия (положительный или отрицательный feedback) инсулина. Назови железу, которая вырабатывает этот гормон.



9. Молодой человек, 18 лет, обратился к врачу по поводу своего роста. При нормальных пропорциях, его рост составляет 1,15 м. Рост его родителей и ближайших родственников около 1,7 м.
  - А. Назови гормон, “ответственный” за человеческий рост, и железу, которая секретирует его.
  - Б. Предположи, какой диагноз поставит врач молодому человеку.
  - В. Какие медицинские тесты необходимо пройти молодому человеку, чтобы подтвердить диагноз, поставленный врачом.
  - Г. Предположи, какой метод лечения будет рекомендован врачом.
  - Д. Спрогнозируй результаты лечения.

# ЛОКОМОТОРНЫЙ АППАРАТ И ЛОКОМОЦИЯ

- Скелетная система человека
- Оевой скелет человека
- Добавочный скелет человека
- Мышечная система человека
- Работа скелетных мышц
- Гигиена, дисфункции и заболевания опорно-двигательного аппарата



# 19 СКЕЛЕТНАЯ СИСТЕМА ЧЕЛОВЕКА

§

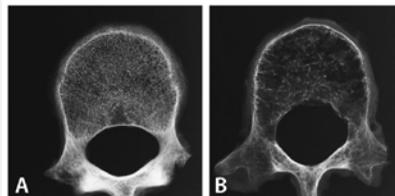
**Кости** – это твердые и прочные образования скелетной системы. Они состоят из *органических веществ*, в основном из оссеина (коллагена), которые придают им эластичность, и *минеральных веществ* – фосфата кальция, карбонатов, и цитратов натрия, магния, калия, воды, которые придают им твердость. В детском возрасте кости содержат больше оссеина, поэтому они эластичны. Кости пожилых людей содержат больше минеральных веществ, поэтому они более хрупкие.

Кости являются опорой тела, защищают внутренние органы, служат точками прикрепления мышц, участвуют в локомоции, являются органами кроветворения (в красном костном мозге происходит образование элементов крови), поддерживают оптимальный уровень  $\text{Ca}^{2+}$  и фосфора в крови.

## МИНЕРАЛЬНАЯ ПЛОТНОСТЬ КОСТНОЙ ТКАНИ (МПК)

И  
С  
С  
Л  
Е  
Д  
О  
В  
А  
Н  
И  
Е

Количество минеральных веществ в костной ткани или минеральная плотность костной ткани (МПК) меняется на протяжении всей жизни. У женщин она ниже, чем у мужчин. Количество минерального вещества кости достигает максимального значения примерно в 25 лет. Эта плотность сохраняется в течение приблизительно 10 лет. После 35 лет кости стабильно теряют около 0,3-0,5% минеральных веществ. Это естественный процесс. Если потеря костной ткани происходит слишком быстро, или начальный запас минеральных веществ был слишком низким, увеличивается риск переломов. Минеральная плотность костной ткани зависит от образа жизни, диеты, применения лекарственных препаратов и т.д. Снижение минеральной плотности костей приводит к развитию такого костного заболевания как остеопороз.



- ?
1. Назови химические вещества, которые придают костям эластичность и вещества, которые определяют прочность костной ткани.
  2. Изучи рентгенограммы, представленные выше, и опиши структурные различия между костью с нормальной МПК (А) и сниженной МПК (В).
  3. Опиши ориентиры здорового образа жизни для тебя и твоих одноклассников, которые могут способствовать увеличению минеральной плотности костной ткани.

**Гистология костей.** Костная ткань состоит из основного вещества и костных клеток.

■ **Основное вещество костной ткани** представлено множеством костных пластинок из оссеиновых волокон, пропитанных минеральными веществами. В зависимости от размещения костных пластинок, костная ткань бывает двух типов: плотная и губчатая.

В *плотной костной ткани* костные пластинки цилиндрической формы вставлены друг в друга вокруг Гаверсова канала. Эта конструкция – *остеон* – является основной морфофункциональной единицей костной ткани. Она придает кости прочность (рис. 4.1).

*Губчатое костное вещество* состоит из костных пластинок – *перекладин* (трабекул), расположенных таким образом, что между ними образуются ячейки (*альвеолы*), заполненные красным костным мозгом (рис. 4.1).

*Костные перекладины* губчатого вещества располагаются в направлении максимального давления на кость. Основное вещество губ-

чатых костей содержит меньше минеральных солей по сравнению с плотным костным веществом. Губчатая ткань образует эпифизы трубчатых костей и плоские кости.

■ **Костные клетки**, в зависимости от структуры и функций, делятся на *остеобласты*, *остеоциты* и *остеокласты*.

*Остеобласты* – звездчатой формы, характеризуются активным обменом веществ. Они строят основное вещество костной ткани и минерализуют кости.

*Остеокласты* – крупные многоядерные клетки, которые разрушают костную и хрящевую ткань. Имеют множество выростов и содержат большое количество гидролитических ферментов, митохондрий, лизосом, вакуолей.

Деятельность остеобластов и остеокластов регулируется паратгормоном, кальцитонином, эстрогенами, витамином D и др.

*Остеоциты* располагаются в пустотах основного вещества, и считаются «постаревшими» остеобластами, так как характеризуются



**Рис. 4.1.** Строение костной ткани

ются низкой метаболической активностью. В случае необходимости реструктуризации кости остеоциты могут превращаться в остеобласты.

**Типы костей.** Кости скелета отличаются по строению и функциям. Поверхность кости, которая образует суставы, называется суставной поверхностью, покрыта суставным хрящом. Остальная часть покрыта прочной фиброзной мембраной – надкостницей. Надкостница осуществляет рост кости в толщину.

В зависимости от соотношения размеров (длина, ширина, высота) и формы выделяют: *трубчатые, плоские, смешанные кости* (рис. 4.2).

■ **Трубчатые кости** формируют скелет конечностей и входят в состав рычагов. При помощи мышц, которые приводят их в движение, они обеспечивают локомоцию – поднятие

тяжестей. Трубчатые кости бывают *длинными* и *короткими*. Концы трубчатых костей – эпифизы – утолщены. Средняя часть – диафиз – образует костный канал с костным мозгом.

■ **Плоские кости** имеют форму пластинки, толщина которой намного меньше длины и ширины. Костные перекладины губчатого вещества этих костей перекрещены. Эти кости выполняют опорную, защитную и формообразующую функции (придают определенный внешний вид частям скелета).

■ **Смешанные кости** имеют неправильную форму и выполняют различные функции (позвонки, клиновидная кость и др.).

## СОЕДИНЕНИЕ КОСТЕЙ

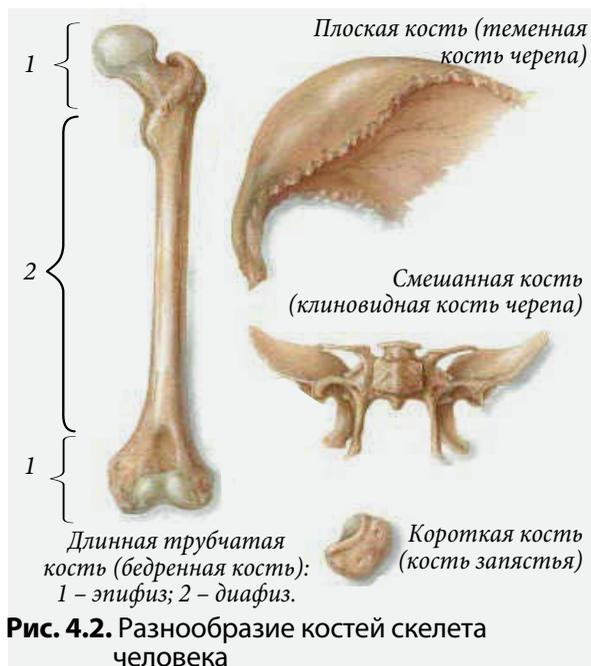
Структурные элементы, соединяющие между собой несколько костей, образуют сустав. В зависимости от степени подвижности, суставы делятся на: неподвижные суставы или *синартрозы*, полуподвижные суставы или *амфиартрозы*, подвижные суставы или *диартрозы*.

■ **Синартрозы** – это суставы, в которых кости соединены хрящевой, соединительной и даже костной тканью. Прочность этих суставов определяется непрерывностью надкостницы (суставы костей черепа).

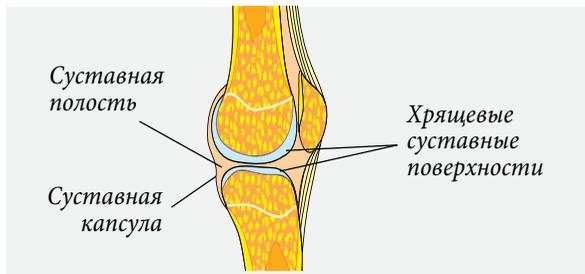
■ **Амфиартрозы** образованы костями с плоской или вогнутой поверхностью, в которых скольжение костей ограничено (суставы позвонков, тазовая кость).

■ **Диартрозы** (синовиальные суставы) обеспечивают большую амплитуду и разнообразие движений.

Диартроз состоит из *капсулы*, и *суставной полости*. Внутренние стенки капсулы покрыты *синовиальной мембраной*, а полость заполнена *синовиальной жидкостью* (рис. 4.3).



**Рис. 4.2.** Разнообразие костей скелета человека



**Рис. 4.3.** Строение диартроза

Капсула и синовиальная мембрана окружены густой сетью кровеносных сосудов, которые обеспечивают производство синовиальной жидкости. Сеть нервных волокон, которые иннервируют капсулу и синовиальную мембрану, контролирует двигательную активность сустава. Синовиальная жидкость содержит белки и гиалуроновую кислоту, которая смазывает и смягчает удары и сотрясения, облегчая подвижность суставов. Она является источником питательных веществ для гиалинового хряща.

Суставные поверхности костей покрыты *гиалиновым хрящом*, который уменьшает трение во время движения.

В зависимости от числа осей, вокруг которых совершается вращение, диартрозы бывают *одноосными* (суставы кисти, локтя и пальцев ног), *двухосными* и *многоосными*. Многоосные суставы обеспечивают движение в нескольких плоскостях и вокруг нескольких осей (тазобедренный и плечевой сустав).

В зависимости от числа костей в их составе суставы делятся на: *простые*, состоящие из двух костей (бедренный сустав), и *сложные*, состоящие из трех и более костей (локтевой сустав).

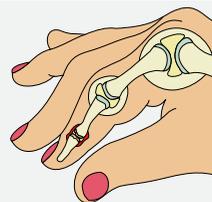
Диартрозы выполняют следующие типы движений: сгибание-разгибание, отведение-приведение, вращение (например, поворот ладони вверх), пронацию-супинацию, ротацию (движения, осуществляемые головой, верхними конечностями), инверсию-реверсию (движения стопы), протракцию-ретракцию (опускание и подъем нижней челюсти), скольжение (движения костей запястья).

## АРТРИТЫ

И С С Л Е Д О В А Н И Е

Артриты – это острые или хронические воспалительные заболевания суставов, вызванные возрастными изменениями или вирусной или бактериальной инфекцией. Наиболее распространенными формами артрита являются следующие:

- ✓ остеоартрит, который возникает в результате дегенерации гиалинового хряща и приводит к повреждению и деформации костной ткани, с последующим возникновением болезненных симптомов в суставах;
- ✓ полиартрит поражает связки и сухожилия, которые соединяют кости и мышцы;
- ✓ ревматоидный артрит – заболевание, которое вызывает скованность и боль в суставах из-за воспалительного процесса в суставной капсуле и синовиальной оболочке;
- ✓ подагра – в основном поражает людей старше 40 лет и характеризуется накоплением жидкости в суставной полости, что вызывает сильную боль и воспаление суставов.



- ?** 1. Объясни, почему дегенерация гиалиновых хрящей, воспаление капсулы и синовиальной мембраны приводят к разрушению и деформации костей, образующих сустав.
2. Изучи внимательно структуру суставов на схеме, представленной выше.
3. Определи, который из трех суставов поражен артритом.
4. Определи тип артрита пораженного сустава.

**?**

1. Назови функции костей и суставов.
2. Опиши строение плотной и губчатой ткани.
3. Назови типы костных клеток и отличия между ними.
4. Найди на муляжах, планшетах или схемах в учебнике: трубчатые длинные и короткие кости; плоские и смешанные кости.

5. Продемонстрируй зависимость между химическим составом костей и их твердостью и эластичностью.
6. Представь в виде схемы строение костной ткани.
7. В основе деятельности костной ткани лежат два процесса: формирование новой кости и резорбция старой кости. Опиши роль костных клеток в этих процессах.

8. Результаты денситометрии костей могут указать на риск переломов:
  - ✓ Нормальная плотность кости:  $T \geq -1,0$ ;
  - ✓ Незначительный дефицит костной массы:  $T -1,0$  до  $-2,5$ ;
  - ✓ Значительный дефицит:  $T < -2,5$ .
9. Установи значение, которое указывает на повышенный риск переломов. Аргументируй ответ.

## 20 ОСЕВОЙ СКЕЛЕТ ЧЕЛОВЕКА

§

Скелет человека составляет около 20% массы тела и состоит из *костей, хрящей, связок и сухожилий*. Он образует два отдела: *осевой и добавочный скелет (рис. 4.4)*.

**ФУНКЦИИ СКЕЛЕТА** важны для жизнеобеспечения организма.

**Формообразование тела.** Форма и размеры тела определены прямохождением. Ноги длинные, сильные, стопа со сводом. Рука свободна и приспособлена для трудовой деятельности. Строение позвоночника обеспечивает максимальную стабильность.

**Опора тела на поверхности земли** обеспечивается позвоночником, тазовым поясом и нижними конечностями.

**Амортизация ударов и сотрясений.** Бедренная кость амортизирует удары силой в 90 кг/см<sup>2</sup>, а при физической нагрузке – до 1500 кг/см<sup>2</sup>.

**Защита внутренних органов** осуществляется костями черепа, позвоночника, грудной клетки, тазовыми костями и мозговым каналом длинных трубчатых костей.

**Локомоция и движение.** Кости скелета приводятся в движение мышцами и действуют как механические рычаги.

**ОСЕВОЙ СКЕЛЕТ.** Осевой скелет человека состоит из *черепа, грудной клетки, позвоночника*.

■ **Скелет головы**, череп, выполняет две важные функции:

- ✓ укрывает головной мозг и органы чувств;
- ✓ ограничивает верхнюю часть пищеварительной и дыхательной системы.

В зависимости от функций, скелет черепа делится на *мозговой и лицевой* отдел.

**Мозговой отдел** черепа человека состоит из четырех непарных (лобной, решетчатой, клиновидной и затылочной) и двух парных костей (височных и теменных), соединенных между собой синартрозами, что обеспечивает защитную функцию данного отдела черепа. У человека мозговой отдел имеет больший объем, чем у других животных, в связи с увеличением объема мозга.

**Лицевой отдел** состоит из шести парных и четырех непарных костей. У человека он меньше, чем у других животных в связи с уменьшением размеров челюстей, появлением членораздельной речи и употреблении искусственно приготовленной пищи.

Мозговой отдел черепа у новорожденных включает по две лобные, теменные, височные

кости и три непарные кости, соединенные между собой при помощи прочных, эластичных волокнистых тканей – черепных швов.

Место между костями черепа, где находятся черепные швы называются родничками (передний, задний и др.) (рис. 4.5). Размеры переднего шва 4/2,5 см. Он закрывается в 3-6 месяца.



Рис. 4.5. Мозговой отдел черепа у новорожденных

Во время родов черепные швы и роднички позволяют костям перекрываться, что облегчает прохождение ребенка через родовые пути.

В первый год жизни и в детстве швы и роднички позволяют мозгу расти. В их отсутствие мозг ребенка был бы ограничен костями, не имея пространства для роста и развития.

■ **Позвоночник** состоит из пяти отделов, которые отличаются как по строению, так и по выполняемым функциям: *шейный, грудной, поясничный, крестцовый и копчиковый*. Форма, структура и размеры позвонков человека зависят от функций, которые выполняет соответствующий отдел позвоночника.

**Шейные позвонки** – небольших размеров, так как испытывают слабую нагрузку. Первый позвонок – атлант, и второй – эпистрофей, обеспечивают подвижную связь позвоночника и черепа.

**Грудные позвонки** вместе с ребрами и грудиной образуют грудную клетку. Испытывают большие нагрузки, поэтому массивнее по сравнению с шейными позвонками.

В **поясничном отделе** – 5 позвонков крупного размера в связи с большой нагрузкой на позвоночник.

**Крестцовые позвонки** в подростковом возрасте срастаются и образуют крестец. Это приспособление к высоким нагрузкам на этот отдел.

**Копчиковые позвонки** рудиментарные, срастаются и образуют треугольную, изогнутую вперед кость – копчик.

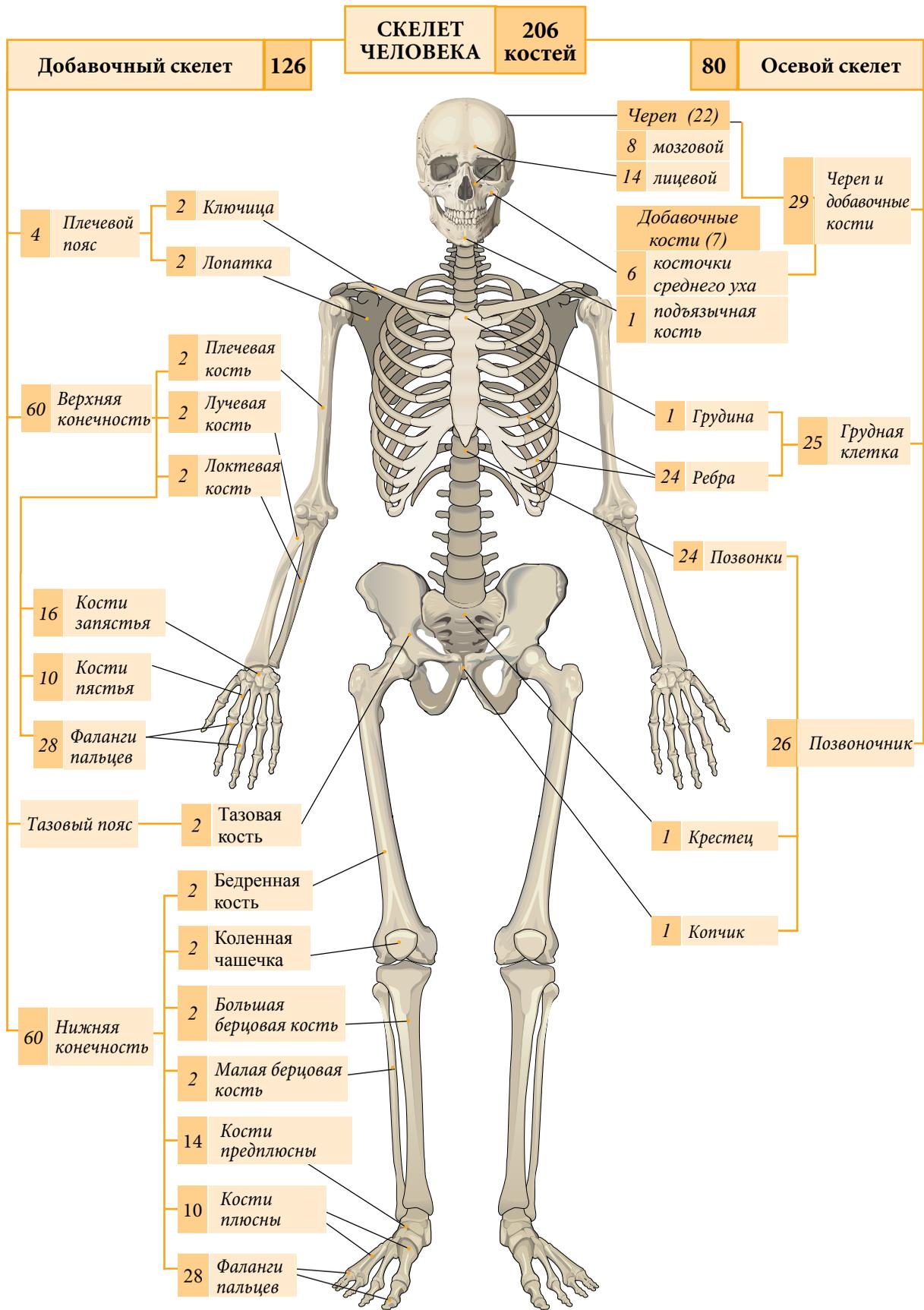


Рис. 4.4. Строение скелета человека

Позвоночник человека образует несколько изгибов, его верхняя часть несет голову, а нижняя – соединена и опирается на нижние конечности. Грудной и крестцово-копчиковый изгиб выступают назад (*кифозы*), а шейный и поясничный изгиб – вперед (*лордозы*).

Изгибы позвоночника увеличивают прочность и эластичность позвоночника (согласно законам механики изогнутое тело оказывает большее сопротивление по сравнению с прямым). Они смягчают удары и сотрясения во время прыжков и ходьбы (сила ударов и сотрясений направлена на увеличение размеров изгибов, и не повреждают череп и мозг). Сопротивление позвоночника можно рассчитать по следующей формуле  $R = n2 + 1$  ( $n$  – число изгибов).

У пожилых людей изгибы сглаживаются в результате уменьшения тел позвонков и

межпозвоночных хрящей. Эластичность позвоночника уменьшается и образуется один большой грудной изгиб (старческий горб). Длина позвоночника у старых людей уменьшается на 5-6 см.

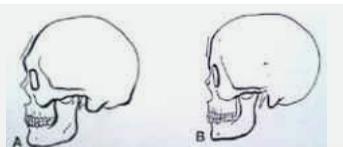
■ **Грудная клетка** образуется путем сочленения ребер с грудными позвонками и с грудиной. Ее форма и размеры зависят от развития мышц и легких.

**Ребра** – это плоские изогнутые кости. Они образуют суставы с позвонками грудного отдела. Передний конец ребер хрящевой. У человека 12 пар ребер. Первые 7 пар соединяются с грудиной и называются *истинными ребрами*. Следующие 3 пары называются *ложными*, их хрящи срастаются с хрящами нижних ребер. Последние 2 пары ребер являются *свободными* и заканчиваются в мышцах.

## ПОЛОВОЙ ДИМОРФИЗМ ЧЕРЕПА

И  
С  
С  
Л  
Е  
Д  
О  
В  
А  
Н  
И  
Е

Мужской череп отличается от женского, как следствие изменений, которые происходят у мальчиков в период полового созревания. В судебной медицине и антропологии эти различия служат критериями для определения пола человеческих останков.

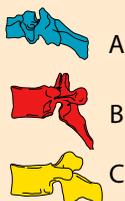


Череп	Мужской	Женский
Внешний вид	Крепкий	Изящный (наподобие детского)
Выступы для прикрепления мышц шеи и головы	Выраженные	Слабо развитые
Лоб	Наклонный, незначительно выступающий	Округлый, вертикальный и невысокий
Форма нижней челюсти	«V»	«U»
Глазницы	Прямоугольники с верхними утолщенными и закругленными краями	Неразвитые с заостренными верхними краями
Надбровные дуги	Выступающие	Слабо развитые
Внешний затылочный бугор	Небольшой (незаметный)	Большой (заметный)

1. Изучи внимательно черепа на рисунке, выяви различия.  
2. На основе этих различий определи какой из черепов – мужской, а какой – женский.

?

1. Перечисли функции скелета человека.
2. Представь в виде схемы составные части осевого скелета.
3. Определи на схеме шейный, грудной и поясничный позвонок, на основании их размеров.



4. Определи на схеме отделы и изгибы позвоночника.
5. Рассчитай сопротивление нарисованного позвоночника.
6. Определи и назови изгиб, который в старости превращается в горб и изгиб, который образует кифоз.



7. Объясни, почему череп новорожденного имеет три парные кости и три непарные, а череп взрослого человека имеет две парные кости и четыре непарные.
8. Назови критерий деления ребер на истинные, ложные и свободные.

## 21 ДОБАВОЧНЫЙ СКЕЛЕТ ЧЕЛОВЕКА

§

Добавочный скелет человека состоит из скелета *конечностей* и *поясов*. Верхняя конечность присоединяется к туловищу при помощи плечевого пояса, а нижняя конечность – при помощи тазового пояса.

### СКЕЛЕТ ПЛЕЧЕВОГО ПОЯСА И ВЕРХНЕЙ КОНЕЧНОСТИ

Плечевой пояс состоит из *лопатки* и *ключицы*. **Лопатка** – плоская, тонкая, треугольная кость, спинная часть которой – выпуклая.

■ **Ключица** – парная трубчатая кость с двумя выступами (средний и боковой). Это единственная кость, соединяющая верхнюю конечность с туловищем. Она удерживает плечевой сустав на некотором расстоянии от туловища, обеспечивая подвижность руки. Ключица современного человека намного крупнее, благодаря трудовой деятельности.

■ **Скелет верхней конечности** состоит из *плеча* (*плечевая кость*), *предплечья* (*лучевая* и *локтевая кость*) и *кисти* (*пясть*, *запястье* и *фаланги пальцев*). **Скелет плеча** состоит из одной трубчатой кости – *плечевой кости*, которая верхней частью соединяется с плечевым поясом (*плечевой сустав*), а нижней участвует в образовании локтевого сустава.

**Скелет предплечья** представлен двумя длинными трубчатыми костями: *локтевой* и *лучевой*. Локтевая кость располагается во внутренней части предплечья, а лучевая – в продолжение большого пальца.

**Лучевая кость** может совершать вращательные движения вокруг локтевой, осуществляя *пронацию* и *супинацию* (рис. 4.6). При *пронации* лучевая кость вращается вокруг своей оси, образует с локтевой перекрест, а кисть поворачивается тыльной стороной вверх. При *супинации* лучевая и локтевая кости располагаются параллельно, а кисть направлена ладонью



Рис. 4.6. Пронация и супинация

вверх. Пронация и супинация у человека являются последствиями трудовой деятельности.

**Кисть** – последний отдел верхней конечности, приспособленный для хватания. Скелет кисти состоит из 27 костей, которые образуют запястье, пясть и фаланги.

Запястье состоит из 8 коротких костей, которые располагаются в два ряда по 4 в каждом. В процессе эволюции и приспособления руки к хватанию, кости запястья удлиняются и прочно сочленяются друг с другом.

Пясть состоит из 5 трубчатых коротких костей с одним эпифизом.

Фаланги пальцев представляют собой короткие трубчатые кости. Большой палец имеет две фаланги, все остальные – по три.

Скелет кисти человека в процессе эволюции приобрел ряд приспособлений к трудовой деятельности, например:

- ✓ размеры большого пальца увеличены по сравнению с размерами остальных пальцев;
- ✓ большой палец смещен в сторону ладони;
- ✓ кости запястья, связанные с большим пальцем, также смещены;
- ✓ фаланги II-V пальцев имеют разную длину, что увеличивает разнообразие движений.

### СКЕЛЕТ ТАЗОВОГО ПОЯСА И НИЖНЕЙ КОНЕЧНОСТИ

Тазовый пояс выполняет функцию локомоции (образует суставы с бедренной костью и крестцом), защитную (защищает внутренние органы) и опорную функции. Тазовый пояс соединяет кости нижних конечностей с туловищем. Он состоит из двух тазовых костей.

■ **Тазовая кость** образуется в результате соединения трех костей: *подвздошной*, *седалищной* и *лобковой*. Эти кости до 15–16 лет связаны между собой соединительной тканью. У взрослых соединительная ткань замещается костной тканью и образуется одна кость. Тазовая кость выполняет следующие функции:

- ✓ локомоторную (образует суставы с бедренной костью и крестцом);
- ✓ защитную (защищает органы таза);
- ✓ опорную.

Тазовые кости, крестец и копчик, которые расположены в спинной части, образуют таз. У мужчин таз длиннее и уже, а из-за большой массы, которую должен поддерживать, он бо-

лее крепкий, чем у женщин. Таз женщин шире, чем у мужчин, что обеспечивает прохождение головы и плеч ребенка во время родов.

■ **Скелет нижней конечности.** Кости нижних конечностей человека обеспечивают передвижение и опору тела. Они толще и массивнее костей верхних конечностей, но менее подвижны. Скелет нижней конечности состоит из *бедр* (бедренная кость), *голен* (большая берцовая и малая берцовая кость) и *стопы* (кости предплюсны, плюсны и фаланги пальцев).

**Скелет бедра.** Бедренная кость является самой длинной и крупной трубчатой костью человека.

**Кости голени** расположены параллельно. Большая берцовая кость – трубчатая, крупная, и располагается с внутренней стороны голени. Малая берцовая кость – длинная трубчатая кость, расположенная с внешней стороны голени.

**Стопа** человека является конечной точкой опоры тела. Скелет стопы состоит из *предплюсны*, *плюсны* и *фаланг пальцев* (рис. 4.7). Самая крупная кость предплюсны – *пяточная кость* – является одной из основных точек опоры стопы. Плюсна состоит из пяти коротких костей. Фаланги пальцев стопы меньше, чем фаланги пальцев руки.

Кости стопы, соединяясь вместе, образуют



Рис. 4.7. Кости стопы

свод стопы, направленный выпуклостью вверх. При вертикальном положении тела свод стопы опирается сзади на пяточную кость, а спереди – на концы костей плюсны (особенно на первую и пятую кость). Пальцы стопы не выполняют опорную функцию, и служат для адаптации стопы к поверхности во время ходьбы.

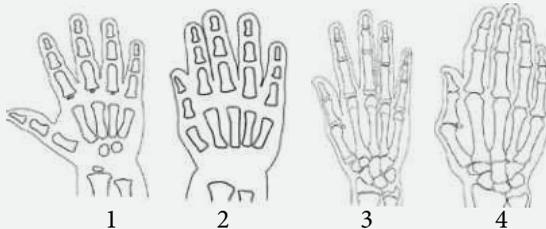
Благодаря своей форме свод стопы определяет эластичность походки и, наподобие пружины, амортизирует удары и сотрясения. Свод появляется в результате прямохождения и встречается только у человека. Опускание свода стопы вызывает нарушение, называемое *плоскостопием*.

## КОСТНЫЙ ВОЗРАСТ

ИССЛЕДОВАНИЕ

Скелет ребенка состоит из хрящей. По мере роста происходит постепенное окостенение хрящей и рост скелета. Длинные кости конечностей обладают зоной роста на каждом конце. Ростовая зона образована главным образом из хряща, а не из кости, и поэтому не видна четко на рентгенограммах. Детские кости, состоящие из хрящевой ткани, такие как запястья, также не могут быть исследованы при помощи радиографии. Для оценки биологического возраста у детей и подростков определяется степень развития скелета, так называемый костный возраст, путем проведения рентгенографии кисти.

1. Изучи внимательно схемы рентгенографии кисти людей разного возраста: новорожденного, годовалого, 13 лет и 18 лет.
2. Найди на каждой схеме (1-4) кости руки и заполни таблицу.
3. Определи какому возрасту подходит каждая из схем.



?

1. Назови функции осевого скелета.
2. Назови функции плечевого и тазового пояса.
3. Представь в виде таблицы информацию о форме и функциях костей скелета поясов и конечностей.

4. Изучи на схеме способ хватания у человека и приматов, и объясни их различия на основе строения скелета.



5. Изучи скелет человека (рисунки 4.4) и определи его пол (мужской или женский). Аргументируй ответ.
6. Оцени, какие трудности локомоции встречаются у людей с плоскостопием.

## Мышцы

*Мышечная система* – это совокупность мышц организма, которые составляют около 40-50% массы тела. В зависимости от строения и выполняемых функций, мышцы человека делятся на три группы: *скелетные мышцы (соматические)*, *гладкие мышцы (висцеральные)* и *сердечную мышцу*.

- ✓ скелетные мышцы прикреплены к костям и выполняют следующие функции:
- ✓ приводят в движение кости;
- ✓ входят в состав стенок полостей тела;
- ✓ входят в состав стенок некоторых внутренних органов;
- ✓ входят в состав придатков глаз;
- ✓ обеспечивают слух (слуховые кости);
- ✓ способствуют сохранению равновесия тела в процессе движения;
- ✓ участвуют в глотании и дыхании;
- ✓ формируют мимику;
- ✓ производят внутреннюю энергию (около 80% общей энергии организма).

## Основные группы скелетных мышц

В зависимости от типа действия, которое они выполняют, скелетные мышцы делятся на:

- ✓ сгибатели (сокращают угол между костями сустава, к которым они прикреплены);
- ✓ разгибатели (увеличивают угол между костями сустава, к которым они прикреплены);

- ✓ приводящие (приближают конечность);
- ✓ отводящие (отдаляют конечность от тела).

В зависимости от способа прикрепления, некоторые мышцы могут выполнять комбинированные действия.

По локализации скелетных мышц, различают следующие группы: *мышцы головы, шеи, туловища* и *мышцы конечностей (рис. 4.8)*.

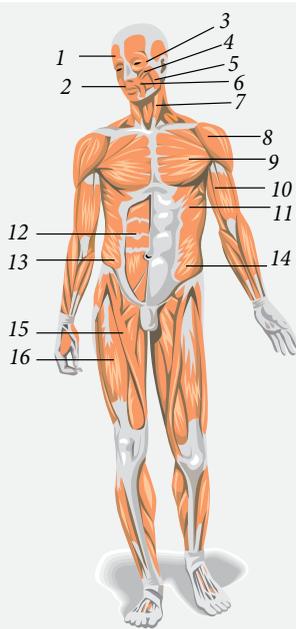
■ **Мышцы головы** образуют три функциональные группы: *мимические мышцы, мышцы глазного яблока, жевательные мышцы*.

*Мимические мышцы* хорошо развиты, играют важную роль в невербальном общении. Они обеспечивают выражение эмоций. При сокращении, мимические мышцы двигают кожу, а после расслабления, благодаря своей эластичности, кожа легко возвращается в начальное состояние. Мимические мышцы прикрепляются к коже или слизистым оболочкам одним или двумя концами.

*Мышцы глазного яблока* обеспечивают подвижность глаза. Эта группа включает четыре прямые мышцы (*верхняя, нижняя, носовая, височная*) и две косые мышцы (*верхняя косая и нижняя косая*).

*Жевательные мышцы* участвуют в процессе жевания. В результате своих сокращений, они поднимают и опускают нижнюю челюсть.

■ **Мышцы шеи** связаны с черепом, шейными позвонками и подъязычной костью.



1. лобно-затылочная мышца – выражает внимание и удивление
2. круговая мышца рта – уменьшает ротовое отверстие
3. круговая мышца глаз – уменьшает степень открытия век
4. большая скуловая мышца – выражает смех
5. жевательная мышца – самая мощная жевательная мышца
6. мышца опускающая нижнюю губу – выражает печаль, разочарование
7. грудино-ключично-сосцевидная мышца – вызывает поворот в противоположную сторону и наклон головы
8. дельтовидная мышца – поднимает плечо или руку вперед и назад
9. большая грудная мышца – приводит в движение и вращает руки
10. бицепс (двуглавая мышца плеча) – сгибает предплечье
11. передняя зубчатая мышца – поднимает ребра при вдохе
12. прямая мышца живота – фиксирует грудь и живот
13. косая мышца живота – фиксирует грудь и живот, сжимает живот
14. внешняя косая мышца живота – фиксирует позвоночник
15. портняжная мышца – сгибает голень и поворачивает ее вовнутрь
16. четырехглавая мышца бедра – выпрямляет голень

Рис. 4.8. Мышечная система

Функции этих мышц очень разнообразны. Например, при сокращении подкожной мышцы шеи подбородок наклоняется вниз, двустороннее сокращение грудино-ключично-сосцевидной мышцы шеи приводит к наклону головы вперед.

■ **Мышцы туловища** путем сокращения приводят в движение позвоночник, образуют стенки грудной и брюшной полости. В зависимости от расположения и действия, они делятся на: *задние мышцы* (мышцы спины и затылка); *переднебоковые мышцы* (мышцы грудной клетки); *мышцы живота*; *внешние мышцы* и *внутренние мышцы*. Они участвуют в выдохе (межреберные мышцы, диафрагма, брюшные мышцы); обеспечивают вертикальное положение тела и наклоны позвоночника (мышцы спины); защищают и поддерживают органы брюшной полости (брюшные мышцы) и др.

■ **Мышцы верхней конечности** классифицируются на:

✓ *мышцы, крепящие плечевой пояс к грудной клетке*, которые поднимают и опускают верхнюю конечность, способствуют вдоху, обеспечивают подвижность туловища и др. (например, трапециевидная, большая спинная, большая ромбовидная, малая ромбовидная мышца, малая и большая грудная мышца);

✓ *мышцы верхней конечности*, которые осуществляют движения трудовой деятельности (дельтовидная мышца, двуглавая, трехглавая, сгибатели и разгибатели кисти и др.). Мышцы кисти более развиты у человека.

■ **Мышцы нижней конечности** участвуют в прямохождении, поддерживают тело в вертикальном положении и делятся на:

✓ *тазобедренные мышцы (мышцы таза)* соединяют таз и бедро; сохраняют равновесие таза и туловища, предотвращая падение вперед (большая ягодичная мышца и др.);

✓ *мышцы конечности* (мышцы бедра, голени и стопы).

## СТРОЕНИЕ СКЕЛЕТНОЙ МЫШЦЫ

Большинство скелетных мышц состоят из тела (активной сократительной части) и сухожилий (пассивной части).

Тело скелетной мышцы состоит из поперечно-полосатых мышечных волокон, соединительной ткани, кровеносных сосудов и нервов. С внешней стороны мышца покрыта оболочкой – *эпимизием*, от которой внутрь идут перегородки, которые называются *перимизием*, разделяющие и обволакивающие пучки мышечных волокон. Каждое мышечное волокно покрыто тонкой мембраной – *эндомизием*.

■ **Сухожилия** – глянцевые, светлые состоят из коллагеновых волокон, кровеносных сосудов и нервов. Они прикрепляют мышцы к костям в одной, двух (двуглавая мышца), трех (трехглавая мышца) или четырех (четырёхглавая мышца) точках крепления.

## СТРОЕНИЕ ПОПЕРЕЧНО-ПОЛОСАТЫХ И ГЛАДКИХ МЫШЕЧНЫХ ВОЛОКОН

Структурно-функциональной единицей мышечной ткани является мышечное волокно. Различают поперечно-полосатые (скелетные и сердечная) и гладкие мышечные волокна.

■ **Поперечно-полосатые волокна** образуют скелетные мышцы и сердечную мышцу (миокард). Скелетные волокна, имеют удлинённую и округленную на конце форму. Волокна сердечной мышцы образуют ветви и соединения. Диаметр поперечнополосатого волокна составляет 0,1-1,0 мм, а длина – 0,1-30 см.

Мембрана поперечно-полосатого волокна – *сарколема* – поддерживает мембранный потенциал и образует систему поперечных и/или продольных трубочек, которые проникают внутрь клетки. Эта сеть называется Т-системой (рис. 4.9).

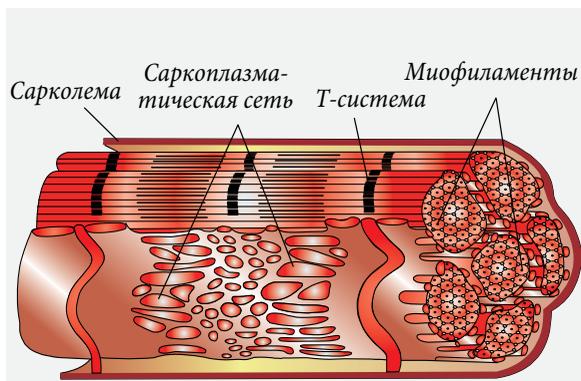


Рис. 4.9. Анатомия поперечно-полосатого мышечного волокна

Цитоплазма мышечных волокон называется *саркоплазмой*. В ней находятся несколько периферических ядер, митохондрии, свободные рибосомы, включения гликогена, жиров и специфические структуры: *миофиламенты*, *саркоплазматическая сеть*, *миоглобин*.

*Миофиламенты* являются сократительными элементами мышечного волокна. Они бывают двух типов – *актиновые* и *миозиновые*, и располагаются параллельно продольной оси. Они образуют светлые и темные полосы и придают скелетным и сердечным мышцам поперечно-полосатую структуру (рис. 4.10).

✓ Миозиновая нить представлена молекулами миозина. Молекула миозина состоит из «головки» и «хвоста», которые располагаются таким образом, что центральная часть миофиламента «пустая», а с двух сторон, равномерно по всей длине, находятся «миозиновые головки».

✓ Актиновые нити состоят из белкового комплекса, в который входят F-актин и два вспомогательных белка – тропомиозин и тропонин. Тонкие актиновые нити формируют светлые полосы I, пересеченные диском Z. Актиновые нити прикреплены одним концом к диску Z, а другим проникают между миозино-

выми нитями до конца зоны H. Участок между двумя последовательными дисками Z называется *саркомером* (рис. 4.11). Каждая миозиновая нить окружена шестью актиновыми нитями. Так как миозиновые нити толще актиновых, они составляют темную полосу A. Более светлая центральная часть полосы A называется зоной H. Зона H пересечена диском M.

■ **Гладкие мышечные волокна** – веретенообразные или разветвленные клетки, диаметр которых составляет от 2 до 10 мкм, а длина 100-400 мкм. Содержат по одному центральному ядру, все типичные для эукариотической клетки органеллы и миофибриллы. Мышечные волокна покрыты чехлом соединительной ткани (рис. 4.11).

В отличие от поперечно-полосатых волокон, гладкие волокна не образуют саркомеры и не имеют специфического расположения миофибрилл внутри клетки. Их миофибриллы соединены с сарколемой при помощи промежуточных нитей (рис. 4.11). Актиновые нити гладких мышечных волокон не содержат тропонина. Гладкое волокно имеет слаборазвитую саркоплазматическую сеть, а Т-система отсутствует.

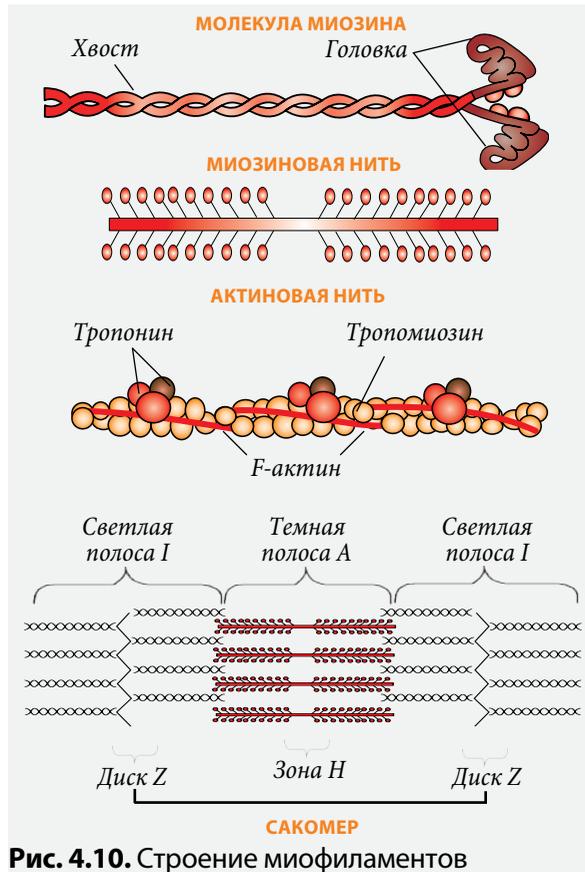


Рис. 4.10. Строение миофиламентов

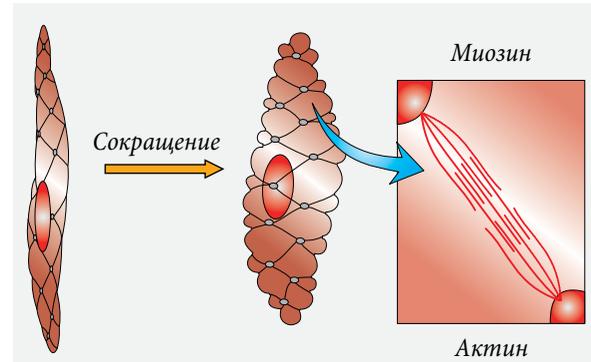


Рис. 4.11. Анатомия гладкого мышечного волокна

?

1. Дай определение мышечной системы.
2. Дай определение мышечного волокна как структурно-функциональной единицы мышечной системы.
3. Назови по 2-3 мышцы, которые соответствуют функциям, описанным на стр. 74.
4. Классифицируй мышцы, представленные на схеме (рис. 4.8), в зависимости от их локализации.

5. Составь легенду приведенного рисунка.

6. Докажи, что на схеме изображено поперечно-полосатое волокно.

7. Приведи сравнительное описание поперечно-полосатых и гладких мышечных волокон.
8. Назовите три функциональные группы мышц головы, которые выполняют описанные движения:  
"Еуджен посмотрел на стол, улыбнулся, сел и начал есть с аппетитом".

# 23 РАБОТА СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ

## СВОЙСТВА МЫШЦ

Мышцы характеризуются: *возбудимостью, сократимостью, эластичностью и тонусом.*

■ **Возбудимость** – это специфическая ответная реакция мышцы – сокращение под воздействием химических, физических или физиологических стимулов (нервных импульсов).

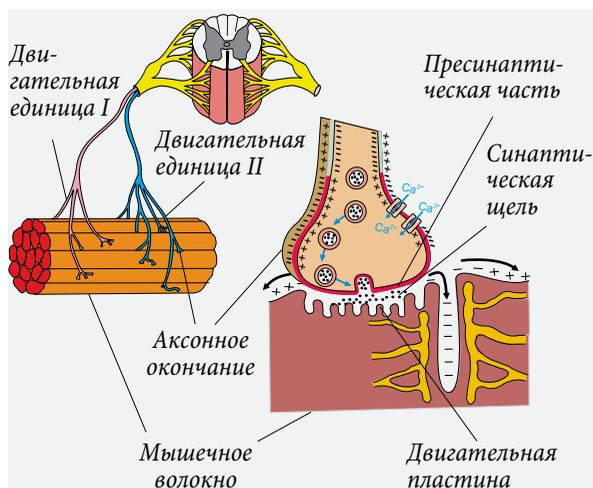
Мышечные волокна получают импульсы от аксонов двигательных нейронов на уровне нейромышечного соединения, которое состоит из:

- ✓ пресинаптической части, которая представляет собой концевую розетку аксона;
- ✓ двигательной пластины (постсинаптической части) – плиссированная сарколемма мышечного волокна;
- ✓ синаптической щели (рис. 4.12).

Нейромышечное соединение, образованное при участии окончаний одного аксона, представляет собой двигательную единицу. Число волокон двигательной единицы варьирует от нескольких десятков до 1000 (икроножная мышца) в зависимости от размеров мышцы и точности движений. Скелетная мышца состоит из сотен двигательных единиц.

■ **Сократимость** – свойство мышц менять форму под влиянием раздражителя. Поперечно-полосатые волокна, сокращаются произвольно, а гладкие и сердечные – непроизвольно.

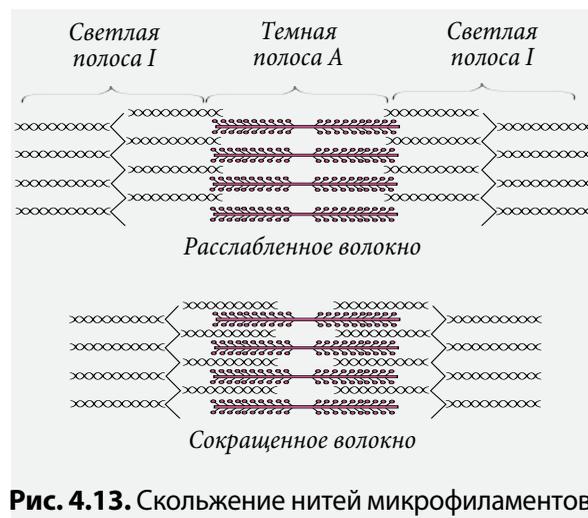
Мышечное сокращение происходит в результате целого ряда биохимических реакций, которые запускаются после присоединения нейромедиаторов к рецепторам двигательной пластины.



**Рис. 4.12.** Двигательная единица и нейродвигательное соединение

В соответствии с теорией скользящих нитей, мышечное сокращение является результатом скольжения нитей актина (диск Z) между нитями миозина (диск A). Чем глубже скольжение, тем мышечное сокращение (мышечная сила) более выражено (рис. 4.13).

■ **Эластичность** – это свойство мышцы принимать первоначальную форму (приобретать исходную длину) после удаления раздражителя.



**Рис. 4.13.** Скольжение нитей микрофиламентов

Мышечная эластичность обеспечивается наличием АТФ в мышечной клетке. В отсутствии АТФ мышцы становятся жесткими (ригидными).

■ **Тонус мышц** – это способность поддерживать состояние легкой напряженности, полусокращения. Это состояние сохраняется рефлекторно посредством легкой возбуждения небольшого количества двигательных единиц.

Интенсивность тонуса меняется под воздействием разных факторов. Во сне мышечный тонус практически равен нулю.

## СОКРАЩЕНИЕ СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ

Любое движение – простое (например, сгибание руки, вращение головы) или сложное (танцы, плавание и т.д.), осуществляется определенными группами мышц.

Мышцы нуждаются в активной «поддержке» и активной деятельности органов системы кровообращения, дыхательных и выделительных органов. Они обеспечивают мышцы питательными веществами и O<sub>2</sub> для синтеза АТФ, и освобождают их от метаболических отходов (CO<sub>2</sub>, молочной кислоты).

Молекулы АТФ обеспечивают энергию для сокращения мышц. Они производятся в результате расщепления мышечного гликогена, мышечных жирных кислот и глюкозы плазмы крови.

В процессе сокращения скелетных мышц энергия АТФ превращается в механическую (около 30%), и тепловую энергию (около 70%). Мышцы являются основными генераторами тепла посредством мышечного тонуса и неслышных и частых сокращений.

Мышечные сокращения бывают: *изотоническими* и *изометрическими*.

■ **Изотонические** сокращения характеризуются укорачиванием мышц под влиянием постоянного раздражителя. Этот тип сокращений обеспечивает механическую работу и характерен для большинства мышц конечностей.

■ При **изометрических** сокращениях сохраняется форма и размер мышц, а меняется только степень их напряжения. Подобные сокращения не производят механической работы, а вся использованная энергия превращается в тепло.

Оба типа сокращений объединяются и чередуются во время мышечных сокращений. Так, при поднятии тяжести сначала происходит изометрическое сокращение, повышающее тонус мышцы, которое переходит затем в изотоническое, при котором мышцы сокращаются, и осуществляется поднятие тяжести.

■ **Мышечная сила** зависит от интенсивности раздражителя и морфофункциональных свойств мышцы. Она пропорциональна площади поперечного сечения тела мышцы и количеству волокон, из которых оно состоит.

■ **Работа скелетных мышц** - это мышечное сокращение, в результате которого происходит перемещение груза. В случае мышечных сокращений в отсутствии груза, или невозможности поднятия слишком тяжелого груза, работа мышц равна нулю.

■ **Мышечная усталость** – это временное сокращение функциональной работоспособности мышц после интенсивной работы. При этом в мышцах накапливается молочная кислота, вызывая отравление мышечных волокон. Мышечная усталость проявляется в сокращении мышечной силы, возбудимости и др.

■ **Скелетно-мышечные рычаги.** При движении костей в суставах образуются скелетно-мышечные рычаги (простые механизмы для передвижения грузов) (рис. 4.14).

В составе каждого скелетно-мышечного рычага можно выделить три основные точки:

- ✓ **S** – точка опоры;
- ✓ **R** – точка сопротивления (груз на подвижном конце кости);
- ✓ **F** – точка приложения силы (место прикрепления мышцы).

Отрезок между точками опоры и сопротивления [SR] называется «плечом сопротивления», а отрезок между точками опоры и приложения силы [SF] называется «плечом приложения силы». Движение происходит только в случае если  $SF > SR$ .



Рис. 4.14. Скелетно-мышечные рычаги

?

1. Дай определение свойствам мышц: возбудимости, сократимости, эластичности, тонуса.
2. Перечисли составные части нейромышечного соединения и двигательной единицы.
3. Объясни изменение дыхательного и сердечного ритма при физической нагрузке.

4. Объясни сущность теории скользящих нитей и найди на рис. 4.13 схему сокращенного и расслабленного волокна.
5. Найди на схемах (рис. 4.14) плечо сопротивления и плечо применения силы для каждого из рычагов.

6. Напиши эссе на тему: «АТФ – источник энергии для мышечных сокращений». Опиши биологический процесс, обеспечивающий мышцы АТФ, роль дыхания, питания и транспорта веществ в обеспечении мышц АТФ.

**ГИГИЕНА ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА**

Гармоничное развитие и сохранение активности опорно-двигательного аппарата обеспечивается правильным питанием и рациональным сочетанием физического и умственного труда. Движение является основой формирования опорно-двигательного аппарата и профилактики его функциональных нарушений.

Ходьба в течение не менее одного часа в день способствует развитию ног; *бег трусцой* (jogging) способствует развитию мышц, костей, суставов; *катание на велосипеде* формирует мышцы рук и ног; *плавание* тонизирует все мышцы тела, развивает подвижность всех суставов; *большой и настольный теннис* развивают устойчивость и подвижность; *зарядка* является способом ежедневного укрепления здоровья.

Дисфункции и заболевания опорно-двигательного аппарата возникают из-за:

- ✓ неправильного питания;
- ✓ механического воздействия;
- ✓ физических факторов (высокие или низкие температуры);
- ✓ химических факторов (алкоголь, никотин, соли тяжелых металлов);
- ✓ биологических факторов (болезнетворные микроорганизмы: вирусы и бактерии);
- ✓ чрезмерной нагрузки на опорно-двигательный аппарат.

**ЗАБОЛЕВАНИЯ СУСТАВОВ**

Малоподвижный образ жизни, чрезмерные нагрузки, травмы, инфекции приводят к преждевременному изнашиванию суставов.

■ *Вывихи* – это повреждения суставов, сопровождаемые смещением суставных поверхностей костей, уменьшением подвижности, болями и гематомами. Отличают несколько типов вывихов (табл. 4.2).

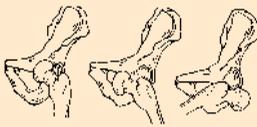
Первая помощь при травматическом вывихе состоит в фиксации сустава и доставке пострадавшего в травматологический пункт. В случае открытого вывиха на рану накладывают стерильную повязку.

■ *Артроз* является хроническим дегенеративным заболеванием суставов. Встречается, в основном, у пожилых людей и может привести к полной неподвижности сустава. Артроз характеризуется воспалением суставов.

Основной причиной артрозов является гиподинамия, которая приводит к «ржавлению» суставов. Также артроз может быть вызван избыточной нагрузкой, воспалением и сосудистыми нарушениями в тканях сустава.

Лечение артрозов зависит от степени тяжести и локализации процесса, и включает: нормализацию обменных процессов, предотвращение нагрузок на сустав, парафиновые аппликации, теплые ванны, а в тяжелых случаях – хирургическое вмешательство.

**Таблица 4.1****Вывихи**

Вывихи		Причины
Локтевого сустава 	Приобретенные - травматические	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Травматические вывихи происходят в результате травм или резких мышечных сокращений. В случае открытых вывихов происходит разрыв всех мягких тканей, которые окружают сустав. Чаще встречаются травматические вывихи плечевого, локтевого, тазобедренного суставов, суставов пальцев и нижней челюсти и др.</li> <li>• Патологические вывихи происходят в результате воспалительных процессов, артритов, артрозов и нервно-мышечного паралича.</li> </ul>
Плечевого сустава 	- закрытые - открытые - патологические	
Тазобедренного сустава 	Врожденные	

Профилактика артроза заключается в своевременном лечении переломов, вывихов, соблюдении режима питания, регулярных физических упражнениях и др.

## ЗАБОЛЕВАНИЯ КОСТЕЙ

Частота заболеваний костей (за исключением остеопороза у женщин в менопаузе) намного ниже, чем заболеваний суставов.

■ **Рахитизм** был описан в XVII веке как заболевание жителей рабочих кварталов Лондона. Причиной этого заболевания является недостаток провитамина D в пищевых продуктах и солнечного света.

Чаще всего проявляется у детей в 2–4-х месячном возрасте. Профилактика рахитизма у детей проводится путем добавления в пищевой рацион грудничков минеральных солей и витаминов. Необходимо сократить количество употребляемых макаронных изделий, манной каши, выпечки и увеличить употребление овощей, богатых кальцием.

Рекомендуются также профилактическое облучение ультрафиолетовыми лучами (проводится по рекомендации и под наблюдением врача), прогулки на свежем воздухе, солнечные ванны.

■ **Переломы** представляют собой нарушение целостности кости под сильным воздействием физических факторов. Чаще всего происходят переломы костей конечностей. Переломы проявляются болью, которая усиливается при прикосновении к поврежденному участку.

■ **Остеопороз** – деминерализация костей и возникновение предрасположенности к переломам при низкоинтенсивном воздействии, или даже в отсутствии воздействия. При остеопорозе строение костей напоминает ветхую, местами разорванную ткань.

Предотвращение остеопороза заключается в приеме препаратов кальция и адекватной физической нагрузке. Рекомендованными спортивными занятиями для профилактики остеопороза являются баскетбол, волейбол, бег, аэробика, прыжки со скакалкой, ходьба. Все упражнения должны быть адаптированы к индивидуальным возможностям и выполняться систематически.

## ЗАБОЛЕВАНИЯ МЫШЦ И СУХОЖИЛИЙ

Дисфункции и заболевания мышц и сухожилий появляются чаще всего как следствие местных воспалительных процессов, перенапряжения или ревматических факторов.

■ **Мышечная лихорадка** появляется в результате перегрузки мышц, особенно в случае непривычной деятельности. Она обусловлена мелкими разрывами мышечных волокон и накоплением продуктов обмена.

Тяжелые случаи мышечной лихорадки лечатся под наблюдением врача, а легкие – при помощи сауны, теплых ванн, массажа. В случае мышечной лихорадки необходимо максимально ограничить движения. Для профилактики мышечной лихорадки перед выполнением тяжелой работы или упражнений, необходимо провести процедуру постепенного «согревания» путем медленного увеличения нагрузки на мышцы.

Мышечная дистрофия (МД) представляет собой группу наследственных инвалидизирующих заболеваний, которые характеризуются прогрессирующим разрушением мышц тела, приводящих к мышечной слабости.

По мере прогрессирования болезни, разрушенные мышечные волокна замещаются соединительной и жировой тканью. Каждая из форм МД отличается по симптомам, эволюции заболевания и типа наследственной передачи. Самыми распространенными формами МД являются мышечные дистрофии Дюшенна и Беккера, которые встречаются исключительно у мужчин. Причиной их возникновения является генетическая недостаточность белка дистрофина.

Для МД не существует лечения, а все существующие препараты и процедуры нацелены на замедление процесса эволюции болезни.

■ **Воспаление** оболочек сухожилий – это воспаление каналов, по которым проходят сухожилия мышц предплечья и голени в результате перегрузок (печатание на клавиатуре, игра в теннис, ходьба на длинные расстояния и др.)

В зоне воспаления сухожилий наблюдаются болевые ощущения, утолщения и отеки.



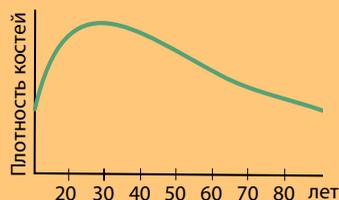
1. Назови факторы риска для опорно-двигательного аппарата.

2. Перечисли физические упражнения, предотвращающие заболевания опорно-двигательного аппарата человека.

3. Опиши способы предотвращения мышечной лихорадки у людей, которые посещают тренажерные залы.

4. Изучи кривую динамики изменений плотности костей и предложи программу

по предотвращению остеопороза.



**ЖИЗНЕННЫЕ ФУНКЦИИ КОСТНОЙ СИСТЕМЫ**

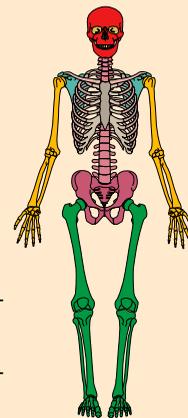
<b>Функции взаимосвязи</b>	Нервная система	Кости защищают органы чувств, головной и спинной мозг.
	Мышечная система	Кости служат местом прикрепления мышц. Костная ткань служит источником $Ca^{2+}$ , необходимого для сокращения мышц.
	Эндокринная система	Кости обеспечивают защиту желез внутренней секреции, служат источником $Ca^{2+}$ , необходимого для действия гормонов.
<b>Питательные функции</b>	Мочевыделительная система	Скелет защищает органы мочевыделительной системы.
	Кожа	Скелетные кости служат опорой для кожи.
	Сердечно-сосудистая система	Грудная клетка защищает сердце; в красном костном мозге формируются эритроциты; костная ткань служит источником $Ca^{2+}$ , необходимого для коагуляции крови.
	Лимфатическая система	В красном костном мозге формируются лейкоциты.
	Дыхательная система	Грудная клетка защищает легкие. Кости служат местом прикрепления дыхательных мышц.
	Пищеварительная система	Челюсти оснащены зубами и участвуют в жевании. Подъязычная кость участвует в глотании.
<b>Репродуктивные функции</b>	Репродуктивные органы	Кости служат опорой и защитой для репродуктивных органов. Кости таза защищают эмбрион/плод и обеспечивают роды.

**ЖИЗНЕННЫЕ ФУНКЦИИ МЫШЕЧНОЙ СИСТЕМЫ**

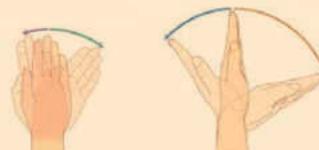
<b>Функции взаимосвязи</b>	Нервная система	Сокращения мышц обеспечивают движения глазного яблока и суживают зрачок.
	Костная система	Скелетные мышцы, сокращаясь, приводят в движение кости.
	Эндокринная система	Мышцы защищают железы внутренней секреции.
<b>Питательные функции</b>	Мочевыделительная система	Скелетные мышцы служат опорой и защитой для органов мочевыделительной системы.
	Кожа	Сокращение мускулатуры и кожных кровеносных сосудов обеспечивают терморегуляцию.
	Сердечно-сосудистая система	Сокращение сердечной мышцы, мышц стенок кровеносных сосудов и скелетных мышц обеспечивают движение крови.
	Лимфатическая система	Сокращение мышц обеспечивают циркуляцию лимфы.
	Дыхательная система	Мышцы формируют стенки грудной полости и обеспечивают легочную вентиляцию.
	Пищеварительная система	Мышцы формируют стенки брюшной полости и входят в состав стенок органов пищеварительной системы; обеспечивают моторику пищеварительного тракта.
<b>Репродуктивные функции</b>	Репродуктивные органы	Сокращение мышц маточных труб обеспечивает продвижение яйцеклетки, а сокращение маточных мышц – роды.

## ИТОГОВЫЙ ТЕСТ

1. Найди на схеме и назови:
  - а) Самую длинную кость скелета человека.
  - б) Кости, защищающие сердце и легкие.
  - в) Кости, которые образуют позвоночник.
  - г) Кость, которая участвует в жевании.
2. Найди на схеме скелета человека:
  - а) Бедренную кость, тазовую кость, коленную чашечку, кости запястья, лобную кость.
  - б) Классифицируй эти кости в соответствии с критерием соотношения длины, высоты, ширины.
  - в) Составь таблицу, которая содержит название данных костей, и цифры, какими ты их указал на схеме.



3. Назови сустав, который обеспечивает выполнение движений, изображенных на схеме и кости, которые образуют данный сустав.

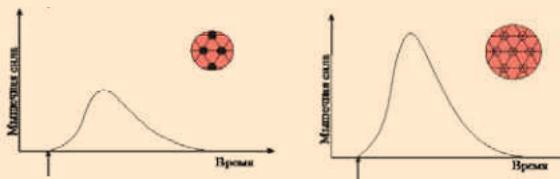


4. Объясни, каким образом судмедэксперты и археологи различают мужские и женские скелеты.

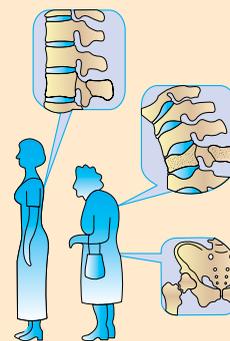


5. Сравни способ соединения костей черепа, позвоночника, пальцев, и сформулируй вывод о соотношении между способом соединения и функциями данных суставов.

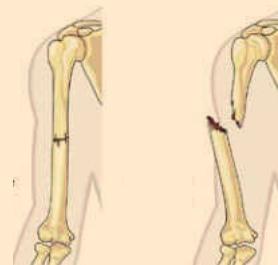
6. Сформулируй вывод, используя информацию, содержащуюся в рисунке, о зависимости величины мышечного напряжения и морфологии мышечного волокна.

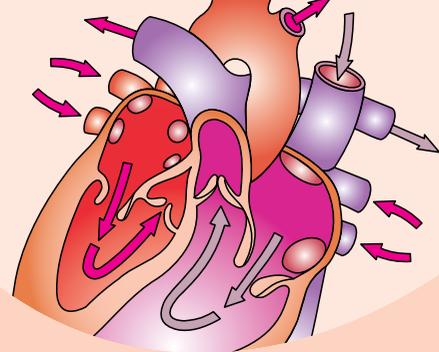


7. Сравни вид позвоночника и, соответственно, форму тела у здоровых людей и у больных остеопорозом. Объясни различия, основываясь на изменениях в пораженных костях.



8. Изучи схему повреждения плечевой кости.
  - а) Назови тип повреждения плечевой кости.
  - б) Назови две причины подобного повреждения.
  - в) Опиши два действия в целях оказания первой медицинской помощи при данном виде травмы.
  - г) Объясни механизм регенерации и восстановления поврежденной кости.





# ТРАНСПОРТ ВЕЩЕСТВ В ОРГАНИЗМЕ

- Внутренняя среда человека
- Сердечно-сосудистая система человека. Сердце
- Сердечно-сосудистая система человека. Кровеносные сосуды
- Лимфатическая система человека
- Гигиена, дисфункции и заболевания сердечно-сосудистой системы

# 25 ВНУТРЕННЯЯ СРЕДА ЧЕЛОВЕКА

В организме человека происходит постоянный обмен питательных веществ, гормонов, отходов жизнедеятельности, и др. между клетками, тканями, органами, системами органов, осуществляемый:

- ✓ межклеточной жидкостью;
- ✓ кровью и циркулирующей лимфой;
- ✓ органами кровеносной и лимфатической системы

Межклеточная жидкость, циркулирующая лимфа и кровь находятся в постоянном взаимодействии. Кровь, накачиваемая сердцем под давлением, достигает капилляров, где фильтруется, образуя межклеточную жидкость. Она проходит через стенки лимфатических капилляров и превращается в циркулирующую лимфу, которая снова возвращается в кровеносные сосуды через подключичные вены.

**МЕЖКЛЕТОЧНАЯ ЖИДКОСТЬ** представляет собой плазму крови без форменных элементов и крупных белковых молекул. Она омывает клетки органов и тканей организма. Образуется в результате фильтрации крови из артериальных капилляров. Питательные вещества, гормоны и кислород попадают из крови в межклеточную жидкость, а затем в клетки.

Метаболические отходы (например,  $\text{CO}_2$ ) попадают в межклеточную жидкость, а затем в кровеносные или лимфатические сосуды. Таким образом, межклеточная жидкость осуществляет связь между клетками разных частей тела.

**ЦИРКУЛИРУЮЩАЯ ЛИМФА** – это прозрачная бесцветная жидкость, состоящая из:

- ✓ плазматической части, содержащей белки, электролиты, глюкозу, холестерин, железо, ферменты, гормоны (концентрация которых зависит от питания, инфекций и др.);
- ✓ клеточной части, которая содержит лимфоциты и макрофаги.

**КРОВЬ** – это жидкая соединительная ткань, состоящая из плазмы (жидкой фазы) и форменных элементов (клеточной фазы) (рис. 5.1). Кровь выполняет три основные функции:

- ✓ переносит питательные вещества (углеводы, жиры, аминокислоты), газы ( $\text{O}_2$  и  $\text{CO}_2$ ), ионы ( $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ) и метаболические отходы;
- ✓ защищает организм от патогенов и токсинов;
- ✓ обеспечивает внутренний гомеостаз.

■ **Плазма** – жидкость светло-желтого цвета. Состоит из воды (около 90%), минеральных

и органических веществ (7%). Минеральные соли выполняют функцию буферного раствора, поддерживающего слабощелочную реакцию среды (рН 7,4), и создающего оптимальное осмотическое давление для фильтрации крови через капилляры. Плазма способна свертываться благодаря наличию полимеризирующих растворимых белков (например, фибриногена). В результате образуется фиброзная сеть и прозрачная жидкость – сыворотка. Защитные белки плазмы: иммуноглобулины (антитела), С-реактивный белок, способствуют фагоцитозу микроорганизмов макрофагами.

■ **Форменные элементы** крови – это клетки или клеточные фрагменты (рис. 5.1).

**Эритроциты** – красные, дисковидные клетки двояковогнутой формы, диаметром около 7 мкм и толщиной 1-2 мкм, без ядра и клеточных органоидов. Эритроциты переносят дыхательные газы ( $\text{O}_2$  и  $\text{CO}_2$ ). У женщин кровь содержит в среднем 4,8 млн эритроцитов/мл, у мужчин – 5,4 млн/мл, а у новорожденных – 6-7 млн/мл.

Основной компонент эритроцитов – гемоглобин (около 95% белков эритроцитов), который служит «транспортным средством» для переноса кислорода и углекислого газа. Один грамм эритроцитов может переносить 1,34 мл кислорода на 100 мл крови. Помимо средства к  $\text{O}_2$  и  $\text{CO}_2$ , гемоглобин обладает еще большим сродством к монооксиду углерода. Если этот газ присутствует в атмосфере, он вымещает кислород из молекул гемоглобина, что приводит к асфиксии и смерти человека.

**Тромбоциты** (кровяные пластинки) – линзовидные, окруженные мембраной и лишенные ядра. Обеспечивают гемостаз – предотвращают кровотечения в случае повреждения кровеносных сосудов. Они останавливают кровотечение, прикрепляясь к поврежденному

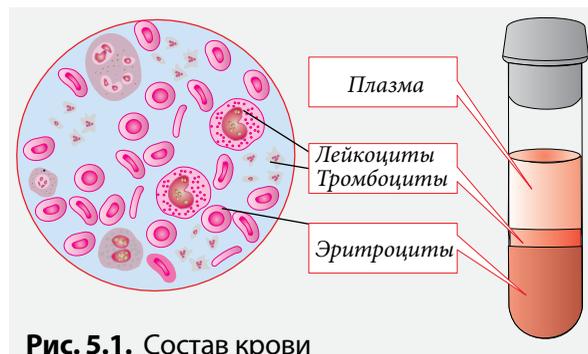


Рис. 5.1. Состав крови

участку, и выделяя вещества, способствующие свертыванию крови. В 1 мл крови содержится около 250 000 тромбоцитов.

**Лейкоциты** – это клетки с ядром, которые могут покидать кровеносные сосуды и проникать в лимфатические сосуды или межклеточную жидкость. В 1 мл крови содержится около 7000 лейкоцитов. Они борются с микроорганизмами. Лейкоциты образуют четыре морфофункциональные группы: гранулоциты; лимфоциты; моноциты и макрофаги.

✓ Гранулоциты являются гранулированными лейкоцитами и бывают трех типов:

- нейтрофилы – фагоцитарные клетки, которые распознают и нейтрализуют чужеродные частицы;
- эозинофилы (ацидофилы) – это фагоцитарные клетки, которые выделяют во внешнюю среду содержимое своих гранул, эффективно действующее в борьбе с патогенами;
- базофилы – не обладают фагоцитарными свойствами, но выполняют функцию системы тревоги в случае инфекции. Они запускают иммунные механизмы. Базофилы обладают хемотаксисом, противовоспалительными и ферментативными свойствами. Поражение базофилов вызывает аллергические реакции.

✓ Лимфоциты – небольшие клетки, со сферическим ядром и небольшим количеством цитоплазмы. Взаимодействуя с антигенами,

они образуют антитела, которые попадают в кровь через лимфатические узлы.

✓ Моноциты и макрофаги – это крупные циркулирующие клетки. Моноциты находятся в крови 2-3 дня, а затем проникают в разные ткани, где превращаются в макрофаги. Макрофаги обладают фагоцитарными свойствами.

Соотношение количества всех типов лейкоцитов в крови обычно варьирует в определенных пределах, и выражается лейкоцитарной формулой: нейтрофилы (40-75%), лимфоциты (20-45%), моноциты (2-10%), эозинофилы (1-6%), базофилы (0-1%).

Клетки крови образуются в красном костном мозге из стволовых тотипотентных клеток, которые дифференцируются в предшественники каждого типа кровяных клеток.

**Группы крови.** На поверхности эритроцитов располагаются антигены (А,В), тип которых определен генетически. Группа крови человека определяется наличием антигенов, согласно специальным системам.

■ **ABO система.** Антигены этой системы определяют эритроцитарные группы: 0, А, В и АВ. Группа АВ имеет оба антигена, а группа 0 – ни одного.

■ **Rh система.** У 85% представителей белой расы был обнаружен антиген D, который назван резус-фактором (Rh). Люди, обладающие этим антигеном, называются Rh-положительными, а те, у которых он отсутствует – Rh-отрицательными.

## ИЗУЧЕНИЕ ФОРМЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КРОВИ НА МИКРОСКОПИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТАХ

ЭКСПЕРИМЕНТ

### ■ Материалы и оборудование

- ✓ Микроскоп
- ✓ Микропрепараты (фотографии) «Кровь»

### ■ Ход работы:

1. Изучи под микроскопом (на фотографиях) форменные элементы крови.
2. Идентифицируй эритроциты, лейкоциты и тромбоциты.

### ■ Представление результатов.

1. Зарисуй рассмотренный препарат.
2. Укажи на рисунке форменные элементы крови и опиши их функции.

?

1. Дай определение следующим понятиям: межклеточная жидкость; циркулирующая лимфа; кровь.
2. Составь схему, отражающую взаимосвязь между межклеточной жидкостью, циркулирующей лимфой и кровью.
3. Перечисли компоненты крови.

4. Дай определение понятия группа крови.
5. Найди соответствие между формой клеток крови и выполняемыми функциями.
6. Опиши морфологию клеток крови в связи с выполняемыми функциями.

7. Аргументируй, что свертывание крови является защитным механизмом в случае травм, сопровождаемых кровотечением.
8. Напиши эссе о роли крови в жизнедеятельности организма.

Сердечно-сосудистая система человека состоит из трех анатомо-функциональных компонентов: *сердца, кровеносных сосудов и крови.*

**СЕРДЦЕ** – это полый мышечный орган, расположенный в грудной клетке, сзади и чуть слева от грудины.

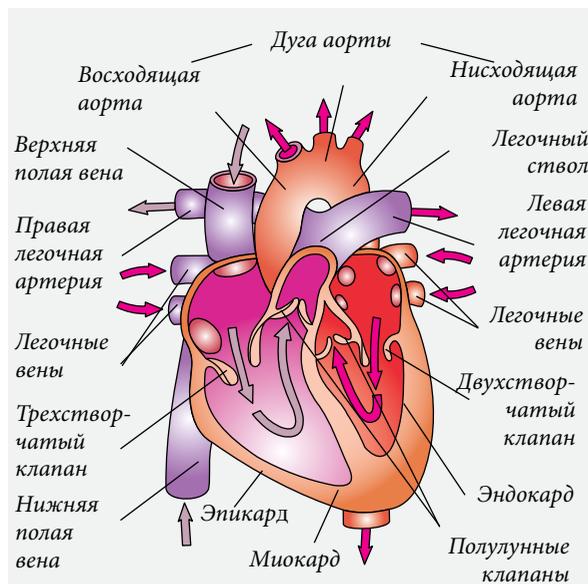
Стенки сердца состоят из сердечной мышечной ткани - *миокарда*, внутренняя сторона которого выстлана тонким эпителием – *эндокардом*, а внешняя – оболочкой соединительной ткани – *эпикардом*. Все сердце покрыто серозной оболочкой – *перикардом*.

Внутренняя сердечная перегородка делит сердце на две не сообщающиеся анатомические и функциональные половины (правое и левое сердце). Каждая половина состоит из двух единиц: нижней – *желудочка*, и верхней – *предсердия*. Предсердие и желудочек разделены между собой *клапанами*.

Стенки желудочков толще стенок предсердий, а стенка левого желудочка толще стенки правого.

Сердечные клапаны определяют направление и силу потока крови из предсердия в желудочек, а затем в кровеносные сосуды. Различают три типа сердечных клапанов: трехстворчатый, двухстворчатый и полулунные клапаны (*рис. 5.2*).

Сердце накачивает кровь в сосуды благодаря своей механической и электрической работе.



**Рис. 5.2.** Строение сердце человека

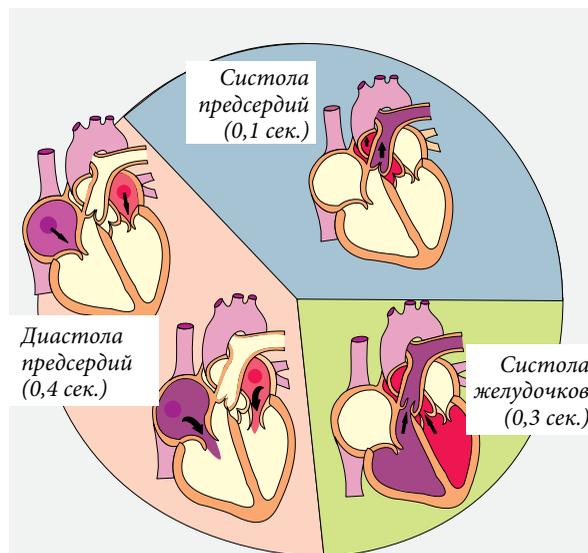
**МЕХАНИЧЕСКАЯ РАБОТА СЕРДЦА**, или сердечный цикл, состоит из чередования сокращения (систола) и расслабления (диастола) желудочков и предсердий. Число сердечных циклов за одну минуту составляет сердечный ритм. У взрослого человека сердечный ритм состоит из 70-75 сердечных циклов.

Сердечный цикл состоит из: *диастолы предсердий и желудочков, систолы предсердий и систолы желудочков (рис. 5.3).*

*Диастола* длится около 0,4 сек. Стенки предсердий и желудочков расслаблены. В правое предсердие поступает венозная кровь из полых вен, а в левое – артериальная кровь из легочных вен.

Во время *систола предсердий* (0,1 сек.) стенки предсердий сокращаются и проталкивают кровь в желудочки. При сокращении правого предсердия открывается трехстворчатый клапан, и кровь поступает в правый желудочек, а при сокращении левого предсердия открывается двухстворчатый клапан – кровь поступает в левый желудочек.

*Систола желудочка* длится около 0,3 сек. В это время стенки желудочков сокращаются и толкают кровь вверх. Кровь из правого желудочка, открывая легочный клапан, поступает в легочный ствол. Кровь из левого желудочка открывает полулунные клапаны и проникает в аорту.



**Рис. 5.3.** Сердечный цикл

Во время одного сердечного цикла прослушиваются два *сердечных тона*, разделенных короткой паузой. Первый тон (*систолический*) слышен в начале систолы желудочков. Он возникает в результате закрытия двухстворчатого и трехстворчатого клапанов. Второй – *диастолический тон* – возникает в начале диастолы желудочков, в результате закрытия полулунных клапанов.

**ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ РАБОТА СЕРДЦА** состоит в генерировании и распространении нервных импульсов по проводящей системе сердца, что обеспечивает одновременное сокращение клеток миокарда (закон все или ничего) и ритмичность сердечных сокращений. Нервный импульс возникает в синусном и предсердно-желудочковом узлах, пучках Гиса и Пуркинье, и передается всем клеткам миокарда (рис.5.4).

Импульсы возникают в синусном узле (70-80 импульсов/мин.) и быстро распространяются по всему миокарду. При повреждении синусного узла командная роль переходит к предсердно-желудочковому узлу, ритмичность которого меньше (40 импульсов/мин.). Если отключается и предсердно-желудочковый узел, нервные импульсы генерируются в пучке Гиса, с частотой 20-25 импульсов/мин.

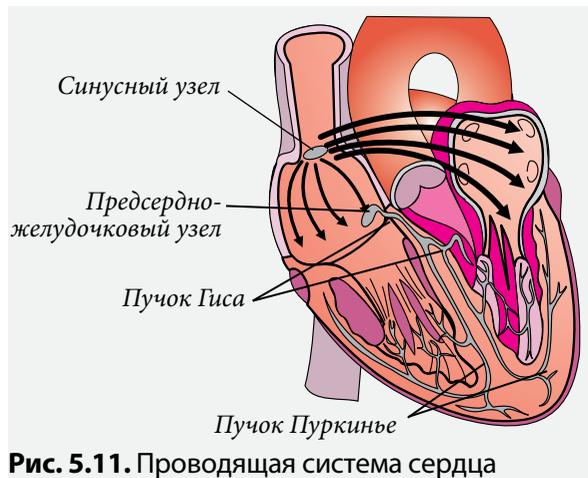


Рис. 5.11. Проводящая система сердца

Электрический импульс, возникший в синусном узле, вызывает систолу предсердий (желудочки расслаблены), затем передается предсердно-желудочковому узлу и вызывает систолу желудочков (предсердия расслаблены).

Электрическая работа сердца зависит от температуры, концентрации ионов  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ , гормонов и др.

Распространение импульса по миокарду регистрируется на электрокардиограмме (рис. 5.5). Систола предсердия записывается в виде низкоамплитудной, направленной вверх волны Р. Следующий ровный участок PQ называется изоэлектрическим участком. Систола желудочка записывается в виде комплекса QRS, за которым следует второй изоэлектрический участок. В конце сердечного цикла записывается слабая, направленная вверх волна Т, которая отражает реполяризацию желудочка.

Систола желудочков вызывает повышение давления крови в аорте, увеличение ее диаметра. Это расширение передается по артериям благодаря эластичным волокнам их стенок, и называется *артериальным пульсом*. Он прощупывается на всех поверхностных артериях.

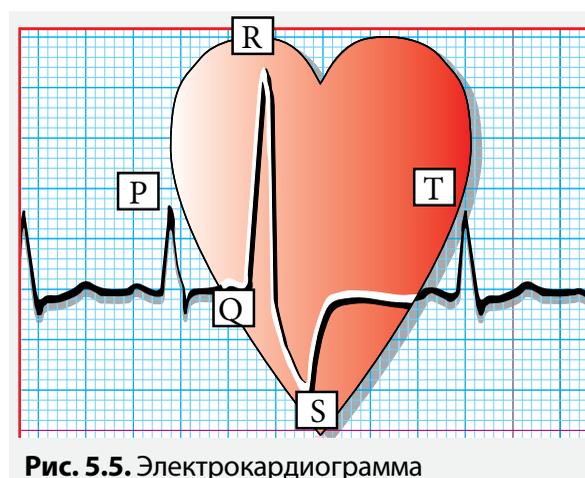


Рис. 5.5. Электрокардиограмма



1. Опиши строение сердца человека.
2. Объясни роль двухстворчатых, трехстворчатых и полулунных клапанов в процессе движения крови.
3. Изобрази в виде схемы движение крови по предсердиям и желудочкам в течение одного сердечного цикла.
4. Объясни значение мышечной структуры стенок сердца в осуществлении механической работы.

5. Опиши сравнительное строение и функции предсердий и желудочков.
6. Составь словарь терминов, содержащихся в материалах данной темы, и относящихся к строению и функциям сердца.
7. Миокард – сердечная мышца, которой присущи характеристики скелетных мышц: возбудимость, проводимость, сократимость. Объясни смысл этих понятий.

8. Синусная тахикардия\* является нарушением сердечного ритма, при котором его значение достигает 100 ударов в минуту. Причинами этого явления может быть злоупотребление алкоголем, табаком, кофе. Объясни, как влияют эти вещества на сердечный ритм.  
\*Понятие синусная тахикардия происходит от названия синусный узел.

# СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТАЯ СИСТЕМА ЧЕЛОВЕКА. КРОВЕНОСНЫЕ СОСУДЫ

Кровеносные сосуды представляют собой трубчатую закрытую систему, которая обеспечивает транспорт крови от сердца ко всем клеткам тела, и от них – к сердцу. В соответствии с направлением тока крови в организме, кровеносные сосуды образуют артериальное сосудистое древо, направленное от сердца, и венозное сосудистое древо, направленное к сердцу.

**АРТЕРИИ** – кровеносные сосуды с крепкими эластичными стенками, состоящими из трех слоев (рис. 5.6), по которым от сердца идет непрерывный поток крови под давлением. Артериальная система начинается в левом желудочке, откуда отходят аорта и легочный ствол. Диаметр артерий и давление крови в них уменьшаются по мере их отдаления от сердца. В артериях находится около 20% всей крови человека.

■ **Аорта** – берет начало в левом желудочке, образуя вначале расширение – аортальную луковичку, и следующие три сегмента: восходящую аорту, дугу аорты и нисходящую аорту (рис. 5.2). От этих трех сегментов отходят все артерии тела.

Аорта – сосуд с самым большим диаметром и с самыми толстыми стенками. Средний слой аорты содержит больше коллагеновых волокон, чем другие артерии. Это придает ей повышенную эластичность и стойкость, необходимые при движении крови под давлением

(140-160 мм Hg в норме и 320-340 мм Hg у больных гипертонией).

Во время систолы желудочков полулунные клапаны открываются, и артериальная кровь (содержащая  $O_2$  и питательные вещества) проталкивается в аорту. Под воздействием давления потока крови стенки аорты расширяются (пассивное расширение), а во время диастолы они возвращаются в нормальное состояние (рис. 5.7).

■ **Легочный ствол** начинается в правом желудочке и через небольшое расстояние образует две ветви – правую и левую легочные артерии (рис. 5.2). Эти артерии несут венозную кровь в легкие, где происходит обмен  $CO_2$  и  $O_2$ .

■ **Артерии** являются разветвляющимися восходящей и нисходящей аорты, дуги аорты и легочного ствола. Гладкие мышечные волокна среднего слоя артерий поддерживают постоянное давление крови благодаря вазомоторным свойствам, контролируемым вегетативной нервной системой. Симпатическая нервная система оказывает сосудосуживающее, а парасимпатическая – сосудорасширяющее действие на артерии.

■ **Артериолы** – это более мелкие разветвления артерий. Гладкие мышцы артериол иннервируются вегетативной нервной системой. Из артериол кровь поступает в капилляры.

**Вены** – кровеносные сосуды, стенки которых снабжены полулунными клапанами. Они обеспечивают одностороннее движение крови против силы притяжения (снизу вверх). Объем крови, содержащейся в венах, превышает в 3 раза объем крови в артериях. Вены переносят кровь от капилляров разных частей тела к сердцу (полые и легочные вены) и печени (воротная вена). Диаметр вен при определенных обстоятельствах может увеличиваться в 6-10 раз.

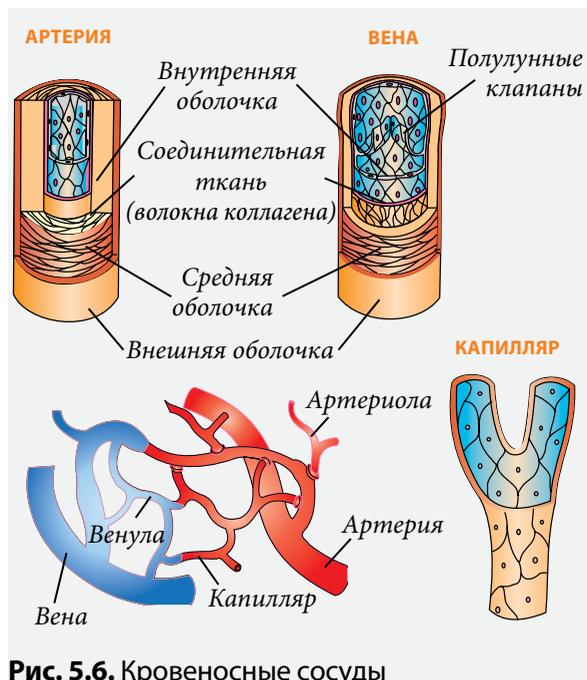


Рис. 5.6. Кровеносные сосуды

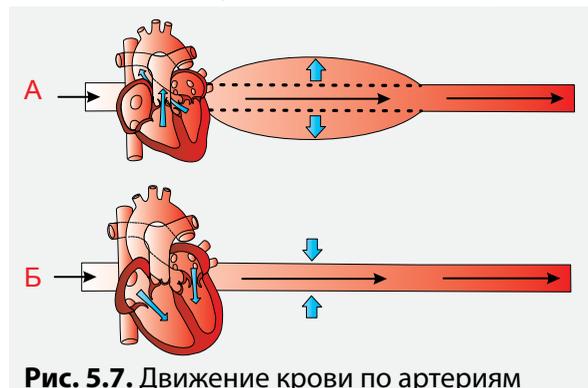


Рис. 5.7. Движение крови по артериям

■ **Полые вены** (верхняя и нижняя) переносят венозную кровь (богатую  $\text{CO}_2$ ) от всего тела в правое предсердие (рис. 5.2). Верхняя полая вена собирает кровь от головы, груди и верхних конечностей, а нижняя – от частей тела, расположенных ниже диафрагмы (живота – стенок и парных органов, таза и нижних конечностей).

■ **Легочные вены** несут артериальную кровь от легких к левому предсердию.

■ **Воротная вена** собирает кровь от непарных органов брюшной полости. Она берет начало от капилляров пищеварительного канала и заканчивается разветвлением на капилляры печени.

■ **Движение крови по венам** осуществляется за счет:

✓ присасывающей функции грудной клетки. Во время вдоха давление в грудной клетке становится ниже атмосферного из-за увеличения ее объема. В результате воздух попадает в легкие, а кровь движется снизу вверх. Во время выдоха давление в грудной клетке увеличивается, и кровь движется сверху вниз;

✓ сокращения желудочков, при котором происходит уменьшение давления в правом предсердии. Это способствует присасыванию крови и его движению снизу вверх;

✓ сокращения мышц конечностей, которые способствуют уменьшению диаметра вен;

✓ клапанов стенок вен и их сокращения, что препятствует обратному току.

Сокращение мышц нижних конечностей способствует усилению работы сердечной мышцы. Именно поэтому не рекомендуется резко прекращать физическую нагрузку. Резкая остановка после быстрого бега подвергает сердце огромным перегрузкам.

**Капилляры** являются самыми мелкими сосудами. Формируются в результате ветвления артериол. Стенки капилляров состоят из одного слоя клеток.

Капилляры являются функциональной единицей сердечно-сосудистой системы. В них происходит обмен веществ между кровью и межклеточной жидкостью путем простой диффузии, через поры и путем пиноцитоза.

Капилляры отвечают на нервные импульсы вегетативной системы и действие некоторых гормонов увеличением или уменьшением диаметра.

Доля функциональных капилляров составляет около 30%, остальные же находятся «в спящем состоянии» (кровь по ним не циркулирует). При необходимости они начинают работать для обеспечения потребности конкретного органа. Так, число работающих капилляров кишечника увеличивается во время пищеварения, мозга – во время умственного напряжения,

мышц – во время мышечных сокращений и т.д. Число капилляров растет в органах, которые подвергаются постоянным нагрузкам.

Например, у людей, постоянно занимающихся умственной деятельностью, число капилляров в коре головного мозга больше, чем у других, а у спортсменов больше капилляров в скелетных мышцах, миокарде и легких.

Кровеносные сосуды образуют два круга кровообращения: большой (системный) и малый (легочный) круг (рис. 5.8).

**БОЛЬШОЙ КРУГ КРОВООБРАЩЕНИЯ** начинается в левом желудочке, откуда богатая кислородом кровь направляется в аорту, а потом (по артериям, артериолам и капиллярам) ко всем органам и тканям организма. По большому кругу кровь несет  $\text{O}_2$  всем клеткам тела и забирает вместо него  $\text{CO}_2$ .

Капилляры, соединяясь, образуют венулы. Венулы вливаются в вены, по которым венозная кровь попадает в правое предсердие, а затем в правый желудочек сердца (конечная точка большого круга). Кровь проходит большой круг за 16-17 сек.

**МАЛЫЙ КРУГ КРОВООБРАЩЕНИЯ** начинается в правом желудочке, который, сокращаясь, проталкивает кровь в легочный ствол. По двум веткам легочного ствола кровь попадает в капилляры легких. Здесь происходит газообмен: кровь отдает  $\text{CO}_2$  и получает  $\text{O}_2$ . Через легочные вены артериальная кровь вливается в левое предсердие.

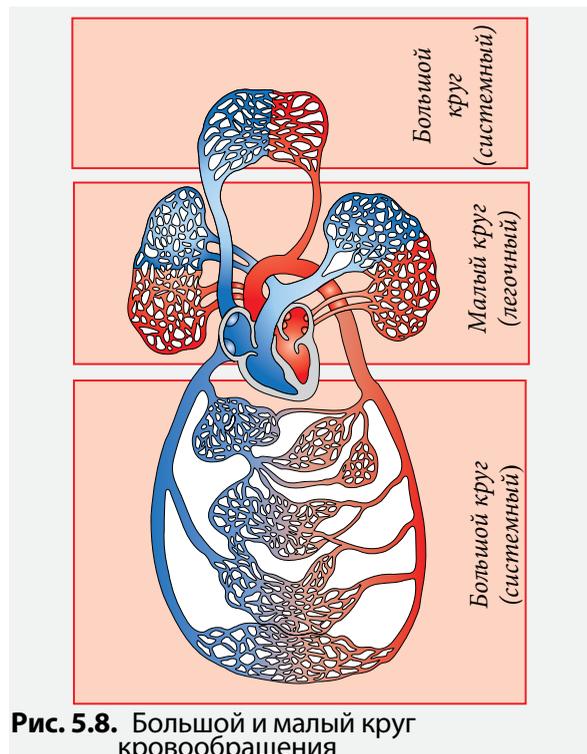


Рис. 5.8. Большой и малый круг кровообращения

**КРОВЯНОЕ ДАВЛЕНИЕ** это сила, с которой циркулирующая кровь действует на стенки кровеносных сосудов. По мере продвижения крови от аорты в артерии, артериолы, капилляры, венылы и вены кровяное давление падает (рис. 5.9)

Для артериальной крови характерны две предельные величины: максимальное (или систолическое), и минимальное (или диастолическое) давление. Эти показатели зависят от возраста, эмоций и др. Они измеряются специальным прибором – манометром, и выражаются в миллиметрах ртутного столба.

Во время выполнения мышечной работы максимальное значение артериального давления может достигать 200-220 мм Нг. Такое повышение является следствием увеличения силы мышечных сокращений и максимального развития сердечной мышцы. Повышение давления в этом случае считается положительным явлением. У неспортивных людей сердце не может обеспечивать высокое давление, что отрицательно сказывается на эффективности работы мышц.

Значение кровяного давления является критерием мониторинга больного, находящегося под действием анестезии, реанимационных действий и в случае дисфункций сердечно-сосудистой системы.

### ЖИЗНЕННО ВАЖНЫЕ ФУНКЦИИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ

#### ■ Транспортная функция.

✓ Движение крови по большому и малому кругу кровообращения обеспечивает клетки организма  $O_2$  и удаляет  $CO_2$

✓ Через стенки капилляров пищеварительных органов, в кровь попадают растворимые продукты пищеварения (глюкоза, аминокислоты, витамины и др.), которые направляются по воротной вене в печень. Часть этих веществ



Рис. 5.9. Давление крови в разных типах сосудов

откладывается в печени, а другие подвергаются химическим превращениям. Кровь, которая покидает печень, содержит доступные и полезные для организма питательные вещества.

✓ Кровь собирает метаболические отходы, выработанные клетками организма, и переносит их в почки, где в клубочках происходит их фильтрация для дальнейшего удаления из организма.

#### ■ Функция саморегуляции.

✓ Сердечно-сосудистая система переносит гормоны от места синтеза к клеткам-мишеням, обеспечивая тем самым гормональную регуляцию и координацию деятельности различных тканей и органов.

✓ Кровеносная система обеспечивает клетки  $O_2$ , поддерживая постоянную скорость обмена веществ и постоянную температуру тела. Расширение сосудов увеличивает поток крови к коже, что способствует возрастанию теплоотдачи. В случае снижения температуры тела, происходит сужения сосудов, что препятствует теплоотдаче.

#### ■ Защитная функция.

✓ Тромбоциты и белки плазмы крови (фибриноген) защищают организм от кровопотери и от инвазий патогенов посредством механизмов коагуляции.

✓ Лейкоциты обеспечивают защиту от токсинов и патогенов посредством фагоцитоза или выработки антител.

?

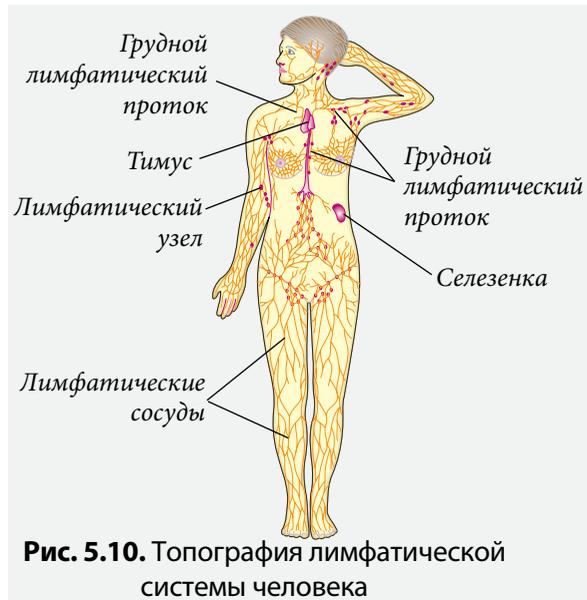
1. Заполни таблицу, содержащую органы сердечно-сосудистой системы.
2. Составь две схемы: большого и малого круга кровообращения.
3. Объясни, почему большой круг называется системным, а малый – легочным.

4. Приведи аргументы против утверждения: «По всем венам движется венозная кровь, а по всем артериям – артериальная».
5. Составь словарь терминов, содержащихся в материалах данной темы, и относящихся к строению и функциям кровеносных сосудов.

6. Докажи, что функции кровеносных сосудов определяются строением их стенок.
7. Опиши изменения состава крови капилляров:
  - ✓ легочных альвеол;
  - ✓ мышечных волокон;
  - ✓ пищеварительного канала.

# 28 ЛИМФАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ЧЕЛОВЕКА

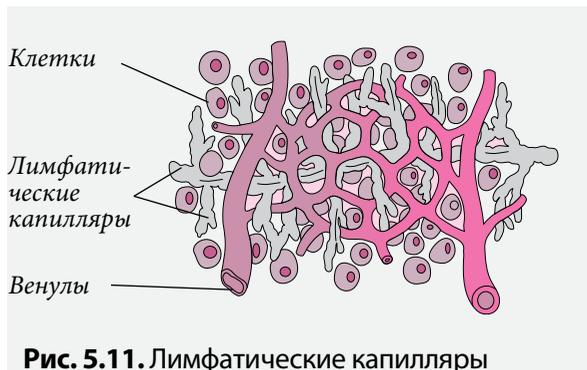
Лимфатическая система является частью сердечно-сосудистой системы. Она состоит из циркулирующей лимфы, лимфатических сосудов и лимфатических органов (рис. 5.10).



■ **Лимфатические сосуды** делятся на: капилляры, сосуды, грудные протоки.

**Лимфатические капилляры** – слепые сосуды, заканчивающиеся в межклеточном пространстве. Они похожи на кровеносные капилляры, но имеют меньший диаметр и большую проницаемость. Через их стенки проходят микроорганизмы и белки (рис. 5.11).

**Лимфатические сосуды** являются продолжением лимфатических капилляров. По ним лимфа движется в сторону грудных протоков. Лимфатические сосуды сопровождают вены и имеют одинаковое с ними строение. Через равные промежутки на внутренней стенке сосудов



располагаются полулунные клапаны, которые обеспечивают одностороннее движение лимфы.

**Грудные протоки** образуются в результате слияния лимфатических сосудов. В начале и в конце левого протока есть полулунные клапаны. Левый проток имеет в длину 33-43 см и вливается в левую яремную вену. Этот проток собирает лимфу от 2/3 частей тела. Правый лимфатический проток имеет в длину 10-12 см и собирает лимфу от правой трети тела.

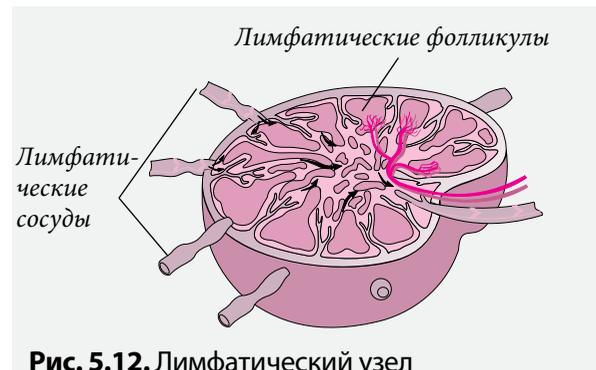
■ **Лимфатические органы** содержат клетки, защищающие организм от бактерий, вирусов и токсинов – лимфоциты (Т и В), и называются также лимфоидными органами. Они делятся на: центральные и периферические.

В **центральных лимфоидных** органах происходит дифференциация лимфоцитов: в тимусе – Т-лимфоцитов, а в костном мозге – В-лимфоцитов.

**Периферические органы** накапливают лимфоциты и выделяют их в плазму. Эта функция выполняется лимфатическими узлами, клетками и фолликулами, селезенкой и миндалинами пищеварительного канала.

**Лимфатические узлы** имеют диаметр от 3 до 6 мм и располагаются по ходу лимфатических сосудов. Они включают множество фолликул, состоящих из лимфоцитов (В и Т), где происходит фильтрация лимфы и образование иммунных клеток (рис. 5.12). С притоком лимфы в узлы попадают антигены, что вызывает иммунные реакции, которые сопровождаются повышением числа лимфоцитов, продуцирующих антитела.

**Селезенка** – это крупный лимфоидный орган, который вырабатывает антитела, осуществляет гемолиз (разрушает старые клетки крови), в эмбриональном периоде выполняет функцию кроветворения, запасает железо.



Стенки пищеварительного канала содержат *лимфоидные клетки*, которые расположены диффузно или образуют фолликулы. В глотке фолликулы образуют небные и глоточные миндалины и миндалины отверстия Евстахиевой трубы.

Фолликулы пищеварительного канала не фильтруют лимфу, а вырабатывают антитела для борьбы с бактериями, вирусами и ядами, которые проникают в пищеварительную систему.

**Движение лимфы** начинается в периферическом межклеточном пространстве и заканчивается в области яремных вен. Оно осуществляется в направлении обратном силе тяжести благодаря работе сердца, стенок лимфатических сосудов и стенок вен.

✓ Сердце поддерживает разницу давления между начальной точкой – лимфатическими капиллярами, и конечной – соединениях с яремными венами;

✓ Сокращение мышц стенок лимфатических сосудов (5-10 сокращений/мин.) проталкивает лимфу в сторону лимфатических протоков;

✓ Грудные лимфатические сосуды сокращаются под действием разницы давления во время дыхания.

## ИММУНИТЕТ

*Иммунитетом* называется способность организма человека, животных и растений сопротивляться инфекциям (микроорганизмам, вирусам и их токсинам). Живые организмы обладают комплексом средств защиты, которые появились в процессе эволюции. Ими являются кожа, слизистые оболочки, печень и лимфатическая система, которые составляют *иммунную систему*. Деятельность иммунной

системы организма основывается на фундаментальном биологическом свойстве «узнавания» собственных (self) и чужеродных (non self) веществ.

Самым эффективным способом защиты от инфекций является *иммунный ответ*, который останавливает нашествие патогенов, препятствует их размножению и способствует их уничтожению. В результате иммунного ответа организм приобретает способность быстрее и интенсивнее отвечать на повторное попадание данного патогена в организм.

Иммунитет бывает *естественным* и *приобретенным*.

■ **Естественный иммунитет** осуществляется посредством механических барьеров (кожи и слизистых оболочек), антимикробных веществ, фагоцитоза, воспалительных реакций и др.

■ **Приобретенный иммунитет** формируется в результате контакта организма с патогенами или продуктами их жизнедеятельности, и осуществляется через неспецифические (фагоцитоз) и специфические (антитела) механизмы (рис. 5.13).

*Фагоцитоз* («пожирающая клетка») представляет собой свойство некоторых клеток захватывать мелкие частицы (например, бактерии) и разрушать их путем внутриклеточного переваривания. Явление фагоцитоза было открыто в 1882 г. русским ученым Ильей Мечниковым.

Подобный иммунный ответ характерен для гранулоцитов (нейтрофилов и эозинофилов) и для макрофагов. Фагоциты узнают патогенов по специфичным мембранным белкам или по антителам, которые маркируют патогены как опасные объекты.

■ **Антитела** представляют собой специфические вещества (иммуноглобулины), которые образуются в крови в результате проникновения антигена (микроорганизмов или продуктов

их жизнедеятельности). Антитела обладают иммунной специфичностью и соединяются только с тем антигеном, под действием которого они образовались. Антитела узнают бактерии, прикрепляются к ним и формируют бактериальные скопления, которые более доступны для фагоцитов. Антитела могут образоваться естественным (естественный иммунитет) или искусственным (искусственный иммунитет) путем.

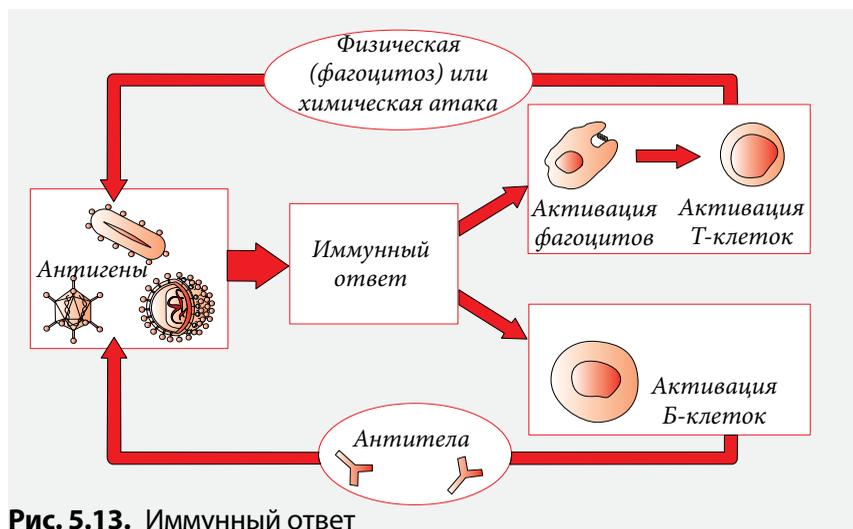


Рис. 5.13. Иммунный ответ

Организм человека может активно вырабатывать антитела в результате перенесенной инфекции. Продолжительность жизни таких антител различна. Например, такие заболевания как корь, краснуха, оспа, ветрянка создают иммунную защиту (к данному заболеванию) на всю жизнь. Дифтерит, скарлатина, коклюш обеспечивают абсолютную защиту только на несколько лет, а при новом заражении этим же агентом болезнь протекает в более легкой форме.

Антитела формируются в результате *вакцинации*, или вводятся в готовом виде – *иммунных сывороток*.

**Вакцины** – это биологические продукты, которые содержат ослабленные или мертвые патогены, или видоизмененные токсины. Эти продукты вызывают образование специфических антител и формируют временный иммунитет к данному патогену.

**Иммунные (лечебные)** сыворотки получают из сыворотки иммунизированного животного (обычно лошади), которое приобрело иммунитет в результате вакцинации или болезни. Сыворотки содержат активные антитела, которые нейтрализуют действие антигенов.

## ЖИЗНЕННО ВАЖНЫЕ ФУНКЦИИ ЛИМФАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

✓ Лимфатические узлы генерируют лимфоциты и обеспечивают созревание В-лимфоцитов, которые секретируют антитела.

✓ В лимфатических узлах происходит фильтрация токсинов, микроорганизмов и потенциально вредных структур лимфы и их разрушение путем фагоцитоза и расщепления.

✓ В селезенке происходит фильтрация бактерий и старых эритроцитов с их последующим фагоцитозом.

✓ Лимфа всасывает жирные кислоты, холестерин и жирорастворимые витамины из слизистой кишечника, и включает их в кровообращение.

✓ Проницаемость стенок лимфатических капилляров выше, чем кровеносных. Они пропускают крупные белки и включают их в кровообращение.

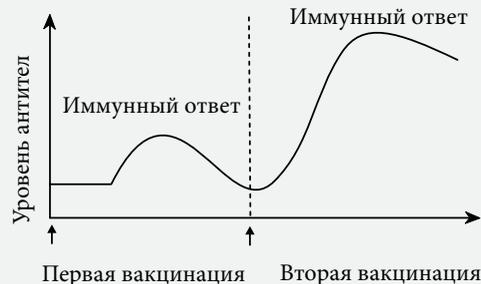
✓ Лимфатическая система обеспечивает постоянство объема межклеточной жидкости, которая образуется в результате фильтрации крови через стенки капилляров.

## ВАКЦИНАЦИЯ. ЗА ИЛИ ПРОТИВ?

ИССЛЕДОВАНИЕ

На графике показан уровень антител в крови после ревакцинации с интервалом в 4 недели (значения – произвольные). Вакцина содержит живые ослабленные микроорганизмы.

1. Сравни уровень антител в крови после двух вакцинаций.
2. Объясни общие этапы образования антител после вакцинации.
3. Вакцинация. За или Против? Сравни вакцинацию с естественным иммунитетом и представь аргументы За и Против искусственной вакцинации (иммунизации) населения. Используй специальные источники информации, масс-медиа, интернет.

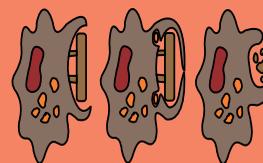


?

1. Дай определение понятиям: естественный иммунитет, приобретенный иммунитет, антитела.
2. Составь таблицу (схему), содержащую название органов лимфатической системы и их функций.
3. Представь в виде схемы сеть лимфатических сосудов человека. Составь легенду схемы.

4. Представь в виде таблицы отличия между составом циркулирующей лимфы и плазмой крови.
5. Объясни разницу между естественным и искусственным образованием антител.
6. Представь в виде схемы путь лимфы в теле человека.
7. Опиши сущность иммунного ответа организма человека.

8. Изучи рисунок и объясни процесс. Отметь роль процесса для человеческого организма.



**ФАКТОРЫ РИСКА** для сердечно-сосудистой системы:

✓ Биологические: вирусы, бактерии, грибки, которые вызывают воспаление сердечной мышцы (миокардит) или перикарда и эндокарда;

✓ Травматические: разрывы кровеносных сосудов и последующие кровотечения;

✓ Образ жизни: малоподвижность, злоупотребление табаком и алкоголем, избыточное потребление животных жиров и др.;

✓ Биологические особенности: возраст, пол;

✓ Загрязнение среды.

■ **Возраст** – один из основных факторов появления сердечно-сосудистых заболеваний. Было установлено что:

✓ 87% людей, умирающих от сердечных заболеваний, это люди старше 60 лет;

✓ После 55 лет риск инсульта увеличивается в 2 раза в течение каждых десяти лет.

Одной из причин увеличения риска сердечно-сосудистых заболеваний с возрастом является рост уровня холестерина в крови. У мужчин этот уровень достигает максимума в возрасте 45-50 лет, а у женщин увеличение продолжается до 60-65 лет.

Другим фактором риска является снижение эластичности стенок артерий, что приводит к коронарным заболеваниям.

Риск сердечно-сосудистых заболеваний у мужчин больше чем у женщин в предменопаузе. В период менопаузы риск сердечно-сосудистых заболеваний у женщин и у мужчин того же возраста сравнивается.

Было установлено, что среди лиц среднего возраста риск коронарных заболеваний у мужчин в 2-5 раз выше, чем у женщин, что объясняется гормональными отличиями.

■ **Загрязненность окружающей среды** является значительным фактором риска для нормальной деятельности сердечно-сосудистой системы. Длительный контакт с загрязненной средой увеличивает риск атеросклероза и воспалительных заболеваний сердца.

В целях профилактики дисфункций и заболеваний сердечно-сосудистой системы регулярные физические нагрузки, снижение потребления жиров, и массы тела и др.

**ЗАБОЛЕВАНИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ** во всех странах мира вышли на

первое место по показателям смертности. Как правило, они проявляются в среднем возрасте в виде легких дисфункций сердца, кровеносных сосудов и крови, которые могут в дальнейшем привести к инфаркту или инсульту.

■ **Инфаркт миокарда** – это острое заболевание, при котором возникает один или несколько очагов некроза миокарда (мертвой ткани) в результате нарушения кровообращения в коронарных сосудах сердца. Чаще всего инфаркт происходит в 40-60 лет, но встречается и в более раннем возрасте.

Курение, злоупотребление алкоголем, физическое и умственное истощение, нервозность, отрицательные эмоции являются факторами риска инфаркта миокарда. Первые признаки инфаркта проявляются в виде острой боли в области сердца (за грудиной), которая отдает в левую руку и нижнюю челюсть. Кризис длится несколько часов. Существенную роль в диагностике инфаркта играет электрокардиограмма.

При подозрении на инфаркт необходимо:

✓ сообщить врачу о возможном инфаркте, так, чтобы больной не слышал этого;

✓ устроить больного удобно, обеспечить доступ свежего воздуха;

✓ разговаривать с больным спокойно, поддерживать его морально, не давать двигаться;

✓ при остановке сердца необходимо проводить искусственное дыхание.

■ **Атеросклероз** – заболевание кровеносных сосудов, которое возникает в результате малоподвижного образа жизни, неправильного питания, стресса, злоупотребления табаком и алкоголем, повышенного давления, избыточного веса, инфекционных заболеваний и др. Эти факторы риска вызывают патологические изменения стенок сосудов. На них откладываются холестерин, соли кальция, белки; уменьшается эластичность и просвет артерий. В результате артерия может быть закупорена и органы, которые она питает, остаются без кровоснабжения.

Сужение артерий ведет к повышению артериального давления и нагрузке на их стенки. В результате артерии могут разорваться и возникают очаги кровотечений (например, мозговых).

■ **Артериальная гипертензия** является фактором риска сердечно-сосудистых заболеваний, заболеваний почек и мозговых инсультов.

Гипертензия на ранних этапах не проявляется никакими тревожными симптомами.

■ **Анемия** - это снижение количества гемоглобина в результате кровотечения, нарушения процесса образования эритроцитов (заболевания красного костного мозга, недостатка железа и витамина В12 и др.).

Анемия, вызванная потерей крови, сопровождается слабостью, головокружением, жаждой, увеличением сердечного и дыхательного ритма, а в тяжелых случаях – потерей сознания.

## ГИГИЕНА СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ

Сердечно-сосудистые заболевания являются самой частой причиной смертности (до

50%) в наши дни. Избегание факторов риска, регулярная физическая деятельность, здоровое питание, являются важными аспектами гигиены сердечно-сосудистой системы.

Систематический мониторинг гематологических параметров (гематокрит, лейкоцитарная формула, время свертывания, биохимические показатели крови и др.), параметров механической (артериальное давление, пульс) и электрической (электрокардиограмма) работы сердца, эхография и доплерография сосудов и сердца (изучение движения крови по сосудам и камерам сердца) и т.д. могут помочь предотвратить или обнаружить на ранних стадиях заболевания сердечно-сосудистой системы.

## ИЗМЕРЕНИЕ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ И ПУЛЬСА

### ■ **Материалы и инструменты:**

Тонометр, фонендоскоп, часы с секундомером

### ■ **Ход работы**

#### **Измерение артериального давления**

1. Зафиксируй манжет тонометра выше локтя, а фонендоскоп – в область локтевой ямки.
2. Накачай воздух в манжету с помощью груши до 170-200 мм Нг.
3. Медленно выпускай воздух из манжеты (с помощью клапана) до первого услышанного удара, который соответствует значению систолического давления.
4. Продолжай выпускать воздух до прекращения тонов, которое соответствует нижнему давлению – диастолическому.
5. Измерь давление нескольким ученикам.

#### **II. Измерение артериального пульса**

1. Сядь удобно на стул. Расположи предплечье на ровную поверхность, например на стол.
2. Кончиками указательного, среднего и безымянного пальцев найди артерию, проходящую по краю предплечья вблизи от большого пальца.
3. Надави легко на данную зону (при сильном нажатии можно потерять пульс) и посчитай пульс в течение одной минуты.

### ■ **Оформление результатов**

1. Внеси полученные результаты в таблицу.
2. Сформулируй вывод о величине артериального давления и пульса у разных людей и причины его отклонения от нормы (если они были обнаружены).



1. Назови заболевания сердечно-сосудистой системы.
2. Перечисли факторы риска сердечно-сосудистой системы.
3. Проанализируй причины и меры предотвращения инфаркта миокарда.
4. Разработай постер, который бы продвигал принципы обеспечения здоровой сердечно-сосудистой системы.

5. Напиши эссе на тему: «Динамика распространения ВИЧ-СПИДА в Республике Молдова в последнее десятилетие и эффективность методов его профилактики».
6. В Республике Молдова смертность от сердечно-сосудистых заболеваний составляет 24-26% от числа преждевременной смертности трудоспособного населения, и этот показатель проявляет тенденцию к росту на 34% в течение по-

следних 10 лет. Перечисли экологические и социальные факторы риска сердечно-сосудистых заболеваний в Молдове.

7. В рамках заседания Коллегии Министерства Здравоохранения от 18 января 2014 был рассмотрен проект «Национальной программы по профилактике и борьбе с сердечно-сосудистыми заболеваниями». Представь аргументы За и Против начала данного проекта.

# КРОВЕНОСНАЯ СИСТЕМА



состоит из



которые посредством

которые посредством

которые посредством

частоты и силы сокращений

способности изменить диаметр

количества и вязкости

создают

создают и обеспечивают

создают и сохраняют



кровяное давление

которое обеспечивает



которые обеспечивают

потребности клеточного обмена

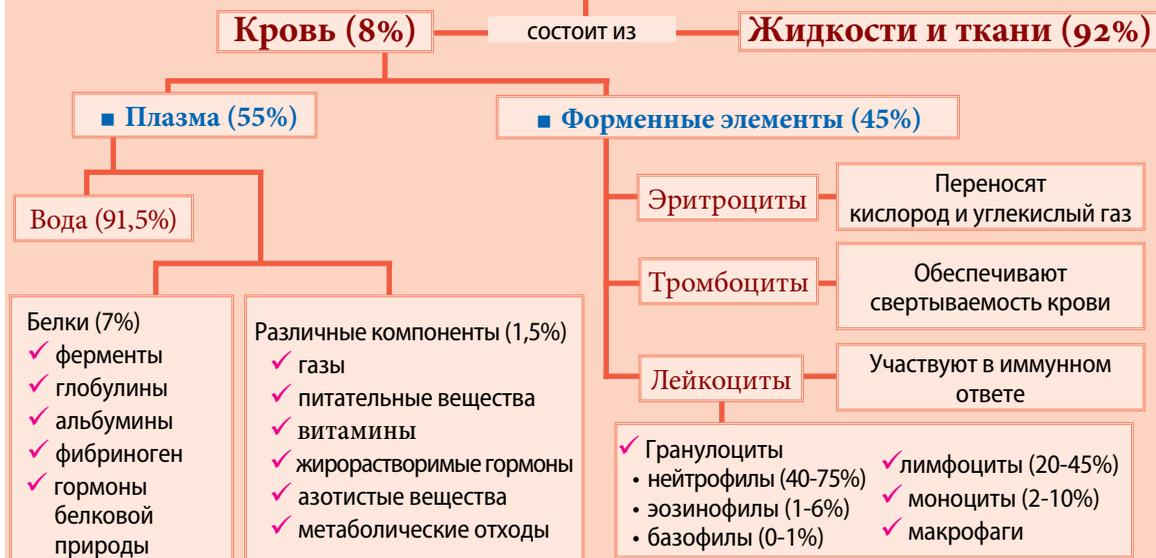
которые обеспечивают

выполнение функций клеток, тканей, органов и др.

необходимых для

**СОХРАНЕНИЯ ГОМЕОСТАЗА**

## ВНУТРЕННЯЯ СРЕДА ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА



## ТРАНСПОРТНАЯ СИСТЕМА ЧЕЛОВЕКА

### ■ Лимфатическая система

Лимфа  
Лимфатические сосуды  
Узлы  
Селезенка  
Миндалины  
Лимфоидные клетки

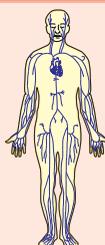


### ■ Кровеносная система:

Сердце. Сосуды. Кровь

#### ■ Венозная система

Вены



#### ■ Артериальная система

Артерии



### ЖИЗНЕННО ВАЖНЫЕ ФУНКЦИИ КРОВЕНОСНОЙ СИСТЕМЫ

- ✓ обеспечивает клетки тела  $O_2$  и удаляет  $CO_2$ ;
- ✓ переносит питательные вещества от пищеварительного канала к печени, где они обрабатываются, и далее - ко всем клеткам;
- ✓ собирает метаболитические отходы и переносит их в почки;
- ✓ гормональная регуляция и координация деятельности различных тканей и органов;
- ✓ кровеносная система обеспечивает клетки  $O_2$ , поддерживая обмен веществ и постоянную температуру;
- ✓ тромбоциты и белки плазмы крови (фибриноген) защищают организм от кровопотери и от инвазии патогенов посредством механизмов коагуляции;
- ✓ лейкоциты обеспечивают защиту от токсинов и патогенов посредством фагоцитоза или выработки антител.

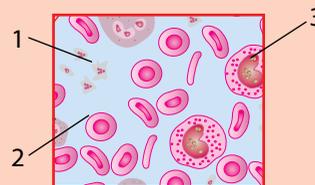
### ЖИЗНЕННО ВАЖНЫЕ ФУНКЦИИ ЛИМФАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

- ✓ лимфатические узлы генерируют лимфоциты и обеспечивают созревание В-лимфоцитов; в них происходит фильтрация токсинов, микроорганизмов и потенциально вредных структур лимфы;
- ✓ в селезенке происходит фильтрация бактерий и старых эритроцитов с последующим фагоцитозом;
- ✓ лимфа всасывает жирные кислоты, холестерин и жирорастворимые витамины из слизистой кишечника и включает их в кровообращение;
- ✓ лимфатическая система обеспечивает постоянство объема межклеточной жидкости.

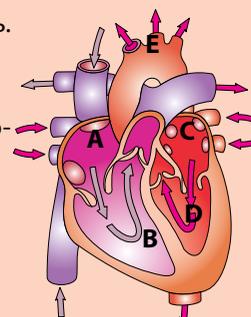
## ИТОГОВЫЙ ТЕСТ

1. Назови функции форменных элементов крови.
2. Перечисли (в порядке увеличения диаметра) основные сосуды кровеносной системы. Объясни роль перечисленных сосудов в обеспечении транспорта крови.
3. Найди на рисунке цифры, соответствующие форменным элементам крови, которые:

- а) переносят  $O_2$  и  $CO_2$ ;
- б) обеспечивают свертываемость;
- в) осуществляют фагоцитоз патогенных микроорганизмов;
- г) имеют форму двояковогнутого диска, диаметром 7 мкм;
- д) содержат гемоглобин;
- е) проникают в лимфатические сосуды и межклеточную жидкость.



4. Изучи внутреннее строение сердца, и назови букву, которой обозначен компонент:
  - а) из которого кровь поступает в легкие;
  - б) который проталкивает кровь в системный круг;
  - в) в который поступает кровь из верхней и нижней полых вены.

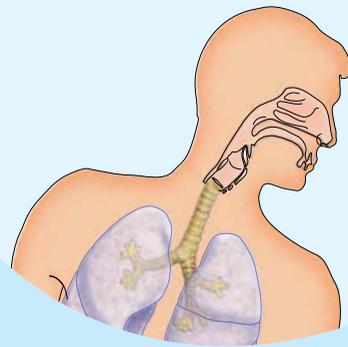


5. Внутри сердце полностью разделено продольной перегородкой на две части. Некоторые дети страдают пороком развития, при котором сердце разделено не полностью на две части (правую и левую). В настоящее время этот порок можно вылечить хирургическим путем.
  - а) назови различия в составе крови правой и левой части сердца у здоровых людей;
  - б) объясни, как меняется состав крови у детей с вышеназванным пороком сердца;
  - в) объясни, почему дети с подобным пороком сердца не справляются с физическими нагрузками.
6. Основываясь на знаниях о роли сердца в сердечно-сосудистой системе и скелетных мышцах, а также на информации из схемы, подтверди что:

*Физическое усилие человеческого организма и частота сердечного цикла являются взаимозависимыми функциями.*

7. Используя информацию из таблицы, рассчитай в % рост числа фагоцитов крови при бактериальной инфекции. Объясни этот рост.

	Число форменных элементов на $mm^3$ крови	
	Здоровые лица	Лица с бактериальной инфекцией
Эритроциты	5 400 000	5 300 000
Фагоциты	5 400	8 750
Т-лимфоциты	1 000	850



## ГЛАВА

# 6

# ДЫХАНИЕ

- Анатомия дыхательной системы человека
- Физиология дыхательной системы человека
- Гигиена, дисфункции и заболевания дыхательной системы

# 30 АНАТОМИЯ ДЫХАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ЧЕЛОВЕКА

Дыхательная система человека состоит из органов, которые обеспечивают приток  $O_2$  и удаление  $CO_2$  из организма. В соответствии с выполняемыми функциями органы дыхательной системы делятся на *дыхательные пути* (проводящие органы) и *дыхательные органы* (легочные альвеолы).

**Дыхательные пути** обеспечивают легочные альвеолы атмосферным воздухом, богатым  $O_2$  и удаляют из низ воздух с высоким содержанием  $CO_2$ . Проходя по дыхательным путям, воздух согревается до температуры тела, увлажняется, очищается от пыли, вирусов и бактерий. Органы дыхательных путей имеют трубчатую форму, выстланы слизистой оболочкой, и делятся на:

- ✓ внелегочные (внешний нос, носовая полость, ротовая полость, глотка, гортань, трахея);
- ✓ внутрилегочные (бронхиальное дерево) (рис. 6.1).

## ■ Внешний нос и носовая полость.

Выступающий внешний нос есть только у человека. Это участок, через который дыхательная система сообщается с внешней средой. У человека, в отличие от остальных животных, ноздри направлены вниз. Благодаря этому, вдыхаемый воздух не попадает сразу в глотку, а направляется вверх, к обонятельному эпителию, проходя по длинной траектории, благодаря чему согревается и очищается.

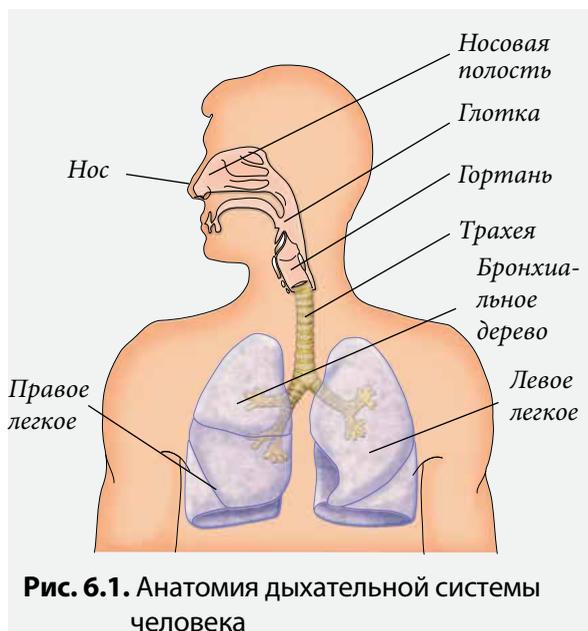


Рис. 6.1. Анатомия дыхательной системы человека

■ **Носовая полость** выстлана слизистой оболочкой, состоящей из обонятельного и дыхательного мерцательного эпителия. Ворсинки мерцательного эпителия и слизь, выделяемая носовыми железами, осаждают пыль, бактерии и другие частицы. Слизь вместе с осажденными частицами удаляется движением ворсинок в сторону ноздрей.

**Ротовая полость** является частью дыхательных путей, не осуществляет согревания, увлажнения и очищения воздуха.

■ **Глотка** – общая часть дыхательной и пищеварительной системы.

■ **Гортань** это трубчатый орган, выполняющий *дыхательную и голосообразовательную* функцию. Внутренняя полость гортани выстлана дыхательным эпителием, и образует две пары горизонтальных складок. Верхние называются ложными связками. Нижние складки состоят из мышц и являются голосообразовательными. Выдыхаемый воздух, проходя через гортань, вызывает колебание голосовых связок и образование звуков. Между двумя парами складок располагается отверстие – *глотка*. *Дыхательный эпителий*, выстилающий полость гортани выше голосовых связок, очень чувствительный и вызывает сильный кашель при попадании инородных тел.

■ **Трахея** является продолжением гортани. Ее стенки состоят из 16-20 неполных хрящевых колец, которые соединены между собой волокнистыми связками. Мембранная часть кольца соприкасается с пищеводом, что обеспечивает расширение пищевода при прохождении пищевого кома.

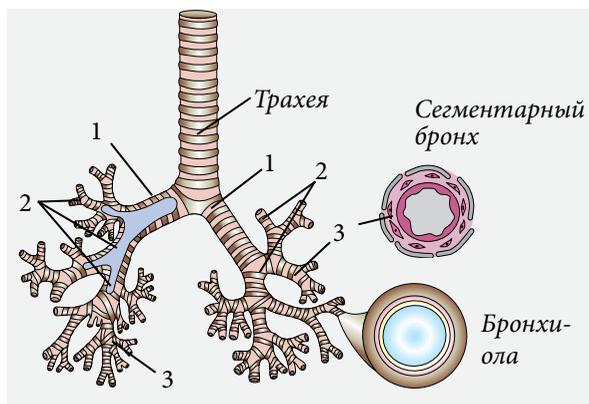
Слизь, выделяемая внутренним слоем трахеи, осаждают чужеродные частицы и бактерии. При движении ворсинок мерцательного эпителия слизь продвигается в сторону гортани, откуда она удаляется или проглатывается.

■ **Бронхи**. Трахея разделяется на две ветки внелегочные бронхи, идущие в правое и левое легкое. В легких бронхи разветвляются и образуют внутрилегочное бронхиальное дерево (рис. 6.2).

## ЛЕГКИЕ

Легкие это парные органы, расположенные в грудной клетке, в плевролегочной полости.

Они имеют форму конических мешков, расположенных основанием вниз. Объем легких меняется в процессе дыхания.



	Левое легкое	Правое легкое
1. Главные бронхи	левый	правый
2. Вторичные (долевые) бронхи	2	3
3. Третичные (сегментарные) бронхи	9	10
4. Концевые бронхиолы	450	509

**Рис. 6.2.** Бронхиальное дерево

Легкие покрыты эластичной оболочкой – *плеврой*. Они состоят из легочного паренхимы, разделенного на доли. Правое легкое имеет три доли (верхняя, средняя и нижняя), а левое – две (верхняя и нижняя).

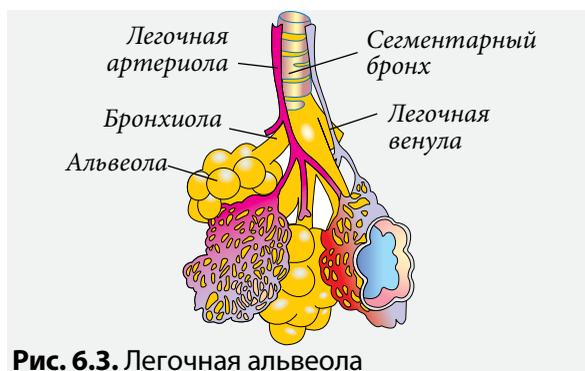
В свою очередь, *доли* состоят из сегментов (левое легкое – из 9, правое – из 10), каждый из которых делится на несколько долек. Каждая

долька начинается с одной долевой бронхиолы, которая ветвится, образуя дыхательные бронхиолы, и заканчивается легочными альвеолами.

■ **Легочная альвеола** является функциональной единицей легкого (рис. 6.3) и характеризуется:

- ✓ большой площадью (общая площадь альвеол у человека составляет около 100 м<sup>2</sup> – площадь теннисного корта, а объем – около 6 л;
- ✓ очень тонкими стенками около 0,2 мкм);
- ✓ эластичными и прочными стенками (альвеолы подвергаются деформации до 20 000 раз в день);

Легочные альвеолы окружены плотной капиллярной сетью, через которую проходит около 5 л крови/мин.



**Рис. 6.3.** Легочная альвеола

## «ЛЕГОЧНЫЙ» ВОЗРАСТ

ИССЛЕДОВАНИЕ

С возрастом легкие подвергаются изменениям под действием внешних факторов (например, химического состава вдыхаемого воздуха), и образа жизни человека (питания, физической активности и т.д.).

Количество альвеол до 20 лет увеличивается, а затем, с возрастом уменьшается.

Альвеолярные стенки становятся менее эластичными из-за потери белка эластина. Физиологический процесс «старения» органов дыхания ускоряется у курильщиков и у людей, которые дышат загрязненным воздухом.

- ?
1. Оцени изменения, которые происходят в капиллярной сети при увеличении количества альвеол и при его снижении.
  2. Опиши последствия «старения» легких для организма в целом.
  3. Объясни, почему воздух, вдыхаемый жителями больших городов, отрицательно действует на органы дыхания.

?

1. Назови функции дыхательной системы человека.
2. Представь в виде таблицы анатомию дыхательной системы.
3. Представь в виде схемы путь, пройденный воздухом из окружающей среды до альвеол.
4. Назови отличительные свойства альвеол.

5. Объясни защитную роль слизистой оболочки дыхательных путей.
6. Объясни роль дыхательных путей в предотвращении заболеваний дыхательной системы.
7. Опиши структурные отличия между левым и правым легким. Каковы причины данных отличий?

8. Приведи аргументы в пользу предпочтительности древовидной формы легочных бронхов для обеспечения организма кислородом.
9. Составь диалог между слизистой оболочкой дыхательных путей и табачным дымом.

Основная функция дыхательной системы человека состоит в обмене  $O_2$  и  $CO_2$  (дыхательных газов) между окружающей средой (атмосферой) и внутренней средой организма, который проходит в несколько этапов:

- ✓ легочная вентиляция;
- ✓ обмен  $O_2$  и  $CO_2$  между альвеолами и кровью;
- ✓ транспорт газов;
- ✓ обмен газов между кровью и тканями.

**Легочная вентиляция** включает процессы, которые обеспечивают поток атмосферного воздуха в альвеолы и обратно. Легочная вентиляция осуществляется ритмичной последовательностью *вдоха* и *выдоха*, которые образуют один *дыхательный цикл*.

■ **Вдох** – это активный процесс, который происходит благодаря сокращению межреберных мышц и диафрагмы.

При вдохе объем грудной клетки и легких увеличивается, и воздух попадает в альвеолы.

В состоянии покоя человек вдыхает около 6 л воздуха за 1 мин., из которых 1/3 остается в верхних дыхательных путях и не участвует в газообмене. Остальные 2/3 проникают в альвеолы, отдают кислород и забирают углекислый газ.

■ **Выдох** - пассивный процесс, который происходит в результате расслабления межреберных мышц и диафрагмы. При этом часть воздуха остается в легких, так как их объем меньше объема груди.

Эти две фазы дыхания ритмично сменяют друг друга с частотой 14-16 циклов в минуту у мужчин и 18 у женщин. Частота дыхания меняется в зависимости от потребности в  $O_2$  и насыщенности крови  $CO_2$ . Изучение легочного дыхания осуществляется при помощи спирометра – аппарат, в который выдыхают (дуют) после глубокого вдоха для определения объема и емкости легких.

■ **Легочный объем** это максимальный объем воздуха, который могут вместить легкие после вдоха. Он зависит от возраста, пола, расы, физического развития и состоит из 4 компонентов:

- ✓ остаточный объем (ОО=1,8 л) – объем воздуха, который остается в легких после максимально глубокого выдоха (в альвеолах, гортани, бронхах и бронхиолах);

- ✓ резервный объем выдоха (РОВ<sub>вд</sub>=1,2 л) – дополнительный объем воздуха, который можно выдохнуть дополнительно после нормального выдоха;

- ✓ дыхательный объем (ДО=500 мл) – количество воздуха, которое человек вдыхает и выдыхает при нормальном дыхании;

- ✓ резервный объем вдоха (РОВ<sub>вд</sub>=3,6 л), дополнительный объем воздуха, который можно вдохнуть после нормального вдоха.

■ **Легочная емкость** – это объем легочного воздуха на разных этапах легочной вентиляции. Она складывается из двух или нескольких легочных объемов (*табл. 6.1*).

**Таблица 6.1**  
Расчет легочной емкости

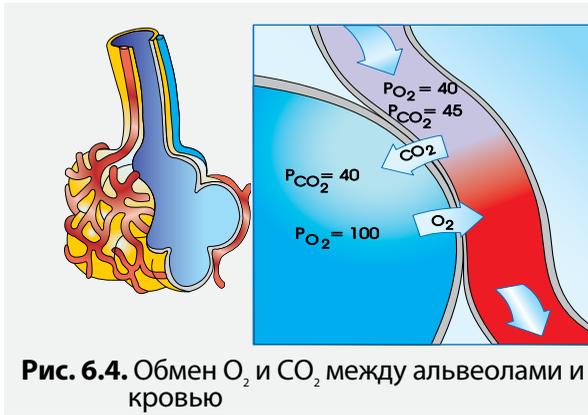
Легочная емкость	Формула расчета
Емкость вдоха (Евд)	$Евд = ДО + РОВвд$
Функциональная остаточная емкость	$ФОЕ = РОВвд + ОО$
Жизненная емкость легких (ЖЕЛ)	$ЖЕЛ = РОВвд + ДО + РОВвд$
Общая емкость легких (ОЕЛ)	$ОЕЛ = ЖЕЛ + ОО$

Все легочные объемы и емкости у женщин меньше чем у мужчин (примерно на 25%), а у атлетов могут быть больше 5800 мл.

## ОБМЕН ГАЗОВ МЕЖДУ АЛЬВЕОЛАМИ И КРОВЬЮ.

Легочная альвеола, окруженная сетью капилляров, является главной единицей газообмена.

Удельное давление кислорода и углекислого газа в крови и в альвеолах различное, что способствует диффузии кислорода и углекислого газа в соответствии с градиентом давления. Кислород из альвеол путем диффузии переходит в кровь через тонкие стенки альвеол и капилляров, а углекислый газ переходит таким же образом из крови в альвеолы. Данный этап обмена  $O_2$  и  $CO_2$  называется *легочным этапом* (*рис. 6.4*).



**Рис. 6.4.** Обмен  $O_2$  и  $CO_2$  между альвеолами и кровью

### ТРАНСПОРТ ГАЗОВ, ОСУЩЕСТВЛЯЕМЫЙ КРОВЕНОСНОЙ СИСТЕМОЙ

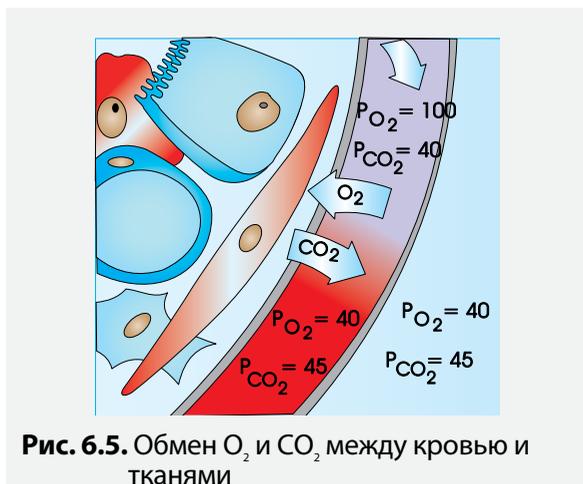
Кислород переносится к тканям как в растворенном виде в плазме крови (около 1%), так и в форме химического соединения с гемоглобином – оксигемоглобина. Каждая молекула гемоглобина соединяется с четырьмя молекулами кислорода.

Небольшая часть углекислого газа находится в плазме крови в растворенном виде (около 8%), а большая часть – в форме неустойчивых химических соединений, таких как бикарбонаты (около 70%), и карбоксигемоглобин (около 10%). Каждая молекула гемоглобина соединяется также с четырьмя молекулами углекислого газа. Это кровеносный этап дыхания.

### ОБМЕН ГАЗОВ МЕЖДУ КРОВЬЮ И ТКАНЯМИ

На этом этапе  $O_2$  из артериальной крови переходит в межклеточную жидкость, а  $CO_2$  – наоборот (рис. 6.5). Этот процесс возможен благодаря разнице удельного давления  $O_2$  и  $CO_2$  в крови и в межклеточной жидкости.

Разложение оксигемоглобина усиливается при сдвиге реакции межклеточной жидкости



**Рис. 6.5.** Обмен  $O_2$  и  $CO_2$  между кровью и тканями

в кислую сторону под влиянием температуры, давления  $CO_2$  и др. Например, молочная кислота, которая накапливается в мышечной ткани, облегчает освобождение кислорода.

**РЕГУЛЯЦИЯ ДЫХАНИЯ** осуществляется нервным и гуморальным путем (рис. 6.6).

■ **Нервная регуляция** осуществляется:

✓ произвольно посредством нервных центров расположенных в коре головного мозга, гипоталамусе, откуда нервные импульсы поступают к дыхательным мышцам через двигательные нейроны. Этот механизм значим для адаптации дыхания во время разговора, физической и трудовой деятельности и др.;

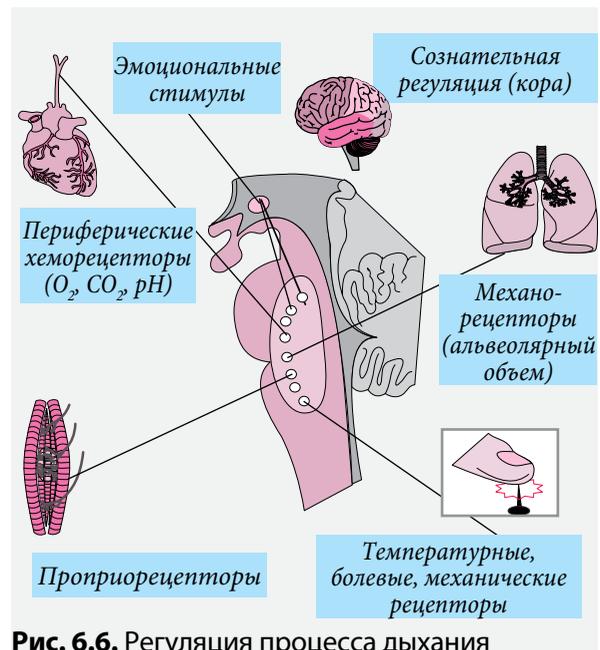
✓ автономно – посредством нервных центров продолговатого мозга, которые получают нервные импульсы от хеморецепторов и механорецепторов.

Хеморецепторы возбуждаются в результате физико-химических изменений:  $PO_2$ ,  $PCO_2$  и pH внутренней среды.

Механорецепторы локализованы в стенках альвеол и генерируют импульсы при изменении объема альвеол. Информация о расширении альвеол вызывает реакцию торможения вдоха, а информация о уменьшении объема альвеол – торможение выдоха.

■ **Гуморальная регуляция** происходит под влиянием содержания дыхательных газов и pH крови на дыхательные центры.

Снижение  $PO_2$  или повышение  $PCO_2$  приводит к усилению деятельности дыхательной системы путем усиления легочной вентиляции. Увеличение  $PO_2$  и уменьшение  $PCO_2$  приводит к снижению уровня легочной вентиляции.



**Рис. 6.6.** Регуляция процесса дыхания

## СПИРОМЕТРИЧЕСКИЙ ТЕСТ

Спирометрия – это клинический тест, который измеряет количество воздуха, которое человек может вдохнуть или выдохнуть за единицу времени, при помощи специального аппарата – спирометра. С помощью этого теста могут быть диагностированы обструктивные и рестриктивные заболевания легких.

Ограничение вентиляции легких у пациентов, страдающих легочными заболеваниями, определяется соотношением  $FEV_1 / FVC^*$ , выраженное в процентах FEV от FVC. Значение соотношения  $FEV_1 / FVC$  от 70% и до 80% характерно для здоровых взрослых людей, а показатели ниже 70% указывают на ограничение легочной вентиляции и, возможно, на заболевание легких.

- ?
1. Используя данные таблицы, рассчитай ЖЕЛ;  $FEV_1 / FVC$  и определи испытуемых с нормальной и ограниченной вентиляцией легких.
  2. Установи корреляцию между легочной вентиляцией и легочными заболеваниями, на которые они жалуются.

3. Основываясь на данные о легочных объемах, представленных в таблице, опиши предположительно пораженные участки дыхательных путей у больных с астмой и легочной эмфиземой.

Пациент	ЖЕЛ	РОВыд	РОВд	ДО	FVC	FEV <sub>1</sub>
Астма	300	750	2700	1200	4800	1500
Эмфизема	500	750	2000	2750	3250	1625
Здоровый	500	1500	2000	1000	5000	4000

\*Примечание: FVC (форсированная жизненная емкость): максимальный объем воздуха, который может быть выдохнут форсировано. FEV<sub>1</sub> объем воздуха, который выдыхается за первую секунду форсированного выдоха, дающий представление о том, насколько быстро могут быть опустошены легкие.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЫХАТЕЛЬНОГО РИТМА

### ■ Материалы и инструменты:

- ✓ Метровая лента.
- ✓ Часы с секундомером.

### ■ Ход работы

1. Измерь окружность грудной клетки одного из одноклассников во время свободного вдоха и выдоха.
2. Сосчитай количество вдохов за одну минуту и рассчитай продолжительность одного дыхательного цикла.
3. Повтори действия, описанные в пунктах 1-2, для глубокого дыхания (очень глубокие вдохи).
4. Испытуемый делает несколько приседаний (или другие упражнения).
5. Снова измерь окружность грудной клетки во время вдоха и выдоха.
6. Повтори измерения для нескольких учеников с различным уровнем физической подготовки.

### ■ Оформление результатов

1. Представь в виде таблицы данные всех учащихся.
2. Выведи зависимость окружности грудной клетки от этапа легочной вентиляции во время покоя и физической активности.
3. Сформулируй вывод о роли физической подготовки в снабжении организма кислородом и удалении углекислого газа.

1. Перечисли этапы легочного дыхания в порядке их прохождения.
2. Опиши сравнительно вдох и выдох.
3. Дай определение компонентов легочных объемов и метод их определения.
4. Дай определение альвеолы в качестве функциональной единицы легких.

5. Приведи сравнительное описание оксигемоглобина и карбоксигемоглобина в связи с условиями их образования и выполняемыми функциями.

6. По значениям давления дыхательных газов определи этап обмена газов и направление их диффузии.  
а.  $PO_2=40 \rightarrow PO_2=100$   
 $PCO_2=45 \rightarrow PCO_2=40$   
б.  $PO_2=100 \rightarrow PO_2=40$   
 $PCO_2=40 \rightarrow PCO_2=45$

7. Объясни, почему диффузия газов (давление которых приведены ниже) через альвеолярную мембрану не будет происходить. Аргументируй роль давления газов в процессе газообмена в альвеолах.

$$PO_2=40 \rightarrow PO_2=40$$
$$PCO_2=45 \rightarrow PCO_2=45$$

8. Организуй дебаты по обсуждению утверждения: «Жить – значит дышать и дышать значит жить».

# 32 ГИГИЕНА, ДИСФУНКЦИИ И ЗАБОЛЕВАНИЯ ДЫХАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Факторами риска заболеваний дыхательной системы, являются метеорологические условия (табл. 6.1), инфекции, употребление слишком холодных или горячих продуктов, вдыхание холодного воздуха через рот, вещества которые вызывают отек слизистой оболочки, курение, злоупотребление алкоголем и др.

■ **Гипоксия** – недостаточное снабжение клеток организма кислородом вследствие:

- ✓ низкого содержания кислорода во вдыхаемом воздухе;
- ✓ дисфункций или заболеваний дыхательных органов (которые осуществляют обмен газов);
- ✓ дисфункций и заболеваний кровеносной системы (которая обеспечивает транспорт газов);
- ✓ снижения способности тканей потреблять молекулярный кислород.

■ **Простуда** – это патологическое состояние, вызванное действием низкой температуры на организм в целом или на некоторые его части. Простуда создает благоприятный фон для появления бронхита, ангины, фарингита, воспаления легких, гриппа, ревматизма и нефрита.

Скорость появления и степень простуды зависят от продолжительности воздействия низких температур и состояния организма. Сопrotивляемость организма снижается при усталости, голоде, избытке алкоголя, кровотечениях, шоке, травмах, болезнях. Дети и пожилые люди более чувствительны к холоду.

Профилактикой простуды является закаливание организма с детского возраста и на протяжении всей жизни.

■ **Грипп** – вирусное заболевание дыхательных путей, которое возникает путем заражения. Вирус гриппа (А или В) разжижает слизь дыхательных путей, заражает мерцательные клетки, разрушая их. Болезнь появляется через 24-48 часов после заражения. У больных наблюдается озноб, высокая температура, мышечные боли. Легкая инфекция ограничивается поражением верхних дыхательных путей, а выздоровление наступает через 3-7 дней.

Источником инфекции является больной гриппом человек, особенно в первые 2-3 дня заболевания. Инфекция передается воздушно-капельным путем во время кашля, чихания или разговора, через предметы обихода (посуда, полотенце, носовой платок и др.)

**Таблица 6.1.** Заболевания дыхательной системы

Заболевание	Патогенные эффекты	Непериодические изменения (погода)	Периодические изменения (сезонные)
Простуда	Нарушение механизма терморегуляции и проницаемости сосудов слизистой оболочки дыхательных путей	Очень холодный период, за которым следует резкое потепление	Рост сентябрь-март; Максимально: февраль-март
Грипп и гриппозное состояние	Вирус гриппа А или В разжижает слизь, выделяемую слизистой дыхательных путей, заражает мерцательные клетки, разрушая их	Относительная влажность: меньше 50% при слабом ветре	Рост сентябрь-март; Максимально: декабрь-февраль
Воспаление легких	Развитие вирусной и бактериальной инфекции в легочной паренхиме	Резкое потепление во время холодного сезона	Максимально: декабрь-февраль
Бронхит	Воспаление внутренних стенок бронхов, утолщением слизистого слоя	Туман и загрязнение Резкое похолодание	Максимально: зимой; Минимально: летом
Бронхиальная астма	Кризисы	Резкое похолодание, сопровождаемое падением давления и усилением ветра	Возрастает: летом; Максимально: осенью
Туберкулез	Гемоптизия	Угнетающая жара, вызванная приближением фронта горячего воздуха или холодная и влажная погода	Максимально: март-апрель; Минимально: осенью

■ **Ларингит** – это воспаление слизистой оболочки гортани, которое возникает в результате инфекционных заболеваний (респираторные вирусные или бактериальные инфекции, корь, скарлатина), а также в результате вдыхания холодного воздуха через ротовую полость, пыльного воздуха, паров раздражающих газов, употребления слишком горячих или холодных продуктов, курения, приема алкоголя и др.

Симптомами ларингита являются: ощущение сухости и покалывания в горле, боль при глотании, сухой кашель, хрипота, головные боли, незначительное повышение температуры тела.

Ларингит более остро протекает у детей из-за анатомических особенностей строения гортани и сниженной способности удаления секретов через кашель. Острый ларингит чаще всего наблюдается у детей в возрасте 1–6 лет.

Больному назначается амбулаторный или постельный режим. Запрещается курение, прием алкоголя, и острых блюд. В течение 5–12 дней соблюдается режим «молчания», исключается контакт с раздражающими веществами, соблюдается режим влажности.

■ **Воспаление легких** – это воспаление легочной паренхимы, которое происходит в результате вирусных и бактериальных инфекций, действия токсичных газов, резкого колебания температуры, переохлаждения, острого воспаления верхних дыхательных путей, авитаминоза, сердечной недостаточности и др.

Лечение включает прием антибиотиков, отхаркивающих средств, потребления жидкости (чай, соки) до 1,5–2 литра в день, кислородных ингаляций, выполнении гимнастических упражнений для облегчения дыхания, сбалансированном питании и др.

Профилактика воспаления легких заключается в соблюдении гигиенических норм (рациональный трудовой и пищевой режим, регулярные занятия спортом, закаливание) и своевременном лечении верхних дыхательных путей.

■ **Бронхит** это воспаление внутренних стенок бронхов и увеличение слизистого слоя (рис. 6.7). Протекает в острой или хронической форме. Вызывается бактериальными или вирусными инфекциями и появляется у людей с различными очагами носоглоточного воспаления. Основные симптомы: слабость, депрессия, головные боли, боли в области груди и горла, приступы кашля – в начале сухого, а затем мокрого с гнойными выделениями, температура (до 38°C). Острый бронхит длится до 4-х недель и заканчивается, обычно, полным выздоровлением, но может перейти и в хроническую форму.

Лечение бронхита нацелено на удаление очагов воспаления и инфекции. Лекарства назначаются индивидуально. Рекомендуется избыточное употребление теплых напитков (травяных чаев, молока с содой или минеральной водой), ингаляции и др.

Профилактика бронхита предусматривает своевременное лечение острых респираторных заболеваний, гриппа, закаливание, занятия спортом и др.

■ **Туберкулез** легких – инфекционное заболевание, вызванное туберкулезной палочкой. Заражение происходит воздушно-капельным путем, при вдыхании частиц пыли, на которых находится возбудитель; через продукты питания, особенно при употреблении молока больных животных, и через зараженное постельное белье, посуду, и др.

Профилактика туберкулеза предусматривает соблюдение общих правил личной гигиены, вакцинацию и др.

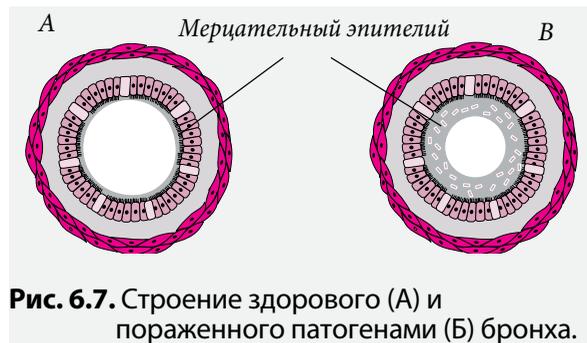


Рис. 6.7. Строение здорового (А) и пораженного патогенами (Б) бронха.

?

1. Назови факторы риска для дыхательной системы.  
2. Найди отличие между гриппом и воспалением легких (возбудители, проявления) и опиши способы лечения.

3. Объясни роль физических упражнений, правильного пищевого режима для профилактики респираторных заболеваний.

4. Оцени последствия гипоксии для человека.

5. Разработай и предложи администрации лица мероприятия по профилактике заболеваний дыхательной системы.

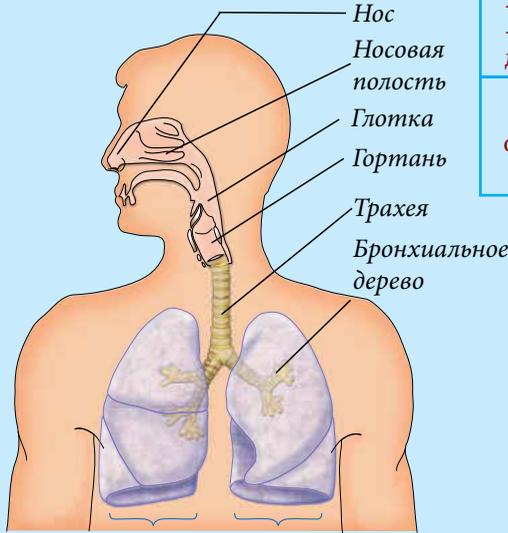
## ДЫХАТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ЧЕЛОВЕКА

Обеспечивает организм человека молекулярным кислородом, необходимым для биологического окисления и удаления метаболита-отхода –  $\text{CO}_2$

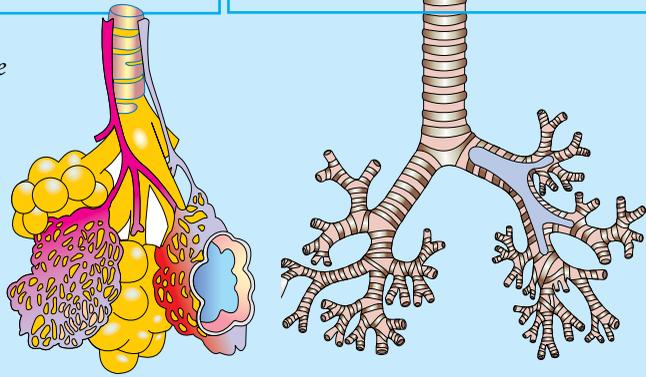
$$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + \text{O}_2 = \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{ATP}$$

Органы дыхательной системы

Дыхательные пути	Легкое	
	Левое	Правое
-нос		
-носовая полость		
-гортань		
-глотка		
-трахея		
-бронхиальное дерево		
Альвеолы (структурно-функциональная единица легких)		
Бронхиальное дерево	1	1
1. Главный бронх	1	1
2. Вторичные (долевые) бронхи	2	3
3. Третичные (сегментарные) бронхи	9	10
4. Концевые бронхиолы	450	509



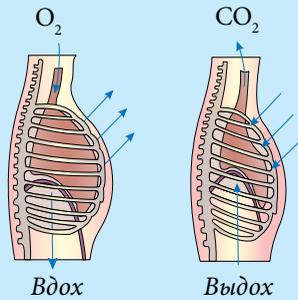
Правое легкое    Левое легкое



## ЭТАПЫ ОБМЕНА ДЫХАТЕЛЬНЫХ ГАЗОВ

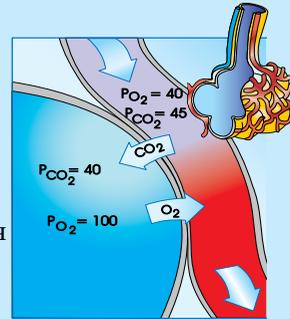
### ЛЕГОЧНАЯ ВЕНТИЛЯЦИЯ

Поток атмосферного воздуха в альвеолы и воздуха, содержащего  $\text{CO}_2$  из альвеол во внешнюю среду



### ЛЕГОЧНЫЙ ЭТАП

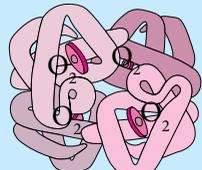
$\text{O}_2$  из альвеолярного воздуха диффундирует в кровь, а  $\text{CO}_2$  – из крови в альвеолы. Диффузия проходит по градиенту давления.



### КРОВЕНОСНЫЙ ЭТАП

$\text{O}_2$  переносится к тканям как растворенный в плазме крови (около 1%), так и в форме химического соединения с гемоглобином

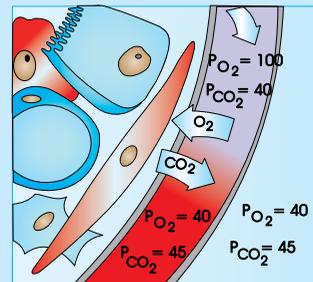
$\text{CO}_2$  циркулирует в растворенном в виде (около 8%), в форме неустойчивых химических соединений (бикарбонатов – около 70%), и карбогемоглобина – около 10%.



Карбоксигемоглобин

### ТКАНЕВЫЙ ЭТАП

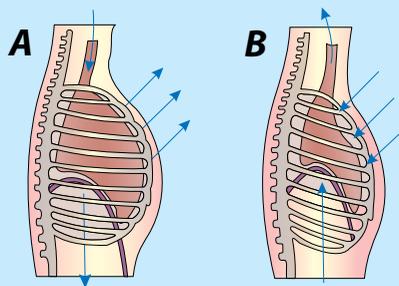
$\text{O}_2$  из крови диффундирует в межклеточную жидкость, а  $\text{CO}_2$  – из межклеточной жидкости в кровь. Диффузия происходит по градиенту давления.



## ИТОГОВЫЙ ТЕСТ

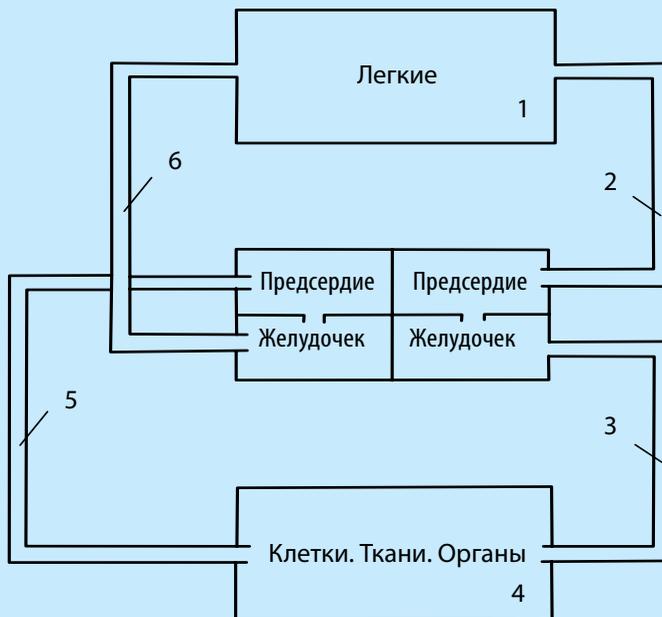
1. Перечисли органы, которые образуют внелегочные и внутрилегочные дыхательные пути.
2. Объясни роль слизистого вещества, выделяемого эпителием трахеи, в процессе очищения вдыхаемого воздуха.
3. Приведи особенности строения альвеол, которые обеспечивают газообмен.
4. Объясни дыхательную и голосообразовательную роль гортани. Объясни роль направленной вниз носовой полости у человека в профилактике заболеваний дыхательной системы.

5. Нарисуй легкие человека, составь и заполни легенду рисунка, обрати внимание на структурные различия левого и правого легкого.



7. Изучив схему, назови описанный кровеносный сосуд и цифру, которой он обозначен:

- сосуд, по которому кровь движется от сердца к органам;
- сосуд, через стенки которого происходит обмен веществ;
- сосуд, по которому кровь движется от органов к сердцу;
- сосуд, по которому кровь из правого желудочка направляется в легкие;
- сосуд, по которому кровь попадает в левое предсердие;
- сосуд, по которому кровь из левого желудочка направляется в большой круг кровообращения;
- сосуд, по которому кровь попадает в правое предсердие.



8. Используя информацию из таблицы:
  - уточни заболевание дыхательной системы которое нарушает транспорт  $O_2$  и  $CO_2$  в сторону дыхательной поверхности легких.
  - аргументируй свой выбор.

Заболевание	Характеристика
Острый бронхит	Воспаление внутренних стенок бронхов, увеличение слизистого слоя
Легочная эмфизема	Прогрессивное поражение стенок альвеол
Воспаление легких	Воспаление легочной паренхимы

# ПИТАНИЕ



- Анатомия пищеварительной системы человека
- Физиология пищеварительной системы человека
- Экзокринные железы пищеварительной системы
- Гигиена, дисфункции и заболевания пищеварительной системы

Пищеварительная система – это комплекс органов, которые обеспечивают механическое измельчение и химическое расщепление пищи, всасывание питательных веществ и удаление непереваренных остатков. Состоит из трех частей: ротовой полости, пищеварительного канала и придаточных желез (рис. 7.1).

**Ротовая полость** сообщается с окружающей средой через ротовое отверстие, и с глоткой через рото-глоточное отверстие. В ротовой полости находятся зубы (пассивные органы) и язык, которые вместе с жевательными мышцами образуют жевательный аппарат (активные органы).

Ротовая полость осуществляет:

- ✓ механическое переваривание пищи: поглощение, измельчение путем прожевывания и увлажнения их слюной;
- ✓ транспорт (глотание) пищевого кома при помощи языка и мышц глотки и пищевода;
- ✓ начало химического переваривания углеводов под действием ферментов слюны;
- ✓ дыхательные функции, функции фонации и вкусовые функции.

■ **Зубы.** Все зубы образуют зубной аппарат, который бывает: временным (молочные зубы) и постоянным (окончательным). Зубы делятся

на: резцы (I), клыки (C), малые коренные (PM) и большие коренные (M). Количество и расположение зубов выражается зубной формулой (для ½ челюсти): для постоянных зубов  $I = 2/2$ ;  $C = 1/1$ ;  $PM = 2/2$ ;  $M = 3/3$  и для молочных зубов  $I = 2/2$ ;  $C = 1/1$ ;  $PM = 2/2$ ;  $M = 0/0$ .

**ПИЩЕВАРИТЕЛЬНЫЙ КАНАЛ** – длинная (около 8-10 м) трубка, открывающаяся в верхней части ротовым, а в нижней – анальным отверстием. Состоит из: глотки, пищевода, желудка, тонкого и толстого кишечника (рис. 7.1).

Просвет пищеварительного канала выстлан слизистой оболочкой, в которой расположены эндокринные секреторные клетки, кровеносных сосудов и лимфатических элементов и гладких мышечных волокон.

Функции слизистой оболочки:

- ✓ пищеварительная: ферменты, выделяемые эпителиальными клетками, катализируют реакции расщепления белков, липидов и углеводов, содержащихся в продуктах питания;
- ✓ всасывание: эпителиальные клетки всасывают простые питательные вещества, полученные из пищи;
- ✓ защитная: оболочка обладает избирательной проницаемостью, благодаря чему токсичные вещества не попадают в кровь и лимфу.

■ **Глотка** – участок пищеварительного канала, где пересекаются пищеварительная и дыхательная системы. Нижняя часть глотки расположена сзади гортани.

■ **Пищевод** – трубка длиной 25-30 см, которая соединяет глотку с желудком через кардиальное отверстие.

■ **Желудок** находится в брюшной полости, под диафрагмой. Имеет вид полого мышечного мешка длиной около 25 см. Может вмещать около 3 литров пищи. Когда желудок пуст, его стенки складываются наподобие мехов аккордеона. По мере наполнения и расширения желудка происходит разглаживание складок. Желудочное пищеварение в норме длится 2 часа, а в случае обильной трапезы – до 4-6 часов (рис. 7.2).

■ **Тонкий кишечник** – самый длинный отдел пищеварительного канала. Начинается от пилорического отверстия, с пилорическим клапаном, который предотвращает обратное попадание пищи в желудок. Состоит из двенадцатиперстной и мезентеральной кишки. Последняя включает тощую и подвздошную кишку.

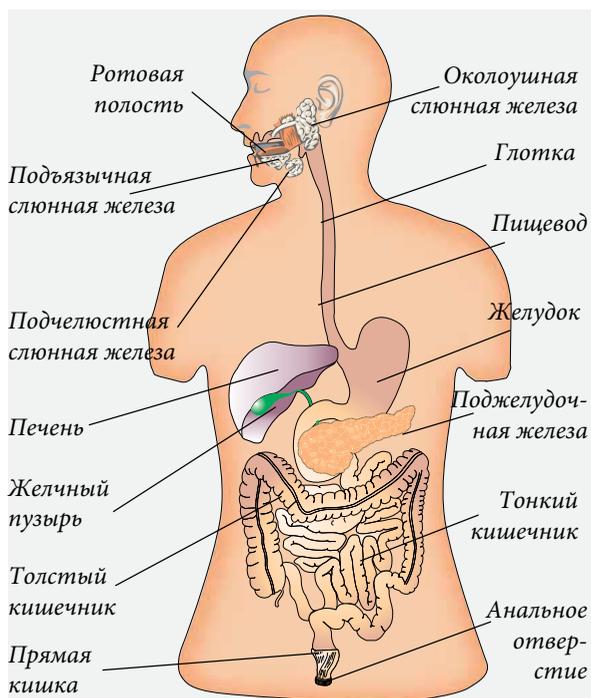
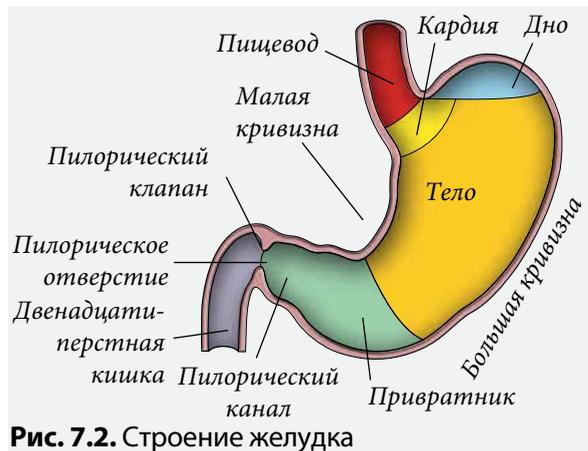


Рис. 7.1. Пищеварительная система человека



**Рис. 7.2.** Строение желудка

Двенадцатиперстная кишка человека длиной 25-30 см имеет форму подковы, в изгибе которой находится головка поджелудочной железы. На внутренней стороне расположены большой сосочек и малый сосочек, через которые вливается поджелудочный сок и желчь.

Тощая и подвздошная кишка прикреплены к задней стенке брюшной полости при помощи брыжейки, которая придает им некоторую подвижность. Их длина составляет 4 м, образуют 14-16 петель и соединяются с толстым кишечником через илеоцекальное отверстие, с илеоцекальным клапаном.

■ **Толстый кишечник** имеет в длину до 1,7 м и делится на слепую, ободочную и прямую кишку.

Прямая кишка, длиной 7 см, в форме мешочного дна с червеобразным отростком (аппендиксом) – рудиментом длиной 6-8 см.

Ободочная кишка берет начало от илеоцекального отверстия. Она включает четыре части: восходящую, поперечную, нисходящую и сигмовидную ободочные кишки.

Слепая кишка является конечным участком пищеварительного канала.

Анальное отверстие снабжено внутренним сфинктером из гладких мышц и внешним сфинктером из поперечно-полосатых волокон.

## ЭКЗОКРИННЫЕ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНЫЕ ЖЕЛЕЗЫ

Экзокринный пищеварительный комплекс состоит из придаточных желез (печень, слюнные, поджелудочная железа) и желез слизистой оболочки пищеварительного канала.

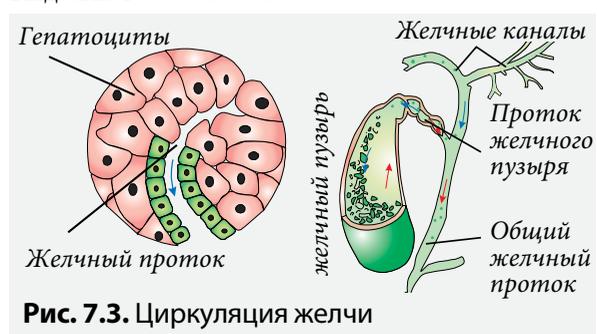
■ **Слюнные железы** двух типов (крупные и мелкие) расположены в ротовой полости. Мелкие слюнные железы находятся в толще слизистой ротовой полости и языка. У человека три пары крупных слюнных желез: околоушные, подчелюстные и подъязычные.

■ **Поджелудочная железа** состоит из железистых ацинусов, которые объединяются и формируют доли. Каждый ацинус имеет свой выводной каналец. Все канальца объединяются и образуют два крупных протока: канал Вирсунга и канал Санторини.

■ **Печень** состоит из гепатоцитов, желчных каналов, и кровеносных капилляров. Желчь во время еды выделяется прямо в двенадцатиперстную кишку через желчные канальца, желчные каналы и общий желчный проток, а в перерывах – стекает в желчный пузырь (рис. 7.3).

■ **Железы слизистой оболочки желудка** выделяют желудочный сок (около 1,5 л/день) во время еды (функциональная секреция) и в небольшом количестве в перерывах (фоновая секреция).

Железы слизистой оболочки кишечника выделяют кишечный сок.

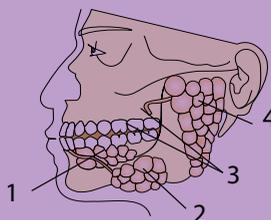


**Рис. 7.3.** Циркуляция желчи

?

1. Изобрази в виде схемы строение пищеварительной системы человека.
2. Дай определение постоянного и временного зубного аппарата. Приведи их формулы.
3. Опиши структуру пищеварительной системы.
4. Назови самый длинный и самый объемный участок пищеварительного канала.

5. Составьте объяснение к схеме, в которой бы описывалась принадлежность структур, обозначенных цифрами 1-4, к пищеварительной системе.



6. Проведи сравнительный анализ строения и локализации пилорического и илеоцекального отверстий. Подчеркни их структурную и функциональную общность. Оцени последствия дисфункций пилорического отверстия.

# 34 ФИЗИОЛОГИЯ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ЧЕЛОВЕКА

Превращение пищи в доступные питательные вещества происходит благодаря:

- ✓ секреции пищеварительных соков;
- ✓ движению пищи;
- ✓ пищеварению (механическому и химическому);
- ✓ всасыванию питательных веществ.

**МОТОРИКА ПИЩЕВАРИТЕЛЬНОГО КАНАЛА.** При помощи перистальтических движений происходит движение пищи от ротовой полости до анального отверстия. На этом пути продукты перемешиваются с пищеварительными соками каждого отдела при помощи сегментирующих движений (рис. 7.4).

■ **Перистальтическое движение** обеспечивается сокращением круговых мышц, которые уменьшают и увеличивают диаметр кишечника. Оно распространяется волнообразно, с различной скоростью вдоль пищеварительного канала. Перистальтическое движение обеспечивает передвижение пищевого комка по пищеводу и перемешивает содержимое желудка с желудочным соком.

■ **Сегментирующее движение** – это сокращения круговых мышц, которые не распространяются вдоль кишечника. Они делят содержимое кишечника на мелкие сегменты, которые затем вновь объединяются. Эти движения обеспечивают смешивание содержимого кишечника с кишечным соком, всасывание питательных веществ, а также процессы кровообращения и лимфообращения.

Стенки желудка сокращаются как при наличии пищи в желудке, так и в ее отсутствии. Моторика пустого желудка способствует появлению ощущения голода. Его стенки слипаются и производят «голодные» движения, которые повторяются каждые 60-80 мин. и

длятся 10-15 мин. Они вызваны уменьшением глюкозы в крови, и вызывают чувство голода.

Тонкий кишечник совершает перистальтические и сегментирующие сокращения.

Транспорт по толстому кишечнику от слепой до прямой кишки обеспечивается перистальтическими движениями, которые повторяются каждые 6-8 часов и вызывают дефекацию.

**ПИЩЕВАРЕНИЕ** – это совокупность физических, химических и физиологических процессов превращения продуктов питания в доступные питательные вещества.

Процесс смачивания и размельчения пищи во время ее передвижения по пищеварительному каналу называется *механическим пищеварением*. Расщепление сложных веществ под действием пищеварительных ферментов до мономеров, которые легко проходят через стенки кровеносных и лимфатических сосудов, называется *химическим пищеварением*. Расщепление происходит под действием ферментов пищеварительных соков.

■ **Пищеварение в ротовой полости.** Процесс увлажнения и размельчения пищи называется жеванием. Механическое пищеварение начинается в ротовой полости, и длится до проглатывания. Пища размельчается при помощи зубов, языка и жевательных мышц. Резцы, клыки и малые коренные зубы разрезают и дробят пищу, а большие коренные зубы раздавливают ее.

Слюна смягчает и растворяет измельченную пищу, способствуя образованию вкусовых ощущений. Под влиянием ферментов слюны происходит расщепление вареного крахмала до мальтозы и декстрина. Благодаря муцину, который содержится в слюне, увлажненная и измельченная пища превращается в пищевой комок.

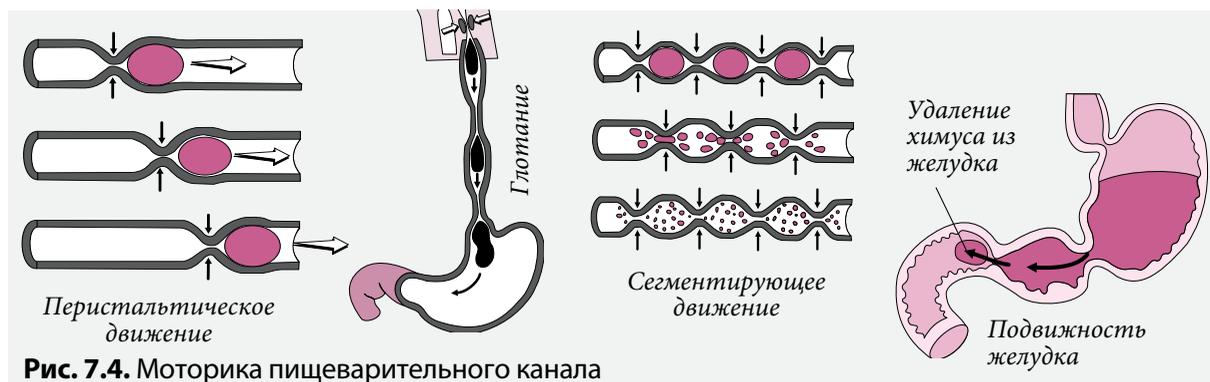


Рис. 7.4. Моторика пищеварительного канала

■ **Глотание** – это совокупность процессов, которые обеспечивают движение пищевого комка из ротовой полости через глотку и пищевод в желудок (рис. 7.4). В пищевом комке продолжается процесс расщепления крахмала и мальтозы под действием слюнных ферментов *амилазы и мальтазы*.

■ **Желудочное пищеварение.** Мышечные сокращения стенок желудка разбивают пищевой комок и смешивают его с желудочным соком, одновременно передвигая его в сторону пилорического сфинктера. В желудке пища превращается в однородную кашицу, которая называется химусом.

Пища, попавшая в желудок, располагается концентрическими слоями от периферии к центру. Эта особенность обеспечивает продолжение процесса расщепления крахмала под действием амилазы в толще пищевых масс.

В желудке, под действием фермента пепсина, активного только в кислой среде, происходит гидролиз части белков (около 20%) на полипептиды и незначительное количество аминокислот.

Расщепление жиров также начинается в желудке. Липолитические ферменты желудочного сока растворимые в воде, действуют исключительно на поверхности жировых частиц и катализируют только расщепление эмульгированных жиров.

Время нахождения продуктов в желудке зависит от количества и качества продуктов, и от размеров пищевых частиц. Плохо размель-

ченные продукты задерживаются в желудке дольше жидкостей и паст. Продукты с повышенным содержанием жиров задерживаются в желудке около 4 часов, белковые вещества выводятся быстрее, а углеводы задерживаются на самое короткое время.

■ **Пищеварение в тонком кишечнике.**

Пищевой химус проходит тонкий кишечник за 8–10 часов. За это время завершается расщепление пищи до простых веществ, которые затем всасываются. Здесь желудочный химус превращается в кишечный химус и подвергается воздействию трех пищеварительных соков: *поджелудочного сока, желчи и кишечного сока*. В тонком кишечнике белки и пептоны, которые образовались в желудке, под действием протеолитических ферментов *трипсина, химотрипсина, эрепсина и энтерокиназы* распадаются на дипептиды, трипептиды и свободные аминокислоты. Ди- и трипептиды расщепляются в микроворсинках кишечника на аминокислоты.

В двенадцатиперстной кишке оставшиеся крахмал и дисахариды расщепляются под действием амилазы поджелудочного сока на моносахариды. Крупные частицы жира разбиваются на мелкие (около 1 мм) – эмульгируются под действием солей желчных кислот и лецитина, становясь доступными для действия липазы, которая расщепляет их на жирные кислоты и глицерин.

■ **Пищеварение в толстом кишечнике** состоит в превращении химуса в более твердые массы, которые называются *фекальными массами*

## Можно ли жить без поджелудочной железы?

В случае тяжелых заболеваний поджелудочной железы, таких как рак, проводится хирургическое удаление органа.

У людей без поджелудочной железы возникают эндокринные и пищеварительные дисфункции. Результаты лабораторных анализов крови, мочи и фекалий указывают на значительные отклонения от нормы. В крови наблюдается увеличение уровня глюкозы и липидов, а в фекалиях присутствуют липиды и белки (см. таблицу).

Лица	Содержание жиров в фекалиях	Содержание белков в фекалиях	Глюкоза
• Здоровые	5%	15%	65–110 мг на 100 мл крови
• Без поджелудочной железы	16–60%	40–80%	200–300 мг на 100 мл крови

Пациенты с удаленной поджелудочной железой могут вести нормальный образ жизни, если получают лекарственные препараты, которые компенсируют отсутствие поджелудочной железы.

- ?
1. Опиши эндокринные и экзокринные функции поджелудочной железы.
  2. Назови заболевание, которым страдают лица, у которых нарушена эндокринная функция поджелудочной железы.
  3. Назови вещество (вещества), которые могут компенсировать эндокринные и экзокринные дисфункции поджелудочной железы.
  4. Объясни, почему у людей с удаленной поджелудочной железой жиры и белки из пищевых продуктов удаляются вместе с фекальными массами.
  5. Можно ли жить без поджелудочной железы?

или стулом. В толстом кишечнике происходит симбиотическое пищеварение нерасщепленных белковых и углеводных веществ, которое осуществляется энзиматическим комплексом микробов, населяющих этот отдел.

**Всасывание** – это процесс ассимиляции мономерных питательных веществ клетками слизистой пищеварительного канала.

В ротовой полости происходит всасывание некоторых лекарственных веществ. В глотке и пищеводе всасывание практически не происходит. В желудке всасываются только вода, алкоголь, глицерин, ионы  $\text{Na}^+$  и  $\text{Cl}^-$ . Строение слизистой оболочки тонкого кишечника обеспечивает максимальное всасывание питательных веществ. Наличие микроворсинок существенно увеличивает площадь кишечника до  $50 \text{ м}^2$  (рис. 7.5). В двенадцатиперстной и тощей кишке интенсивность всасывания максимальная. В подвздошной кишке, происходит всасывание воды и некоторых ионов.

Ворсинки – это выросты клеток слизистой оболочки кишечника. Они снабжены плотной сетью кровеносных и лимфатических капилляров.

В кровеносные капилляры поступают моносахариды и аминокислоты, а в лимфатические капилляры – жирные кислоты.

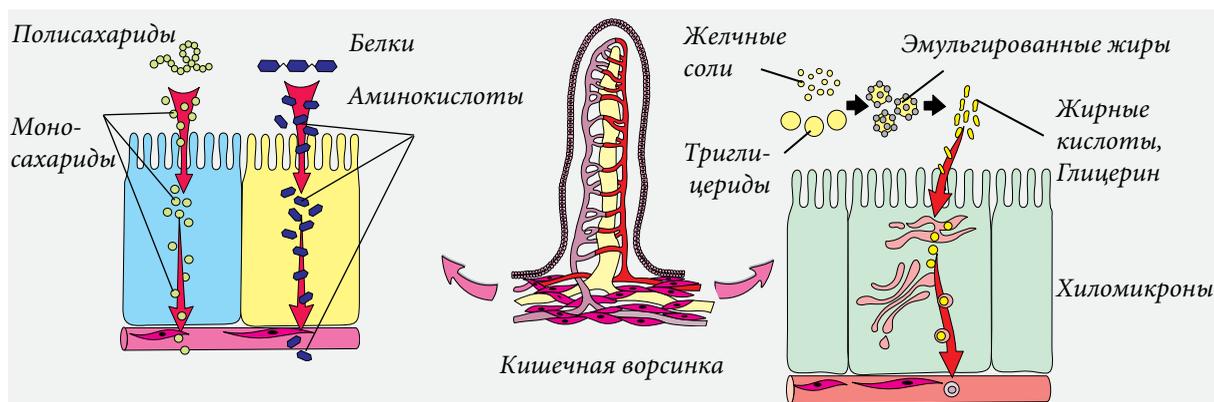
Часть поглощенной глюкозы проходит в капилляры, и через воротную вену попадает в печень. Здесь она превращается в гликоген.

Через мембраны клеток слизистой оболочки проходят аминокислоты которые переходят в кровь, а оттуда в печень и другие органы. Аминокислоты, ди- и трипептиды проникают в клетки слизистой оболочки путем активного транспорта. Слизистая оболочка кишечника детей проницаема для белков и антител молока.

Жиры всасываются через слизистую оболочку тонкого кишечника в форме мелких капель, которые проникают путем пиноцитоза через мембрану клеток.

В клетках слизистой оболочки кишечника происходит синтез специфических для человека липидов, которые попадают в лимфу, а затем в кровь, которая переносит их в печень и жировые клетки.

Толстый кишечник всасывает воду, минеральные соли и некоторые лекарства.



**Рис. 7.5.** Всасывание питательных веществ в слизистой оболочке тонкого кишечника

?

1. Перечисли функции пищеварительной системы.
2. Дай определение процессам:
  - ✓ секреция желудочного сока,
  - ✓ движение пищи,
  - ✓ химическое пищеварение,
  - ✓ механическое пищеварение,
  - ✓ всасывание питательных веществ.

3. Назови железу от которой зависит работа двенадцатиперстной кишки.
4. Приведи сравнительное описание перистальтического и сегментирующего движения пищеварительного канала. Объясни их значение.
5. Объясни, почему желудок самый объемный, а кишечник – самый длинный отдел пищеварительной системы.

6. Опирайся при ответе на функции отделов. Напиши эссе, объясняющее связь между складками слизистой оболочки тонкого кишечника и его функциями (пищеварение и всасывание).
7. Аргументируй применение ферментных препаратов в случае дисфункций поджелудочной железы.

## I. ПИЩЕВАРЕНИЕ – МЕХАНИЧЕСКИЙ ИЛИ ХИМИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС?

В VIII веке итальянский ученый Джованни Борелли (1608-1672) объяснил механизм пищеварения как чисто механическое явление: при прохождении пищи через желудочно-кишечный тракт происходит ее измельчение до мелких частиц.

Французский ученый Рене-Антуан Фершот Реамюр (1683-1757) изучал пищеварение у хищных птиц и выполнил следующий эксперимент. Ученый вложил куски сырого мяса в открытые с двух концов металлические трубки. Трубки с мясом были поглощены хищными птицами. Реамюр собрал трубки на второй день и обнаружил, что мясо в них не было подвергнуто механическим изменениям (не было измельчено), но уменьшилось в размерах. Для дальнейших исследований Реамюр собрал содержимое пищеварительного тракта птиц с помощью губки.

- ?
1. Нарисуй проглоченную птицей трубку с мясом из эксперимента Реамюра до и после опыта (в продольном разрезе).
  2. Опиши, в каком месте произошло уменьшение объема мяса (с одного конца, с двух концов или в середине). Объясни причину уменьшения объема мяса.
  3. Опиши предположительное содержание пищеварительного канала, собранное на губке.
  4. Представь себе путешествие на машине времени. Ты попал в лабораторию Рене-Антуана Фершот Реамюра. Обладая багажом знаний ученика XXI века, предложи ученому проект эксперимента, в котором при помощи полученного содержимого пищеварительного канала и кусков мяса можно доказать химическую природу пищеварения.

## II. ПИЩЕВЫЕ ВОЛОКНА

Пищевые волокна представляют собой группу растительных углеводов, которые присутствуют в фруктах, овощах, цельных зернах. Они не разрушаются ферментами в кишечнике и удаляются вместе с другими остатками, но выполняют важные функции: снижают уровень холестерина в крови, предотвращают развитие рака толстой кишки, регулируют уровень сахара в крови и стимулируют моторику пищеварительного канала (за счет увеличения объема фекалий).

- ?
1. Сравни результаты анализов переваренных веществ у людей, потребляющих большое количество волокон, и у людей, не включающих волокна в свой рацион (см. схему).
  2. Объясни, каким образом волокна стимулируют переваривание пищи. Они участвуют в процессе химического или механического пищеварения?
  3. Разработай меню, включающее продукты, содержащие волокна.



## III. ВСАСЫВАНИЕ

Для того, чтобы определить в какой части пищеварительного канала происходит всасывание питательных веществ, был проведен биохимический анализ крови, отобранной из сосудов стенок пищеварительного канала.

Орган пищеварительного канала	Количество глюкозы мг/л крови	
	входящая кровь	выходящая кровь
Стенки пищевода	1 мг/л	0,9 мг/л
Стенки желудка	1 мг/л	0,7 мг/л
Стенки тонкого кишечника	1 мг/л	2,8 мг/л
Стенки толстого кишечника	1 мг/л	0,8 мг/л

- ?
1. Объясни происхождение глюкозы в крови, которая выходит из стенок пищеварительного канала.
  2. Сформулируй вывод о значении отделов пищеварительного канала для процесса всасывания питательных веществ.

**ЭКЗОКРИННЫЕ ЖЕЛЕЗЫ** пищеварительного канала включают железы слизистой оболочки и придаточные железы (слюнные железы, печень и поджелудочная железа).

Они делятся на одноклеточные, трубчатые и комплексные (рис. 7.6).

В день они выделяют около 9 литров пищеварительных соков, которые обеспечивают смачивание и химическое пищеварение продуктов. Пищеварительные соки содержат минеральные вещества (вода и минеральные соли) и органические вещества (ферменты, муцин и др.).

Вода является структурным компонентов пищеварительных соков. Она обеспечивает смачивание пищи и ее химическое превращение.

Ферменты являются функциональными компонентами пищеварительных соков. Они катализируют реакции расщепления полимерных органических веществ.

Ферменты – вещества белковой природы. Они принадлежат к классу гидролаз (протеолитические, липолитические и гликолитические энзимы). Они катализируют реакции расщепления полимеров с присоединением молекул воды.

■ **Одноклеточные железы** расположены в слизистой оболочке пищеварительного канала. Они специализированы для производства минеральных веществ и мукуса.

■ **Трубчатые железы** образуются путем впячивания слизистой оболочки желудка, тонкого и толстого кишечника. Секрет трубчатых желез различается в разных участках. Например, пилорические железы желудка секретируют только муцин, а железы дна желудка секретируют три основных компонента желудочного сока: соляную кислоту, муцин и ферменты (рис. 7.6.)

■ **Комплексные железы (ацинусные)** – к ним относятся слюнные железы и поджелудочная железа, которые открываются в пищеварительный канал через протоки. Эти железы состоят из системы канальцев, на конце которых располагаются пузырьки, состоящие из секреторных клеток (секреторных ацинусов) (рис. 7.6).

Слюнные железы (мелкие, в толще слизистой ротовой полости и языка, и крупные – околоушные, подчелюстные и подъязычные слюнные железы вырабатывают слюну (рис. 7.7).

Каждая слюнная железа производит слюну определенного состава, которая выливается в ротовую полость и смешивается с другими видами слюны, образуя 1-2 литра смешанной слюны в день.

Смешанная слюна – это прозрачная, пенящаяся жидкость с невысокой вязкостью и слабощелочной реакцией (рН=6,8-7,2). Она состоит из воды (95,7%), минеральных и органических веществ. Смешанная слюна содержит два пищеварительных фермента – амилазу и мальтазу, и один антибактериальный фермент – лизоцим.

■ **Амилаза** катализирует реакции расщепления вареного или печеного крахмала до декстрина и мальтозы. Она активна только в слабо-кислой среде.

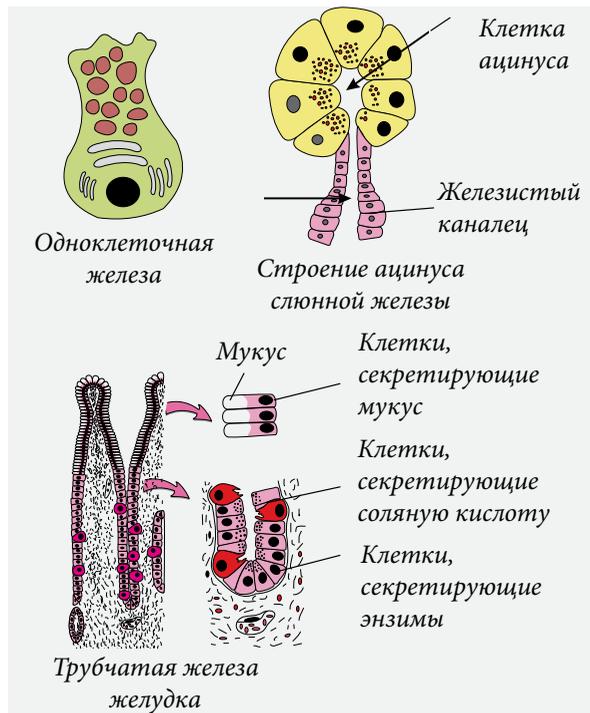


Рис. 7.6. Строение экзокринных желез

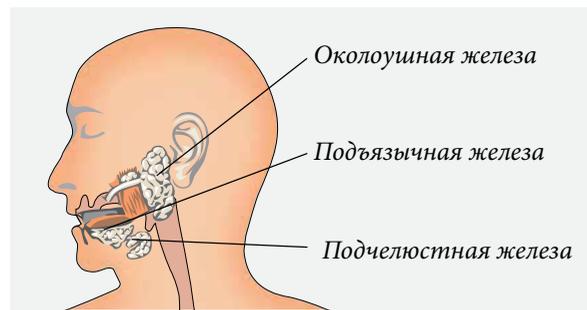


Рис. 7.7. Топография слюнных желез

■ **Мальтаза** катализирует реакции расщепления мальтозы до глюкозы.

■ **Лизоцим** тормозит развитие микрофлоры, которая проникает в ротовую полость вместе с пищей и воздухом. Нарушение слюнной секреции приводит к различным инфекциям ротовой полости.

**Экзокринная часть поджелудочной железы** состоит из железистых ацинусов, которые объединяются в дольки. Каждый ацинус обладает наружным каналцем, который объединяется с другими, формируя два больших протока, открывающиеся в двенадцатиперстную кишку.

Поджелудочная железа секретирует ежедневно около 1,5 л поджелудочного сока, состоящего из воды (около 98%), минеральных веществ, протеолитических, липолитических и гликолитических ферментов (рис. 7.8).

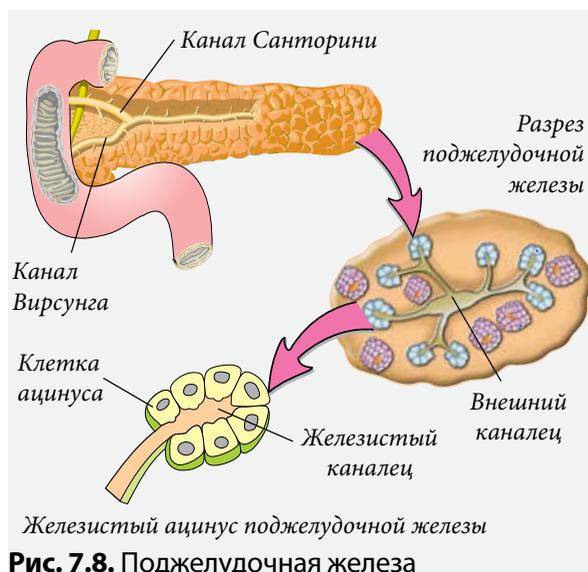


Рис. 7.8. Поджелудочная железа

■ **Протеолитические ферменты** (трипсин и химотрипсин) катализируют реакции расщепления белковых веществ до аминокислот.

■ **Липаза поджелудочной железы** в присутствии солей желчных кислот катализирует реакции гидролиза твердых жиров, с образованием жирных кислот и глицерин.

■ **Гликолитические ферменты** (амилаза поджелудочной железы) катализирует реакции гидролиза сырого и вареного крахмала, с образованием мальтозы.

Поджелудочный сок содержит бикарбонат натрия, который нейтрализует кислотность химуса, поступившего из желудка, активизируя ферменты кишечного сока.

**ПЕЧЕНЬ** – самая крупная железа, весит около 1,5 кг и расположена с правой стороны, непосредственно под диафрагмой.

Печень, покрыта сверху фиброзной капсулой, которая вместе с кровеносными сосудами и нервами проникает внутрь железы с нижней стороны и делит ее на 4 доли (правую, левую, квадратную и заднюю) и множество долек (рис. 7.9).

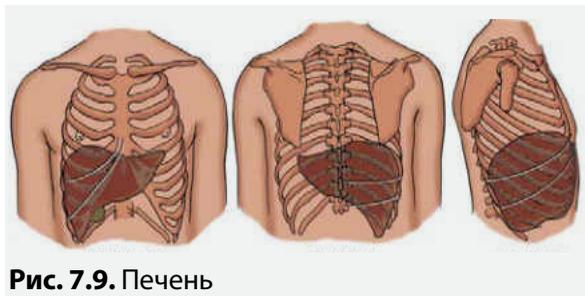


Рис. 7.9. Печень

Печеночная долька является анатомо-функциональной единицей печени, в клетках которой запасается гликоген, происходит синтез желчи.

**ЖЕЛЧЬ** не содержит ферментов. К органическим веществам желчи относятся соли желчных кислот, желчные пигменты, холестерин, фосфолипиды и муцин.

Во время приема пищи желчь выливается прямо в двенадцатиперстную кишку, а в перерывах собирается в желчном пузыре. В процессе пищеварения желчь играет комплексную роль:

- ✓ Эмульгирует жиры;
- ✓ Активирует поджелудочную липазу;
- ✓ Образует с жирами водорастворимые комплексы, обеспечивая всасывание жиров и жирорастворимых витаминов;
- ✓ Стимулирует перистальтику кишечника.

**ЖЕЛЕЗЫ СЛИЗИСТОЙ ЖЕЛУДКА** секретируют за день около 1,5 л желудочного сока. Секреция происходит во время еды. В перерывах желудочный сок не секретируется или секретируется в незначительном количестве (фоновая секреция). Желудочный сок представляет собой бесцветную жидкость с кислой реакцией (рН=0,9-1,5). В состав желудочного сока входит вода (99%), соляная кислота (0,5%), муцин и неорганические вещества.

■ **Соляная кислота** желудочного сока выполняет следующие функции:

- ✓ Превращает пепсиноген в пепсин;
- ✓ Разрушает бактерии;
- ✓ Восстанавливает трехвалентное железо, которое не всасывается, в двухвалентное (легко доступное), предотвращая анемию.

■ **Муцин** защищает слизистую оболочку желудка от механического воздействия пищи и от самопериваривания.

В состав желудочного сока входят два вида протеолитических ферментов (пепсин и лаб-фермент) и желудочная липаза.

■ **Лабфермент** вызывает свертывание молока, и типичен для грудничков.

■ **Пепсин** катализирует реакции расщепления белков до пептонов.

■ **Желудочная липаза** действует на эмульгированные жиры (из сливок, молока), превращая их в жирные кислоты и глицерин.

**ЖЕЛЕЗЫ СЛИЗИСТОЙ ОБОЛОЧКИ КИШЕЧНИКА** секретируют кишечный сок, содержащий органические вещества (муцин

и ферменты) и неорганические вещества, из которых самым значимым является бикарбонат натрия. Ферментная часть кишечного сока содержит:

■ **Протеолитические ферменты (эрипсин и энтерокиназа)** – расщепляют пептиды, поступившие из желудка, до аминокислот.

■ **Липолитические ферменты (кишечная липаза)** – расщепляют жиры до жирных кислот и глицерина.

■ **Гликолитические ферменты (сахараза, мальтаза, лактаза)** – катализируют реакции расщепления дисахаридов до моносахаридов.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ АКТИВНОСТИ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНЫХ ФЕРМЕНТОВ.

### I. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РОЛИ АМИЛАЗЫ В РАСЩЕПЛЕНИИ КРАХМАЛА

#### ■ Материалы и оборудование:

- ✓ Хлеб
- ✓ Раствор йода или раствор Люголя

#### ■ Ход работы

Тщательно пережуй кусочек хлеба. Помести пищевой комочек на бумагу. Капни раствором йода на хлеб и на пищевой комочек.

#### ■ Оформление результатов

Опиши и объясни изменения, возникшие под действием йода на хлеб и на пищевой комочек.

### II. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РОЛИ ЖЕЛЧИ В ЭМУЛЬГИРОВАНИИ ЖИРОВ

#### ■ Материалы и оборудование:

- ✓ Желчь.
- ✓ Масло.
- ✓ Пробирки.
- ✓ Вода.
- ✓ Фильтровальная бумага.

#### ■ Ход работы

1. Подпиши две пробирки цифрами или буквами (например, А и Б).
2. Налей в пробирку А воду и масло, а в пробирку Б – воду, масло и желчь.
3. Взболтай обе пробирки.

#### ■ Оформление результатов

1. Отметь, в какой пробирке эмульсия более устойчива в течение длительного времени.
2. Объясни, почему для расщепления жиров необходимо их предварительное эмульгирование.



1. Перечисли экзокринные железы пищеварительного канала.
2. Дай определение понятию фермент.
3. Сравни структуру и расположение пищеварительных желез.
4. Составь и заполни таблицу с названием желез и вырабатываемых ферментов.

5. Объясни, как формируется смешанная слюна.
6. Объясни разницу между амилазой слюны и поджелудочной амилазой (железы, которые их синтезируют, место действия, катализируемые реакции, продукты, содержащие субстрат этих ферментов).

7. Хронический панкреатит – это заболевание, которое приводит к снижению уровня ферментов. Назови ферменты, которые должны принимать пациенты с хроническим панкреатитом.
8. Желчь выливается в двенадцатиперстную кишку из печени и из желчного пузыря. Можно ли включить желчный пузырь в ряд экзокринных желез?

**ПИЩЕВОЙ РАЦИОН И ГИГИЕНА ПИТАНИЯ**

■ **Пищевой рацион** представляет собой количество продуктов и калорий, необходимых для обеспечения сбалансированного питания одного человека в течении 24 часов. Нормальная энергетическая потребность составляет 1600-1800 ккал для мужчин и 1200-1400 ккал для женщин. Люди, ведущие активный образ жизни, нуждаются в большем количестве энергии (*табл. 7.1*). Ежедневный калорийный рацион и потребность в питательных веществах обеспечиваются разнообразными продуктами питания. Соотношение белков, жиров и углеводов в рационе взрослого здорового человека должно составлять 1:1:4.

■ **Гигиена питания** изучает питание человека в зависимости от возрастных особенностей, профессии, климатических и географических условий, национальных традиций и др. Основными целями данной отрасли гигиены являются:

- исследование биохимического состава и энергетической ценности продуктов;
- установление пищевых норм (белков, жиров, углеводов, витаминов и минеральных веществ);
- анализ специфики пищевого режима;
- изучение влияния национальных традиций и климатических условий на особенности питания;
- установление причин пищевых отравлений;
- разработка мер профилактики авитаминоза;
- установление санитарных микробиологических и химических норм для продуктов питания;
- определение санитарных норм проектирования предприятий общественного питания.

**ДИСФУНКЦИИ И ЗАБОЛЕВАНИЯ  
ПИЩЕВАРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ**

Неправильное питание (недостаток или избыток питательных веществ) вызывает дисфункции и заболевания пищеварительной системы и других систем организма. Например, жирная пища (особенно животного происхождения) приводит к увеличению содержания липидов в крови, что влечет за собой опасность возникновения тромбов и образования отложений на стенках артерий. Подобные нарушения приводят к инсультам и инфарктам.

■ **Ожирение** развивается в результате избыточного употребления высококалорийных продуктов, и способствует возникновению нарушений в работе сосудистой и опорно-двигательной системы. У людей, страдающих ожирением, деформируется ступня, преждевременно изнашиваются суставы, появляются дисфункции позвоночника и др.

■ **Гастрит** – это воспаление слизистой оболочки желудка. Факторами риска для возникновения гастрита являются: употребление некачественных, холодных или слишком горячих продуктов, или продуктов с повышенным содержанием аллергенов (яиц, молока, клубники); недостаточно размельченных продуктов; злоупотребление алкоголем; курение; действие патогенных микроорганизмов; действие химических веществ; нарушения нервной, кровеносной, иммунной системы; нерегулярный прием пищи с большими интервалами; систематический прием некоторых лекарств (например, аспирина).

Лечение гастрита требует соблюдения постельного (1-2 дня) и пищевого режима. Исключаются острые, холодные и горячие, а также трудноусвояемые продукты.

■ **Язва желудка и двенадцатиперстной кишки** – это нарушение целостности слизистой оболочки и глубоких слоев желудка и кишечника. Язва – это открытая рана, в которой процессы регенерации очень незначительны. У молодых

**Таблица 7.3.** Энергетические потребности в зависимости от профессии (ккал)

Подростки (11–13 лет)	2 500 – 2 700
Подростки (14–17 лет)	девочки – 2700 мальчики – 3100
Работа в офисе, другие профессии, предполагающие сидячую работу	женщины – 2400 мужчины – 2800
Профессии, сопряженные с большой физической нагрузкой, и врачи, кроме хирургов	женщины – 2700 мужчины – 3200
Профессии, требующие умеренной физической нагрузки: лаборанты, почтальоны, сапожники и др.	женщины – 2400 мужчины – 2800
Маляры, плотники, хирурги, шахтеры, водолазы	женщины – 3100 мужчины – 3700
Земледельцы во время уборки урожая, дровосеки	женщины – 3500 мужчины – 4500

людей чаще всего встречается язва двенадцатиперстной кишки, а у взрослых и пожилых людей чаще встречается язва желудка. Язва двенадцатиперстной кишки чаще встречается у мужчин. Факторами риска возникновения язвы желудка и двенадцатиперстной кишки являются: неправильное питание; нервное истощение; курение, злоупотребление алкоголем и др.

Лечение язвы желудка и двенадцатиперстной кишки назначается врачом индивидуально, в зависимости от степени тяжести болезни. На начальном этапе полное выздоровление наступает после одного курса лечения.

Профилактика язвы желудка и двенадцатиперстной кишки предусматривает рациональный режим труда, отдыха, питания, занятия спортом, исключение курения и употребления алкоголя.

■ **Аппендицит** – это раздражение или воспаление аппендикса, вызванное патогенами, нарушением кровоснабжения, процессами гниения и др.

У детей данное заболевание проявляется сильными болями в области пупка или всего живота, рвотой, иногда поносом. Лечение – хирургическое.

■ **Дизентерия** – острое инфекционное заболевание, при котором происходит повреждение толстого кишечника, общее отравление, появляется жидкий стул. Дизентерию вызывают патогенные бактерии, которые могут сохранять жизнеспособность в течение 3-5 дней на руках, 40-60 дней в воде и около 60 дней в почве. Бактерии сохраняются на игрушках, белье, предметах личного пользования и др. Дизентерия поражает людей любого возраста и называется еще «болезнью грязных рук». Заболевание имеет сезонный характер. Профилактика дизентерии состоит в изоляции больного, тщательной обработке зараженных предметов и помещений, медицинском контроле.

■ **Гепатит** – это воспалительное заболевание печени. В зависимости от протекания и проявления бывает острый и хронический гепатит.

Острый вирусный гепатит вызван вирусными инфекциями, в зависимости от возбудителя бывает 6 типов (А, В, С, D, E, G). Чаще всего встречаются гепатиты А и В.

Вирусный гепатит можно предупредить, соблюдая правила личной гигиены; строго подбирая доноров при заборе крови; используя одноразовые шприцы. Для профилактики гепатита В проводится вакцинация.

Хронический гепатит является следствием острого вирусного гепатита и выражается в воспалении печени, а также может быть вызван малярией, туберкулезом и др. Может возникать в результате применения определенных лекарств, отравлений, злоупотребления алкоголем и др.

Факторами риска хронического гепатита являются: недоедание, хронические инфекции миндалин, эндокринные нарушения, нарушение обмена веществ и др.

Профилактика заболеваний, вызванных неправильным питанием, включает:

- употребление свежих продуктов;
- включение в пищевой рацион всех необходимых веществ в оптимальном количестве (белков, жиров, углеводов, витаминов и др.);
- соблюдение пищевого режима;
- избегание стрессовых ситуаций и переутомления;
- отказ от употребления алкоголя и табака;
- соблюдение личной гигиены для предотвращения гельминтозов и поражений патогенными микроорганизмами;
- исключение употребления сырых яиц и мяса, невымытых фруктов и овощей;
- исключение просроченных продуктов.

?

Изучи строение пищевой пирамиды и выскажи свое мнение об ее использовании в качестве основы для составления ежедневного рациона.



## ПОВТОРЕНИЕ

Сегмент пищеварительного канала	Пищеварение		Всасывание	
	механическое	химическое		
<b>Ротовая полость</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ смачивание пищи,</li> <li>✓ измельчение пищи,</li> <li>✓ образование комка</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ расщепление крахмала</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ некоторые лекарства</li> </ul>	Глотание
<b>Глотка</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ продолжается расщепление крахмала</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ отсутствует</li> </ul>	
<b>Пищевод</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ продолжается расщепление крахмала</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ отсутствует</li> </ul>	
<b>Желудок</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ разрушение комка,</li> <li>✓ смешивание пищи и желудочного сока,</li> <li>✓ образование химуса</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ расщепление белков (около 20%)</li> <li>✓ расщепление эмульгированных жиров</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ алкоголь (около 20%), вода, глицерин, <math>\text{Na}^+</math>, <math>\text{Cl}^-</math></li> </ul>	Химус проходит в двенадцатиперстную кишку
<b>Тонкий кишечник</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ смешивание химуса и кишечных соков,</li> <li>✓ образование кишечного химуса</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ расщепление крахмала</li> <li>✓ расщепление белков</li> <li>✓ эмульгирование жиров</li> <li>✓ расщепление жиров</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ ионы <math>\text{Ca}^{2+}</math>, <math>\text{Mg}^{2+}</math>, глюкоза, водорастворимые витамины, алкоголь (80%), <math>\text{K}^+</math>, <math>\text{Na}^+</math>, витамин B12, жирорастворимые витамины, жирные кислоты, аминокислоты, вода, желчь</li> </ul>	Продвижение химуса по тонкому кишечнику
<b>Толстый кишечник</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ образование фекальных масс</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ расщепление веществ бактериальными ферментами</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ вода, ионы <math>\text{K}^+</math>, <math>\text{Na}^+</math>, некоторые медикаменты, кислоты, газы</li> </ul>	Движение фекальных масс

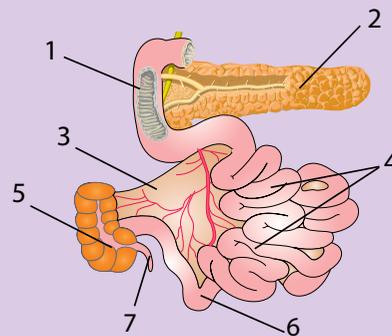
ЭКЗОКРИННАЯ ЖЕЛЕЗА	СЕКРЕЦИЯ	ФУНКЦИЯ
<b>Слюнные железы</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Слюна</li> <li>✓ вода</li> <li>✓ муцин</li> <li>✓ мальтаза</li> <li>✓ лизоцим</li> <li>✓ минеральные соли</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• смачивание продуктов;</li> <li>• муцин способствует образованию пищевого комка;</li> <li>• амилаза расщепляет крахмал до декстринов и мальтозы, активна в слабо-кислой среде;</li> <li>• мальтаза расщепляет мальтозу до глюкозы;</li> <li>• лизоцим подавляет рост микрофлоры.</li> </ul>
<b>Желудочные - одноклеточные - трубчатые</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Желудочный сок</li> <li>✓ вода</li> <li>✓ соляная кислота</li> <li>✓ муцин</li> <li>✓ пепсин</li> <li>✓ лабфермент</li> <li>✓ желудочная липаза</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• HCl препятствует развитию гнилостных бактерий и патогенов, обладает антианемическим действием</li> <li>• муцин защищает слизистую желудка от механического действия пищи и от действия пепсина и HCl;</li> <li>• лабфермент сворачивает молоко (типичен для грудничков);</li> <li>• пепсин расщепляет белки на пептоны;</li> <li>• желудочная липаза расщепляет жир (сливок, молока)</li> </ul>
<b>Печень</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Желчь</li> <li>✓ желчные кислоты</li> <li>✓ желчные пигменты</li> <li>✓ холестерин</li> <li>✓ фосфолипиды</li> <li>✓ муцин</li> </ul>	<p>Желчь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• эмульгирует жиры;</li> <li>• активизирует липазу;</li> <li>• обеспечивает всасывание жиров;</li> <li>• стимулирует перистальтику кишечника.</li> </ul>
<b>Поджелудочная железа</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Поджелудочный сок</li> <li>✓ вода</li> <li>✓ трипсин</li> <li>✓ хемотрипсиноген</li> <li>✓ поджелудочная липаза</li> <li>✓ поджелудочная амилаза</li> <li>✓ бикарбонат натрия</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• трипсин и хемотрипсин расщепляют белки;</li> <li>• амилаза расщепляет крахмал до мальтозы;</li> <li>• бикарбонат натрия нейтрализует кислотность желудочного химуса, способствуя действию ферментов;</li> <li>• липаза в присутствии желчных солей расщепляет твердые жиры на жирные кислоты и глицерин.</li> </ul>
<b>Железы тонкого кишечника - одноклеточные - трубчатые</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Кишечный сок</li> <li>✓ эрепсин</li> <li>✓ энтерокиназа</li> <li>✓ кишечная липаза</li> <li>✓ сахаразы, мальтаза, лактаза</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• протеолитические ферменты (эрепсин и энтерокиназа) расщепляют пептиды на аминокислоты;</li> <li>• кишечная липаза расщепляет жиры на жирные кислоты и глицерин;</li> <li>• гликолитические ферменты (сахараза, мальтаза, лактаза) расщепляют дисахариды на моносахариды.</li> </ul>

## ИТОГОВЫЙ ТЕСТ

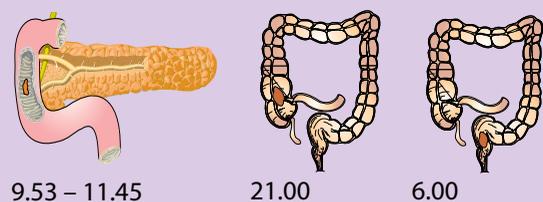
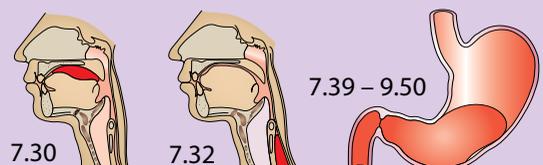
1. Изобрази в виде схемы три составные части пищеварительной системы: ротовая полость, пищеварительный канал, придаточные железы.
2. Представь в виде таблицы шесть групп продуктов, которые составляют пищевую пирамиду, и по три продукта для каждой группы, которые предпочитаешь ты и твоя семья.
3. Дай определение понятиям: механическое пищеварение, химическое пищеварение, всасывание.
4. Опиши химическое пищеварение крахмала и альбумина (белок яйца) в органах пищеварительного канала.
5. Образуй ассоциации между понятиями из колонки **А** с определениями из колонки **Б**.

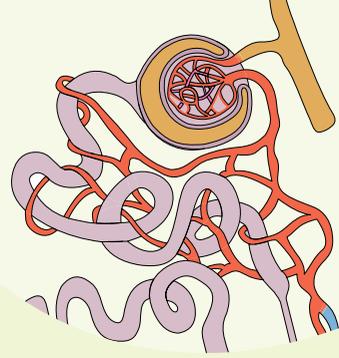
А	Б
Печень	• Смесь воды, минеральных солей, ферментов и др.
Толстый кишечник	• Ассимиляция мономерных питательных веществ клетками слизистой оболочки кишечника.
Пищеварение	• Длинный канал, начинающийся ротовым отверстием и заканчивающийся анальным отверстием. Длина около 8-10 м.
Всасывание	• Совокупность органов, обеспечивающих расщепление веществ, всасывание продуктов расщепления и удаление непереваренных остатков.
Пищеварительный сок	• Экзокринная железа, в которой происходит запасание гликогена и секреция желчи.
Пищеварительный канал	• Участок толстого кишечника, всасывающий воду и минеральные вещества.
Пищеварительный аппарат	• Совокупность физических и химических процессов, превращающих сложные питательные вещества (полимеры) в простые (мономеры).

6. Составь легенду схемы и объясни роль структуры, обозначенной цифрой 3, в пространственной организации брюшной полости.



7. Проследи на схеме «путь» завтрака (булочка с джемом и стакан йогурта) по пищеварительному каналу.
  - а. Рассчитай время действия поджелудочного сока на пищу.
  - б. Отметь отдел пищеварительного канала, где расщепляются жиры молока.
  - в. Рассчитай время расщепления крахмала.
  - г. Рассчитай время образования фекальных масс.
  - д. Укажи участок кишечника, где будет происходить всасывание воды.





## ГЛАВА

# 8

# ВЫДЕЛЕНИЕ

- Выделительная система человека
- Анатомия мочевыделительной системы человека
- Физиология мочевыделительной системы человека
- Гигиена, дисфункции и заболевания мочевыделительной системы

Отходы человеческого организма представляют собой вещества, которые образуются в результате жизнедеятельности, или попадают из внешней среды с пищей.

Совокупность процессов, обеспечивающих удаление метаболитических отходов из организма, называется *выделением*.

Органы, ответственные за выделение, образуют выделительную систему, которая включает мочевыделительную систему (выполняет только выделительную функцию) и органы с выделительными функциями: легкие, кожа и печень, которые, наряду со своими основными функциями, устраняют определенные отходы метаболизма из организма.

■ **Метаболические отходы** образуются в результате расщепления органических веществ. Например:

- ✓  $H_2O$  и  $CO_2$  являются отходами клеточного дыхания;
- ✓  $NH_3$  образуются в результате реакции белкового метаболизма;
- ✓ мочевина образуется в печени в результате реакции между аммиаком и водой;
- ✓ мочевая кислота возникает в результате реакции расщепления нуклеиновых кислот.

Метаболические отходы удаляются из клетки в межклеточную жидкость, откуда, через тонкие стенки капилляров, они попадают в кровь. Кровь переносит отходы к выделительным органам. Удаление отходов абсолютно необходимо для поддержания нормального функционирования организма. Их накопление приводит к нарушению процессов жизнедеятельности и даже к смерти. Содержание метаболитических отходов в организме определяется с помощью биохимического анализа крови и мочи.

■ **Твердые отходы** образуются из непереваренных остатков пищи и удаляются через прямую кишку.

**Легкие** устраняют во внешнюю среду  $CO_2$  и  $H_2O$  (в виде пара). Выделение происходит через нежную мембрану альвеол, по градиенту давления: из плазмы крови, где давление этих веществ выше, в альвеолярный воздух, в котором их давление меньше. Воздух из альвеол выдыхается во внешнюю среду.

**Печень** нейтрализует отходы, образующиеся в результате метаболитических реакций, и токсичные вещества, которые попадают в

кровь из пищи, загрязненного воздуха (токсины, тяжелые металлы и др.) или в результате нанесения на кожу косметических продуктов. Из печени эти вещества с желчью попадают в кишечник, откуда они эвакуируются.

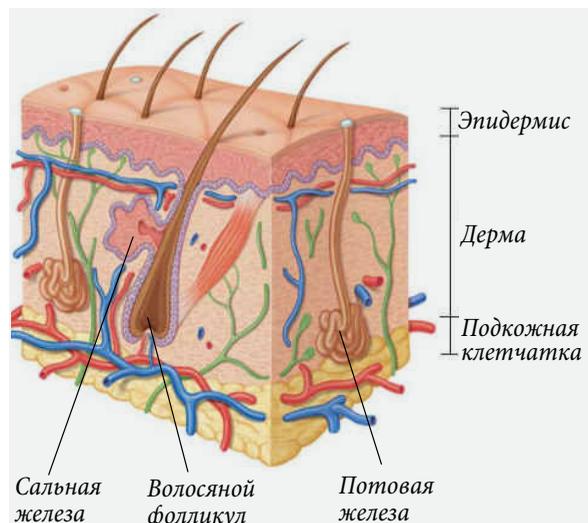
**Кожа** удаляет из организма ряд отходов в виде секрета сальных и потовых желез. Кожа состоит из трех слоев (*рис. 8.1*):

- ✓ эпидермиса;
- ✓ дермы;
- ✓ подкожной клетчатки.

**Эпидермис** – наружный слой кожи, барьер против микроорганизмов, эрозии, жары, химических веществ, ультрафиолетового света.

Эпидермис состоит из кератиноцитов (около 80%) – основных клеток, расположенных слоями. Они производят белок – кератин. Кератин придает коже устойчивость к физическим факторам и обеспечивает непроницаемость для воды. В здоровой коже поверхностные клетки расположены плотно, внахлест. В состав эпидермиса входят клетки, продуцирующие меланин (меланоциты), которые защищают организм от микробов (клетки Лангерганса) и механорецепторы. Эпидермис не имеет кровеносных сосудов.

**Дерма** состоит из рыхлой соединительной ткани, содержит кровеносные сосуды, механорецепторы, терморецепторы (тельца Руффини, Краузе), потовые железы, волосяные фолликулы с *сальными железами*. Толщина дермы около 1 мм.



**Рис. 8.1.** Строение кожи

Подкожная клетчатка формирует внутренний слой кожи, состоящий из сальных клеток и соединительной ткани. В этом слое хранятся резервы липидов в форме жировой ткани.

■ **Потовые железы** трубчатые. На конце, расположенном в глубине подкожной клетчатки, находится клубочек, окруженный капиллярами и парасимпатическими и симпатическими нервными окончаниями. Они удаляют из организма избыток воды (около 98%), минеральные соли, мочевину (около 2%), вредные вещества и лекарственные препараты, если они присутствуют в организме.

Деятельность потовых желез регулируется нервными центрами гипоталамуса и коры, и представляет собой непрерывный процесс, который происходит как во время бодрствования, так и во время сна.

Участие коры в работе потовых желез доказано эмоциональным потением. Увеличение концентрации  $\text{CO}_2$  в крови возбуждает нервные центры гипоталамуса, и увеличивает асфиксическое

потоотделение. Потоотделение усиливается во время мышечных усилий, при высоких температурах, почечной недостаточности.

■ **Сальные железы** открываются в волосяные фолликулы, и имеют вид грозди. Они присутствуют по всей поверхности кожи, за исключением ладоней и ступней. В большом количестве они расположены на лице, спине, голове.

Продукт сальных желез называется сальным секретом. Он имеет полужидкую консистенцию, при контакте с воздухом твердеет и выполняет защитную функцию. Сальный секрет содержит триглицериды, холестерин, лецитин и другие фосфолипиды. Он задерживает или высвобождает воду, в зависимости от потребностей, что позволяет избежать обезвоживания кожи.

**МОЧЕВЫДЕЛИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА** человека состоит из двух почек, двух мочеточников, мочевого пузыря и мочеиспускательного канала, которые обеспечивают выведение отходов метаболизма белка и токсичных веществ из крови.

## ВЫДЕЛЕНИЕ МЕТАБОЛИЧЕСКИХ ОТХОДОВ

Для выполнения любого физического усилия организму человека необходима энергия. Эта потребность может быть удовлетворена при активном участии дыхательной, кровеносной, пищеварительной и выделительной системы. Во время физического усилия возрастает дыхательный и сердечный ритм, усиливается потоотделение, растет содержание дыхательных газов в крови (см. таблицу).

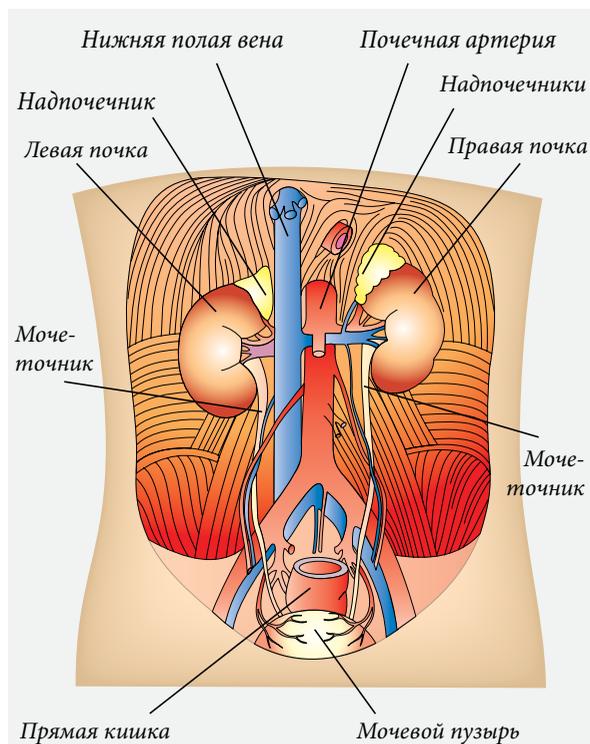
	Скелетная мышца в покое		Скелетная мышца в работе	
	$\text{O}_2$	$\text{CO}_2$	$\text{O}_2$	$\text{CO}_2$
Кровь из артериол, входящих в мышцу	20 мл	42 мл	15 мл	54 мл
Кровь из венул, выходящих из мышц	20 мл	42 мл	4 мл	62 мл

- ?
- Объясни отличие между содержанием дыхательных газов в крови, которая выходит из мышцы в состоянии покоя, и из мышцы, совершающей физическую работу.
  - $\text{CO}_2$  считается отходом в крови которая входит, или которая выходит из мышцы? Аргументируй ответ.
  - Объясни, как изменяется дыхательный и сердечный ритм и потоотделение у людей в состоянии покоя, и при выполнении физической работы, для эффективного удаления отходов ( $\text{CO}_2$ ) из организма.

- Перечисли органы выделительной системы человека.
- Дай определение понятию метаболический отход.
- Представь в виде таблицы отходы, удаляемые из организма выделительными органами, и органами с выделительными функциями.
- Опиши роль системы кровообращения в осуществлении функции выделения.
- Опиши механизм выделения на уровне:
  - ✓ Легочных альвеол;
  - ✓ Печени;
  - ✓ Потовых желез.
- Объясни потребность в сети капилляров вблизи легочных альвеол и клубочков потовых желез.
- Назови органы с выделительными функциями, максимально востребованные во время физического усилия.
- Составь схему передвижения отходов белкового метаболизма к выделительным органам.
- Объясни, почему выделительная система людей, ведущих нездоровый образ жизни, перегружена.

**Почки** – парные органы красно-коричневого цвета в форме фасолины. Они расположены в брюшной полости, по обе стороны от позвоночника (на уровне 11-12 грудных и 1-3 поясничных позвонков) (рис. 8.2). Длина почки – 12 см, ширина – 6 см, толщина – 3 см, вес в среднем 150 г.

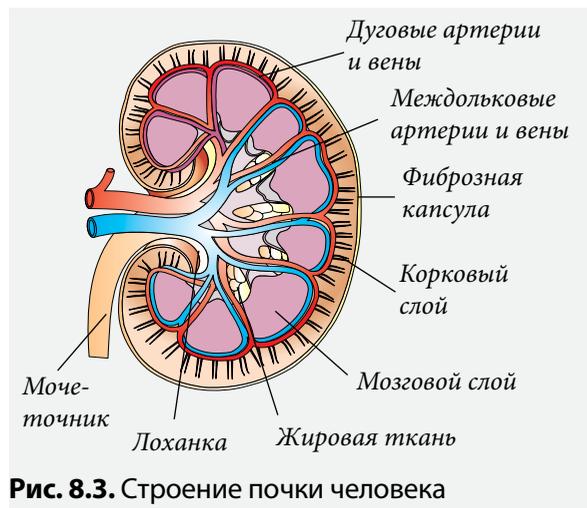
На внутренней вогнутой стороне почки наблюдается отверстие – *ворота почки*, через которое проходят кровеносные и лимфатические сосуды, нервы и мочеточники. Почки снабжаются артериальной кровью через почечную артерию, которая образует две ветки (правую и левую). Объем крови, поступающий в почки, составляет около 1/3 крови большого круга кровообращения (1,2 л/мин.). Почечная вена выходит через почечные ворота и вливается в нижнюю полую вену (рис. 8.2). Почки покрыты *фиброзной капсулой*, под которой расположен слой гладких мышц, за которым следует почечная паренхима (ткань почки). Фиброзная капсула проникает через ворота почки и выстилает почечный синус. Поверх фиброзной капсулы почки покрыты *жировой капсулой* и *почечной фасцией*.



**Рис. 8.2.** Топография выделительной системы

Почки не прикреплены к стенкам брюшной полости и обладают относительной подвижностью, которая обеспечивает им защиту от ударов и вибрации. Во время глубокого вдоха почки опускаются на 0,5 см.

В продольном разрезе почечной паренхимы видны две зоны: *корковая* (внешняя) и *мозговая* (внутренняя). Корковое вещество красно-коричневого цвета имеет гранулярную структуру. В мозговой зоне находятся 6-18 почечных пирамид, ориентированных основанием в сторону кортекса и верхушкой к почечному синусу, разделенные колонами Бертини (продолжения коркового вещества) (рис. 8.3).



**Рис. 8.3.** Строение почки человека

**Мочеточники** - две трубочки длиной 30 см, которые соединяют почечные лоханки с мочевым пузырем. Стенки мочеточников состоят из трех оболочек (внутренней, средней и внешней). Внешняя фиброзная оболочка выполняет защитную функцию. Средняя оболочка состоит из двух слоев гладких мышц (продольных и кольцевых). Внутренняя оболочка состоит из слоя эпителиальных клеток.

**Мочевой пузырь** является мышечно-эластичным резервуаром, в котором накапливается моча, постоянно поступающая по мочеточникам из почек.

**Мочеиспускательный канал** – трубчатый орган длиной 14-16 см, через который моча из мочевого пузыря выводится во внешнюю среду. У мужчин через него происходит также эякуляция спермы.

**НЕФРОН** – структурно-функциональная единица почки. В среднем каждая почка содержит 1 300 000 нефронов, общая длина которых составляет 145 км. Нефрон состоит из капсулы Боумена (почечное тельце) и почечного канальца (рис. 8.4).

■ **Боуменова капсула** имеет вид кармана диаметром 0,2 мм и включает сеть артериальных капилляров – клубочков Мальпиги. Боуменова капсула и Мальпигиев клубочек образуют тельце Мальпиги, которое располагается в корковом слое почки.

■ **Почечный канал** состоит из трех отделов (проксимального извитого канальца, петли Генле, дистального извитого канальца), которые отличаются строением стенок и функциями. Он открывается в *собирающую трубку*.

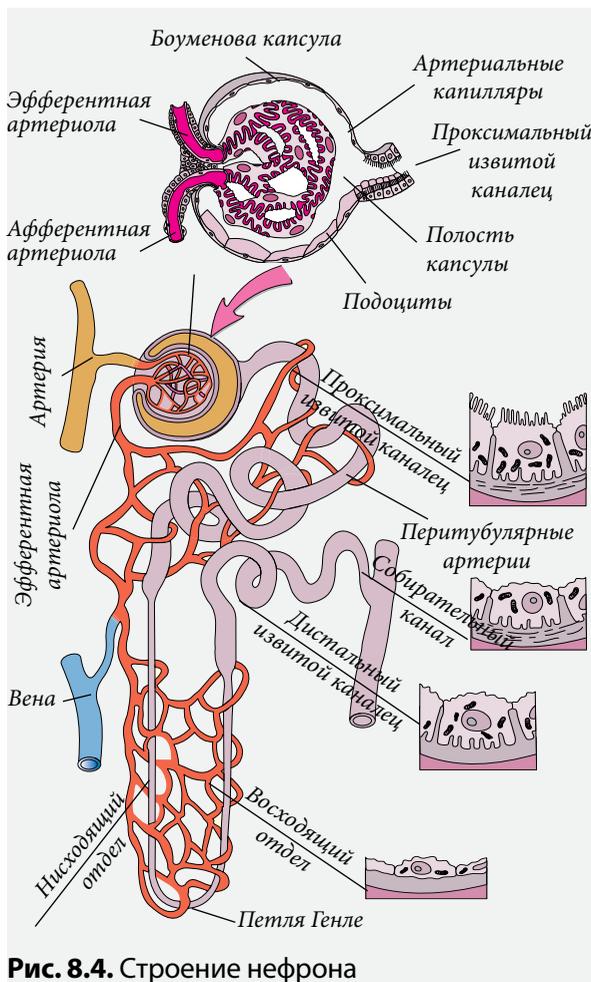
**Проксимальный извитой каналец** состоит из извитого и прямого участка. Его стенки состоят из клеток с микроворсинками.

**Петля Генле** опускается до мозгового слоя, а затем поднимается к корковому слою. Петля состоит из нисходящего и восходящего отдела.

**Дистальный извитой каналец** является продолжением восходящего отдела петли Генле. Стенки этого участка почечного канала состоят из эпителиальных клеток, напоминающих клетки проксимального канала, но без ворсинок.

■ **Кровоснабжение нефрона.** Объем крови, поступающий в почки, составляет около 1/3 крови большого круга кровообращения (1,2 л/мин.). Через почечные ворота проходят два кровеносных сосуда: артерия, через которую в почку попадает кровь, содержащая кислород и вена, через которую выходит кровь, богатая  $CO_2$ . Внутри почки кровеносные сосуды образуют почечную кровеносную сеть.

Нефроны содержат два типа капилляров, которые отличаются по строению стенок и кровяному давлению в них: капилляры Мальпигиевых клубочков и капилляры канальцев.



**Рис. 8.4.** Строение нефрона

Капилляры клубочков (около 50), являются разветвлениями афферентной артериолы. Их стенки – пористые, а давление внутри высокое. Такое строение обеспечивают диффузию 60-70% компонентов плазмы крови. Они соединяются в приносящую артериолу.

Капилляры канальцев происходят от эфферентной артериолы Мальпигиевого клубочка. Давление крови в этих капиллярах низкое, что обеспечивает процесс реабсорбции.



1. Назови органы выделительной системы человека.
2. Назови структурно-функциональную единицу почки.
3. Опиши строение и функции почек.
4. Приведи сравнительное описание участков почечного канала.

5. Объясни разницу между структурой клубочка Мальпиги и тельца Мальпиги.
6. Нарисуй путь крови из почечной артерии до почечной вены. Вход и выход должны быть в воротах почки.

7. Представь в виде сравнительной таблицы структурные и функциональные особенности клубочковых и капилляров канальцев.
8. Объясни, почему стенки альвеолярных капилляров однородные, а стенки капилляров канальцев – перфорированы.

Функции выделительной системы:

- ✓ выделение азотистых отходов и токсинов из крови в окружающую среду;
- ✓ осморегуляция;
- ✓ регуляция рН крови и кровяного давления;
- ✓ синтез и выделение гормонов;

### ОБРАЗОВАНИЕ МОЧИ.

Почки являются органами, которые производят мочу, обеспечивая процесс экскреции и осморегуляцию. При образовании мочи происходит выделение из крови мочевины, креатина, креатинина и мочевой кислоты (органические метаболические отходы). Образование мочи включает три основных процесса: *клубочковую фильтрацию, канальцевую реабсорбцию, канальцевую секрецию (рис. 8.5).*

■ **Клубочковая фильтрация** – процесс диффузии воды, электролитов и органических веществ (кроме белков) из капилляров Мальпигиевого клубочка в Боуменову капсулу. Фильтрация происходит благодаря высокому кровяному давлению в артериальных капиллярах клубочка, наличию пор в стенках капилляров и строению внутренней оболочки капсулы. В результате фильтрации образуется *первичная моча*, которая отличается от состава плазмы крови только отсутствием белков. Объем клубочковой фильтрации (ОКФ) составляет около 125 мл в минуту.

■ **Канальцевая реабсорбция** является процессом избирательного возвращения из первичной мочи воды и полезных веществ. В

плазму крови возвращаются глюкоза (100%), некоторые аминокислоты, мочевая кислота, некоторые витамины (В<sub>12</sub>, С), фосфаты, сульфаты, ионы Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> и др. Реабсорбция происходит через стенки почечного канала путем пассивного и активного (напр. глюкозы) транспорта.

■ **Канальцевая секреция** представляет собой процесс перемещения веществ из канальцев капилляров в почечные каналцы. В основном подвергаются секреции ионы H<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, метаболические отходы (креатин, креатинин), некоторые лекарства (пенициллин). В результате секреции ионов аммония и водорода происходит регуляция реакции крови (рН).

В результате процессов канальцевой реабсорбции и секреции образуется конечная моча, которая составляет около 1% от объема первичной мочи. Объем почечного выделения рассчитывается по формуле:

$$ОВ = ОКФ - \text{Объем Реабсорбции} + \text{Объем Секреции}$$

где ОКФ – объем клубочковой фильтрации, который в нормальных условиях составляет 20% плазматического почечного потока.

**МОЧЕИСПУСКАНИЕ** представляет собой перистальтические движения мочеточников, которые проталкивают мочу от почек в мочевой пузырь. Образованная моча по собирательным трубкам поступает в почечные сосочки и заполняет почечную лоханку. При

Анализируемые вещества (г/л)	Кровь из почечной артерии	Кровь из почечной вены
Вода	925	920
Белки	73	73
Жиры	1,4	1,4
Углеводы	1,2	1,2
Метаб. отходы	0,5	0

Анализируемые вещества (г/л)	Кровь	Моча
Вода	925	940
Соли	6,7	15,9
Глюкоза	0,5–0,6	0
Аминокислоты	переменно	0
Мочевина	0,3–0,4	20–30
Мочевая кислота	0,03	0,03–0,06

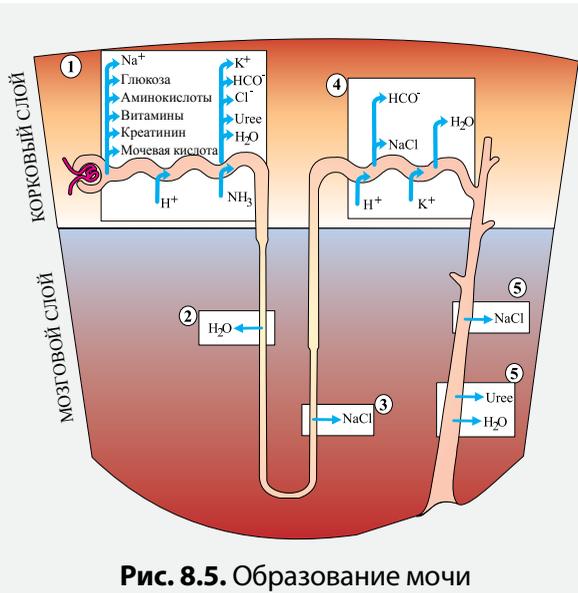


Рис. 8.5. Образование мочи

сокращении лоханки моча поступает в мочеточник, а затем в мочевой пузырь.

Мочевой пузырь увеличивает свой объем, но давление в нем остается неизменным. Это свойство называется пластичностью. Заполнение мочевого пузыря до объема 300-400 мл приводит к резкому возрастанию давления внутри пузыря и растяжению его стенок.

Растяжение стенок мочевого пузыря приводит к возникновению импульсов, которые поступают в спинной мозг через крестцовые спинномозговые нервы.

По восходящим нервным путям нервные импульсы от спинного мозга передаются коре головного мозга, где возникает ощущение необходимости мочеиспускания.

Обратные импульсы поступают в крестцовый отдел спинного мозга и вызывают произвольное расслабление внутреннего сфинктера шейки мочевого пузыря. Одновременно происходит произвольное расслабление наружного сфинктера и начинается мочеиспускание.

### РЕГУЛЯЦИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПОЧЕК.

Регуляция деятельности выделительной системы происходит с участием нервной системы (вегетативная нервная система), гуморальным путем (АДГ, альдостерон, паратгормон) и путем саморегуляции (деятельность юкстамедуллярного аппарата) (рис. 8.6).

■ **Регуляция водного баланса.** Объем выделяемой с мочой воды регулируется антидиуретическим гормоном, который уменьшает выделение воды из организма. В условиях недо-

статка воды выделяется АДГ, который сужает артериолы и увеличивает реабсорбцию воды в дистальном канальце.

### ■ Регулирование объема фильтрата.

Объем фильтрата Мальпигиевых клубочков регулируется путем расширения и сужения афферентных и эфферентных артериол, диаметр которых изменяется при участии вегетативной нервной системы и юкстамедуллярного аппарата, который регулирует выделение ренина.

Снижение артериального давления уменьшает поток крови в сторону почечных клубочков, что приводит к уменьшению артериального давления в афферентной артериоле, и, как следствие, уменьшается объем фильтрата.

В восходящем отделе петли Генле происходит уменьшение концентрации  $\text{Na}^+$  и  $\text{Cl}^-$  в фильтрате. При поступлении в дистальный каналец, в фильтрате наблюдается недостаток  $\text{Na}^+$  и  $\text{Cl}^-$ , которое вызывает сужение эфферентной артериолы и секрецию ренина.

### ■ Регуляция содержания ионов $\text{Na}^+$ в крови.

Количество ионов  $\text{Na}^+$ , которые выделяются вместе с мочой, и их содержание в плазме крови регулируется гормоном альдостероном, который способствует реабсорбции ионов  $\text{Na}^+$  через стенки дистального извитого канальца. Секреция альдостерона происходит путем каскада ренин-ангиотензин-альдостерон.

Между выделительной системой человека и остальными системами органов существуют функциональные связи, которые обеспечивают гомеостаз.

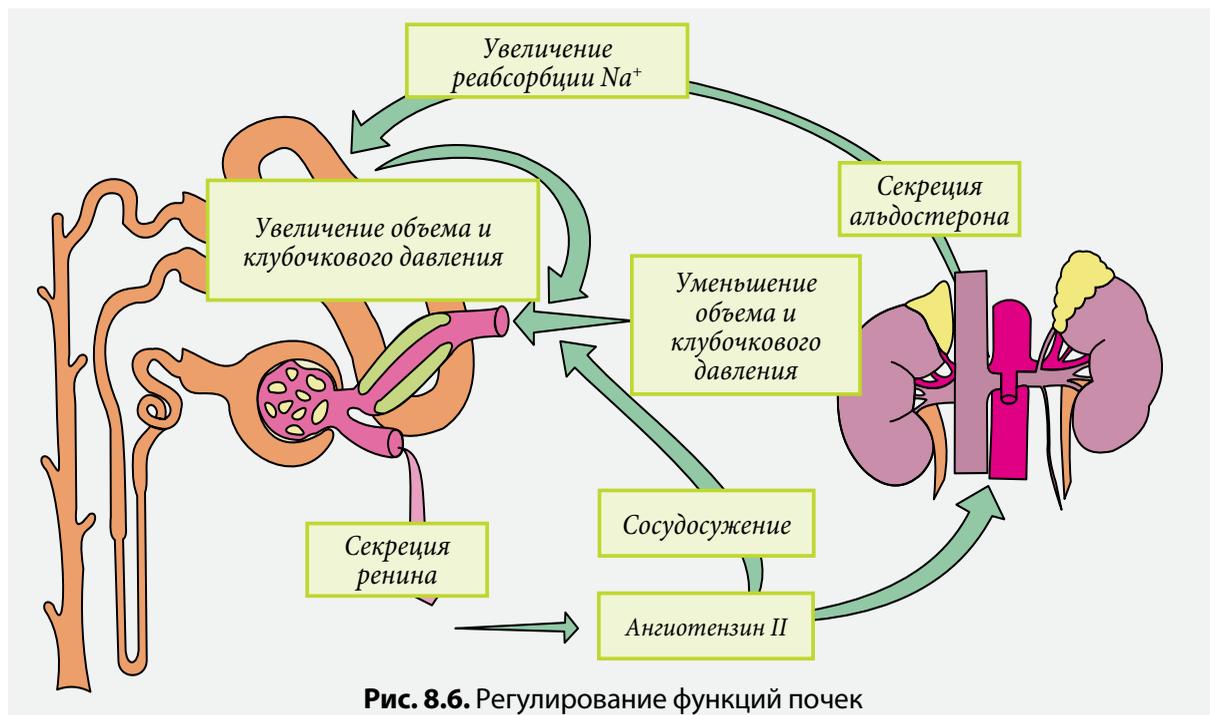
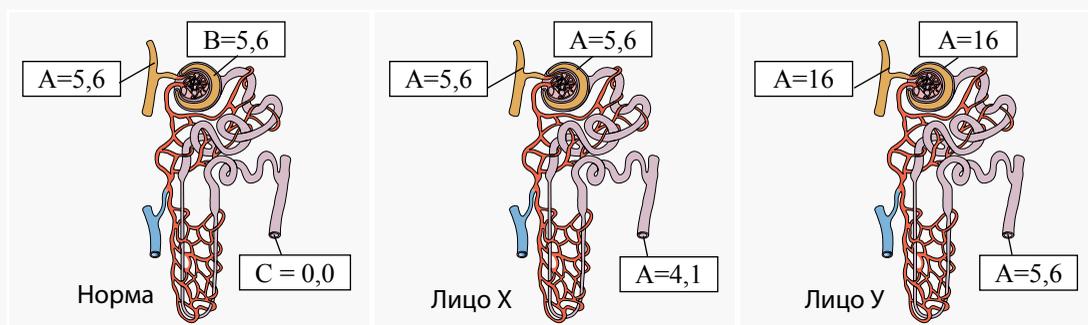


Рис. 8.6. Регулирование функций почек

## I. ПУТЬ МОЛЕКУЛ ГЛЮКОЗЫ ЧЕРЕЗ НЕФРОН

Для того, чтобы изучить путь молекул глюкозы через нефрон, были отобраны пробы жидкостей из разных сегментов, и определено содержание глюкозы в них (ммол/л). Результаты для разных участков представлены на схеме.



1. Назови сегменты А, В и С, из которых были взяты пробы.
2. Назови жидкости, которые были отобраны из разных сегментов.
3. Опиши два механизма, которые лежат в основе транзита молекул глюкозы через стенки нефрона в указанных местах.
4. Сравни значения уровня глюкозы в норме и в пробах, отобранных у лица X и у лица Y. Опиши отличия и предполагаемые причины.

## II. УРЕМИЯ

Уремия является заболеванием, вызванным избыточным содержанием мочевины в крови. Мочевина является отходом процесса расщепления белков из пищи. Кожным симптомом заболевания у пациентов с уремией являются уремические остатки, которые остаются на поверхности кожи после испарения воды. Кожа становится бархатистой, а в тяжелых случаях проявляется гиперпигментация.

1. Опираясь на данные таблицы и знания о выделительной системе, объясни, как сохраняется оптимальный уровень мочевины в крови.
2. Назови выделительный орган, который подвергается перегрузке при употреблении большого количества мяса.
3. Уремия – это кожная, почечная или сосудистая болезнь?
4. Определи, какие выделительные структуры поражены у больных уремией.

Пациенты	Содержание мочевины (г/л)		
	кровь	моча	экстракт пота
Меню с высоким содержанием мяса	0,12–0,3	20–30	Около 2%
Меню с умеренным содержанием мяса	0,3–0,4		
Вегетарианское меню	0,05–0,07		

1. Перечисли функции выделительной системы.
2. Назови процессы, которые ведут к образованию первичной и вторичной мочи.
3. Опиши взаимодействие выделительной и эндокринной систем.

4. Обозначь в виде схемы места анатомического и физиологического пересечения выделительной и кровеносной системы.
5. На основе данных рисунка 8.5 опиши этапы образования вторичной мочи.

6. Приведи сравнительный анализ химического состава первичной и вторичной мочи.
7. Предположи, какие функциональные изменения происходят с нефроном, если вторичная моча содержит органические вещества первичной мочи (витамины, белки, аминокислоты и др.).

Для поддержания условий жизни человеческого организма необходимо поступление кислорода, питательных веществ и воды. Не менее важным является и процесс удаления метаболических отходов и непереваренных остатков из организма. При нарушении работы выделительной системы происходит отравление организма отходами обмена веществ (рис. 8.7).

## ВОСПАЛЕНИЕ МОЧЕВОГО ПУЗЫРЯ

■ **Ночной энурез** (ночное непроизвольное мочеиспускание) встречается в основном у детей с эмоциональными нарушениями. У взрослых это заболевание проявляется при воспалении мочевого пузыря или предстательной железы.

Лечение энуреза назначается врачом, в зависимости от причин, вызвавших его. Рекомендуется уравновешенный образ жизни, психотерапевтическое лечение (иногда всей семьи). Недопустимо наказывать ребенка страдающего энурезом.

■ **Цистит** – это воспаление мочевого пузыря, вызванного бактериями, и проявляющееся частыми и болезненными мочеиспусканиями, ощущением жжения, мутной мочой, недержанием мочи. Больной страдает головными болями, отсутствием аппетита, тошнотой и общей слабостью.

Лечение проводится в строгом соответствии с предписаниями врачей. Назначается щадящий пищевой рацион, исключаются специи, алкоголь, кофе, черный чай, уксус и др.

## БОЛЕЗНИ ПОЧЕК

Самыми распространенными заболеваниями почек являются воспаления, почечнокаменная болезнь и почечная функциональная недостаточность. Ранняя диагностика осуществляется по изменению характеристик мочи: запаха, цвета, количества и т.д. В результате нарушения водно-солевого баланса появляется усталость, мышечное напряжение, рассеянное зрение, высокая температура, отеки ног, глаз и др.

■ **Почечнокаменная болезнь** характеризуется образованием конкрементов (камней) в паренхиме, почечных чашечках и лоханках. Конкременты – это соединения мочевой кислоты с калием, аммонием, натрием, фосфатом и карбонатом кальция.

Образование конкрементов происходит из-за: нарушения водно-солевого баланса; нарушения деятельности эндокринных органов (гипофиза, щитовидной железы, надпочечников); воспалительных процессов, переизбытка.

Конкременты небольшого размера существенно не мешают работе выделительной системы, но когда их размеры достигают 8 мм, они частично блокируют процесс перехода мочи в мочеточники, что вызывает сильные боли в поясничной области. Боли усиливаются во время физических нагрузок. Часто эти боли считают радикулитными, поэтому не проводится своевременное лечение. Рост конкрементов приводит к серьезным нарушениям и воспалению мочевыделительных путей.

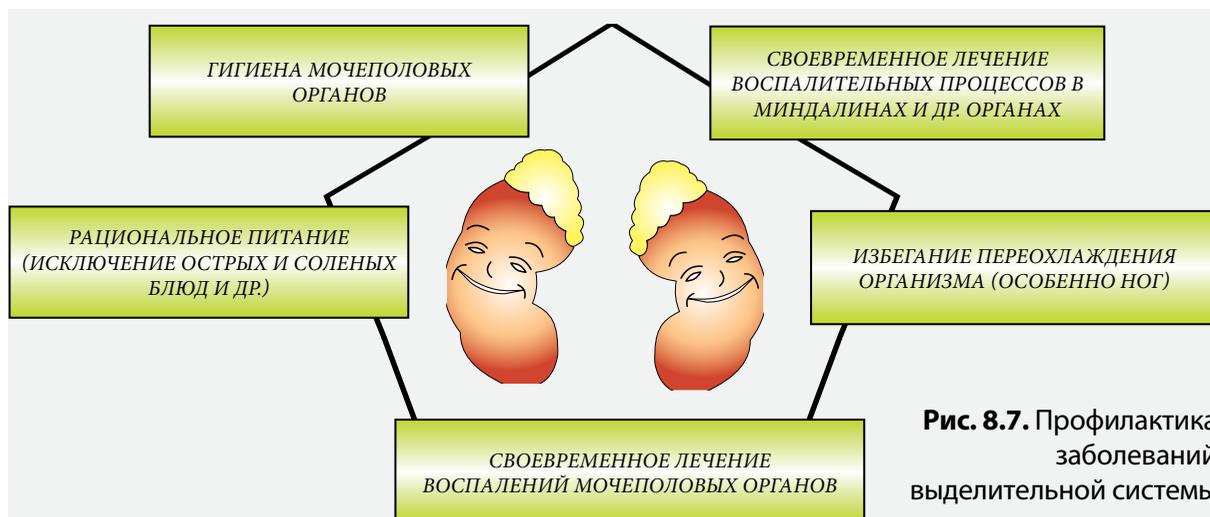


Рис. 8.7. Профилактика заболеваний выделительной системы

■ **Пиелонефрит** представляет собой воспаление почечной лоханки, которое возникает, в основном, в результате хронического воспаления мочевого пузыря. Чаще встречается у детей, женщин и пожилых людей. Симптомы заболевания: высокая температура, боли в области поясницы, помутнение мочи.

Причиной возникновения пиелонефрита являются болезнетворные бактерии, которые проникают в почечную лоханку через мочевыделительные пути или с током крови.

Лечение проводится в соответствии с указаниями врача. Рекомендуется исключение острой и соленой пищи, предпочтительна вегетарианская диета.

■ **Нефрит и гломерулонефрит** представляют собой заболевания почек, несвоевременное лечение которых может привести к почечной недостаточности. Причинами этих болезней являются патогенные бактерии, которые проникают в почечные канальцы из лоханки и мочеточников. Иногда развиваются как следствие инфекционных заболеваний, таких как ангина, скарлатина и др.

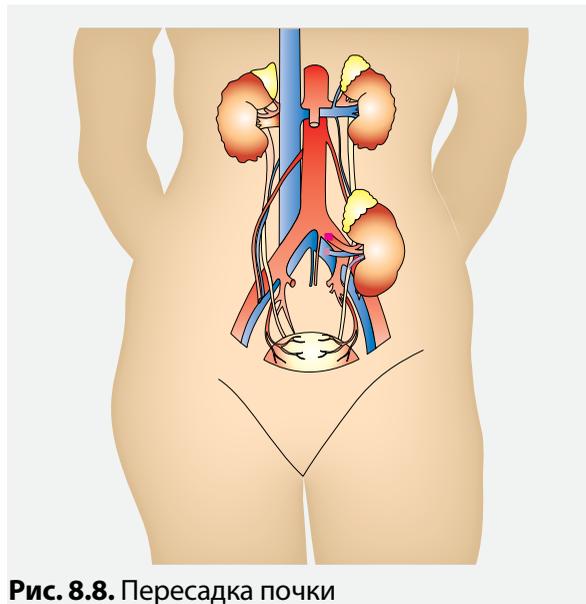
Симптомы заболевания: боли в поясничной области, отсутствие аппетита, повышение артериального давления, помутнение мочи. В тяжелых случаях появляются суставные боли. Заболевания могут приобретать хронические формы, которые сопровождаются нарушением функций, почечной недостаточностью и отравлением организма мочой.

Лечение острых и хронических воспалений почек происходит под строгим контролем врача. Рекомендуется преимущественное употребление растительной пищи, исключение острых и соленых блюд, алкоголя и кофеина.

**ПЕРЕСАДКА ПОЧЕК** проводится больным с острой почечной недостаточностью, когда диализ становится неэффективным.

Техника пересадки почек была разработана в 1940 году и постоянно совершенствуется. Пересадка почек осуществляется довольно часто, так как кровоснабжение органа простое. Основная проблема состоит в несовместимости пересаженного органа с тканями организма – реципиента. Несовместимость выражается в стремлении иммунной системы больного разрушить пересаженный орган. Пересадка бывает удачной только в случае совместимости донорского органа с тканями больного.

В качестве трансплантата может быть использован орган только что умершего человека или орган близкого совместимого родственника, который соглашается быть донором. Операция изъятия почек у здорового человека относительно проста, и не представляет непосредственной опасности для организма. Но в дальнейшем, при поражении единственной здоровой почки, донор может иметь проблемы со здоровьем (*рис. 8.8*).



**Рис. 8.8.** Пересадка почки

?

1. Объясни роль выделительной системы для поддержания гомеостаза организма.
2. Перечисли заболевания выделительной системы, вызванные патогенными микроорганизмами. Предложи методы профилактики этих заболеваний.
3. Может ли объем выделяемой мочи быть показателем здоровья почек?
4. Может ли неполное удаление мочи из лоханки и боли в поясничном отделе, которые усиливаются при физической нагрузке, быть признаками заболеваний почек? Назови эти заболевания и причины их возникновения.
5. Опиши осложнения, которые могут возникнуть у пациентов с пересаженной почкой, а также осложнения, которые могут возникнуть у донора.
6. Объясни механизм возникновения бактериальной инфекции мочевого пузыря в почечную лоханку. Назови заболевания почек, которые провоцируют данные инфекции.
7. Проведи круглый стол на тему: «Здоровый образ жизни – здоровые почки – здоровый организм»

## ПОВТОРЕНИЕ

### ВЫДЕЛЕНИЕ

Выделяемые вещества	Выделительные органы
Азотистые вещества	Почки (небольшое количество удаляется с потом)
Электролиты	Почки, кожа (с потом)
CO <sub>2</sub> ✓ Около 12,5 л	Легкие, кожа (около 2%)
Вода ✓ Около 1 л с мочой ✓ Около 0,75 л с потом ✓ Около 0,5 при дыхании ✓ Около 0,1 л с фекалиями Всего около 2,35 л.	Почки, кожа, легкие

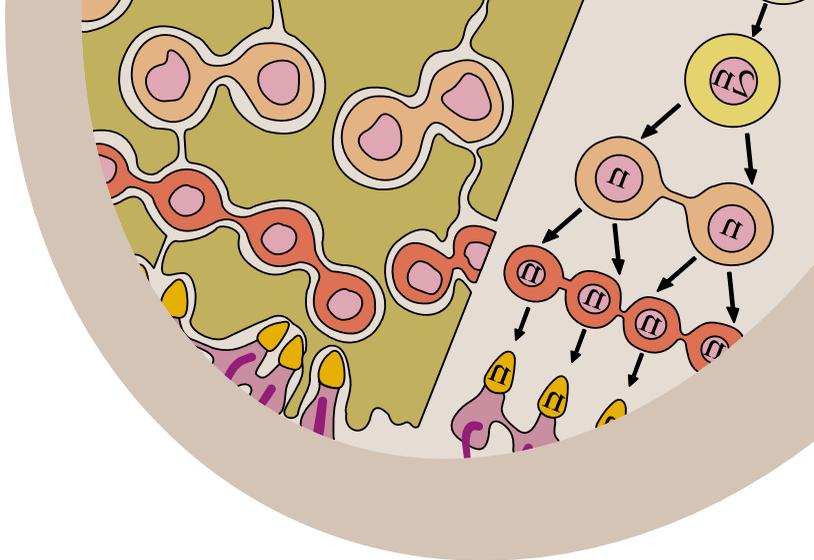
### ЖИЗНЕННЫЕ ФУНКЦИИ МОЧЕВОЙ СИСТЕМЫ

Функции взаимосвязи	Нервная система	Вегетативная нервная система (наряду с центральной нервной системой) регулирует активность почек, мочеиспускание.
	Костная система	Почки обеспечивают организм витамином D, необходимым для усвоения Ca <sup>2+</sup> ; влияет на рост костей, поддерживая оптимальный уровень Ca <sup>2+</sup> в крови.
	Мышечная система	Почки удаляют креатин, отходы жизнедеятельности и обеспечивают оптимальный уровень воды и электролитов в крови, создавая, таким образом, условия для мышечной активности.
	Эндокринная система	Почки обеспечивают транспорт гормонов, поддерживая оптимальный уровень компонентов и параметров крови.
Функции питания	Кожный покров	Почки компенсируют потери воды, выделенной с потом; активируют провитамин D.
	Сердечно-сосудистая система	Почки поддерживают оптимальный уровень электролитов и выводят отходы жизнедеятельности из крови; поддерживают давление и pH крови; образуют ренин и эритропоэтин.
	Лимфатическая система	Почки регулируют нормальный уровень внутренней среды организма.
	Дыхательная система	Почки компенсируют потери воды в процессе дыхания; поддерживают оптимальный уровень pH крови.
	Пищеварительная система	Почки компенсируют потери воды, выделенной с фекалиями; активизируют витамин D.
Репродуктивные функции	Репродуктивные органы	Почки выделяют отходы жизнедеятельности и обеспечивают оптимальный уровень электролитов, необходимых для нормального развития плода.



# РЕПРОДУКТИВНАЯ СИСТЕМА И РАЗМНОЖЕНИЕ ЧЕЛОВЕКА

- Репродуктивная система человека
- Гаметогенез у человека
- Оплодотворение у человека
- Пренатальное развитие человека
- Постнатальное развитие человека
- Заболевания репродуктивной системы человека



Рождение человека – чудо природы, и в то же время явление не случайное, определенное сложными биологическими механизмами и согласованной деятельностью специфических органов: мужских и женских половых органов, эндокринных желез, нервной системы и др.

Размножение человека основано на слиянии двух гаплоидных клеток (гамет – яйцеклетки и сперматозоида), ядра которых содержат по 23 хромосомы. За слиянием следует образование диплоидной клетки (зиготы) с 46 хромосомами.

**Мужские половые органы** делятся в соответствии с несколькими критериями:

✓ в зависимости от расположения на: *внешние* – яички, их оболочки и пенис, и *внутренние* – семенной канал, семенные пузырьки, простата, Куперова железа;

✓ в зависимости от выполняемых функций на: *первичные* половые органы – яички, которые производят сперматозоиды; *семявыводящие пути* – семенные канальца, сеть яичка, афферентный проток, проток придатка семенника, эфферентный канал, семявыводящий проток и мочеиспускательный канал; *придаточные железы* – семенные пузырьки, простата, Куперова железа, которые производят секреты, образующие сперму; *совокупительный орган* – пенис (рис. 9.1).

■ **Яички** – парные органы овальной формы, несколько сплюсненные с боков, подвешенные в *мошонке*. Диаметр яичек составляет 3-4 см, а вес – 15-25 г.

**Мошонка** защищает яички от действия факторов внешней среды и обеспечивает им температуру на 2-3 градуса ниже температуры тела.

С внешней стороны яичко покрыто плотной фиброзной оболочкой, которая проника-

ет в железистую ткань и образует неполную перегородку – *средостение*, от которого отходят множественные тонкие фиброзные волокна и неполные перегородки, которые делят паренхиму яичек на *дольки*. Число долек одного яичка от 250 до 300.

■ **Семявыводящие пути** начинаются в каждой из долек 2-3 извитыми *семенными канальцами*, которые объединяются и образуют прямые семенные канальцы, открывающиеся в *сеть средостения*. От этой сети отходят 12-15 выносящих канальцев, которые открываются в проток придатка яичка – изогнутый проток длиной 3-4 метра, где происходит созревание сперматозоидов. Проток придатка, в свою очередь открывается, в *семявыносящий проток*, который соединяется с выделительным каналом семенных пузырьков, образуя семявыбрасывающий проток. Последний открывается в мочевыводящий канал (рис. 9.2).

■ **Придаточные железы.**

**Семенные пузырьки** являются мешкообразными выпячиваниями, секрет которых объединяется со спермой.

**Куперовы железы** – две железы размером с горошину, выделяющие вязкую жидкость.

**Простата** – мышечно-железистый орган, железистая часть которого выделяет жидкость, входящую в состав спермы, и являющуюся стимулятором сперматогенеза. Мышечная часть органа играет роль непроизвольного сфинктера мочеиспускательного канала, и предупреждает выделение мочи во время эякуляции.

■ **Пенис** состоит из двух пещеристых тел и губчатого тела.

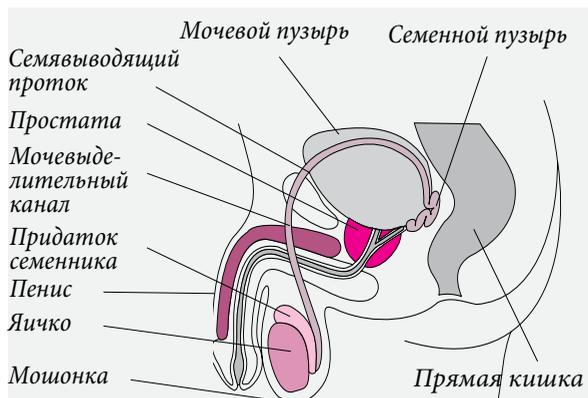


Рис. 9.1. Мужские половые органы

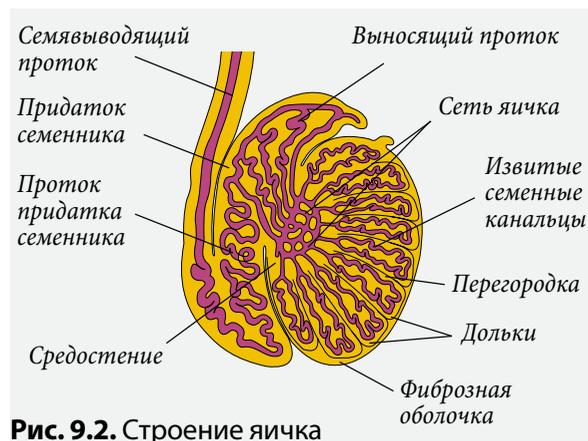


Рис. 9.2. Строение яичка

## ЖЕНСКИЕ ПОЛОВЫЕ ОРГАНЫ

Участие женских половых органов в размножении человека заключается в *образовании гамет, обеспечении оплодотворения, имплантации и развитии зародыша.*

Деятельность репродуктивной системы происходит в четкой согласованности с остальными системами организма и координируется нейроэндокринным путем, а также действием органов с эндокринными функциями – *яичниками, маткой, плацентой.*

Женские половые органы классифицируются по следующим признакам:

✓ По расположению: *внутренние*, расположенные в полости таза – яичники, маточные трубы, матка и влагалище; и *внешние* – большие и малые половые губы, клитор и девственная плева.

✓ По функциям: *половые железы* – яичники, *транспортные пути* – маточные трубы и матка, *совокупительные органы* – влагалище и внешние половые органы (рис. 9.3).

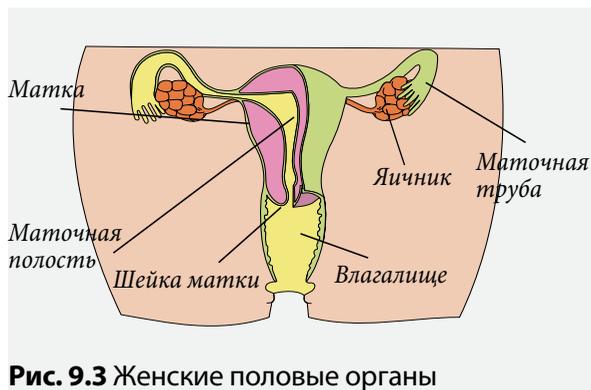


Рис. 9.3 Женские половые органы

■ **Яичники** – парные женские половые железы, сплюснутые, яйцевидной формы, розового цвета. У девочек яичники весят 2-3 г, у взрослых женщин – 4-8 г. Во время овуляции объем яичника увеличивается в 2-3 раза. В период постменопаузы вес яичников снижается до 1-2 г, а затем полностью атрофируются.

Яичники состоят из *коркового вещества*, в котором располагаются первичные фолликулы, а в предменструальный период – фолликулы Граафа; и из *мозгового вещества* – состоящего из соединительной ткани, в которой располагаются кровеносные сосуды и нервы.

■ **Маточная (фаллопиева) труба** является парным каналом, длиной 10-12 см.

Стенки маточной трубы состоят из трех оболочек: *внутренней слизистой оболочки*, состоящей из мерцательного эпителия; *средней мышечной оболочки*, состоящей из гладких круговых мышц, переходящих вблизи матки в продольные мышцы, и *внешней серозной оболочки*. Такая структура обеспечивает продвижение яйцеклетки к матке, оплодотворение и начало развития зародыша.

■ **Матка** является полым мышечным органом, расположенным в тазовой полости. Перед маткой расположен мочевой пузырь, а за ней – прямая кишка. Матка обеспечивает имплантацию и питание зародыша, а затем – плода.

Стенка матки состоит из:

- ✓ **Эндометрия** (внутренняя оболочка);
- ✓ **Миометрия** (мышечная оболочка), состоящего из гладких разветвленных мышечных волокон, соединенных концами;
- ✓ **Периметрия** (внешняя серозная оболочка).

Структура оболочек матки претерпевает функциональные изменения во время беременности и менструального цикла. Длина мышечных волокон миометрия в период беременности увеличивается от 50 до 500 мкм. Структура эндометрия периодически, под действием гормонов яичников (прогестерона и эстрогена) утолщается за счет кровеносных сосудов и желез, и готовится к приему эмбриона. Если оплодотворение не произошло, слизистая оболочка начинает отторгаться (наступает менструация).

■ **Влагалище** – расширяемая, фибромускулярная трубка длиной около 8 см. Верхний конец включает в себя шейку матки.

?

1. Назови органы мужской и женской репродуктивной системы, которые обладают эндокринными функциями.
2. Назови придаточные железы мужской репродуктивной системы.
3. Составь словарь терминов, относящихся к анатомии мужских и женских репродуктивных органов.

4. Представь в виде таблицы репродуктивные органы человека и их функции.
5. Составь схему эвакуации спермы.
6. В чем заключается защитная и терморегулирующая роль мошонки.
7. Опиши строение маточных труб, которые обеспечивают продвижение яйцеклетки.

8. У здоровой женщины репродуктивного возраста во время эхографического обследования обнаружилось, что правый яичник в 2,5 раз больше, чем левый.
  - а) объясни, почему врач прокомментировал ситуацию как нормальную;
  - б) опиши вариации веса яичников в разном возрасте и в различном физиологическом состоянии.

## I. РЕПРОДУКТИВНАЯ СИСТЕМА ЧЕЛОВЕКА

Мужская и женская репродуктивная система различаются между собой (см. таблицу), но только вместе могут обеспечить сохранение человеческого вида путем рождения потомства.

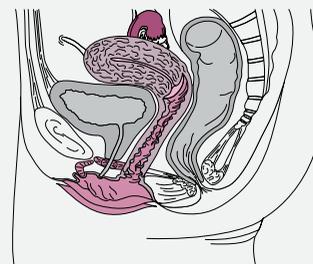
	Мужская репродуктивная система	Женская репродуктивная система
Начало функций	Половое созревание	Половое созревание
Первые проявления	Первая эякуляция	Первая менструация
Угасание функций	В момент смерти	В менопаузе
Производство гамет	Сперматозоиды	Яйцеклетки

- ?**
1. Объясни, почему рождение ребенка возможно только при нормальной работе мужской и женской репродуктивной системы.
  2. Когда человек готов к воспроизводству?
  3. Дай определение половой зрелости, и опиши проявления этого состояния у юношей и девушек.
  4. Объясни, почему мужчины могут обеспечить оплодотворение с начала половой зрелости и до смерти, а у женщин репродуктивный период короче.

## II. ВОСПАЛИТЕЛЬНОЕ ЗАБОЛЕВАНИЕ ТАЗОВЫХ ОРГАНОВ (ВЗТО)

Женское бесплодие, в большинстве случаев, связано с воспалительными заболеваниями тазовых органов в результате инфекции или воспаления маточных труб, поверхностных слоев матки, яичников. ВЗТО может быть вызвано инфекциями, передающимися половым путем, которые поражают шейку матки (гонорея или хламидиоз). Еще одной причиной ВЗТО является бактериальный вагиноз – бактериальная инфекция, которая не передается половым путем.

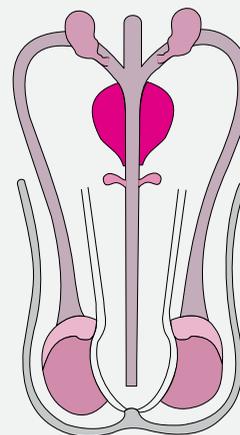
- ?**
1. Определи на схеме женские репродуктивные органы которые:
    - поражены в случае ВЗТО;
    - могут быть заражены гонореей и хламидиозом во время незащищенного полового акта;
    - поражаются бактериями, не передающимися половым путем.
  2. Объясни, как бактерии проникают от места попадания инфекции в яичники, маточные трубы, матку.
  3. Предложи методы профилактики ВЗТО.



## III. ВАЗЭКТОМИЯ

Вазэктомия является формой контроля над рождаемостью для пар, которые знают с уверенностью, что не хотят детей. Проводится путем рассечения семявыносящих протоков, которые выносят сперматозоиды. По словам врачей, от этой операции сексуальные способности мужчины не меняются. Он может поддерживать дальше сексуальные отношения, может иметь эрекцию, эякуляцию.

- ?**
1. Найди на схеме мужской репродуктивной системы органы, которые рассекаются при вазэктомии.
  2. Несмотря на то, что яички, кроме производства сперматозоидов, выполняют еще и эндокринные функции, врачи утверждают, что при вазэктомии производство и секреция тестостерона не нарушается. Приведи аргументы в пользу мнения врачей.
  3. Объясни, почему вазэктомия не защищает от болезней, передающихся половым путем.



Гаметогенез является сложным биологическим процессом формирования гамет (половых клеток), который происходит в мужских (сперматогенез) и женских (оогенез) половых органах.

**ГАМЕТЫ** – это клетки, специализированные для сохранения и передачи наследственной информации от поколения к поколению, обеспечивая тем самым сохранение вида. Они отличаются от других клеток:

- ✓ гаплоидным набором хромосом;
- ✓ размером ядра и цитоплазмы;
- ✓ низкой скоростью обмена веществ.

■ **Яйцеклетка** (женская гамета) представляет собой сферическую клетку с гаплоидным ядром (23 хромосомы), расположенным в центре цитоплазмы. Яйцеклетка окружена тонкой компактной полисахаридной оболочкой, которая называется лучистым венцом, и слоем фолликулярных клеток (*рис. 9.4; табл. 9.1*). Она сохраняет способность к оплодотворению в течение 24 часов после овуляции.

■ **Сперматозоиды** (мужские гаметы) - состоящие из трех частей:

✓ Головка содержит гаплоидное ядро. На переднем конце находится акросома с ком-

плексом ферментов, необходимых для прохождения через оболочку яйцеклетки.

✓ Шейка жгутика сперматозоида богата митохондриями, которые вырабатывают энергию, необходимую для движения жгутика.

✓ Жгутик обеспечивает движение сперматозоида со скоростью 1-2 мм/мин.

Мужская фертильность определяется в зависимости от числа сперматозоидов, их мобильности и морфологии. Нормальной считается прямолинейное движение сперматозоидов. Беспорядочное движение сперматозоидов на низкой скорости и без соблюдения линейности является признаком дисфункции, которая называется *астеноспермией*. Аномальная морфология сперматозоидов (тератоспермия) включает: очень большую головку; акросому, занимающую менее 40% головки; сплюснутая или загнутая, раздвоенная головка, закрученный жгутик.

У человека гаметы образуются путем деления первичных половых клеток яичек и яичников, и состоит из нескольких последовательных этапов: размножение, рост, созревание и дифференциация. Последний этап специфичен только для сперматозоидов (*табл. 9.2*).



Рис. 9.4. Гаметы человека

Таблица 9.1

Основные различия между сперматозоидами и яйцеклетками

Гаметы	Сперматозоид	Яйцеклетка
Размеры	Длина клетки: 0,05 мм, головка: 0,006 мм	0,1 мм
Место образования	Яички (семенные канальцы)	Яичники
Время образования	От полового созревания до конца жизни	От полового созревания до менопаузы
Ритм образования	Постоянный	Циклический (примерно 23 дня)
Морфология	Клетка состоит из головки, шейки, жгутика	Сферическая клетка
Подвижность	Подвижная клетка	Неподвижная клетка
Число	Несколько миллионов при каждой эякуляции	Одна яйцеклетка за один цикл

## Основные различия между сперматогенезом и оогенезом

	Сперматогенез	Оогенез
Место протекания	Яички	Яичники
Начинается	С момента полового созревания	Во время внутриутробного развития
Число гамет, образованных одной первичной клеткой	Каждый сперматогоний образует 4 сперматозоида	Каждый оогоний образует одну яйцеклетку и два полярных тела, которые дегенерируют
Этап дифференциации	Все сперматиды превращаются в сперматозоиды	Отсутствует

**СПЕРМАТОГЕНЕЗ** происходит в яичках под контролем эндокринной системы посредством гипоталамо-гипофизарной оси.

Каждая долька яичка включает 1-4 извитых семенных канальца, прикрепленных к сети соединительных волокон, и интерстициальные клетки Лейдига. Стенки извитых канальцев состоят из сперматогониев и основных клеток Сертоли. Каждая клетка Лейдига секретирует с момента полового созревания примерно 7 мг тестостерона, что в общем составляет около 95% всего гормона, синтезированного организмом (5% секретируют клетки коркового слоя надпочечников) (рис. 9.5).

Часть произведенного клетками Лейдига тестостерона циркулирует с током крови, обеспечивая развитие вторичных половых признаков, и определяя мужское поведение. Другая часть остается в эпителии семенных канальцев, и обеспечивает образование сперматозоидов. Для нормального протекания сперматогенеза необходимо чтобы уровень

тестостерона в клетках эпителия семенников был в 200 раз выше, чем в крови.

Основные клетки Сертоли:

- ✓ Выполняют поддерживающую и питательную роль для сперматогониев;
- ✓ Секретируют жидкость семенных канальцев, необходимую для подвижности сперматозоидов;
- ✓ Секретируют белок, который обеспечивает концентрирование тестостерона в эпителии семенников;
- ✓ Обеспечивает высвобождение сперматозоидов в просвет канальцев.

С возрастом в яичках появляются семенные канальцы, которые состоят только из клеток Сертоли – несперматогенные.

Секреторные нейроны гипоталамуса вырабатывают гонадотропный гормон, который стимулирует секрецию ЛГ и ФСГ передней долей гипофиза. ЛГ стимулирует секрецию тестостерона клетками Лейдига, а ФСГ стимулирует секрецию клеток Сертоли.

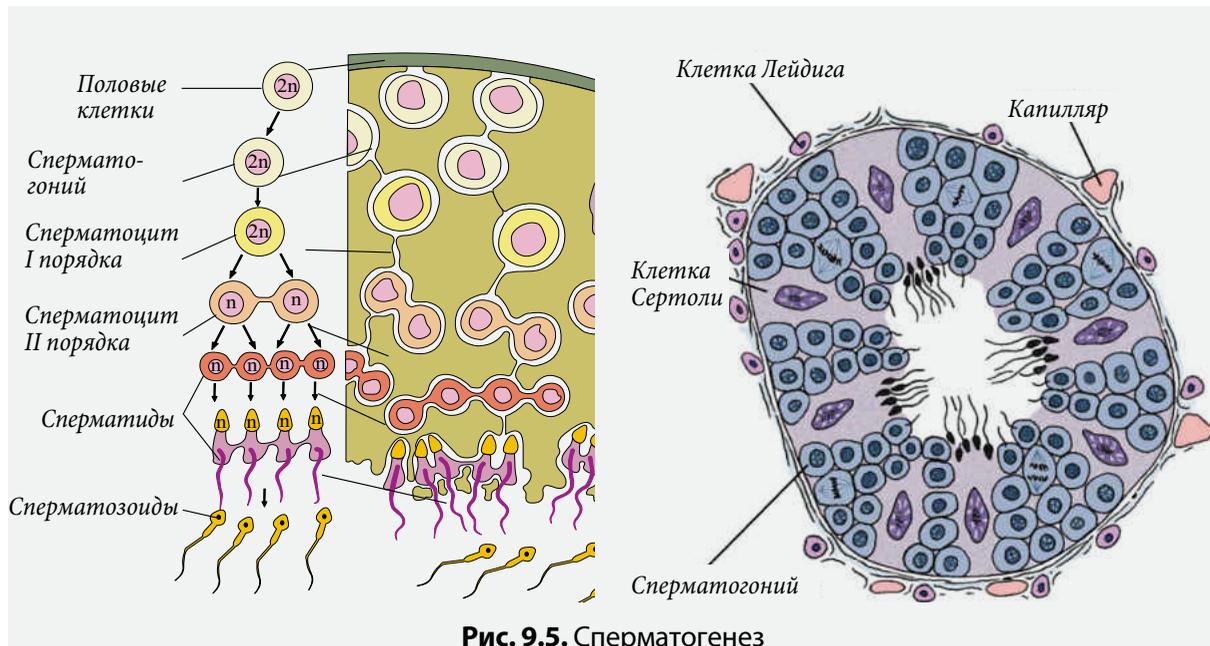


Рис. 9.5. Сперматогенез

Сперматогенез начинается в период полового созревания и происходит в течение всей активной жизни мужчины. Один сперматогоний превращается в 4 сперматозоида в течение 72 часов (рис. 9.5).

■ На **стадии размножения** гаметогенеза диплоидные половые клетки – сперматогонии проходят через несколько последовательных митотических делений, в результате чего их число заметно возрастает. Генетическая формула сперматогониев на данном этапе является  $2n=2c$ .

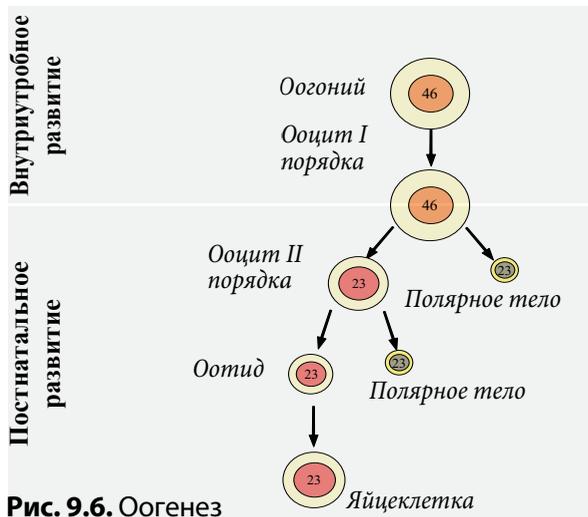
■ На **стадии роста** происходит репликация ДНК, интенсивный синтез РНК и клеточных белков (изменения, характерные для первой профазы) в сперматогониях, которые существенно увеличиваются (и достигают размеров, типичных для каждого вида животных) и превращаются в сперматоциты I порядка с формулой  $2n=4c$ .

■ На **стадии созревания**: сперматоциты I порядка в результате первого деления мейоза образуют сперматоциты II порядка, которые после второго деления мейоза превращаются в сперматиды.

На стадии дифференциации происходит превращение сперматидий в сперматозоиды.

**ООГЕНЕЗ** представляет собой последовательность этапов, во время которых формируется и развивается яйцеклетка. Этот процесс начинается во время внутриутробного развития женского организма и продолжается после физиологической паузы, которая длится от рождения и до полового созревания. Оогенез прекращается после 50-ти лет, когда наступает менопауза, которая завершает репродуктивный период жизни женщины. Во время внутриутробного периода происходит стадия размножения половых клеток – оогоний, и стадия роста (рис. 9.6).

■ На стадии **размножения** происходит митотическое деление *оогоний* – клеток яичников



небольшого размера, с крупным ядром ( $2n=2c$ ). Этот процесс происходит наиболее интенсивно между вторым и пятым месяцем развития плода.

■ **Стадия роста** начинается на седьмом месяце развития. Оогонии превращаются в *ооциты I порядка*, ядро которых находится в профазе первого деления мейоза ( $2n=4c$ ), а поверхность покрыта слоем *фолликулярных клеток* и формирует *первичные фолликулы*. Каждый яичник новорожденной девочки содержит примерно 400 000 первичных фолликулов. От рождения и до полового созревания оогенез находится в стадии физиологической паузы.

■ Начиная с периода полового созревания и до начала менопаузы, периодически (как правило, каждые 23 дня) один, реже два или три первичных фолликула, проходят **стадию роста**. Это циклическое явление называется **циклом яичников**.

Рост первичных фолликулов проявляется увеличением объема и числа фолликулярных клеток. Вокруг этих клеток формируются несколько слоев и пространство, в котором собирается фолликулярная жидкость, которая содержит женский половой гормон эстроген. Стадия роста заканчивается формированием *Граафова фолликула*.

■ **Стадия созревания**. За несколько часов до овуляции, ооцит I порядка (из Граафова фолликула), находящийся на фазе первой профазы, заканчивает первое мейотическое деление и образует две морфологически разные, но генетически идентичные клетки ( $n=2c$ ).

✓ *Ооцит II* порядка, того же размера что и ооцит I порядка, сразу же переходит во второе мейотическое деление, останавливаясь в метафазе II;

✓ *Полярное тело* небольшого размера, почти лишенное цитоплазмы, дегенерирует (рис. 9.6).



Жидкость из Граафова фолликула оказывает определенное давление на стенки фолликула. Когда это давление достигает максимального значения, стенки фолликула лопаются, а ооцит II порядка, вместе с примыкающими фолликулярными клетками и полярным телом, попадают в брюшную полость. Этот процесс называется *овуляцией* (рис. 9.7).

Из брюшной полости ооцит II порядка захватывается бахромой маточных труб, двигается по ним, где в момент оплодотворения завершается второе деление мейоза и образуется яйцеклетка и полярное тело, которое дегенерирует.

## ТЕМАТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

### I. СПЕРМАТОГЕНЕЗ У МУЖЧИН РАЗНОГО ВОЗРАСТА

Лабораторный анализ спермы двух здоровых мужчин 28 и 65 лет показал некоторые отличия в числе сперматозоидов в 1 мл спермы и их подвижности (см. таблицу).

	Проба I	Проба II
Число сперматозоидов в 1 мл спермы	120 миллионов	57 миллионов
% подвижных сперматозоидов	30%	22%



1. Определи где результаты мужчины 28 лет и мужчины 65 лет.
2. Назови причины этих отличий.

### II. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРИОДА ОВУЛЯЦИИ

Овуляция может быть использована в качестве ориентира для предупреждения нежелательной беременности, а также для увеличения шансов на беременность. Женщина обычно может забеременеть приблизительно 5 дней в месяц, в период овуляции. Период овуляции (фертильный период) может быть определен по уровню гормонов ФСГ и ЛГ в крови или моче. Для определения фертильного периода можно использовать тесты овуляции.

Уровень ФСГ и ЛГ гормонов в крови в период с 6 по 17 марта у женщины 33 лет (ед. на мл).

Дата	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
ЛГ	9	11	13	14	15	14	15	13	15	16	20	30	60	78	58	20	14	10	10	9	7	7
ФСГ	9	12	16	17	18	17	19	18	18	18	19	18	17	19	18	10	9	8	8	7	6	5

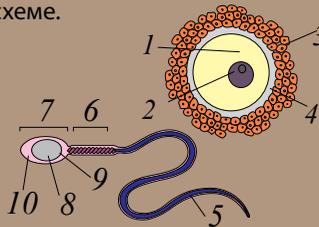


1. Назови эндокринную железу, которая синтезирует ФСГ и ЛГ.
2. Представь в виде графика уровень ФСГ и ЛГ в течение данного периода.
3. Определи фертильный период женщины.
4. Могут ли использоваться тесты на овуляцию как метод контрацепции? Аргументируй ответ.



1. Дай определение понятиям:
  - ✓ Гаметы;
  - ✓ Оогенез;
  - ✓ Сперматогенез.
2. Назови этапы гаметогенеза.
3. Напиши генетическую формулу мужских половых клеток и сперматозоидов.
4. Объясни биологическую роль отличия между числом хромосом в яйцеклетке и в первичных женских половых клетках.

5. Напиши название структурных компонентов гамет в соответствии с цифрами, которыми они указаны на схеме.



6. Представь в виде таблицы названия гамет и этапы оогенеза, во время которых они образуются.

7. Составь словарь терминов, относящихся к гаметогенезу у человека.
8. Объясни роль митохондрий в шейке сперматозоида.
9. Объясни биологическое значение образования одной яйцеклетки того же размера, что и ооцит II порядка (из которого она произошла), и двух полярных тел, которые можно считать отходами мейоза.

# 43 ОПЛОДОТВОРЕНИЕ У ЧЕЛОВЕКА

Оплодотворение – это явление слияния мужской и женской гамет, которое приводит к образованию зиготы (оплодотворенной яйцеклетки). После слияния гамет и их ядер образуется новый организм, который сочетает в себе родительские признаки.

У человека естественное оплодотворение внутреннее. Современный уровень развития медицины позволяет проводить экстракорпоральное оплодотворение.

## ЕСТЕСТВЕННОЕ ОПЛОДОТВОРЕНИЕ

Естественное оплодотворение (рис. 9.8) обеспечивается половым актом, во время которого сперма попадает во влагалище.

■ **Сперма** представляет собой смесь семенной плазмы и сперматозоидов (2-5%).

**Семенная плазма** состоит из органических и минеральных веществ, которые вырабатываются придаточными железами. Компоненты семенной плазмы – основные амины (*путресцин, спермин, спермидин и кадаверин*) нейтрализуют кислую среду влагалища, тем самым защищая сперматозоиды от денатурации.

**Сперматозоиды** из семенных канальцев по каналам сети яичек достигают придатка семенника, где остаются 10-20 дней. За это время сперматозоиды становятся подвижными и способными к оплодотворению. Из придатка семенника во время эякуляции они вместе с выделениями придатка проходят по семявыносящему протоку, где соединяются с семенной плазмой и образуют сперму. Сперма выводится через мочеиспускательный канал.

В одном объеме эякулята содержится около 500 миллионов сперматозоидов, которые попадают во влагалище. В полость матки попадает только 1% сперматозоидов. До яйцеклетки одновременно добираются примерно 100 сперматозоидов, которые проникают через слой фолликулярных клеток, и только один из них осуществляет оплодотворение.

Сперматозоиды проходят путь от влагалища до маточных труб за 5 мин. Их продвижение обеспечивается жгутиками, мышечным сокращением стенки матки и маточных труб, а также веществами, которые выделяет яйцеклетка (хемотаксис). Они сохраняют свою жизнеспособность на протяжении 24-72 часов.

■ **Оплодотворение** происходит в одной из маточных труб и состоит из следующих этапов:

**Слияние сперматозоида с яйцеклеткой.**

Когда сперматозоид прикрепляется к поверхности яйцеклетки, из акросомы высвобождаются энзимы, которые разрушают оболочку яйцеклетки (*акросомная реакция*), и формируют канал, по которому сперматозоид проходит в яйцеклетку. Головка проникшего в яйцеклетку сперматозоида отделяется от жгутика и образует мужское ядро. Лучистый венец становится непроницаемым для других сперматозоидов, которые прошли через фолликулярный слой.

**Образование яйцеклетки.** Ооцит II порядка, находящийся в метафазе второго деления мейоза, заканчивает процесс деления, образуя второе полярное тело и яйцеклетку.

**Слияние гаплоидных ядер (кариогамия)** и образование диплоидного ядра, которое содержит 46 хромосом (23 материнских и 23 отцовских). Таким образом яйцеклетка превращается в зиготу – первую клетку будущего организма.

**Начало сегментации зиготы.** Материнские и отцовские хромосомы ядра зиготы приближаются и фиксируются к нитям веретена деления, таким образом начинается первый цикл митоза.

В момент оплодотворения определяется пол будущего организма. Если ядро сперматозоида, участвующего в оплодотворении, содержит половую хромосому X – родится девочка, а если он содержит Y-хромосому – родится мальчик.

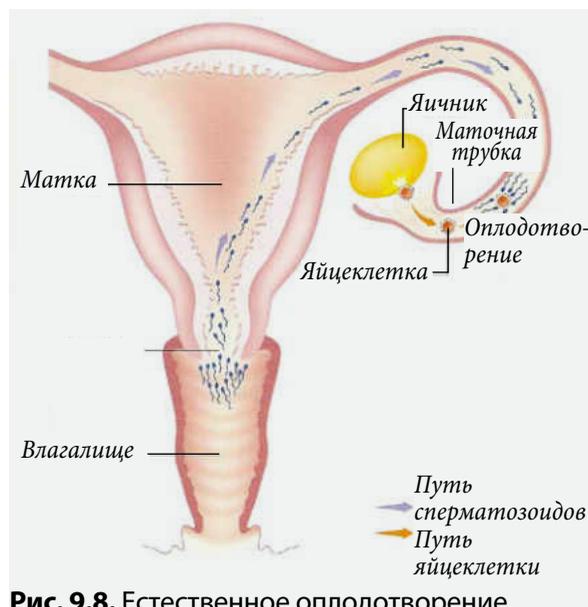


Рис. 9.8. Естественное оплодотворение

## ЭКСТРАКОРПОРАЛЬНОЕ ОПЛОДОТВОРЕНИЕ

Дисфункции мужской и женской половой системы снижают эффективность или полностью блокируют естественное оплодотворение. Современная медицина располагает методами, которые могут обеспечить искусственное или экстракорпоральное оплодотворение (ЭКО) (табл. 9.3) (рис. 9.8.) – один из медицинских способов получения человеческого зародыша.

Таблица 9.3

Методы искусственного воспроизводства

Пара		Метод искусственного воспроизводства	Беременность	Генотип ребенка
Мужчина	Женщина			
Стерильный	Здоровая (фертильная)	Искусственное оплодотворение донорской спермой	Материнская	Гены донора Материнские гены
Здоровый (фертильный)	Бесплодная (заблокированы маточные трубы)	Экстракорпоральное оплодотворение спермой мужчины	Материнская, перенос зародыша в матку	Отцовские гены Материнские гены
Здоровый	Бесплодная (не происходит овуляция)	Экстракорпоральное оплодотворение донорской яйцеклетки спермой мужчины из пары	Материнская, перенос зародыша в матку	Гены донора Отцовские гены
Здоровый	Бесплодная (анормальная матка)	Экстракорпоральное оплодотворение яйцеклетки женщины спермой мужчины	Суррогатная	Отцовские гены Материнские гены
Умерший	Здоровая (фертильная)	Искусственное оплодотворение замороженной спермой умершего мужчины	Материнская	Отцовские гены Материнские гены

### ■ Этапы ЭКО

**Получение яйцеклеток.** В норме во время одного менструального цикла один яичник производит одну яйцеклетку. В случае ЭКО, для того, чтобы увеличить шансы оплодотворения, необходимо большее число яйцеклеток, которые могут быть получены путем дополнительной стимуляции яичников. В этих целях применяются лекарственные препараты. Изъятие зрелых яйцеклеток проводится через 34-36 часов после введения стимулятора.

**Получение сперматозоидов** проводится путем мастурбации или хирургически за 24 часа до пункции фолликулов.

**Инкубация яйцеклеток и сперматозоидов.** Яйцеклетки и сперматозоиды помещаются в специальный питательный раствор на 48-72 часа. В среднем оплодотворяется около 50% отобранных яйцеклеток.

Перенос зародыша в матку происходит при помощи катетера. Для увеличения шансов

беременности, как правило переносятся 2-3 зародыша, на стадии 2-4 или 8 бластомеров. Оставшиеся эмбрионы могут быть использованы дополнительно в случае неудачного переноса, или могут быть заморожены и использованы для другой беременности.



Рис. 9.9. Экстракорпоральное оплодотворение



1. Опиши этапы образования спермы.
2. Составь схему пути сперматозоида из влагалища до яйцеклетки в маточной трубе.

3. Объясни механизм, включающий участие нескольких сперматозоидов в оплодотворении.
4. Опиши этапы естественного оплодотворения.

5. Предположи причины участия в оплодотворении только 50% изъятых яйцеклеток. Аргументируй ответ.

## I. СПЕРМОГРАММА

Спермограмма является специальным тестом для определения количества и качества спермы мужчины в целях оценки мужской фертильности. В таблице представлены нормальные показатели и результаты спермограммы двух мужчин. Партнерши этих двух мужчин здоровые, фертильные женщины.

Параметры	Нормальные значения	Пациент А	Пациент В
Объем (мл)	2–6	5	1,5
Число сперматозоидов в 1 мл	$> 20 \times 10^6$	$24 \times 10^6$	$2 \times 10^6$
Подвижность через 1 час	$> 45\%$	52%	15%
% нормальных форм	$> 30\%$	65%	17%
% нетипичных форм	$< 70\%$	35%	83%



Определи:

- пациента с нормальной спермограммой. Аргументируй.

- пациента с дисфункцией фертильности. Аргументируй.

Какая пара сможет зачать ребенка путем естественного оплодотворения? Аргументируй.

Сможет ли пара, в которой у мужчины есть отклонения в спермограмме, иметь детей?

При помощи таблицы 9.3 предложи технику искусственного воспроизведения для пары с проблемами фертильности.

## II. РЕЗЕРВ ЯИЧНИКОВ – ОДНА ИЗ ПРИЧИН ЖЕНСКОГО БЕСПЛОДИЯ

Термен «резерв яичников» означает потенциальное число яйцеклеток женщины от рождения до менопаузы. С возрастом резерв яичников, а также качество яйцеклеток, падает. Исследования, проведенные учеными из Университета Санкт Эндрус и Университета Эдинбурга, впервые подтвердили гипотезу о снижении резерва яичников. Ученые доказали, что женщина при рождении обладает, в среднем, 300 000 незрелыми яйцеклетками, хранящимися в яичниках. В возрасте 30 лет из этого резерва яичников остается, в среднем, около 12%, а в возрасте 40 лет – только 3%. Многие женщины ошибочно полагают, что, если их организм вырабатывает яйцеклетки, то фертильность остается на том же уровне.

Это явление объясняется тем, что организм выбирает и высвобождает самую здоровую яйцеклетку, поэтому со временем снижается вероятность рождения здорового ребенка и увеличивается риск рождения ребенка с отклонениями.

Резерв яичников женщин разных возрастов может быть определен уровнем антимюллеровского гормона (АМГ) в венозной крови. Он производится клетками зернистого слоя развивающихся фолликулов незрелых яйцеклеток, которые ожидают гормональный импульс, чтобы начать процесс созревания.



1. Дай определение понятию «резерв яичников».

Определи на диаграмме возрастной период, когда резерв яичников женщин:

- ✓ максимальный
- ✓ уменьшается.

2. Оцени (по 10-ти бальной шкале) шансы зачать здорового ребенка для женщин в 27 лет, 37 лет, 43 года.

3. Сформулируй вывод об изменении во времени резерва яичников и уровня АМГ в крови.

# 44 ПРЕНАТАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ ЧЕЛОВЕКА

Онтогенез – индивидуальное развитие организма человека, начиная с стадии зиготы и до момента смерти. Онтогенетическое развитие человека делится на два периода:

- ✓ пренатальный;
- ✓ постнатальный.

**ПРЕНАТАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ** начинается в момент оплодотворения, и обычно длится девять месяцев (40 недель), в течение которого человек развивается очень быстро, проходя через три последовательных этапа: *дозародышевый этап, зародышевый этап и плодный этап.*

■ **Дозародышевый этап** (рис. 9.10) начинается во время формирования зиготы и завершает в конце четвертой недели внутриутробного развития формированием зародыша. Во время этого этапа происходит *сегментация зиготы, имплантация, образование гаструлы.*

**Сегментация.** Во время движения зиготы к матке она делится митотически на 2, 4, 8 и т.д. клетки, которые обладают одинаковой генетической информацией и называются *бластомерами*. После каждого деления клетки уменьшаются в размерах. В течение первых трех дней каждый из бластомеров, если его отделить от остальных, может обеспечить развитие отдельного эмбриона. На данном этапе спонтанное расщепление группы бластомеров приводит к появлению эмбрионов близнецов.

В этот период эмбрионального развития энергия и питательные вещества, необходимые для развития, зародышевые клетки получают

из цитоплазмы яйцеклетки. На 4-й день после оплодотворения, образование, состоящее из 64 бластомеров, которое называется *морулой*, поступает в полость матки, где превращается в *бластулу*.

Периферические клетки бластулы образуют *трофобласт*, из которого впоследствии развивается плацента. Центральные клетки инвагинируют, и формируют полость, заполненную жидкостью, которая называется *бластоцель*. Остальные клетки образуют *эмбриобласт*.

Размеры бластулы не превышают размеры зиготы из-за существенного снижения или полного отсутствия в клеточном цикле этапа роста клеток. В результате, дочерние клетки с каждым делением становятся все меньше. Все бластулы клетки имеют двойной набор хромосом (диплоидный) и конструктивно идентичны.

**Имплантация.** В конце первой недели после оплодотворения на трофобласте образуются ворсинки, при помощи которых бластула имплантируется в стенку матки. Они также выделяют гормоны, которые определяют первые симптомы беременности: затвердение сосков, тошноту, головокружение, отсутствие овуляции и менструации.

**Гаструла** характеризуется:

- ✓ активным клеточным делением;
- ✓ появлением зародышевых листков: эктодермы, энтодермы и мезодермы, из которых начинают развиваться ткани и органы будущего организма.

Из эктодермы развивается нервная система и кожа; из мезодермы – скелетная, мышечная и сердечно-сосудистая система; энтодерма генерирует пищеварительный тракт, легкие и печень.

■ **Зародышевый этап** начинается на второй неделе беременности, с образования клеток крови и дифференциацией клеток сердца. Он длится около семи недель (рис. 9.11).

Первые органы появляются на пятой неделе: рудиментарные головной и спинной мозг; конечности выглядят как маленькие бутоны, а сердце и кровеносные сосуды четко очерчены. Хотя лицо еще не сформировано, на нем видны впадины, где будут глаза и уши.

На шестой неделе активно формируется внутреннее ухо и глаза, начинает появляться носовая полость. Головной и спинной мозг практически сформированы. Развивается пи-

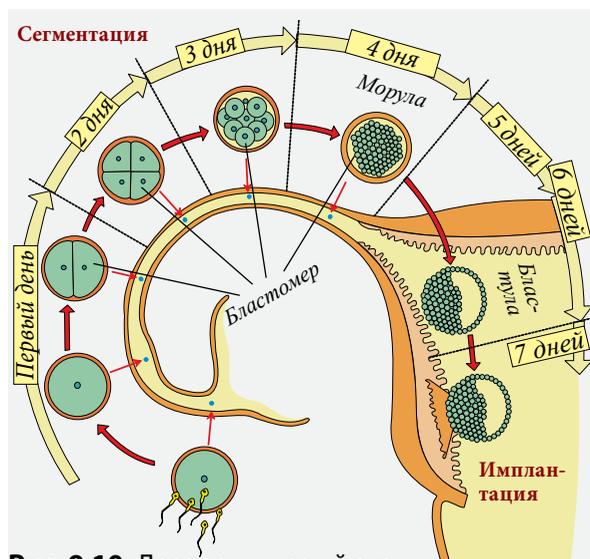


Рис. 9.10. Дозародышевый этап

щеварительная и мочевыделительная система, но печень и почки еще не функционируют.

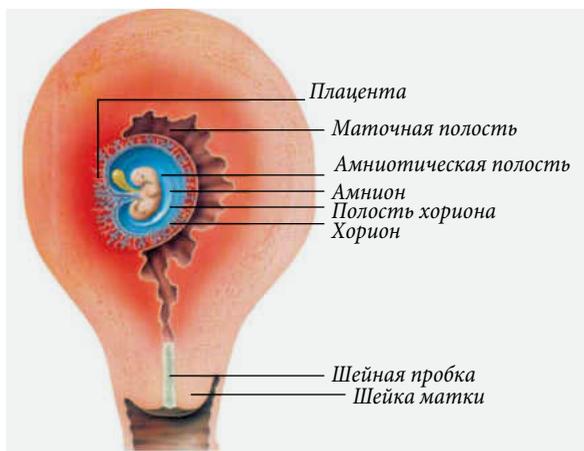
Плечи, локти, колени, таз и легкие формируются на седьмой неделе. В конце этого этапа (восьмая неделя) у зародыша есть руки, ноги, нос, глаза, рот, веки.

Зародышевый этап является наиболее уязвимым периодом человеческого развития, так как в это время формируются все органы. Действие неблагоприятных факторов (наркотики, инфекции, алкоголь, и т.д.) может привести к серьезным необратимым последствиям.

■ **Плодный этап** начинается на девятой неделе после оплодотворения, и характеризуется развитием органов и систем органов, ростом в длину, прибавлением веса.

На четырнадцатой неделе плод начинает двигаться, появляются мышечные рефлексы век, ладоней и ног. В этот период появляется рефлекс глотания, ребенок икает, переворачивается, сжимает ручку в кулачек, спит и даже реагирует на внешние шумы. В пять месяцев начинает сосать большой палец, а через месяц появляется хватательный рефлекс.

Начиная с третьего месяца при помощи стетоскопа можно услышать сердцебиение плода.



**Рис. 9.11.** Четвертая неделя внутриматочного развития.

В возрасте 24 недель плод может выжить вне организма матери, если будет находиться в отделении интенсивной терапии.

Факторами риска, которые могут привести к различным поражениям и нарушениям развития плода, являются вирусные и бактериальные инфекции (краснуха, грипп) венерические заболевания, курение, употребление алкоголя, прием наркотиков и т.д.



**Рис.9.12.** Пренатальное развитие

■ **Плацента** дифференцируется на втором месяце беременности. Ее диаметр составляет 18-23 см, а толщина 3-6 см. Вес плаценты колеблется в зависимости от генотипа, размера и пола плода. Как правило, вес плаценты составляет 1/6 веса плода, а вес менее 300 г считается признаком различных нарушений развития. Ворсинки плаценты образуют площадь 10-14 м<sup>2</sup>, и содержат до 50 км капилляров. За одну минуту через плаценту проходит

500 мл материнской крови. Ворсинки плаценты обеспечивают обмен веществ между кровью матери и плода.

Материнская кровь и кровь плода не смешиваются, но они контактируют через мембраны ворсинок плаценты, через которые происходит обмен веществ (СО<sub>2</sub>, О<sub>2</sub>, глюкозы и др.).

Пупочная артерия проводит материнскую кровь к плоду от плаценты, а пупочная вена несет кровь от плода к плаценте.

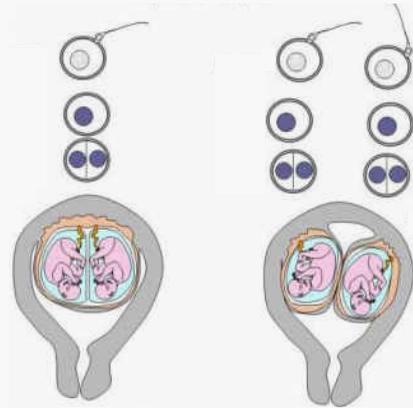
## ТЕМАТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

### I. БЛИЗНЕЦЫ

Двуяйцевые близнецы появляются в результате одновременного оплодотворения сразу двух яйцеклеток двумя сперматозоидами во время одного полового акта. В результате образуются две разные зиготы, которые имплантируются рядом в матке. Дети могут быть похожи, но не больше, чем похожи между собой братья и сестры. Двуяйцевые близнецы составляют две трети всех случаев двуплодной беременности.

Однояйцевые близнецы появляются в результате одного оплодотворения. Образованная зигота, по еще не выясненным причинам, путем деления формирует два blastomera, каждый из которых развивается самостоятельно. В результате появляются абсолютно одинаковые дети.

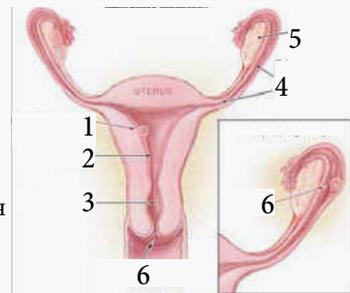
? Объясни абсолютное сходство однояйцевых близнецов и небольшое сходство двуяйцевых близнецов.



### II. ВНЕМАТОЧНАЯ БЕРЕМЕННОСТЬ

В нормальных условиях после оплодотворения яйцеклетка движется в сторону матки. Иногда имплантируется в стенку маточной трубы – возникает внематочная беременность. Если подобную беременность не обнаружить и не прервать вовремя, она приводит к разрыву маточной трубы и возникновению обширного кровотечения, которая может поставить под угрозу жизнь женщины.

? 1. Составь легенду схемы.  
2. Определи на рисунке изображение нормальной и внематочной беременности.



?

1. Дай определение понятиям:
  - ✓ естественное оплодотворение;
  - ✓ экстракорпоральное оплодотворение.
2. Опиши этапы пренатального развития человека, используя в качестве ориентиров:
  - ✓ период времени после оплодотворения;
  - ✓ отличительные черты будущего организма;
  - ✓ факторы риска и вызываемые ими эффекты.

3. Приведи сравнительное описание эмбрионального и плодового этапа развития человека.
4. Опиши роль плаценты во время пренатального развития человека.
5. Рассчитай период времени, когда цитоплазма яйцеклетки является единственным источником питательных веществ и энергии для будущего плода.

6. Представь постер, который бы доказывал, что алкоголь, наркотики, радиация являются факторами риска во время фазы гаструлы развития организма человека.
7. Объясни, почему эмбриональный период является самым уязвимым периодом развития человека.

# § 45 ПОСТНАТАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ ЧЕЛОВЕКА

Развитие человека происходит на протяжении всей жизни, и включает в себя физические, поведенческие, когнитивные и эмоциональные изменения. Эти изменения лежат в основе перехода человека от младенца к ребенку, от ребенка к подростку и от подростка к взрослому человеку.

Сексуальность – это свойство, которое развивается на протяжении всей жизни: дети, подростки и взрослые обладают определенными половыми признаками и половым поведением. Отдельные индивидуумы могут достигать того или иного этапа раньше или позже остальных сверстников. Когда возникают подозрения в отношении развития, особенно у детей и подростков, рекомендуется, чтобы родители проконсультировались с врачом.

В специальной литературе встречается много типов периодизации постнатального развития человеческого организма. Одна из периодизаций представлена ниже:

- ✓ детство (0-14 лет);
- ✓ подростковый возраст (14-19/21 лет);
- ✓ молодость (21-35 лет);
- ✓ зрелость (35-56 лет);
- ✓ старость (56-70 лет);
- ✓ долголетие (после 70 лет).

Детский период характеризуется быстрым ростом и развитием организма. С первых дней младенцы адаптируются к новым условиям, все системы органов начинают функционировать независимо от материнского организма. Легкие, которые еще содержат амниотическую жидкость, наполняются воздухом, кровеносная система начинает работать автономно, пищеварительная система обеспечивает переваривание молока и т.д. Все эти изменения происходят под действием гормонов, которые секретируются эндокринными железами новорожденного.

В результате выработки способности держать голову, сидеть, стоять и ходить, у ребенка формируются изгибы позвоночника (рис. 9.13). У новорожденных эти изгибы малозаметны, а форма позвоночника практически прямолинейная.

Первый изгиб – шейный – образуется в период, когда ребенок начинает держать голову. В период, когда ребенок учится сидеть, образуется грудной изгиб. Когда ребенок начинает

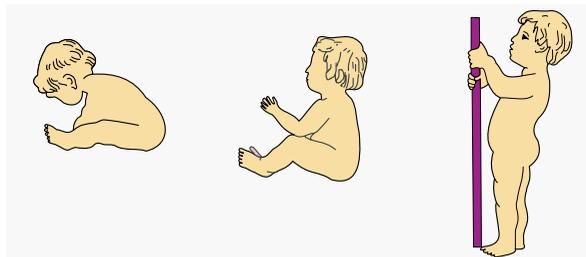


Рис. 9.13. Образование изгибов позвоночника

стоять и ходить, развивается поясничный выпуклый изгиб и параллельно с ним – крестцово-копчиковый изгиб.

В возрасте двух лет ребенок становится относительно независимым (ходит, говорит, самостоятельно ест и т.д.). В последующие годы детства рост происходит равномерно, но медленнее – под контролем соматотропина. Постоянный зубной аппарат образуется в возрасте шести лет.

От двух до двенадцати лет происходит быстрое развитие умственных и физических способностей: координация движений, двигательные навыки, развивается язык, письмо, ответственность за свои поступки и т.д.

Подростковый возраст (период полового созревания) характеризуется физическими, психическими и физиологическими изменениями, которые определяются уровнем половых гормонов и половым созреванием. В течение этого периода происходит развитие половых органов, вторичных половых признаков, формирование личности (табл. 9.4).

Подростковый возраст является периодом конфликтов, когда возникает классический «конфликт поколений». Подросток выражает одобрение или отрицание категорически, не задумываясь о противоречиях и мнениях родителей. Подросткам присуще чувство неуверенности в себе.

Период взрослой жизни характеризуется завершением процесса роста, приоритетом становится карьера, профессия, самоутверждение, душевное спокойствие и т.д. В это время важную роль играет сохранение здоровья путем занятий спортом, правильного питания, отказа от курения и чрезмерного потребления алкоголя. У женщин в 45-55 лет появляются изменения, связанные с менопаузой (снижение уровня половых гормонов, остеопороз и т.д.).

**Таблица 9.4.** Изменения во время полового созревания

Девушки	Юноши
Увеличение объема яичников и матки. Появление менструального цикла. Формирование и развитие груди. Развитие бедер и таза. Появление волосяного покрова женского типа	Удлинение пениса, рост мошонки и яичек. Появление первой эякуляции. Изменение тембра голоса. Увеличение роста и мышечной массы, расширение плеч. Появление волосяного покрова мужского типа

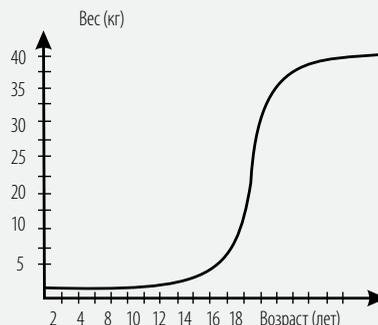
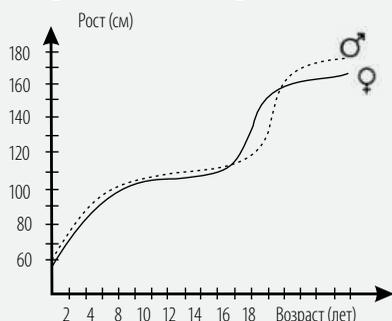
Период старости начинается с постепенных физиологических и психологических изменений. Кожа теряет эластичность, мышцы – тонус, кости становятся хрупкими, уменьшается острота чувств (зрения, слуха, обоняния и т.д.).

Долголетие зависит от генотипа человека и от его образа жизни. В это время существенно снижается выделительная способность печени и почек, дыхательная способность легких, работоспособность сердца, снижается скорость распространения нервных импульсов.

## ТЕМАТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

### I. ПОЛОВАЯ ЗРЕЛОСТЬ

В период полового созревания организм человека претерпевает физиологические и поведенческие изменения, которые указывают на достижение половозрелости. Данные изменения происходят под воздействием гормонов ФСГ и ЛГ, синтезируемых передней долей гипофиза. У мужчин эти гормоны стимулируют развитие яичек и запускают их эндокринную функцию, сперматогенез и др.



1. Основываясь на информации из текста и графиков, определи предполагаемый возраст начала половой зрелости у девушек и юношей.
2. Назови гормон, выделяемый яичками и гормон гипофиза, который стимулирует его секрецию.
3. Опиши роль данного гормона в процессе полового созревания и в выполнении репродуктивной функции у юношей.



1. Сформулируй определения для следующих понятий: детство, подростковый период, взрослый период, старость, долголетие.
2. Опиши кратко различия между 17-18-летним и 27-28-летним молодым человеком (внешний вид, социальное поведение и др.).

3. Представь в виде таблицы гормональные изменения, характерные для периода полового созревания: название гормона, эндокринная железа, орган-мишень, изменения, которые они вызывают.

4. Представь постер, который бы доказывал, что алкоголь, наркотики, курение в подростковом периоде являются факторами риска развития организма человека.
5. Подготовь круглый стол на тему: «Диалог между поколениями».

# 46 ЗАБОЛЕВАНИЯ РЕПРОДУКТИВНОЙ СИСТЕМЫ ЧЕЛОВЕКА

## ЗАБОЛЕВАНИЯ, ПЕРЕДАЮЩИЕСЯ ПОЛОВЫМ ПУТЕМ (ЗППП)

Сифилис, гонорея, трихомониаз, генитальный герпес и др. – ЗППП, вызванные вирусами (вирус папилломы человека, вирус герпеса, вирус гепатита В, вирус иммунодефицита человека ВИЧ), бактериями (хламидии, влагалищные трихомонады, спирохеты), грибами (*Candida albicans*) или генитальными вшами, которые передаются во время полового акта. Эти заболевания называются также венерическими, от имени богини любви – Венеры.

Симптомы ЗППП:

- ✓ обильные выделения из влагалища (у женщин) или уретры (у мужчин), которые вызывают раздражение;
- ✓ сыпь на влагалище, анусе и пенисе;
- ✓ боль или жжение при мочеиспускании;
- ✓ боль во время полового акта.

При наличии одного из вышеперечисленных симптомов необходимо проконсультироваться с врачом.

Венерические заболевания можно предотвратить, если соблюдать следующие правила:

- ✓ использование презервативов – единственный метод контрацепции и защиты от половых инфекций;
- ✓ сокращение числа половых партнеров;
- ✓ соблюдение личной гигиены, особенно генитальной гигиены, до и после сношения.

## ЗАБОЛЕВАНИЯ МУЖСКОЙ РЕПРОДУКТИВНОЙ СИСТЕМЫ

Мужские половые органы могут быть поражены инфекционными, травматическими и нетравматическими заболеваниями.

**Инфекционные заболевания.** Вирусы, бактерии, грибы, чесоточные клещи образуют патогенную группу, которая может вызвать различные заболевания мужских репродуктивных органов: яичек (орхит); придатка семенника (эпидидимит); мочеиспускательного канала (уретрит); мочевого пузыря (цистит); волосяных фолликулов (абсцессы); всей генитальной зоны (гангрена Фурнье).

■ **Орхит** – это воспаление одного или обоих яичек, вызванное такими возбудителями, как кишечная палочка, стафилококки, стрептококки, инфекционные бактерии, передающиеся половым путем, вирус паротита (возбудитель

эпидемического паротита) и т.д. Орхит может возникнуть в результате распространения инфекции от других частей тела через кровь.

■ **Эпидидимит** – это воспаление придатка яичка, которое возникает в результате инфекции органа. У детей эпидидимит вызван инфекциями мочевыводящих путей. У сексуально активных молодых людей он возникает в результате заражения инфекциями, передаваемыми половым путем, а у пожилых мужчин – увеличения размеров простаты.

**Нетравматические заболевания.**

■ **Рак яичка** поражает мужчин в возрасте 15-35 лет. При этом заболевании возникает тяжесть и дискомфорт в области мошонки или в нижней области живота, а также боль, которая усиливается при пальпации.

■ **Эректильные дисфункции** вызваны дисфункциями кровеносных сосудов, снабжающих половой член кровью. Эти проблемы выражаются в отсутствии эрекции из-за недостаточного притока крови в пенис. Приапизм – дисфункция, при которой пенис не возвращается из состояния эрекции в нормальное состояние. Это состояние очень болезненно, и требует медицинского вмешательства.

■ **Перекрут яичка** происходит в результате поворота яичка и семенного канатика, которое приводит к нарушению кровоснабжения яичка. Восстановление функции и сохранение яичка возможно только в течение 4-6 часов.

■ **Дисфункции** в области мошонки возникают в результате накопления жидкости вокруг яичка (гидроцель) или увеличения диаметра вен, с последующим их скручиванием в мошонке (варикоцель). Как правило, эти дисфункции устраняются хирургически.

**Травматические заболевания.** Травмы возникают во время занятий спортом (футбол, езда на велосипеде), в результате воздействия химических веществ.

Самостоятельный осмотр яичек должен выполняться раз в месяц, после купания, когда кожа мошонки расслаблена. Этот экзамен позволяет вовремя выявить любые изменения, которые происходят в яичках. Подростки, молодые люди, и те, у кого наблюдалось неопущение яичка, или случаи рака яичка в семье, должны особенно серьезно относиться к самостоятельному осмотру.

## ЗАБОЛЕВАНИЯ ЖЕНСКОЙ РЕПРОДУКТИВНОЙ СИСТЕМЫ

■ **Вагинальный кандидоз** является грибковой инфекцией, которой страдают в течение жизни примерно 75% взрослых женщин. Возбудителями этого заболевания являются дрожжи рода *Candida*, которые являются частью нормальной микрофлоры человеческого организма, но в определенных условиях могут стать патогенными. Вагинальный кандидоз может возникнуть в результате лечения антибиотиками, нарушения эндокринных функций, снижения иммунитета организма, сахарного диабета, беременности, дефицита железа, фолиевой кислоты, витамина В<sub>12</sub> или цинка и т.д.

У женщин, страдающих вагинальным кандидозом, наблюдается зуд и выделения, покраснение и отек вокруг влагалища, а также боль во время мочеиспускания или полового акта.

Профилактикой развития кандидоза может быть соблюдение сбалансированной диеты, которая исключает рафинированный сахар и углеводы; и включает йогурты с живыми культурами бактерий. Необходимо избегать тесной одежды, которая вызывает перегрев и повышенную влажность. Необходимо вовремя лечить заболевания иммунной системы. Вагинальный кандидоз лечится медикаментозно.

■ **Метрит** это воспаление шейки матки (метрит шейки) или тела матки, вызванное:

✓ бактериальной инфекцией (хламидиоз, гонорея, стрептококки, палочка Коха и т.д.) или вирусной инфекцией (цитомегаловирус, герпес);

✓ эндокринными нарушениями;

✓ травмами.

Метрит шейки матки весьма распространен и проявляется обильными выделениями, болью в нижней части живота, бесплодием и т.д.

Лечение метрита зависит от причины воспаления. Специалист предписывает индивидуальное лечение, которое включает антибиотики и противовоспалительные препараты. Пациенты должны соблюдать сексуальную гигиену, постельный режим, проходить регулярное обследование.

■ **Аднексит** - воспаление яичников и маточных труб, вызванное бактериями, которые проявляются обильными выделениями, болью во время полового акта, нарушением менструального цикла и т.д. Аднексит может вызывать бесплодие. Лечение включает в себя прием антибиотиков и противовоспалительных препаратов по рекомендации врача.

## ПРОФИЛАКТИКА ЗАБОЛЕВАНИЙ МУЖСКОЙ РЕПРОДУКТИВНОЙ СИСТЕМЫ

*Профилактика заболеваний, передающихся половым путем.* Начало половой жизни должно совпадать с периодом физической и психической готовности к ней. Риск ЗППП выше среди подростков в возрасте до 25 лет, потому что они часто практикуют незащищенный секс, имеют многих случайных половых партнеров.

*Безопасный секс.* Предотвращение ЗППП проще и дешевле, чем лечение самой инфекции. У некоторых из этих заболеваний длительный латентный период, когда человек не испытывает никаких симптомов, хотя инфекция уже существует (ВИЧ может остаться незамеченным не менее 6 месяцев). Прежде чем вступить в половой контакт было бы хорошо знать сколько половых партнеров было у вашей пары и представляет ли она (он) потенциальную опасность, будучи больным или носителем ЗППП.

Будь ответственным!

✓ Избегай половых контактов, если у тебя есть симптомы ЗППП или лечишься от такого заболевания;

✓ Избегай половых контактов с носителями, инфицированными лицами, или с теми, у кого проявляются симптомы ЗППП;

✓ Избегай секса с несколькими партнерами в один и тот же период времени.

*Использование презервативов*, обязательно! Только в моногамной паре, когда партнеры достаточно хорошо знают друг друга, значение презерватива в борьбе с ЗППП снижается.

## БЕСПЛОДИЕ

«Естественная фертильность» является способностью пары зачать ребенка в течение двух лет регулярной половой жизни.

Бесплодие определяется как неспособность к зачатию после одного года регулярной половой жизни без использования контрацепции. Среди пар, которые не зачали ребенка в течение первого года, половина смогут зачать его естественным путем в течение второго года.

Шансы зачатия существенно возрастают, если партнеры молоды. Женская фертильность достигает максимальный уровень в 27 лет и снижается после 30 лет, когда уменьшается резерв яичников и увеличивается риск самопроизвольных аборт. Несмотря на то, что количество сперматозоидов уменьшается со временем, мужская фертильность существенно не зависит от возраста. Бесплодие обусловлено расстройствами женской и мужской репродуктивной системы. Частота бесплодия и самопроизвольных аборт увеличивается с возрастом.

- ✓ Бесплодие может быть вызвано образом жизни и может быть предотвращено, избегая:
- ✓ курения и потребления марихуаны, которые приводят к снижению числа сперматозоидов;
- ✓ контакта с токсическими веществами;
- ✓ злоупотребления алкоголем, который поражает гаметогенез;
- ✓ заболеваний, передающихся половым путем, которые поражают репродуктивную систему;

- ✓ гормональных нарушений.

Успех в лечении бесплодия оценивается нормальным зачатием и рождением здорового ребенка. Многочисленные причины бесплодия определяют и многочисленные методы лечения. Женское бесплодие лечится легче, чем мужское. В некоторых случаях лечение бесплодия проходит успешно, а в некоторых – желанная беременность так и не наступает.

## ТЕМАТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

### I. СИФИЛИС – САМОЕ РАСПРОСТРАНЕННОЕ ЗППП В РЕСПУБЛИКЕ МОЛДОВА

Сифилис является одним из наиболее часто встречаемых заболеваний передаваемых половым путем, которое вызвано спиралевидной бактерией (*бледная спирохета*). Это серьезное заболевание, особенно с точки зрения последствий, которые проявляются со временем во всем организме, в том числе в сердечно-сосудистой и нервной системе. Заражение сифилисом происходит половым путем, путем контакта с ранами больного, через поцелуи, через контакт с зараженными предметами (стакан, бритва, плохо стерилизованные медицинские инструменты).

Заболеваемость сифилисом в Республике Молдова на 100 000 жителей в 2011 году

Кишинэу	77,5	Чимишлия	67,0	Хынчешть	53,0	Шолдэнешть	39,1
Бэлць	80,8	Криулень	51,0	Яловень	99,2	Штефан Водэ	81,8
Анений Ной	66,2	Дондушень	13,0	Леова	43,0	Тараклия	40,6
Басарабьяска	13,7	Дрокия	38,0	Ниспорень	67,0	Теленешть	57,8
Бричень	15,9	Дубэсарь	16,0	Окница	11,0	Унгень	81,8
Кахул	65,0	Единец	54,0	Орхей	77,0	АТО Гагаузия	30,5
Кэлэрашь	36,0	Фэлешть	20,0	Резина	49,3		
Кэушень	76,0	Флорешть	31,0	Рышкань	51,2		
Кантемир	79,4	Глодень	32,0	Сынджерей	38,5		

1. Изучи данные таблицы и определи районы с самым высоким и самым низким распространением заболевания.
2. Объясни причины высокой заболеваемости сифилисом.
3. Предложи меры по предотвращению заражения сифилисом.

### II. РЕСПУБЛИКА МОЛДОВА – ЛИДЕР ПО БЕСПЛОДИЮ.

«Отсрочка периода зачатия является европейской тенденцией, которой следуют и наши женщины. Если по возрастному фактору зачатия ребенка мы приближаемся к Европе, то в отличие от них, на нас действуют экологические факторы, которые у нас в гораздо худшем состоянии. У нас нет продовольственной безопасности. Кроме того, у нас более высокий уровень вирусных инфекций и аборт. У них высокая культура контрацепции, а у нас люди не очень осведомлены в этой области», говорит Вячеслав Мошин.

«Мы знаем, что уровень бесплодия увеличивается, но как и на сколько мы не можем сказать, потому что в Молдове нет официальных данных и показателей по этому явлению. Но в соответствии с региональными и международными отчетами количество бесплодных пар составляет около 16%. В этом контексте, Молдова является страной с наиболее высоким уровнем бесплодия в Европе и постсоветском пространстве», отмечает автор исследования «Репродуктивное здоровье» Диана Кеяну-Андрей.

Ziarul de Gardă — <http://www.zdg.md/social/campioni-la-infertilitate>

1. Перечисли причины женского и мужского бесплодия.
2. Опиши влияние откладывания периода зачатия на женскую фертильность.
3. Может ли официальный мониторинг бесплодия в Республике Молдова уменьшить число бесплодных пар?

## РЕПРОДУКТИВНАЯ СИСТЕМА ЧЕЛОВЕКА

Обеспечивает выживание вида и развитие половых признаков путем:

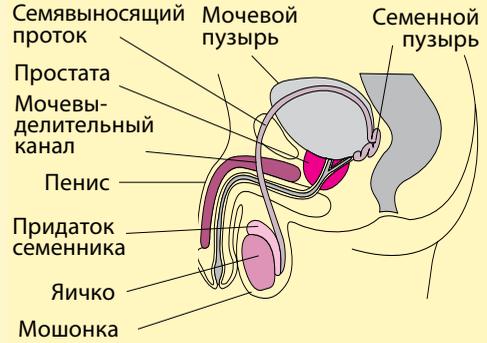
- ✓ Производства гамет;
- ✓ Оплодотворения и пренатального развития человека;
- ✓ Производства половых гормонов.

### Внешние:

- **Яички** – производят сперматозоиды и тестостерон
- **Пенис** – совокупительный орган.

### Внутренние:

- **Придаточные железы (семенные пузырьки, простата, Куперова железа)** – производят секреты, которые формируют сперму.
- **Семявыводящие пути** – семенные канальца, сеть яичка, афферентный проток, проток придатка семенника, эфферентный канал, семявыводящий проток и мочеиспускательный канал.



### Внешние

- **Большие и малые половые губы, клитор и девственная плева** – совокупительные органы.

### Внутренние

- **Яичники** – производят яйцеклетки и гормоны.
- **Маточные трубы** – переносят яйцеклетки или зиготы, если произошло оплодотворение; место оплодотворения, переносят сперматозоиды (после полового акта).
- **Матка** – место пренатального развития человека
- **Влагалище** – совокупительный орган и переноса сперматозоидов



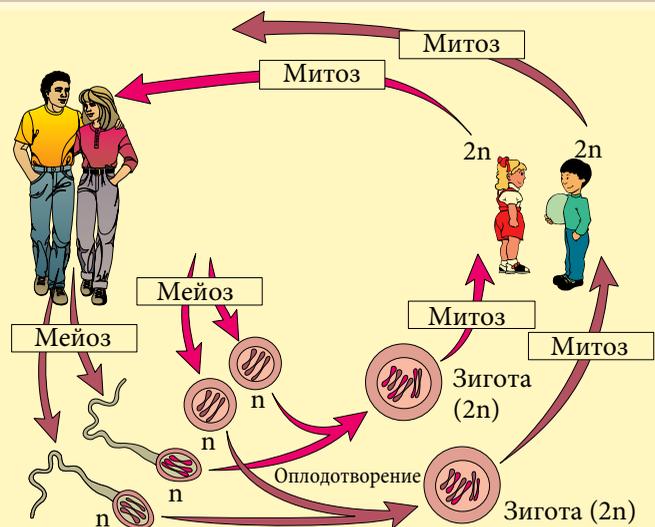
## ОНТОГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ ЧЕЛОВЕКА

### Пренатальный период

- Дозародышевый этап (7 дней)
- Зародышевый этап (2-8 недели)
- Плодный этап (2-9 месяцы)

### Постнатальное развитие

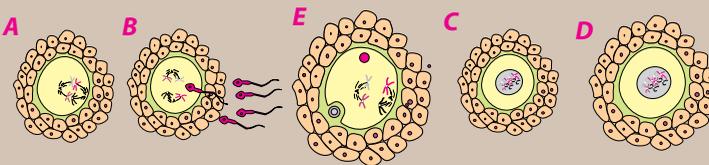
- Детство (0-14 лет);
- Подростковый возраст (14-19/21 лет);
- Молодость (21-35 лет);
- Зрелость (35-56 лет);
- Старость (56-70 лет);
- Долголетие (70 лет).



## ИТОГОВЫЙ ТЕСТ

1. Дай определение понятия контрацепция.

2. Назови этапы оплодотворения, представленные на схеме, и расставь буквы в соответствии с последовательностью их прохождения.



3. Опиши оогенез и сперматогенез.

4. Ядро половых клеток человека содержат 23 хромосома. Рассчитай:

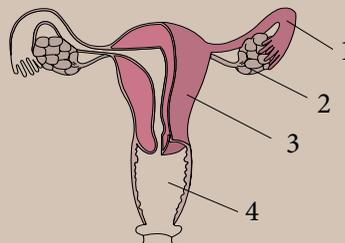
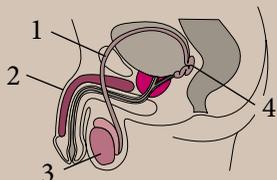
- Число хромосом в ядрах эпителиальных клеток.
- Число хромосом в ядрах клеток на этапе роста сперматогенеза.
- Число хромосом в четырех клетках, полученных на этапе роста оогенеза.

5. Выбери правильный вариант, описывающий путь сперматозоидов от места образования до матки.

1. Яички - семенные пузыри - семявыносящий проток - простата - мочеиспускательный канал.
2. Яички - семявыносящий проток - семенные пузыри - простата - мочеиспускательный канал.
3. Яички - семявыносящий проток - простата - семенные пузыри - мочеиспускательный канал.
4. Яички - семенные пузыри - семявыносящий проток - мочеиспускательный канал - простата.

6. Расставь цифры в порядке, описывающем последовательность прохождения яйцеклетки от места образования до матки.

1. Матка. 2. Яичник. 3. Маточные трубы. 4. Брюшная полость



7. Составь легенду схем репродуктивной мужской и женской системы.

8. Объясни, как можно оценить состояние половых желез (функционально активные или пассивные) у детей в возрасте от 10 до 15 лет только по их внешнему виду.

9. Прочти внимательно предложение:

*«В городе Муш, в Турции, есть обычай, давать на руки невесте, которая переступает первый раз порог дома жениха, мальчика, в надежде, что первым в семье родится мальчик».*

Можно ли верить в эту примету?

Составь эссе, которое бы содержало научное объяснение процесса формирования пола будущего ребенка.

**Format 84 x 108<sup>1/16</sup>.**  
**Coli de tipar 10. Editura EDITERRA PRIM**  
**mun. Chişinău, bd. Ştefan cel Mare, 64**  
**e-mail: editerraprim@yahoo.com**