



Рос

ЛИНИЯ
ЖИЗНИ

БИОЛОГИЯ



9

Часть 2

УГЛУБЛЁННЫЙ
УРОВЕНЬ

БИОЛОГИЯ



класс



УГЛУБЛЁННЫЙ УРОВЕНЬ

Учебник

В двух частях

Часть 2

Под редакцией

С. В. Суматохина

Допущено

Министерством просвещения
Российской Федерации

Москва

«Просвещение»


2024



Дорогие друзья!

Жизнь во всех её проявлениях является предметом изучения различных отраслей биологической науки. Мир живых организмов удивителен и многообразен. Вашим путеводителем в этом мире по-прежнему остаётся учебник. Этот учебник часть комплекта, который называется «Линия жизни».

Текст учебника разделён на главы и параграфы. Нужный раздел учебника вы найдёте по **ОГЛАВЛЕНИЮ**. Приступая к изучению новой главы, прочитайте информацию о том, что вы узнаете и чему научитесь.

Перед каждым параграфом расположена рубрика **ЭТО Я ЗНАЮ**, в которой помещены тезисы, помогающие вспомнить изученный ранее материал, чтобы лучше понять и усвоить новый. Также в начале каждого параграфа под знаком  сформулированы проблемные вопросы, ответы на которые можно найти в этом параграфе. Рекомендуем возвращаться к таким вопросам в конце работы над темой для проверки того, всё ли вы усвоили.

Структура каждого параграфа состоит из вопросов и ответов на них. Содержание параграфа кратко изложено в рубрике **ВЫВОДЫ**. В конце параграфов расположены различные вопросы и задания, а также **ТЕМЫ ДЛЯ ДИСКУССИЙ**, которые помогут закрепить изученный материал. Новые понятия, которые нужно запомнить и уметь объяснять, расположены в конце параграфа в рубрике **КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА**. Эти термины вы можете использовать для создания поискового запроса в Интернете.

Необходимым условием успешного овладения знаниями является выполнение лабораторных и практических работ, в учебнике они расположены в рубрике **ПРАКТИКУМ**.

Полезные рекомендации и правила личной безопасности и гигиены содержатся в рубрике **ЗДОРОВЫЙ ОБРАЗ ЖИЗНИ**.

Каждая глава заканчивается проверочным **КЕЙСОМ**, который поможет закрепить изученный материал и применить полученные знания и умения для решения жизненных ситуаций.

В конце учебника помещён **предметный указатель**.



ПОЛЕЗНЫЕ СОВЕТЫ

1. Учебник станет вашим помощником на пути освоения новых знаний и умений лишь в том случае, если вы будете правильно с ним работать. Поэтому вам следует внимательно изучить структуру как всего учебника, так и отдельных параграфов и рубрик. Помните, что означают используемые в нём условные обозначения. В этом вам поможет вступительная статья на с. 3.

2. Приступая к учебной работе, подумайте о том, какое значение она имеет для вас лично, какими могут быть её мотивы. Возможно, это не только стремление повысить общий уровень своей образованности или хорошо сдать итоговый экзамен, но и желание овладеть основами вашей будущей профессии.

3. Учитесь овладевать знаниями самостоятельно, планировать свою работу по шагам. Для этого научитесь ставить перед собой конкретные цели и задачи. Всегда, перед тем как приступить к выполнению задания, продумывайте, какие результаты могут быть получены вами по итогам проделанной работы. Корректируйте свою дальнейшую учебную деятельность в зависимости от итогов сравнения реально полученных результатов работы с планируемыми (ожидаемыми).

4. При чтении параграфа всегда обращайтесь внимание на ключевые понятия (термины), выделенные в тексте. Подумайте, как можно связать содержание параграфа с ранее изученным учебным материалом (не только в пределах курса биологии, но и по другим предметам), а также с вашим личным жизненным опытом и с возможностью применения полученных знаний в повседневной жизни.

5. В целях лучшего усвоения учебного материала старайтесь составлять собственный конспект параграфа (на бумаге или в виде текстового файла) — это может быть краткий текст или графическая схема. В конспекте всегда должна быть главная идея параграфа. Следует также упомянуть новые термины и проследить их связь с ранее изученными понятиями, а также изложить ваши собственные мысли и выводы.

6. В процессе самостоятельной работы, например при подготовке домашнего задания, подумайте над тем, какие ещё материалы, кроме учебника, вам могут понадобиться. Ищите дополнительный материал, пользуясь школьной библиотекой или проверенными электронными ресурсами в Интернете. Его вы сможете использовать в дальнейшем при выполнении различных работ творческого характера (докладов, рефератов, презентаций и научно-исследовательских проектов).

Помните, что полученный вами опыт творческой работы на примере биологического содержания может вам пригодиться в будущей профессиональной деятельности, поскольку развиваемые вами умения носят достаточно универсальный характер. Перечислим некоторые из них: умение планировать и оценивать свою работу; умение пользоваться информацией, представленной в разном виде (текст, таблицы, графики, диаграммы, схемы, карты и т. д.); умение анализировать, систематизировать и структурировать информацию (сравнивать, классифицировать, выявлять причинно-следственные связи (объяснять), выделять существенные признаки и т. д.); умение представлять информацию в разных формах, в том числе с помощью компьютерных технологий.

Глава 1

КРОВЕНОСНАЯ СИСТЕМА



ВЫ УЗНАЕТЕ

- о строении сердца и кровеносных сосудов, движении крови по кругам кровообращения;
- что такое артериальное давление и пульс;
- о сердечно-сосудистых заболеваниях, их причинах и мерах профилактики;
- о составе внутренней среды организма, её значении;
- о составе и функциях крови, группах крови.

ВЫ НАУЧИТЕСЬ

- распознавать органы кровообращения, описывать их;
- объяснять нейрогуморальную регуляцию работы сердца;
- измерять артериальное давление, подсчитывать пульс и объяснять результаты исследований;
- обосновывать необходимость соблюдения мер профилактики сердечно-сосудистых заболеваний;
- устанавливать взаимосвязи между компонентами крови и их функциями;
- объяснять принципы переливания крови, механизмы свёртывания крови.



§ 1. СТРОЕНИЕ СЕРДЦА

ЭТО Я ЗНАЮ

Строение сердца млекопитающих животных.
Значение кровеносной системы.



В чём проявляется взаимосвязь строения и функций сердца?

? ИЗ ЧЕГО СОСТОИТ КРОВЕНОСНАЯ СИСТЕМА?

Кровеносная система состоит из сердца и кровеносных сосудов. В организме человека она обеспечивает направленное движение крови, необходимое для снабжения органов и тканей кислородом и питательными веществами, а также для удаления из них углекислого газа и других продуктов метаболизма. Центральным органом кровеносной системы является **сердце**.

Сердце — полый фиброзно-мышечный орган, имеющий конусообразную форму и обеспечивающий движение крови по сосудам.

Сердце является мышечным насосом, который нагнетает кровь в сосуды и создаёт в них давление, необходимое для движения крови (рис. 1). Оно ежесуточно перекачивает по кровеносным сосудам 7–8 тыс. литров крови. Нагнетательная функция обеспечивается сокращениями мышцы сердца — **миокарда**, чередованием сокращений предсердий и желудочков и надёжной работой клапанов сердца.

Размеры сердца здорового человека коррелируют с величиной его тела, а также зависят от интенсивности физической нагрузки и обмена веществ. Средняя масса сердца составляет около 300 г у мужчин и около 250 г у женщин.

? ГДЕ РАСПОЛОЖЕНО СЕРДЦЕ?

Сердце расположено в грудной полости за грудиной, при этом несколько смещено влево. Сердце имеет приближённую к конусообразной форму, верхняя, расширенная, часть называется основанием, а нижняя, суженная, — верхушкой.

Различают переднюю, нижнюю и лёгочные поверхности сердца. Передняя поверхность сердца обращена к груди. Нижняя поверхность сердца лежит на диафрагме. Лёгочные поверхности граничат с правым и левым лёгкими.

? ИЗ КАКИХ СЛОЁВ ОБРАЗОВАНА СТЕНКА СЕРДЦА?

Стенка сердца состоит из трёх слоёв: эндокарда, миокарда и эпикарда. **Эндокард** покрывает всю внутреннюю поверхность сердца и является разновидностью эпителия. Клетки эндотелия в один слой лежат на базальной мембране (пластине) из соединительной ткани. Эндокард обеспечивает взаимодействие стенки сердца с заполняющей его кровью. Створки клапанов сердца также покрыты слоем эндотелия.

Миокард является средним и наиболее развитым слоем стенки сердца. Он образован мышечными волокнами особого типа, состоящими из одноядерных клеток — *кардиомиоцитов*. Они выполняют сократительную функцию, обеспечивая ритмические изменения объёма сердца. Граница между соседними кардиомиоцитами под микроскопом имеет вид тёмной полосы и называется *вставочным дис-*

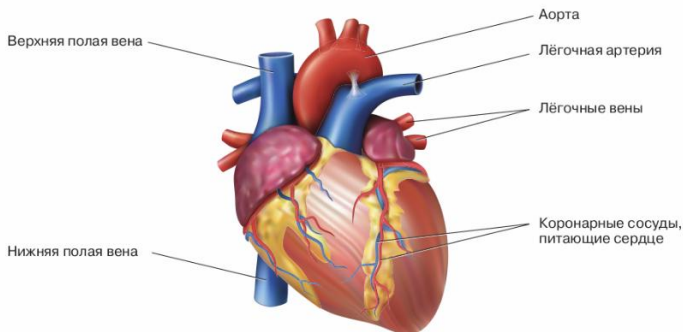


Рис. 1. Внешнее строение сердца

ком. Вставочные диски имеют большое значение в передаче возбуждения с одного кардиомиоцита на другой. Кардиомиоциты имеют боковые выросты. С их помощью соседние волокна взаимодействуют друг с другом. В результате весь миокард представляет собой единую взаимосвязанную клеточную сеть.

Снаружи мышечные волокна окружены рыхлой соединительной тканью, в которой содержится большое количество кровеносных и лимфатических капилляров. Каждый миоцит получает питание из одного-двух капилляров.

Наружный слой стенки сердца называется **эпикардом**. Он образован тонким слоем соединительной ткани. Эпикард плотно сращён с миокардом, выполняет защитную и каркасную функции.

Сердце со всех сторон окружает оболочка из плотной соединительной ткани — **перикард**. Между перикардом и наружным слоем стенки сердца находится узкая щелеобразная полость с небольшим количеством жидкости. Она облегчает скольжение поверхности сердца при его сокращениях.

? ИЗ КАКИХ КАМЕР СОСТОИТ СЕРДЦЕ ЧЕЛОВЕКА?

Сердце человека четырёхкамерное. Продольной перегородкой оно разделено на левую и правую половины (рис. 2). Левая половина сердца заполнена артериальной кровью. Правая половина содержит венозную кровь. Поэтому потоки артериальной и венозной крови в сердце человека не смешиваются. Каждая половина сердца состоит из двух камер. Верхние камеры называют **предсердиями**, нижние — **желудочками**. Миокард предсердий от миокарда желудочков полностью отделяют *фиброзные кольца*. Они окружают правое и левое предсердно-желудочковые отверстия и составляют опору клапанов.

Основная функция предсердий — резервуарная, так как они имеют хорошо растяжимые стенки и в период сокращений желудочков принимают кровь, притекающую из вен.

Основная функция желудочков — насосная, так как они непосредственно осуществляют выброс порций крови под давлением в сосудистую систему.

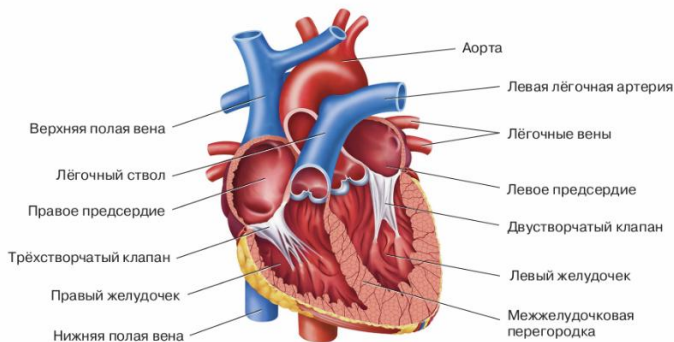


Рис. 2. Камеры сердца и отходящие от него сосуды

Стенки полостей сердца значительно различаются по толщине. Предсердия имеют стенки толщиной 2—3 мм. Стенки желудочков значительно толще. У левого желудочка толщина стенок составляет 9—11 мм. Этот желудочек выталкивает кровь в артерии большого круга кровообращения. У правого желудочка толщина стенок равна 4—6 мм. Из этого желудочка кровь поступает в сосуды лёгкого, то есть в малый круг кровообращения.

На наружной поверхности сердца видны поперечная венечная борозда и две продольные межжелудочковые борозды. В этих бороздах лежат венечные артерии и вены сердца.

Каковы особенности строения правой половины сердца?

В правое предсердие сверху впадает верхняя полая вена. Она отводит кровь от головы, шеи, верхних конечностей и грудных стенок. Снизу в это предсердие открывается нижняя полая вена, отводящая кровь от органов и стенок грудной и брюшной полостей, таза и нижних конечностей. В правое предсердие также впадает венечный синус сердца. Через него приносит в правое предсердие оттекающая от сердца венозная кровь. Правое предсердие сообщается с правым желудочком через предсердно-желудочковое отверстие.

Внутренняя поверхность правого желудочка неровная. На ней выступают три конусообразные сосочковые мышцы. Вверху правый желудочек имеет два отверстия. Это правое предсердно-желудочковое отверстие и отверстие лёгочного ствола.

Клапаны сердца — створчатые между предсердиями и желудочками и полулунные между желудочками и отходящими от них магистральными артериями. Клапаны сердца делают невозможным обратное движение крови из желудочков в предсердия, из артерий в сердце. Поэтому основной функцией клапанов является обеспечение однонаправленного потока крови через сердце.

Правое предсердно-желудочковое отверстие имеет трёхстворчатый клапан. Этот клапан пропускает кровь из правого предсердия в правый желудочек и пере-

крякает путь обратному току крови из желудочка в предсердие. Створки клапанов имеют треугольную форму. Одной стороной треугольника они срослись со стенкой предсердно-желудочкового отверстия. Вершина опущена в полость желудочка. С помощью сухожильных нитей вершины створок крепятся к сосочковым мышцам.

Отверстие лёгочного ствола имеет клапан, состоящий из трёх полулунных заслонок. Этот клапан пропускает кровь из желудочка в сторону лёгких и не пропускает кровь обратно в желудочек.

КАКОВЫ ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ ЛЕВОЙ ПОЛОВИНЫ СЕРДЦА?

Левое предсердие сверху имеет четыре отверстия. Через них по четырём лёгочным венам в левое предсердие поступает кровь. Полость левого предсердия сообщается с левым желудочком через левое предсердно-желудочное отверстие. Через него кровь из предсердия свободно поступает в левый желудочек. Её обратному току препятствует двустворчатый клапан.

Левый желудочек несёт очень большую функциональную нагрузку. В верхней части левого желудочка находится отверстие аорты. В нём есть клапан аорты, состоящий из трёх полулунных заслонок. Клапан аорты пропускает кровь только из желудочка в аорту и препятствует обратному току крови.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Сердце. Эндокард. Миокард. Эпикард. Перикард. Желудочки. Предсердия. Клапаны сердца.

ВЫВОДЫ

- Сердце — главный орган кровеносной системы, обеспечивающий направленное движение крови по организму.
- Стенка сердца состоит из трёх слоёв: эндокарда, миокарда и эпикарда. Сократительную функцию выполняет миокард.
- Сердце человека четырёхкамерное. Основная функция предсердий — резервуарная, желудочки осуществляют выброс порций крови под давлением в кровеносные сосуды.
- Однонаправленный поток крови в сердце и из него обеспечивают створчатые и полулунные клапаны.

ПРАКТИКУМ

ПРОСМОТР ГИСТОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ СЕРДЕЧНОЙ МЫШЦЫ

Цель: изучение особенностей строения сердечной мышцы на гистологическом препарате.

Материалы и оборудование: микропрепарат сердечной мышцы, микроскоп.

Ход работы

1. Рассмотрите микропрепарат сердечной мышцы при малом увеличении микроскопа.
2. Переведите микроскоп на большое увеличение. Где в мышечных волокнах сердца находятся ядра — в середине волокон или по их краям? Сколько ядер содержится в среднем в каждом волокне? Как соединяются между собой мышечные волокна сердца?



3. Сравните сердечную и скелетную мышечные ткани, выделите черты сходства и различия.
4. Зарисуйте клетки сердечной мышечной ткани при большом увеличении.
5. Сформулируйте и запишите выводы в тетради.

ДЛЯ ЛЮБОЗНАТЕЛЬНЫХ

Сердце массой 300 г потребляет 24—30 мл кислорода в минуту. Это примерно 10% от общего потребления кислорода у взрослого человека в покое, хотя вес сердца составляет всего 0,5% от веса тела. При интенсивной нагрузке потребление кислорода миокардом может возрастать в 4 раза по сравнению с покоем.

ВОПРОСЫ

1. Какие органы составляют кровеносную систему человека?
2. Где лежит и какую роль играет сердце в организме человека?
3. Какие слои выделяют в стенке сердца?
4. Чем образован миокард? Какова его роль?
5. Какие клапаны есть в сердце? Какова их роль?
6. По каким сосудам кровь поступает в сердце?

ЗАДАНИЯ

7. Назовите слои сердечной стенки и их функциональное значение.
8. Назовите камеры сердца, расскажите об их расположении друг относительно друга.
9. Определите функциональное значение каждой из камер сердца.
10. Стенка левого желудочка мощнее, чем стенка правого желудочка, миокард предсердий тоньше, чем миокард желудочков. Дайте объяснение данному факту.

ОБЪЯСНИТЕ

11. Почему потоки артериальной и венозной крови в сердце человека не смешиваются?
12. Почему невозможно движение крови из желудочков в предсердия?
13. Почему невозможен обратный ток крови из аорты в левый желудочек?

ТЕМЫ ДЛЯ ДИСКУССИЙ

14. Как последовательно изменялась кровеносная система позвоночных животных?
15. В чём уникальность кардиомиоцитов?

§ 2. РАБОТА СЕРДЦА

ЭТО Я ЗНАЮ

Строение сердца.
Клапаны сердца, их роль.



Почему сердце способно работать непрерывно в течение всей жизни?



ИЗ КАКИХ ФАЗ СОСТОИТ ЦИКЛ РАБОТЫ СЕРДЦА?

Работа сердца проявляется последовательными ритмическими сокращениями предсердий и желудочков, чередующимися с их расслаблениями. Сокращения камер сердца называют *систолой* (от греч. *систоле* — сокращение), а расслабление называют *диастолой* (от греч. *диастоле* — растяжение).

Сердечный цикл — период, охватывающий одно сокращение и одно расслабление сердца.

Сердечный цикл имеет три фазы: систолу предсердий, систолу желудочков и общую диастолу (рис. 3). Общая продолжительность сердечного цикла у человека равна примерно 0,8 с. У здорового человека в состоянии покоя сердце сокращается в среднем 60—80 раз в одну минуту. *Тахикардия* — увеличение частоты сердечных сокращений от 90 ударов в минуту.

Началом каждого сердечного цикла считается систола предсердий, которая длится 0,1 с. В этот момент желудочки расслаблены, створчатые клапаны открыты, а полулунные клапаны закрыты. В этот момент давление внутри предсердных полостей становится больше, чем в расслабленных желудочках. Поэтому при сокращении предсердий кровь из них поступает в желудочки.

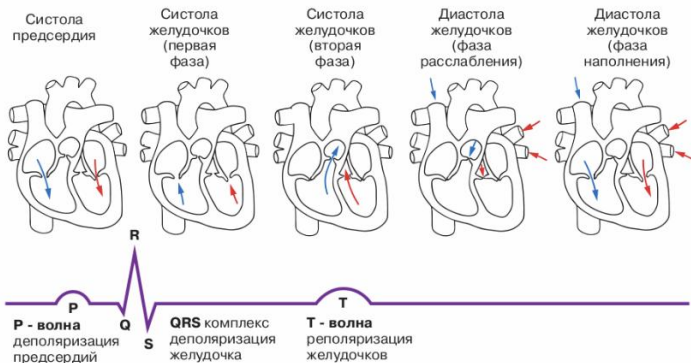


Рис. 3. Фазы сердечного цикла



? КАКОВЫ ОСОБЕННОСТИ СОКРАЩЕНИЯ ЖЕЛУДОЧКОВ?

По окончании систолы предсердий начинается систола желудочков, которая длится около 0,33 с. Сокращение желудочков приводит к повышению давления и вызывает закрытие створчатых клапанов. С этого момента камеры желудочков оказываются полностью изолированными, и находящаяся в них кровь на некоторое время оказывается в замкнутом пространстве. Как только давление в желудочках превысит давление в аорте и лёгочной артерии, полулунные клапаны открываются и происходит изгнание крови из желудочков сердца. Объём крови, изгоняемый желудочком за одно сокращение, называют систолическим или *ударным объёмом крови*. У взрослого человека он в среднем составляет 60—70 мл. Величина ударного объёма крови обычно выше у тренированных людей, сердце которых в покое сокращается реже, но за одно сокращение выбрасывает больше крови. За одну минуту сердце находящегося в покое взрослого человека прокачивает 4,5—5 л крови. При физической нагрузке количество крови, перекачиваемой сердцем взрослого здорового человека, увеличивается до 15—20 л. Сразу после начала систолы желудочков начинается расслабление стенок предсердий — диастола предсердий.

Сокращение желудочков сменяется их расслаблением — диастолой желудочков. Под действием высокого давления, создавшегося в аорте и лёгочном стволе, полулунные клапаны этих сосудов закрываются, препятствуя возвращению крови в желудочки. Расслабление желудочков происходит одновременно с незавершившимся расслаблением предсердий. Эта фаза называется общей диастолой.

После этого наступает период покоя камер сердца — общая пауза. Она длится около 0,4 с. Такого интервала между сокращениями достаточно для полного восстановления работоспособности сердца.

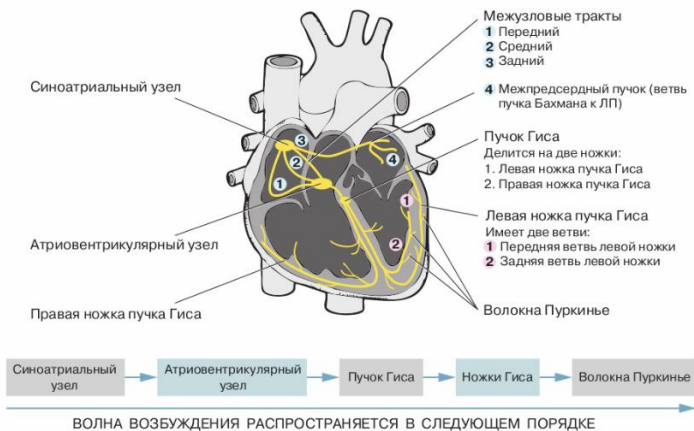
После общей паузы начинается новый сердечный цикл. Чередование фаз сердечной деятельности имеет большое значение для обеспечения безостановочной работы сердца на протяжении всей жизни организма.

? КАКОВЫ ОСОБЕННОСТИ ПРОВОДЯЩЕЙ СИСТЕМЫ СЕРДЦА?

Способность к ритмическому сокращению миокарда под влиянием импульсов, возникающих в самом сердце, называется **автоматией сердца**. Она обеспечивается *атипичными кардиомиоцитами* сердца. Атипичные кардиомиоциты сердца формируют узлы автоматии и **проводящую систему сердца** (рис. 4).

Проводящая система состоит из узлов автоматии с отходящими от них пучками. В правом предсердии расположен *синусно-предсердный узел*. В нём возникает возбуждение, вызывающее ритмические сокращения сердца. Из синусно-предсердного узла возбуждение распространяется в миокард предсердий и в *предсердно-желудочковый узел*.

От предсердно-желудочкового узла берёт начало толстый пучок проводящих волокон — пучок Гиса. Он проходит по межпучковой перегородке к миокарду желудочков. В перегородке он делится на две части — ножки пучка, идущие к миокарду правого и левого желудочков. В миокарде ножки пучка делятся на многочисленные одиночные ветви — волокна Пуркинье. Волокна проводящей системы тоже сокращаются, но слабее, чем остальные волокна. Их основной функцией является проведение возбуждения. Благодаря чёткой последовательности распространения электрического возбуждения по миокарду осуществляется последовательное сокращение сначала предсердий, а потом желудочков сердца.


Рис. 4. Проводящая система сердца

? КАКИЕ ЗВУКИ ВОЗНИКАЮТ ПРИ РАБОТЕ СЕРДЦА?

Возникающие во время работы сердца звуки называются *тонами сердца*. Их можно прослушать, приложив ухо к передней грудной стенке. Выделяют систолический и диастолический тоны. Систолический тон более низкий, продолжительный. Он появляется в начале систолы желудочков и связан с сокращением мускулатуры стенок желудочков, вибрацией натянутых сухожильных нитей и колебанием створок предсердно-желудочковых клапанов в момент их закрытия. Диастолический тон короткий и высокий. Он появляется в начале диастолы, когда закрываются заслонки клапанов аорты и лёгочного ствола.

В медицинской практике широко используется *фонокардиография* — метод регистрации тонов, позволяющий выявлять пороки клапанов сердца. При дефекте створок клапанов к тонам добавляются дополнительные звуки — *сердечные шумы*.

? ОТ ЧЕГО ЗАВИСИТ КРОВЯНОЕ ДАВЛЕНИЕ?

При сокращении сердце выталкивает кровь в аорту и лёгочный ствол, растягивая их и создавая давление в сосудистой системе. Кровь течёт из области более высокого давления в область меньшего давления. **Кровяным** (или **артериальным**) называют **давление**, которое кровь оказывает на стенки кровеносных сосудов. В венах тоже есть давление, но оно очень низкое и несопоставимо с артериальным давлением.

Артериальное давление — это давление, развиваемое кровью в артериальных сосудах организма, которое поддерживается на определённом уровне насосной работой сердца.



Кровяное давление определяется объёмом крови, перекачиваемым сердцем в единицу времени, и сопротивлением току крови кровеносных сосудов (рис. 5). Чем тоньше сосуд, тем большее сопротивление встречает кровь на своём пути по нему.

Из-за ритмичной работы сердца давление крови в артериях колеблется. При систоле желудочков и выбросе крови в аорту давление в артериях повышается, а при диастоле понижается. Наибольшее давление при систоле желудочков называют систолическим давлением, а самое низкое давление при диастоле — диастолическим давлением.

У взрослых здоровых людей оптимальное систолическое давление равно 110—120 мм рт. ст., а диастолическое давление — 70—80 мм рт. ст. У детей из-за большой эластичности стенок артерий кровяное давление ниже, чем у взрослых людей. При уменьшении эластичности стенок сосудов в пожилом и старческом возрасте кровяное давление повышается. Разность между максимальным и минимальным давлением называют *пульсовым давлением*. Его величина в норме составляет 40—50 мм рт. ст.

У здорового человека величина кровяного давления поддерживается на постоянном уровне. Кровяное давление, возросшее вследствие физической нагрузки, нервного напряжения, вскоре возвращается к норме.

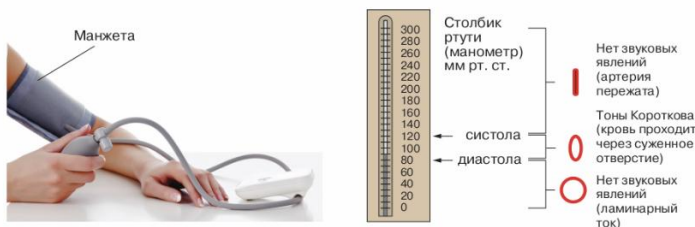


Рис. 5. Измерение артериального давления

? ЧТО ТАКОЕ ПУЛЬС?

Пульсом называют ритмичные колебания стенок артерий при прохождении по ним крови. Эти колебания возникают благодаря сокращениям сердца. В норме частота сердечных сокращений составляет 60—80 в минуту. При систоле левого желудочка кровь с силой выбрасывается в аорту и растягивает её стенки, обладающие эластичностью и упругостью. При диастоле стенки аорты возвращаются в исходное положение. Эти растяжения и сокращения стенок аорты передаются по стенкам артерий и вызывают их ритмичные колебания.

Пульсометрия — определение частоты сердечного ритма, необходимое для оценки степени функционального напряжения организма.

Во время работы оптимальная частота пульса может колебаться в пределах 75—95 ударов в минуту. Чаще всего пульс определяют на лучевой артерии в нижних отделах предплечья, у основания большого пальца или на тыльной артерии стопы на уровне голеностопного сустава (рис. 6). Пульс даёт представление о скорости, силе и ритме сердечных сокращений, о состоянии артерий.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПУЛЬСА НА ЛУЧЕВОЙ АРТЕРИИ

Последовательность действий:

1. Придать пациенту удобное положение – сидя или лёжа.
2. Охватить кисть пациента пальцами своей руки у основания большого пальца пациента.
3. 2, 3 и 4-м пальцами нащупать и прижать лучевую артерию.
4. Посчитать пульс в течение 30 секунд, умножив результат на 2 (если пульс ритмичный); посчитать пульс в течение одной минуты (если пульс не ритмичный).
5. Дать характеристику пульса по следующим критериям: ритм, частота, наполнение, напряжение, симметричность.



Рис. 6. Определение пульса на лучевой артерии

В ЧЁМ ПРОЯВЛЯЕТСЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ СЕРДЦА?

Метод регистрации электрической активности сердца с поверхности тела называют **электрокардиографией**. Распространение возбуждения по сердечной мышце можно зарегистрировать с помощью электрокардиографа. Этот прибор позволяет определять изменения сердечного ритма, нарушение проведения возбуждения, место и характер повреждения сердечной мышцы.

Прохождение импульса по проводящей системе сердца графически записывается по вертикали в виде пиков — подъёмов и спадов кривой линии, называемой **электрокардиограммой**. Эти пики принято называть зубцами электрокардиограммы и обозначать латинскими буквами P, Q, R, S, T.

Помимо регистрации зубцов, на электрокардиограмме по горизонтали записывается время. Отрезок на электрокардиограмме, измеренный по своей продолжительности во времени в секундах, называют *интервалом*.

Зубец P соответствует возбуждению правого и левого предсердий. Интервал P—Q (R) отражает продолжительность проведения возбуждения по предсердиям до желудочков. Комплекс QRST (желудочковый комплекс) соответствует возбуждению желудочков и состоит из комплекса QRS (распространение возбуждения, или деполяризация желудочков) и конечной части (сегмент RS—T и зубец T — угасание возбуждения, или реполяризация).

Сегмент T—P от конца зубца T до начала зубца P соответствует электрической диастоле сердца.

Метод электрокардиографии позволяет получить представление о последовательности распространения возбуждения по сердцу и помогает в диагностике нарушений работы сердца.

КАК ОСУЩЕСТВЛЯЕТСЯ НЕРВНАЯ РЕГУЛЯЦИЯ РАБОТЫ СЕРДЦА?

Работа сердца, тонус стенок кровеносных сосудов и поддержание постоянства кровяного давления регулируются вегетативной нервной системой, неподконтрольной сознанию человека (рис. 7). В стенках аорты, сонных и других артерий, крупных вен имеются чувствительные нервные окончания — *барорецепторы* и *хеморецепторы*. Барорецепторы воспринимают давление. Хеморецепторы определяют изменения состава крови.

Кровеносные сосуды в здоровом организме находятся в немного напряжённом состоянии, которое называют *сосудистым тонусом*. Нервные импульсы о состоянии сосудов и об их тонусе по чувствительным волокнам сердечных нервов поступают в сосудодвигательный центр, расположенный в продолговатом мозге. Сосудо-



двигательные центры также имеются в сером веществе спинного мозга. Все эти центры контролируются из соответствующих отделов гипоталамуса.

При понижении давления крови в сосудах импульсы из сосудодвигательных центров усиливают сокращения сердца, повышают тонус сосудистых стенок, сосуды сужаются и давление выравнивается. При повышении кровяного давления сила и частота сердечных сокращений уменьшаются, тонус сосудов также уменьшается, сосуды расширяются и давление нормализуется. Благодаря рефлекторным механизмам осуществляется саморегуляция сосудистого тонуса и уровня давления крови в сосудах.

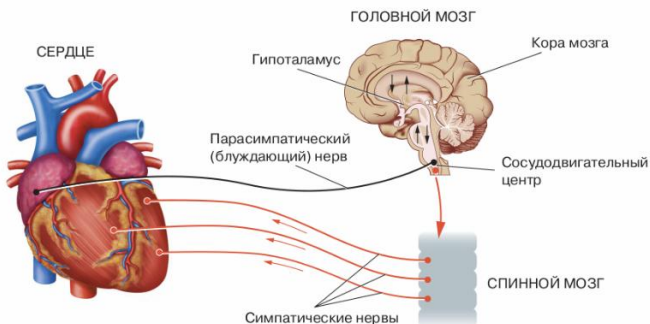


Рис. 7. Нервная регуляция работы сердца

? КАКОВЫ ОСОБЕННОСТИ ГУМОРАЛЬНОЙ РЕГУЛЯЦИИ РАБОТЫ СЕРДЦА?

Регуляция сосудистого тонуса и давления крови в сосудах осуществляется и с помощью гуморальных механизмов. Изменения химического состава крови влияют на возбудимость и проводимость нервных импульсов в сердце, на силу и частоту сердечных сокращений.

При эмоциональном возбуждении в кровь выделяются гормоны надпочечников адреналин и норадреналин, которые усиливают работу сердца и суживают сосуды. Сосудорасширяющее действие оказывают ацетилхолин, гистамин и другие биологически активные вещества.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Сердечный цикл. Автоматия сердца. Проводящая система сердца. Сердечный цикл. Артериальное давление. Пульс. Электрокардиограмма. Нервная и гуморальная регуляция работы сердца.

ВЫВОДЫ

- Ритмические повторяющиеся сердечные циклы создают непрерывную работу сердца. Сердечный цикл имеет три фазы: систолу (сокращение) предсердий, систолу желудочков и общую диастолу.
- Силой сокращения желудочков сердца создаётся давление крови на стенки сосудов. По мере движения крови по сосудам давление крови постепенно падает, что является основной причиной движения крови по сосудам.

- Работа сердца, состояние кровеносных сосудов, кровяное давление регулируются вегетативной нервной системой и с помощью гуморальных механизмов. Миокард способен к ритмическому сокращению под влиянием импульсов, возникающих в сердце.

ПРАКТИКУМ**ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИЯ**

Цель: провести регистрацию электрической активности сердца с помощью электрокардиографии, анализ электрокардиограммы, изменений в электрокардиограмме в зависимости от фаз дыхания.

Материалы и оборудование: электрокардиограф; регистрация электрокардиограммы проводится медицинским работником.

Ход работы

1. Медицинский работник школы проводит регистрацию электрокардиограммы. Для этого испытуемый ложится на кушетку. Кожа в местах наложения электродов протирается спиртом. Рабочие поверхности электродов смазываются специальной пастой. Это снижает величину переходного сопротивления между кожей и электродами, что улучшает условия регистрации.
2. Используя резиновые бинты, медицинский работник закрепляет электроды на конечностях. Штекеры камеры отведения присоединяются к электродам: красный — к правой руке, жёлтый — к левой руке, зелёный — к левой ноге, чёрный — к правой ноге.
3. Медицинский работник включает электрокардиограф и, пользуясь переключателями отведений, производит запись электрокардиограммы в 1, 2 и 3-м отведениях. Прибор выключается.
4. Проведите анализ электрокардиограммы, который включает анализ ритма и подсчёт частоты сердечных сокращений, измерение амплитуды зубцов P, R, T; определение продолжительности интервала P—Q и систолы желудочков (Q—T). Объясняются изменения в электрокардиограмме в зависимости от фаз дыхания.
5. Запишите в тетради выводы об изменениях в электрокардиограмме в зависимости от фаз дыхания.

ПРАКТИКУМ**ИЗМЕРЕНИЕ ПУЛЬСА И АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ СПОСОБОМ КОРОТКОВА**

Цель: провести измерение пульса и артериального давления способом Короткова.

Материалы и оборудование: тонометр; работа проводится методом самонаблюдения.

Ход работы

1. Захватите кисть в области лучезапястного сустава таким образом, чтобы указательный, средний и безымянный пальцы располагались с ладонной стороны, а большой палец — с тыльной стороны кисти, как показано на рисунке 6.
2. Прощупайте пульсовые колебания, соответствующие каждому сокращению сердца. Во время сокращения левого желудочка колебания стенок аорты распространяются в виде волны.
3. Сделайте четыре измерения — каждое в течение 10 секунд (см. с. 15). Вычислите средний показатель: сложите результаты измерений и разделите сумму на четыре.



4. Измерьте величину артериального давления с помощью тонометра. Для этого на плечо испытуемого наденьте полую резиновую камеру-манжету, которая соединена с устройством для нагнетания воздуха и манометром.
5. Зафиксируйте манжету прибора на плече испытуемого так, чтобы под ней свободно проходили два пальца, как показано на рисунке 5.
6. Накачивайте воздух в манжету до тех пор, пока ниже манжеты не исчезнет пульс.
7. При выпускании воздуха зафиксируйте момент появления пульса. Так вы установите систолическое артериальное давление.
8. Момент исчезновения шумов будет соответствовать уровню диастолического давления.
9. Запишите в тетради выводы об измерениях пульса и артериального давления.

ДЛЯ ЛЮБОЗНАТЕЛЬНЫХ

- 1 В таблице 1 приведены наиболее распространённые ошибки при измерении артериального давления.

Таблица 1

Ошибки при измерении артериального давления

Причины	Ошибки	Рекомендации
Рука находится ниже уровня сердца	Результат измерения завышается	Измените положение так, чтобы середина плеча находилась на уровне сердца
Рука находится выше уровня сердца	Результат измерения занижается	Измените положение так, чтобы середина плеча находилась на уровне сердца
Нет опоры для спины	Результат измерения завышается	Измените положение, добавив опору для спины
Аритмия	Результат измерения завышается	Сделайте несколько измерений и вычислите среднее значение
Манжета надета слишком туго	Результат измерения завышается	Наденьте манжету плотно, но не туго
Манжета надета поверх одежды	Большая погрешность измерения	Поднимите (не закатывая) рукав

- 2 Частота сердечных сокращений является одним из самых информативных показателей состояния сердечно-сосудистой системы и всего организма. У молодых нетренированных мужчин в покое она составляет около 60—75 уд./мин, у женщин — 70—80 уд./мин. С увеличением возраста частота сердечных сокращений незначительно возрастает. При физической нагрузке частота сердечных сокращений обычно повышается и при максимальных нагрузках может достигать 180—200 уд./мин.

ВОПРОСЫ

1. Что такое сердечный цикл? Из каких фаз он состоит?
2. Что такое пульс? Что отражает частота пульса?
3. Каким образом осуществляется регуляция деятельности сердца?
4. Что такое артериальное давление? Как его измеряют?

5. Как устроена проводящая система сердца?
6. Что такое электрокардиография? Что отражает электрокардиограмма?

ЗАДАНИЯ

7. Охарактеризуйте автоматию сердца. Поясните, где она возникает и как реализуется в стенке сердца.
8. Определите, сколько лет у человека сердце находится в состоянии диастолы, если ему исполнилось 20 лет.
9. Величина ударного объёма у 14-летнего подростка $38,5 \text{ см}^3$, частота сердечных сокращений 78 раз в минуту. У 15-летнего подростка величина ударного объёма $41,4 \text{ см}^3$, частота сердечных сокращений 76 раз в минуту. Рассчитайте величину минутного объёма крови у подростков.
10. Рассчитайте, сколько времени в течение суток длится общая пауза сердца, когда расслаблены мышцы предсердий и желудочков.

ОБЪЯСНИТЕ

11. Почему обмен веществ в миокарде происходит в 10—20 раз интенсивнее по сравнению с другими органами человека?
12. Почему сердце может сокращаться в течение всей жизни без заметного утомления?
13. Почему волнение резко увеличивает частоту сердечных сокращений?

ТЕМЫ ДЛЯ ДИСКУССИЙ

14. Сердце имеет симпатическую и парасимпатическую иннервацию. Как это влияет на кровяное давление и пульс?
15. Существует ли зависимость артериального давления от возраста, телосложения и образа жизни человека?

§ 3.

ПРОФИЛАКТИКА И ЛЕЧЕНИЕ НАРУШЕНИЙ РАБОТЫ СЕРДЦА

ЭТО Я ЗНАЮ

Как работает сердце.
Автоматия сердца.



Зависит ли работа сердца от образа жизни человека?



С ЧЕМ СВЯЗАНО РАЗВИТИЕ ЗАБОЛЕВАНИЙ СЕРДЦА И КРОВЕНОСНЫХ СОСУДОВ?

Развитие заболеваний сердца и кровеносных сосудов тесно связано с особенностями образа жизни и факторами риска, к которым относят курение табака, нездоровое питание, недостаточную физическую активность, избыточную массу тела. К нарушениям работы сердца часто приводят сильные стрессовые ситуации, эмоциональное перенапряжение. Наиболее распространёнными нарушениями в состоянии сердца и кровеносных сосудов являются аритмии, ишемическая болезнь



сердца, артериальная гипертония, сердечная недостаточность, атеросклероз коронарных сосудов, инфаркт миокарда.

? К ЧЕМУ МОГУТ ПРИВЕСТИ НАРУШЕНИЯ СЕРДЕЧНОГО РИТМА?

В результате нарушений проводящей системы сердца, обеспечивающей согласованные и регулярные сокращения сердечной мышцы, могут возникать нарушения регулярности или частоты нормального сердечного ритма — **аритмии сердца**. Они могут протекать бессимптомно или ощущаться в виде перебоев в работе сердца.

Аритмии могут вызывать тяжёлые нарушения работы сердца или функций других органов. В основе развития аритмий лежат повреждения сердечной мышцы, затрудняющие распространение электрического импульса через проводящую систему сердца. Также значительную роль в возникновении ряда аритмий сердца играют нервнорефлекторный фактор, гуморальные воздействия, в частности гормональные нарушения при эндокринных заболеваниях.

? С ЧЕМ СВЯЗАНО РАЗВИТИЕ ИШЕМИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНИ СЕРДЦА?

Состояние, при котором нагрузка на сердце превышает его способность совершать работу, называют **сердечной недостаточностью**. Она характеризуется снижением резервных сократительных возможностей сердца и обусловлена неспособностью сердца обеспечить адекватное кровоснабжение органов и тканей. Основными причинами сердечной недостаточности являются повреждение сердечной мышцы и перегрузка сердца.

Одной из наиболее частых форм проявления сердечной недостаточности является **ишемическая болезнь сердца**. Она проявляется периодическими приступами боли за грудиной, возникающими при физической нагрузке, эмоциональном переживании. Ишемическая болезнь сердца имеет несколько форм, объединённых единым механизмом развития — недостаточным поступлением кислорода с кровью в сердечную мышцу вследствие резкого сужения просвета артериальных сосудов.

В течение жизни под воздействием различных факторов риска в артериальных сосудах образуются холестериновые отложения в виде атеросклеротических бляшек. Они постепенно сужают просвет сосуда, что негативно сказывается на его функционировании. Возникающая при этом ишемическая болезнь сердца может быть хронической и проявляться в периодических приступах стенокардии. Части этих бляшек периодически отрываются и вместе с током крови начинают двигаться по кровеносной системе. В месте, где просвет сосуда оказывается недостаточно большим, происходит внезапная закупорка. При этом кровь перестает поступать к тканям и наступает их омертвление.

Острым проявлением ишемической болезни является **инфаркт миокарда**, одной из причин которого является тромб, который полностью или частично перекрывает просвет артериального сосуда (рис. 8).

? КАКОВЫ ПРИЧИНЫ РАЗВИТИЯ АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИИ?

Одним из распространённых заболеваний сердца и сосудов является **артериальная гипертония**, или **гипертоническая болезнь**. Признаком этого заболевания является повышение артериального давления до уровня 140/90 мм рт. ст. и выше, определённого по результатам двух и более измерений в медицинском учреждении.

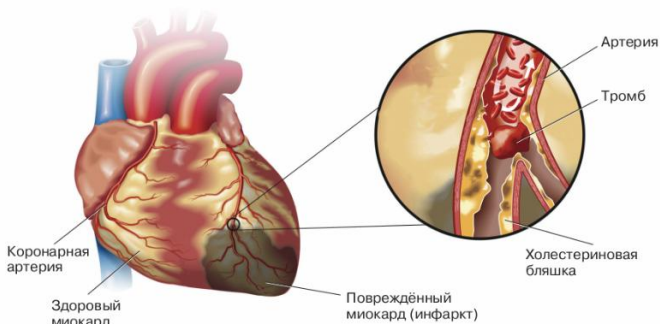


Рис. 8. Сердце при инфаркте миокарда

Гипертоническая болезнь приводит к различным осложнениям, в первую очередь к нарушениям мозгового кровообращения, последствием которого может быть кровоизлияние в мозг — **инсульт**. Считается, что у людей с высоким артериальным давлением в 3—4 раза чаще развивается ишемическая болезнь сердца и в 7 раз чаще инсульт.

По данным медицинских исследований, увеличение диастолического артериального давления на 7 мм рт. ст. по сравнению с нормой увеличивает риск развития ишемической болезни сердца на 27%. В нашей стране примерно 40% взрослого населения имеют повышенный уровень артериального давления.

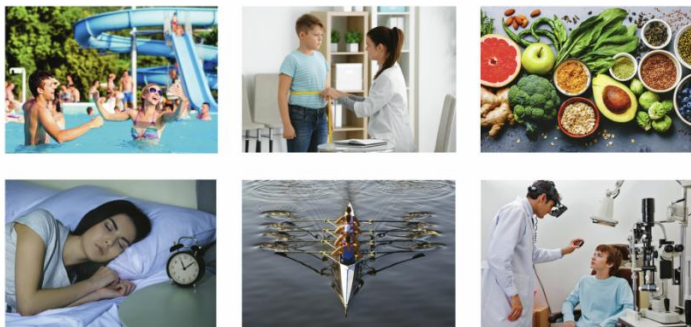


Рис. 9. Профилактика заболеваний сердца и сосудов



? ДЛЯ ЧЕГО ИСПОЛЬЗУЮТ КОРОНАРНОЕ ШУНТИРОВАНИЕ?

Прогресс в лечении заболеваний сердца и сосудов в значительной степени связан с развитием сердечно-сосудистой хирургии, или **кардиохирургии**. К современным методам лечения заболеваний сердца и сосудов относят аортокоронарное шунтирование, баллонную ангиопластику, пересадку сердца.

Аортокоронарное шунтирование применяют для лечения ишемической болезни сердца, при которой просвет артерий перекрывается атеросклеротическими бляшками. Операция аортокоронарного шунтирования проводится на открытом сердце. В зависимости от вида шунтирования используют или не используют аппарат искусственного кровообращения. Целью этой операции является создание обходного русла, которое минуя поражённый коронарный сосуд и обеспечивает полноценное получение сердечной мышцей артериальной крови.

? ДЛЯ ЧЕГО ИСПОЛЬЗУЮТ АНГИОПЛАСТИКУ?

Ангиопластикой называют метод лечения, при котором выполняется чрескожное вмешательство для открытия заблокированных холестериновыми отложениями коронарных артерий и восстановления тока крови к ткани сердца без операции на открытом сердце. Для этого в поражённую коронарную артерию вставляется специальный катетер в виде длинной поллой трубки. На конце катетера есть крошечный баллон. После помещения катетера в повреждённую артерию баллон раздувается и сжимает жировые отложения. При этом артерия освобождается от закупорки и становится открытой. В результате кровотока в артерии улучшается.

? В ЧЁМ ОСОБЕННОСТИ КЛЕТОЧНОЙ ТЕРАПИИ СЕРДЦА?

Одной из причин смертности и инвалидности при заболеваниях сердца и сосудов является сердечная недостаточность, которая чаще всего возникает при ишемической болезни сердца. При разрушении кардиомиоцитов вследствие ишемической болезни сердца происходит замещение сердечной мышцы неспособными к сокращению клетками.

Учёные считают перспективным подходом в лечении болезней сердца **клеточную терапию** с использованием стволовых клеток. Она позволяет добиться регенерации сердечной мышцы и исключить причину сердечной недостаточности. Основное значение клеточной терапии состоит во введении в сердце стволовых клеток, способных к делению и восстановлению функционирующей мышцы сердца.

? КОГДА ПРИМЕНЯЮТ ТРАНСПЛАНТАЦИЮ СЕРДЦА?

Хирургическую операцию по замене сердца больного человека на сердце донора называют **трансплантацией сердца**. Её применяют при тяжёлых заболеваниях сердца, при которых другие методы лечения невозможны.

После трансплантации сердца значительное количество людей живёт более 10 лет. После операции у большинства людей повышается качество жизни. Они активны, ведут общественную жизнь и возвращаются к работе.

? ЧТО ВЛИЯЕТ НА ВОЗНИКНОВЕНИЕ ЗАБОЛЕВАНИЙ СЕРДЦА И СОСУДОВ?

Проведённые исследования показали, что до 60% смертности от заболеваний сердца и сосудов зависит от факторов риска. Они могут накапливаться и взаимодействовать друг с другом, оказывая множественный эффект.

Факторы риска — особенности организма, внешние воздействия и их взаимодействия, приводящие к увеличению риска возникновения заболевания.

На распространение заболеваний сердца и сосудов влияют образ жизни и физиологические особенности человека. Большинство этих заболеваний можно предотвратить принятием мер в отношении таких факторов риска, как курение табака, нездоровое питание и ожирение, низкая физическая активность и вредное влияние алкоголя (табл. 2). Проведённые исследования показали, что снижение частоты ишемической болезни сердца в 25% случаев связано с отказом от курения табака.

Таблица 2

Факторы риска заболеваний сердца и сосудов

Биологические факторы	Факторы образа жизни	Общие факторы	
		фиксированные	модифицируемые
Повышенное артериальное давление. Повышение глюкозы в крови. Повышение холестерина в крови. Избыточная масса тела / ожирение	Курение табака. Нездоровое питание. Злоупотребление алкоголем. Низкая физическая активность	Возраст. Пол. Генетические факторы. Этническая принадлежность	Доход. Образовательный статус. Условия жизни. Условия работы. Физическая активность



ЗДОРОВЫЙ ОБРАЗ ЖИЗНИ

Для профилактики заболеваний сердца и сосудов наиболее подходят физические упражнения, предусматривающие ритмические сокращения больших групп мышц: быстрая ходьба, бег трусцой, езда на велосипеде, плавание, ходьба на лыжах (рис. 9). Частота занятий физическими упражнениями должна быть не реже 4—5 раз в неделю, продолжительность занятий 30—40 минут, включая период разминки. Для людей с сидячим образом жизни без симптомов ишемической болезни сердца рекомендуется выбирать такую интенсивность физических упражнений, при которой частота сердечных сокращений составляет 60—75% от максимальной.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Гипертоническая болезнь. Ишемическая болезнь сердца. Сердечная недостаточность. Артериальная гипертензия. Атеросклероз коронарных сосудов. Инфаркт миокарда. Аортокоронарное шунтирование. Ангиопластика. Клеточная терапия. Трансплантация сердца.

ВЫВОДЫ

- Развитие заболеваний сердца и кровеносных сосудов связано с особенностями образа жизни.
- Повышение артериального давления является одним из основных факторов риска заболеваний сердца и кровеносных сосудов.
- Физическая активность, соблюдение норм здорового образа жизни — условия профилактики сердечно-сосудистых заболеваний.



ДЛЯ ЛЮБОЗНАТЕЛЬНЫХ

Всего лишь одна выкуренная сигарета обеспечивает спазм сосудов на 20—30 минут. Сосуды людей, выкуривающих пачку сигарет ежедневно, пребывают в состоянии спазма практически постоянно. В течение одной минуты после выдыхания табачного дыма растёт частота сердечных сокращений; при этом в первые 10 минут курения она увеличивается на 30%. Угарный газ, содержащийся в табачном дыме, оказывает негативное влияние на сердце, снижая кислородную ёмкость крови.

ВОПРОСЫ

1. Какие причины вызывают заболевания сердца и сосудов?
2. Чем вызывается ишемическая болезнь сердца?
3. Какие факторы способствуют появлению артериальной гипертензии?
4. Что такое аритмия сердца? В чём её опасность?
5. Как и для чего делают аортокоронарное шунтирование?
6. Какие привычки человека пагубно воздействуют на сердечно-сосудистую систему?

ЗАДАНИЯ

7. Предложите меры профилактики заболеваний сердца и сосудов.
8. Назовите прогрессивные методы лечения сердечно-сосудистых заболеваний.
9. Нарушение деятельности сердца часто состоит в том, что створчатые клапаны во время сокращения желудочков закрываются не полностью. Поясните, к чему это может привести.
10. Используя рисунок 10, опишите симптомы ишемической болезни сердца и инфаркта миокарда. Выявите черты сходства и различия.

ИШЕМИЧЕСКАЯ БОЛЕЗНЬ СЕРДЦА

Проявляется при физической нагрузке:

- боль отдаёт в руку, шею или между лопаток;
- давящая или сжимающая боль за грудиной;
- боль чаще умеренная;
- одышка

Симптомы проходят после нагрузки через несколько минут



ИНФАРКТ МИОКАРДА

Симптомы появились впервые или в состоянии покоя:

- боль отдаёт в руку, в шею или между лопаток;
- давящая или сжимающая боль за грудиной;
- боль чаще сильная;
- одышка

Чувство нехватки воздуха не проходит более 10 минут

Рис. 10. Симптомы ишемической болезни сердца и инфаркта миокарда

ОБЪЯСНИТЕ

11. Почему сердце курильщика вынуждено работать в режиме повышенной нагрузки?
12. Почему физическая активность — одно из главных условий профилактики сердечно-сосудистых заболеваний?
13. Почему большая масса сердца не всегда свидетельствует о хорошем здоровье человека?

ТЕМЫ ДЛЯ ДИСКУССИЙ

14. Как сохранить здоровье сердца?
15. Каковы перспективы применения клеточной терапии сердечно-сосудистых заболеваний?

§ 4. КРОВЕНОСНЫЕ СОСУДЫ**ЭТО Я ЗНАЮ**

Органы кровеносной системы.
Строение и функциональное значение сердца.



В чём проявляется взаимосвязь строения и функций кровеносных сосудов?

КАКИЕ ВИДЫ КРОВЕНОСНЫХ СОСУДОВ РАЗЛИЧАЮТ В ОРГАНИЗМЕ ЧЕЛОВЕКА?

В организме человека кровеносные сосуды представлены в виде системы замкнутых трубок различного диаметра. Они выполняют транспортную функцию, регулируют кровоснабжение органов, участвуют в обмене веществ между кровью и окружающими тканями. Среди кровеносных сосудов различают **артерии**, **артериолы**, **капилляры**, **венулы** и **вены** (рис. 11).

Артерии — сосуды, по которым кровь течёт от сердца к органам и тканям.

Крупные артерии по мере удаления от сердца разделяются на более мелкие сосуды — артериолы. Их диаметр составляет не более 50—100 мкм. Артериолы с одной стороны соединены с артериями, а с другой стороны постепенно переходят в капилляры.

Капилляры — наиболее многочисленные и самые тонкие сосуды.

Через тонкие стенки капилляров осуществляется обмен кислородом, углекислым газом, питательными веществами и продуктами жизнедеятельности между кровью и межклеточной жидкостью. Капилляры переходят в тонкостенные сосуды — венулы. По ним кровь движется от капилляров к венам.

Вены — сосуды, по которым кровь течёт к сердцу.

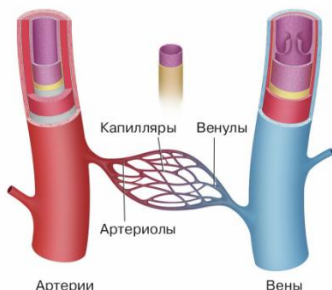


Рис. 11. Кровеносные сосуды и строение их стенок

? НА КАКИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ГРУППЫ ПОДРАЗДЕЛЯЮТ СОСУДЫ?

Функционально сосуды подразделяют на **упруго-растяжимые**, **резистивные**, **обменные**, **ёмкостные**. К упруго-растяжимым, или амортизирующим, сосудам относят аорту и крупные артерии. Они образуют компрессионную камеру и обеспечивают непрерывный ток крови, поступающей в них во время систолы желудочков.

Средние и мелкие артерии, а также артериолы называют *резистивными* (от лат. *resiste* — сопротивляться) сосудами или сосудами сопротивления. В резистивных сосудах создаётся большое сопротивление току крови, поступающей из компрессионной камеры. Благодаря этому также обеспечивается непрерывность движения крови по кровеносному руслу. Просвет артериол может меняться. Изменение просвета артериол является главным регулятором общего артериального давления.

К обменным сосудам относятся капилляры, обеспечивающие обмен газов и других веществ между кровью и тканевой жидкостью. Фильтрация через капилляры составляет 20 л в сутки.

К ёмкостным сосудам относят вены. Вследствие большой растяжимости и эластичности их стенок они могут вмещать значительные объёмы крови.

? КАКОВЫ ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ СТЕНК АРТЕРИАЛЬНЫХ СОСУДОВ?

Стенки артериальных сосудов состоят из трёх слоёв. Внутренний слой образован из слоя сосудистого эндотелия толщиной в одну клетку. Этот слой лежит на базальной мембране (пластике), образованной соединительной тканью.

Эндотелий обеспечивает взаимодействие стенки сосуда с кровью и участвует в регуляции тонуса сосудов. Неповреждённый эндотелий предотвращает образование тромбов, а повреждённый — стимулирует их образование.

Средний слой стенки артерий образован клетками гладкой мускулатуры. Они располагаются вокруг просвета сосуда. Сокращение этих клеток приводит к сужению сосуда, а расслабление — к расширению.

Средний слой стенки артерий образован клетками гладкой мускулатуры. Они располагаются вокруг просвета сосуда. Сокращение этих клеток приводит к сужению сосуда, а расслабление — к расширению.

Наружная оболочка сосуда образована волокнистой соединительной тканью. Она выполняет защитную и каркасную функции. Через наружную оболочку проходят кровеносные сосуды, питающие стенку артерии, и нервные окончания.

? КАКОВЫ ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ СТЕНОК ВЕНОЗНЫХ СОСУДОВ?

Стенки венозных сосудов состоят из наружного, среднего и внутреннего слоёв. В венозных сосудах мало развит средний мышечный слой, а в некоторых венах отсутствует. В составе стенок вен мало эластических волокон. Стенки вен хорошо растяжимы. Поэтому в венах содержится около 60% крови.

Особенностью венозных сосудов является наличие многочисленных клапанов. Они представляют собой карманоподобные выросты внутренней оболочки. Клапаны препятствуют обратному току крови и являются важным элементом механизма возврата крови в сердце. Больше всего клапанов в венах ног.

? КАКОВЫ ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ СТЕНОК КАПИЛЛЯРОВ?

Кровеносные капилляры являются самыми многочисленными сосудами. Толщина стенок капилляров 0,005 мм. Через них легко проникают различные вещества из крови в тканевую жидкость и из неё — в кровь. Кровь по капиллярам течёт очень медленно и успевает отдавать тканям кислород и питательные вещества. Поверхность сопоставления крови со стенками сосудов в сети капилляров в 170 000 раз больше, чем в артериях. Их диаметр составляет 7—8 мкм. Общая длина всех капилляров в организме человека составляет примерно 100 000 км. Соединяясь между собой, капилляры образуют внутриорганные капиллярные сети. Кровь поступает в них по тонким артериолам, а оттекает по венаулам.

В органе, находящемся в состоянии покоя, часть капилляров временно не функционирует. Обычно у человека в состоянии покоя наполнено кровью всего 20—30% капилляров. Во время мышечной работы число функционирующих капилляров может увеличиваться от 7 до 30 раз. При этом производительность сердца и объём кровотока могут возрасти до 20—30 л в минуту. Поступление крови в капилляры регулируют мышечные клетки, расположенные в местах перехода артериол в капилляры.

? КАК РЕГУЛИРУЕТСЯ ТОНУС СОСУДОВ?

Гладкие мышцы сосудов обладают способностью самопроизвольно генерировать нервные импульсы. Даже в состоянии покоя есть умеренное напряжение сосудистой стенки. Под действием различных факторов гладкие мышцы сокращаются или расслабляются, изменяя кровоснабжение.

Состояние длительного непрерывного напряжения стенок сосудов называют **тонусом**. Он обеспечивается миогенными, нервными и гуморальными механизмами. **Миогенная**, или местная, **регуляция** обеспечивает периферический тонус сосудов, который сохраняется при полном отсутствии внешних нервных и гуморальных влияний. При повышении объёма протекающей крови тонус сосудов посредством местной саморегуляции повышается. При уменьшении объёма кровотока тонус сосудов снижается. Миогенная регуляция наиболее выражена в артериях головного мозга, сердца, почек. Её главной целью является сохранение оптимального объёма крови, поступающей к органам.

Нервная регуляция тонуса сосудов осуществляется вегетативной нервной системой. Большинство сосудов иннервируется её симпатическим отделом. Умень-



шение частоты симпатических сигналов вызывает расширение сосудов, а увеличение частоты приводит к сужению сосудов.

Важное значение в нервной регуляции работы сосудов имеет *сосудодвигательный центр продолговатого мозга*, состоящий из двух областей. Прессорная область отвечает за повышение напряжения сосудов. Депрессорная область снижает напряжение гладкомышечных тканей.

Гуморальная регуляция тонуса сосудов осуществляется гормонами и биологически активными веществами. *Вазопрессин* способствует напряжению гладкомышечной мускулатуры и сужению сосудов. Мощным воздействием на сосуды обладает гормон надпочечников — *адреналин*. При высоких нагрузках выброс адреналина в кровь усиливает кровоток в мышцах, сердце, головном мозге. В результате человек может справиться с тяжёлой работой или эмоциональным напряжением.



КАК ОСУЩЕСТВЛЯЕТСЯ СИСТЕМНАЯ РЕГУЛЯЦИЯ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ?

Быстрый контроль и регуляцию артериального давления обеспечивает *адапционная система*, которая включает барорецепторный и хеморецепторный механизмы.

Барорецепторный механизм основан на том, что при повышении артериального давления и растяжении стенки артерии возбуждаются барорецепторы. От них информация поступает в сосудодвигательный центр головного мозга. Исходящие из него импульсы приводят к снижению симпатического тонуса. Артериолы расширяются. Наряду с этим повышается парасимпатический тонус, приводящий к уменьшению частоты сердечного ритма. Всё это приводит к снижению артериального давления.

Хеморецепторный механизм основан на том, что при снижении артериального давления ниже 80 мм рт. ст., падении парциального напряжения кислорода и повышении концентрации углекислого газа возбуждаются хеморецепторы. Импульсы от них поступают в сосудодвигательный центр головного мозга. Исходящие из него импульсы приводят к повышению тонуса артериол и стабилизации артериального давления до нормального уровня.



ЗДОРОВЫЙ ОБРАЗ ЖИЗНИ

Помните, что тесная одежда сдавливает грудную клетку и затрудняет движение крови. Узкие воротнички сдавливают кровеносные сосуды шеи, что отражается на снабжении кровью головного мозга. Тугие пояса сдавливают кровеносные сосуды полости живота и затрудняют снабжение кровью органов пищеварения. Тесная обувь неблагоприятно отражается на кровообращении ног.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Артерии. Вены. Капилляры. Сосуды: упруго-растяжимые, резистивные, обменные, ёмкостные. Регуляция тонуса кровеносных сосудов.

ВЫВОДЫ

- Кровеносные сосуды подразделяются на артерии, вены и капилляры.

- Тонус стенок сосудов обеспечивается миогенными, нервными и гуморальными механизмами.
- Гладкие мышцы сосудов обладают способностью самопроизвольно генерировать нервные импульсы. Гуморальная регуляция тонуса сосудов осуществляется гормонами и биологически активными веществами. Нервная регуляция происходит под влиянием вегетативной нервной системы.

ДЛЯ ЛЮБОЗНАТЕЛЬНЫХ

Движение крови в венах проходит в неблагоприятных условиях, особенно в венах нижних конечностей, где крови приходится преодолевать и силу тяжести. Любая мышечная деятельность облегчает прохождение крови по венам, так как, сокращаясь, мышцы сдавливают стенки вен. Малоподвижный образ жизни создаёт неблагоприятные условия для оттока венозной крови.

ВОПРОСЫ

1. Какие сосуды относятся к эластическим?
2. Почему обменные и ёмкостные кровеносные сосуды так называются?
3. В каких сосудах есть клапаны и какую роль они играют?
4. Что понимают под тонусом сосудов? Какими механизмами он регулируется?
5. Как влияет на состояние сосудов симпатическая нервная система?
6. Как в организме регулируется артериальное давление?

ЗАДАНИЯ

7. Дайте классификацию кровеносных сосудов.
8. Расскажите о строении стенок различных кровеносных сосудов, используя рисунок 11.
9. Опишите нервную регуляцию тонуса кровеносных сосудов.
10. Поясните гуморальную регуляцию, влияющую на движение крови по сосудам.

ОБЪЯСНИТЕ

11. Почему изменяется скорость движения крови в артериях, венах, капиллярах?
12. Как сокращение скелетных мышц способствует движению крови по венам?
13. Почему капилляры являются обменными сосудами?

ТЕМЫ ДЛЯ ДИСКУССИЙ

14. Чем опасны проблемы с сосудами?
15. Как сохранить кровеносные сосуды здоровыми?



§ 5.

КРУГИ КРОВООБРАЩЕНИЯ И ПЕРВАЯ ПОМОЩЬ ПРИ КРОВОТЕЧЕНИЯХ

ЭТО Я ЗНАЮ

Особенности строения сердца.
Строение и функциональное значение кровеносных сосудов.



Чем опасны нарушения целостности кровеносных сосудов?



КАК ПРОИСХОДИТ ДВИЖЕНИЕ КРОВИ ПО БОЛЬШОМУ КРУГУ КРОВООБРАЩЕНИЯ?

Путь крови от левого желудочка сердца до правого предсердия называют **большим кругом кровообращения** (рис. 12). Сокращаясь, левый желудочек выталкивает насыщенный кислородом кровь в самую крупную артерию тела — **аорту**. Ветви аорты направляются ко всем органам и тканям, где они ветвятся до капилляров.

Из капилляров большого круга кровообращения ко всем тканям и клеткам тела поступают кислород, питательные вещества и гормоны. Из клеток в капилляры переходит продукты обмена, в том числе и углекислый газ. При этом кровь, отдавшая кислород и содержащая углекислый газ, становится венозной кровью.

Капилляры сливаются в вены, которые объединяются в мелкие, а затем и в крупные вены. От туловища, нижних конечностей, органов брюшной и грудной полостей через нижнюю полую вену в правое предсердие поступает венозная кровь. Через верхнюю полую вену в правое предсердие поступает венозная кровь от органов головы, шеи и верхних конечностей.



КАКИЕ АРТЕРИИ ОТНОСЯТ К БОЛЬШОМУ КРУГУ КРОВООБРАЩЕНИЯ?

Из левого желудочка сердца выходит аорта. У неё выделяют *восходящую часть*, *дугу* и *нисходящую часть*, от которых отходят ветви к органам тела. От начала восходящей части аорты отходят правая и левая венечные артерии, разветвляющиеся в стенках сердца.

Очень крупные ветви начинаются от дуги аорты. Это плечеголовной ствол, левая общая сонная артерия и левая подключичная артерия. Они снабжают артериальной кровью органы и ткани головы, шеи, верхних конечностей. От плечеголовного ствола отходят правая общая сонная артерия и правая подключичная артерия.

Нисходящая часть аорты делится на грудную и брюшную части. Грудная часть аорты снабжает кровью стенки грудной полости и находящиеся в ней органы. Брюшная часть аорты снабжает кровью органы брюшной полости: желудок, печень, тонкую и толстую кишки, почки.



КАКИЕ ВЕНЫ ОТНОСЯТ К БОЛЬШОМУ КРУГУ КРОВООБРАЩЕНИЯ?

Вены большого круга кровообращения разделяют на *систему верхней полой вены*, *систему нижней полой вены* и *систему воротной вены печени*. Верхняя полая вена представляет собой короткий широкий венозный сосуд. Она образуется благодаря слиянию правой и левой плечеголовных вен на уровне рукоятки грудины. Затем верхняя полая вена опускается вниз и впадает в правое предсердие. На пути к сердцу в верхнюю полую вену впадает крупная непарная вена, собирающая кровь от стенок грудной и брюшной полостей.

Нижняя полая вена образуется на уровне IV поясничного позвонка при соединении правой и левой общих подвздошных вен. Затем нижняя полая вена поднимается вверх, проходит через диафрагму и впадает снизу в правое предсердие.

Система воротной вены образуется из слияния селезёночной, верхней и нижней брыжеечной вен. В воротную вену собирается кровь из стенок желудка, тонкой и толстой кишок.

Между притоками верхней и нижней полых вен, воротной вены в стенках грудной и брюшной полостей, а также в стенках пищевода и прямой кишки имеются многочисленные соединения — *анастомозы*. По ним кровь может перераспределяться, оттекает в различных направлениях. Это происходит, если возникают препятствия току крови по основным венам.

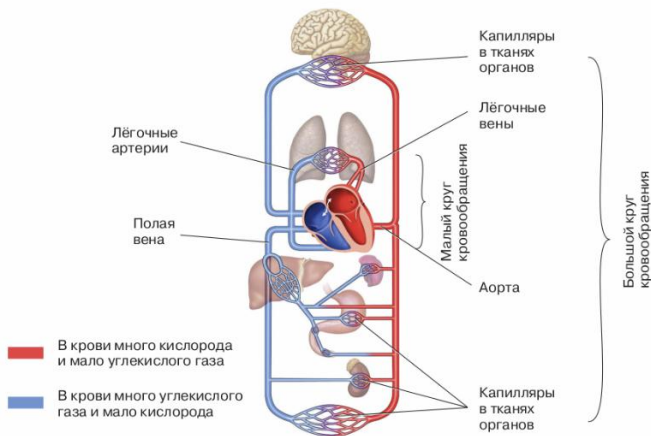


Рис. 12. Схема кровообращения

? КАК ПРОИСХОДИТ ДВИЖЕНИЕ КРОВИ ПО МАЛОМУ КРУГУ КРОВООБРАЩЕНИЯ?

Путь крови от правого желудочка через артерии, капилляры и вены лёгких до левого предсердия называют **малым кругом кровообращения**. Этот путь служит для обогащения крови кислородом.

Из правого желудочка венозная кровь направляется в крупный сосуд — лёгочный ствол. Он разделяется на правую и левую лёгочные артерии. В лёгких ветви лёгочных артерий разветвляются и переходят в капилляры, которые оплетают лёгочные пузырьки — *альвеолы*.

Через стенки альвеол происходит газообмен. Из альвеол в кровь переходит кислород, а из крови в альвеолы поступает углекислый газ. Проходя через капилляры, венозная кровь насыщается кислородом и становится артериальной. Эта кровь



поступает из капилляров в венозные сосуды. Они соединяются и образуют в каждом лёгком две лёгочные вены, которые впадают в левое предсердие.

Правый и левый желудочки нагнетают кровь в сосуды одновременно, и она движется сразу по обоим кругам кровообращения. Время кругооборота крови, в течение которого кровь проходит оба круга кровообращения, у человека составляет примерно 23 с. Из этого времени $\frac{1}{5}$ приходится на малый круг кровообращения и $\frac{4}{5}$ — на большой.

? ЧТО НЕОБХОДИМО ДЕЛАТЬ ПРИ КАПИЛЛЯРНОМ И ВЕНОЗНОМ КРОВОТЕЧЕНИИ?

При внешних кровотечениях кровь выходит наружу. В таких случаях необходимо попытаться остановить кровотечение, предохранить рану от возможной инфекции, уменьшить боль. Если рана небольшая и кровь как бы сочится красными капельками, можно предположить **капиллярное кровотечение**. Для остановки такого кровотечения полезно промыть рану перексидом водорода, смазать края поражённого места бриллиантовым зелёным. После этого следует зажать рану ватным тампоном. Если этим приёмом удалось остановить кровь, повязку можно не накладывать. При более серьёзном кровотечении накладывается повязка.

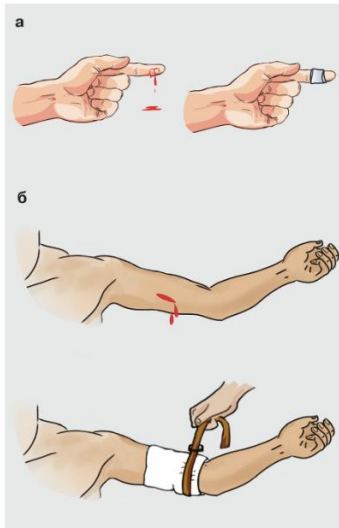


Рис. 13. Первая помощь при капиллярном и венозном кровотечении

? ЧТО НЕОБХОДИМО ДЕЛАТЬ ПРИ АРТЕРИАЛЬНОМ КРОВОТЕЧЕНИИ?

Наиболее сложны **артериальные кровотечения**. Узнать их можно по ярко-алой крови, вытекающей пульсирующей струёй. При повреждении крупного сосуда кровь бьёт фонтаном. Артериальное кровотечение опасно тем, что пострадавший может потерять много крови за несколько минут. Потеря одного литра считается массивной и грозит нарушением жизненных функций. Поэтому прежде всего надо остановить кровотечение (рис. 14). Вначале это достигается зажатием артерии в тех местах, где она проходит рядом с костью.

Для остановки такого кровотечения полезно промыть рану перексидом водорода, смазать края поражённого места бриллиантовым зелёным. После этого следует зажать рану ватным тампоном. Если этим приёмом удалось остановить кровь, повязку можно не накладывать. При более серьёзном кровотечении накладывается повязка. Для этого на рану помещают несколько слоёв стерильного бинта или стерильных марлевых салфеток (при обильном кровотечении — ватно-марлевую подушечку перевязочного пакета), затем плотно бинтуют. При необходимости надо придать возвышенное положение конечности, приложить холод, обеспечить покой.

При **венозном кровотечении** кровь вытекает довольно сильной струёй. Она вишнёвого цвета, течёт ровно, без толчков. Необходимо наложить на рану стерильную салфетку, затем — два тура из бинта. Затем наложить слой ваты или салфеток и туго забинтовать. При сильном венозном кровотечении накладывается жгут на 2—3 см ниже раны (рис. 13).

Также может применяться метод максимального сгибания конечности в суставе. Эта техника подойдёт и для самопомощи. Например, при кровотечении из сосудов голени надо максимально согнуть ногу в колене, предварительно проложив внутрь небольшой тканевый валик. При кровотечении из бедренных артерий — максимально притянуть колено к себе, как показано на рисунке 15. Если для поиска жгута требуется время, приведённую конечность можно зафиксировать ремнём.

Затем, если повреждены конечности, необходимо наложить резиновый жгут или закрутку на несколько сантиметров выше раны, что является самым надёжным способом временной остановки артериального кровотечения. В качестве закрутки можно использовать ремень, галстук, косынку и другой подручный материал.

После наложения жгута следует обработать края раны антисептическими препаратами и наложить повязку. Если помощь оказывают несколько человек, эти действия можно делать одновременно.

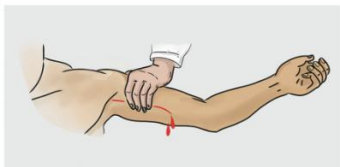


Рис. 14. Остановка артериального кровотечения путём пальцевого прижатия



ЗДОРОВЫЙ ОБРАЗ ЖИЗНИ

Для остановки артериального кровотечения на повреждённой конечности её приподнимают вверх и на месте наложения жгута подкладывают мягкую ткань (см. рис. 15). Накладывать жгут на голое тело нельзя, так как при этом можно повредить кожу.

При правильно наложенном жгуте конечность ниже жгута делается бледной, более холодной, кровотечение останавливается. Застывать жгут слишком сильно тоже нельзя, так как можно повредить ткани и даже нервы. Под жгут необходимо положить записку с указанием времени наложения, поскольку держать жгут летом можно не больше часа, а зимой — не более 30 минут. Это связано с тем, что в обескровленной конечности могут произойти необратимые изменения.

Если в течение этого времени доставить пострадавшего в медицинское учреждение не удалось, жгут надо ослабить или снять на 10–15 минут, а потом наложить его выше прежнего места.

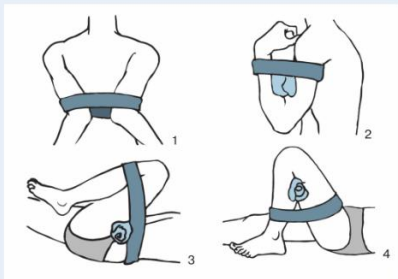


Рис. 15. Жгутирование конечности: 1 — метод максимального разведения рук для пережатия подключичных артерий; 2 — метод остановки кровотечения из сосудов предплечья; 3 — метод остановки кровотечения из бедренной артерии; 4 — метод остановки кровотечения из сосудов голени



? ЧТО НЕОБХОДИМО ДЕЛАТЬ ПРИ НОСОВОМ КРОВОТЕЧЕНИИ?

Причинами носовых кровотечений могут быть травмы головы, гипертония, перегрев тела. При носовых кровотечениях кровь может попасть и в ротовую полость. Это вызывает кашель, иногда рвоту.

Необходимо учитывать, что резкие движения, кашель, чихание усиливают кровотечение. Чтобы его уменьшить, можно наложить на область переносицы полиэтиленовый мешочек со льдом, холодной водой. Голова должна быть направлена вперёд. Запрокидывать её назад не рекомендуется.

При продолжительных кровотечениях остановить кровь можно, прижав крылья носа к носовой перегородке. Голову пострадавшего наклоняют вперёд и как можно выше сжимают нос. Удерживать его в таком состоянии необходимо 3—5 минут, иногда дольше. В это время пострадавший дышит ртом. Если кровотечение не останавливается, необходимо вызвать врача.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Круги кровообращения: малый, большой. Кровотечения: артериальные, венозные, капиллярные.

ВЫВОДЫ

- Кровь движется по двум кругам кровообращения: малому и большому.
- Нарушение целостности кровеносных сосудов приводит к кровотечениям.
- Важно распознавать кровотечение по характерным признакам и иметь навыки оказания первой доврачебной помощи для его остановки.

ПРАКТИКУМ

ПЕРВАЯ ПОМОЩЬ ПРИ КРОВОТЕЧЕНИЯХ

Цель: отработать приёмы оказания первой помощи при артериальных и венозных кровотечениях.

Материалы и оборудование: медицинские бинты, салфетки, медицинский жгут, при наличии использовать перевязочный пакет.

Ход работы

1. Рассмотрите рисунок 13 учебника и прочитайте правила наложения давящей повязки при венозном кровотечении. Отработайте приёмы наложения давящей повязки.
2. Изучите места прижатия артерий при артериальных кровотечениях, точки прижатия артерий для временной остановки кровотечений, временную остановку кровотечений сгибанием конечностей. Отработайте приёмы прижатия артерий при артериальных кровотечениях.
3. При помощи рисунка 15 учебника изучите правила наложения жгута при артериальном кровотечении конечности. Отработайте приёмы жгутирования.
4. Запишите выводы в тетради.

ДЛЯ ЛЮБОЗНАТЕЛЬНЫХ

Большое значение для регуляции движения крови в организме имеют депо крови. Они поддерживают объём циркулирующей крови в организме. Их значение заключается в возможности быстрого увеличения объёма (массы) цирку-

лирующей крови, необходимой для обеспечения потребностей организма в данный момент. При отсутствии депо даже незначительное изменение ёмкости сосудистой системы приводило бы к резкому снижению притока крови к сердцу и падению артериального давления. Роль депо выполняют селезёнка, печень, лёгкие, кожа, поскольку сосуды этих органов способны задерживать большое количество дополнительной, резервной, крови, используемой в случае острой необходимости другими органами и тканями.

ВОПРОСЫ

1. Как происходит движение крови по большому кругу кровообращения?
2. Какие артерии направляются к органам головы, в том числе к головному мозгу?
3. В каких сосудах малого круга кровообращения течёт артериальная кровь?
4. Какие сосуды приносят кровь к сердцу?
5. Какими приёмами можно уменьшить и остановить носовое кровотечение?
6. Что следует делать при капиллярном кровотечении?

ЗАДАНИЯ

7. Опишите движение крови по малому кругу кровообращения.
8. Объясните, какие изменения в составе крови происходят в капиллярах большого круга кровообращения.
9. Поясните, по каким признакам определяют вид кровотечения.
10. Опишите последовательность действий оказания первой доврачебной помощи при артериальном кровотечении.

ОБЪЯСНИТЕ

11. Почему при сокращении левого желудочка кровь поступает в аорту, а не в левое предсердие?
12. Почему при жгутировании раны прикрепляется записка со временем наложения жгута?
13. Почему в случае артериального кровотечения кровь вытекает пульсирующей струёй?

ТЕМЫ ДЛЯ ДИСКУССИЙ

14. У кого из позвоночных животных впервые появился второй круг кровообращения? С чем это связано?
15. Что понимается под смешанным кровотечением? Когда оно наблюдается? В чём его опасность?



§ 6. ЛИМФАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА

ЭТО Я ЗНАЮ

Особенности строения кровеносной системы.
Условия движения крови по сосудам.



В чём проявляется взаимосвязь кровеносной и лимфатической систем?



ИЗ ЧЕГО СОСТОИТ ЛИМФА?

В результате процессов капиллярного обмена между кровью и тканевой жидкостью образуется жидкая бесцветная ткань — **лимфа** (от лат. *лимфа* — чистая вода). По составу она сходна с плазмой крови, однако содержит значительно меньше белков.

За сутки в организме взрослого человека образуется около 2 л лимфы. В ней содержится 3—4% белка, около 1% минеральных веществ, 0,1% глюкозы. Относительная плотность лимфы и её вязкость меньше, чем у крови. Поэтому при повреждении **лимфатических сосудов** и капилляров она свёртывается медленнее, чем кровь. В лимфе находится много лимфоцитов, которые имеют большое значение в защитных реакциях организма. В лимфе присутствуют макрофаги, лейкоциты. Пройдя через **лимфатические узлы**, очищенная от чужеродных веществ лимфа возвращается в кровь.

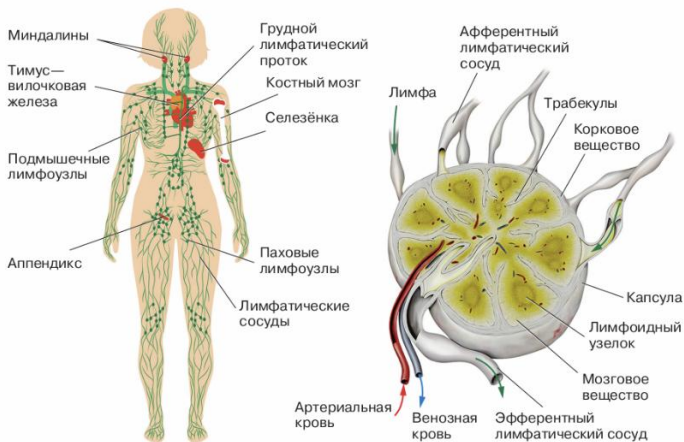


Рис. 16. Лимфатическая система и строение лимфатического узла

В ЧЁМ ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И ФУНКЦИЙ ЛИМФАТИЧЕСКИХ КАПИЛЛЯРОВ?

Лимфатические капилляры являются начальным звеном лимфатической системы. Они представляют собой тонкостенные сосуды диаметром от 12 до 120 мкм. Лимфатические капилляры начинаются в тканях в виде мешковидных впячиваний. Лимфатические капилляры участвуют в образовании лимфы. Стенка лимфатических капилляров образована из одного слоя неплотно сомкнутых эндотелиальных клеток. Поэтому чужеродные частицы вместе с всасываемой тканевой жидкостью легко проникают внутрь лимфатических капилляров.

В органах лимфатические капилляры образуют сети, форма и размеры которых зависят от строения органа. Лимфатические капилляры имеются во всех органах и тканях тела человека. Исключение составляют головной и спинной мозг и их оболочки; глазное яблоко; внутреннее ухо, эпителиальный покров кожи и слизистых оболочек; хрящи; паренхима селезёнки; костный мозг; плацента.

В ЧЁМ ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ ЛИМФАТИЧЕСКИХ СОСУДОВ?

При слиянии лимфатических капилляров образуются лимфатические сосуды. Они обеспечивают ток лимфы из лимфатических капилляров в лимфатические узлы, стволы и протоки.

Диаметр лимфатических сосудов составляет до 6 мм. Наличие у них чередующихся сужений и расширений позволяет легко отличить лимфатические сосуды от лимфатических капилляров. Переход лимфатического капилляра в лимфатический сосуд определяется по изменению строения стенки. Лимфатические сосуды имеют более толстые, трёхслойные стенки и клапаны. Наружная оболочка лимфатических сосудов образована из рыхлой волокнистой соединительной ткани. Средняя оболочка состоит из мышечных клеток, способных к самопроизвольным сокращениям. Внутренняя оболочка представлена тонкой пластинкой из соединительной ткани, покрытой эндотелием.

В просвете лимфатических сосудов имеются клапаны. Они состоят из двух створок, образованных складками эндотелия и соединительной тканью. Клапаны расположены так, что пропускают лимфу только от лимфатических капилляров к лимфатическим узлам. Затем лимфа движется к протокам и стволам. Расстояние между клапанами варьирует от 2—3 мм во внутриорганных сосудах до 12—15 мм в крупных внеорганных лимфатических сосудах. В сосудах, идущих от пальцев кисти до подмышечных лимфатических узлов, имеется 60—80 клапанов. Поверхностные лимфатические сосуды нижней конечности имеют 80—100 клапанов. Наличие клапанов придаёт лимфатическим сосудам характерную чёткообразную форму, обусловленную чередованием сужений сосуда в месте расположения клапанов и расширений между ними.

Ток лимфы по лимфатическим сосудам обеспечивается за счёт поступления в них тканевой жидкости, превращающейся в лимфу. Току лимфы также способствует сокращение мышечной оболочки лимфатических сосудов, сдавливание этих сосудов сокращающимися мышцами, пульсация кровеносных сосудов и присасывающее действие грудной полости. Лимфатические сосудыпадают в лимфатические узлы.

В ЧЁМ ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ ЛИМФАТИЧЕСКИХ УЗЛОВ?

Лимфатические узлы располагаются на пути лимфатических сосудов, возле крупных вен и артерий. В теле человека насчитывается более 100 лимфатических



узлов, общий вес которых составляет около 1% массы тела. Лимфатические узлы имеют розовато-серый цвет, округлую, бобовидную или лентовидную форму. Их размеры составляют от 0,5 до 5 мм.

Проходя через лимфатические узлы, лимфа обогащается лимфоцитами и антителами, а также очищается от инородных частиц — микроорганизмов, погибших и опухолевидных клеток. Все они задерживаются и частично уничтожаются. Важную роль при этом играют клетки макрофаги, находящиеся в лимфатических узлах.

? В ЧЁМ ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ ЛИМФАТИЧЕСКИХ ПРОТОКОВ?

Лимфатические стволы — это крупные лимфатические сосуды (рис. 17). В них собирается лимфа, оттекающая от лимфатических узлов нескольких областей тела или нескольких органов. В стволах и протоках хорошо развита мышечная оболочка, способствующая проталкиванию по ним лимфы.

Лимфатические стволы формируются при слиянии выносящих сосудов лимфатических узлов и впадают в лимфатические протоки. В теле человека выделяют два лимфатических протока. Грудной лимфатический проток впадает в левый венозный угол — место соединения левой подключичной и левой внутренней яремной вен. Грудной лимфатический проток формируется в брюшной полости. Длина этого протока составляет 35—40 см, просвет — 2—4 мм. Грудной лимфатический проток собирает $\frac{3}{4}$ лимфы почти со всего тела человека.

Правый лимфатический проток впадает в правый венозный угол — место соединения правой подключичной вены и правой внутренней яремной вены. Его длина не более 1,5 см. Этот лимфатический проток собирает лимфу от $\frac{1}{4}$ тела.

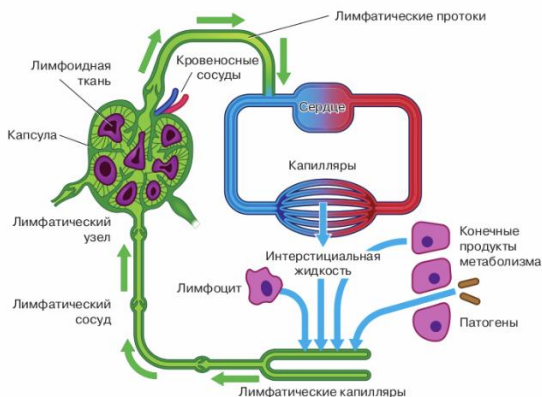


Рис. 17. Схема функционирования лимфатической системы

? КАКОВО ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ ЛИМФАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ?

Лимфатическая система обеспечивает возврат в системный кровоток жидкости, выходящей в ткань из крови в процессе капиллярного обмена. В этом состоит дренажная функция лимфатической системы. Очищая лимфу в лимфатических узлах и инициируя иммунные реакции, лимфатическая система выполняет защитные функции.

По лимфатической системе транспортируются всосавшиеся в тонком кишечнике жиры и белки. В этом заключается транспортная функция лимфатической системы.

Среди других веществ в составе лимфы могут транспортироваться некоторые гормоны и биологически активные вещества. Это можно отнести к регуляторной функции.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Лимфатическая система. Лимфатический сосуд. Лимфатический узел. Лимфа.

ВЫВОДЫ

- Лимфатическая система представлена сосудами и лимфатическими узлами. Она является частью иммунной системы и дополняет систему кровообращения.
- Лимфатические сосуды берут своё начало в тканях, впитывая межклеточную жидкость, которая превращается в лимфу и течёт по направлению к сердцу.
- Лимфатические узлы — периферические органы лимфатической системы, выполняющие функцию биологического фильтра. В них созревают лимфоциты, осуществляющие иммунную защиту организма от микроорганизмов, погибших и опухолевых клеток.

ДЛЯ ЛЮБОЗНАТЕЛЬНЫХ

- 1 С возрастом количество лимфатических узлов в организме человека уменьшается. Это связано с тем, что синусы некоторых лимфатических узлов зарастают, узлы замещаются соединительной тканью и становятся непроходимыми для лимфы.
- 2 При диагностике и лечении заболеваний, особенно онкологических, чрезвычайно важно изучить состояние лимфатических узлов. От того, какие размеры и форму имеют региональные лимфатические узлы поражённого органа, зависят особенности лечения и жизнь больного человека.

ВОПРОСЫ

1. Какие функции выполняет лимфатическая система в организме человека?
2. Каково значение лимфатических узлов?
3. Какую роль играют клапаны в лимфатических сосудах?
4. Куда поступает лимфа из лимфатической системы?
5. От чего зависит лимфатический ток в организме?
6. Что собой представляет лимфа? Как она образуется?



ЗАДАНИЯ

7. Составьте схему, характеризующую состав лимфатической системы.
8. Выделите факторы, обеспечивающие движение лимфы по сосудам.
9. Поясните, как взаимосвязаны кровь, лимфа и тканевая жидкость в организме человека.
10. Изобразите схематично путь лимфы от момента её образования и до впадения в русло кровеносного сосуда.

ОБЪЯСНИТЕ

11. Почему движение лимфы называют оттоком, а не лимфоциркуляцией?
12. Почему по сравнению с кровью лимфа движется по организму медленно?
13. Можно ли считать лимфатические узлы биологическими фильтрами организма?

ТЕМЫ ДЛЯ ДИСКУССИЙ

14. Застой лимфы — лимфостаз. Как вы думаете, каковы могут быть причины этого заболевания? Можно ли предупредить возникновение этого состояния?
15. О чём говорят увеличенные лимфоузлы?

§ 7.

РОЛЬ КРОВИ В ПОДДЕРЖАНИИ ПОСТОЯНСТВА ВНУТРЕННЕЙ СРЕДЫ ОРГАНИЗМА

ЭТО Я ЗНАЮ

Функциональные системы.
Циркуляция крови в организме.



Почему кровь является основным компонентом внутренней среды организма?



ЧТО ТАКОЕ СИСТЕМА КРОВИ?

Системой крови называют собственно кровь, органы кроветворения и кроверазрушения, а также аппарат нервной и гуморальной регуляции, обеспечивающей постоянство состава и функций крови. Помимо этого, к системе крови могут быть отнесены печень, в которой синтезируется большинство белков плазмы, а также кишечник и почки, обеспечивающие доставку и выведение минеральных компонентов крови.



ИЗ ЧЕГО СОСТОИТ ВНУТРЕННЯЯ СРЕДА ОРГАНИЗМА?

Кровь, тканевая жидкость и лимфа представляют собой три части внутренней среды организма. Они взаимосвязаны и способны переходить друг в друга. Самой подвижной частью внутренней среды является плазма крови, а самой неподвижной является тканевая жидкость.

Кровь как часть внутренней среды организма представляет собой жидкую соединительную ткань, клеточная часть которой представлена форменными элементами, а межклетник — плазмой крови (рис. 18). Благодаря сокращениям сердца

кровь циркулирует по замкнутой системе сосудов. Стенки самых тонких сосудов, которые называются капиллярами, проницаемы для плазмы. Она выходит в межклеточное пространство и обновляет тканевую жидкость. Тканевая жидкость доставляет клеткам кислород и питательные вещества и удаляет продукты обмена веществ, производимые клетками.

Объём тканевой жидкости у взрослого человека составляет около 10 л, объём плазмы крови — около 3 л, объём лимфы — около 1,5 л. Кроме них, к внутренним средам организма относятся некоторые другие жидкости, присутствующие в грудной и брюшной полостях, заполняющие желудочки головного мозга и спинномозговой канал, полости глаза.

? ЧТО ТАКОЕ ГОМЕОСТАЗ?

Для того чтобы оптимально функционировать в разных условиях, организм должен ощущать отклонения от нормы и иметь возможность активировать физиологические механизмы восстановления нормального состояния. Поэтому внутренняя среда имеет важное значение в поддержании гомеостаза.

Гомеостаз — относительное динамическое постоянство внутренней среды и устойчивость основных физиологических функций организма человека.

? ИЗ ЧЕГО СОСТОИТ ПЛАЗМА КРОВИ?

В организме взрослого человека присутствует 5—6 л крови. Примерно 55% этого объёма приходится на плазму (см. рис. 18). Она приблизительно на 90% состоит из воды. На минеральные соли, питательные вещества и отходы обмена приходится 1,5%.

Более половины белков плазмы составляют белки *альбумины*. Они синтезируются клетками печени и удерживают воду в капиллярах, предотвращая её избыточный переход в тканевую жидкость. При заболеваниях печени, приводящих к уменьшению синтеза альбуминов, могут возникнуть отёки. При белковом голодании альбумины плазмы крови первыми расходуются для обменных процессов, что также сопровождается появлением отёков.

Значительную часть белков плазмы составляют белки *глобулины*, большая часть которых относится к иммуноглобулинам, или белкам-антителам. Они являются продуктом активности клеток иммунной системы. Их функция состоит в защите организма от инфекций.

Ещё одна группа белков плазмы относится к *белкам свёртывания крови*. Среди них больше всего белка *фибриногена*. Функция этих белков состоит в образовании тромба в месте повреждения сосуда, что предотвращает кровопотерю.

Самую небольшую группу составляют *транспортные белки*. Они осуществляют перенос с током крови различных веществ, таких как липиды, гормоны, микроэлементы и др.

Среди углеводов в плазме больше всего глюкозы. Она является основным источником энергии для клеток организма. Ряд нервных и эндокринных механизмов обеспечивает поддержание стабильной концентрации глюкозы в плазме. Она составляет приблизительно 0,1%.

Следующую группу органических молекул составляют аминокислоты и жирные кислоты, поступившие в кровь как результат процессов пищеварения. Они участвуют в пластическом и энергетическом обмене.

В плазме крови присутствует мочевина. Она является продуктом разрушения белковых молекул, то есть отходом обмена веществ, предназначенным для выведения из организма.

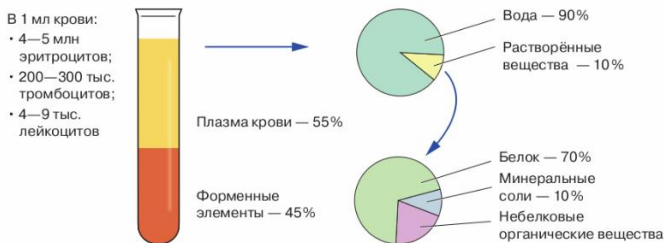


Рис. 18. Состав крови

Среди минеральных компонентов плазмы больше всего хлорида натрия (NaCl), присутствующего в форме ионов Na^+ и Cl^- . Концентрация хлорида натрия в плазме составляет около 0,7%. Кроме ионов Na^+ и Cl^- , в плазме обнаруживаются ионы калия, кальция, магния, а также остатки угольной и фосфорной кислот. Такой набор ионов поддерживает на постоянном уровне осмотическое давление и кислотно-щелочной баланс плазмы.

**КЛЮЧЕВЫЕ
СЛОВА**

Внутренняя среда организма. Гомеостаз. Кровь. Плазма крови.

ВЫВОДЫ

- Внутренняя среда организма представлена жидкой средой: плазмой крови, межклеточной жидкостью и лимфой.
- Внутренняя среда организма обладает относительным постоянством состава и физико-химических свойств. Она создаёт оптимальные условия для нормальной жизнедеятельности клеток организма, поддерживая гомеостаз.

ДЛЯ ЛЮБОЗНАТЕЛЬНЫХ

Кислотно-щелочное равновесие является важным параметром, который поддерживается в крови человека в определённых пределах. Это необходимо для нормального функционирования различных систем организма, протекания биохимических реакций, оптимального функционирования ферментов. Нормальная кислотность крови составляет 7,35—7,45 по шкале pH. Смещение данного показателя ниже 7,35 свидетельствует об ацидозе (смещении кислотно-щелочного баланса крови в сторону увеличения кислотности). При отклонении pH выше 7,45 возникает алкалоз (избыток веществ со свойствами щелочей в крови). В процессе обмена веществ в организме в больших количествах образуются продукты, которые способны вызывать изменение данного параметра. Главная роль в регуляции кислотно-щелочного равновесия принадлежит лёгким, почкам и буферным системам крови.

ВОПРОСЫ

1. Что называют внутренней средой организма?
2. Каковы функции внутренней среды организма?
3. Что такое гомеостаз? Каково его значение для функционирования организма?
4. Какие функции в организме выполняет кровь?
5. Какой состав имеет плазма крови?
6. Нарушения в работе каких органов могут отразиться на составе плазмы крови?

ЗАДАНИЯ

7. Дайте определение понятия «кровь», укажите её состав.
8. Поясните, в чём важность поддержания кислотно-щелочного равновесия в крови.
9. Составьте схему, наглядно представляющую терморегуляторную функцию крови и её значение для поддержания гомеостаза.
10. Назовите основные белки плазмы и укажите их функции.

ОБЪЯСНИТЕ

11. Почему гомеостаз называют динамическим равновесием?
12. Почему кровь нельзя разбавлять дистиллированной водой, несмотря на то что плазма крови на 90% состоит из воды?
13. Могут ли быть у здоровых людей отклонения в анализах крови?

ТЕМЫ ДЛЯ ДИСКУССИЙ

14. От чего зависит химический состав крови?
15. Можно ли по анализу крови диагностировать сахарный диабет?

§ 8. ЭРИТРОЦИТЫ И ТРОМБОЦИТЫ В СОСТАВЕ КРОВИ

ЭТО Я ЗНАЮ

Значение гомеостаза.
Состав плазмы крови.



Какие функции обеспечивают форменные элементы крови?

**КАКОВА РОЛЬ КРАСНОГО КОСТНОГО МОЗГА В КРОВЕТВОРЕНИИ?**

Специализированной кроветворной тканью является красный костный мозг. Он содержит стволовые клетки, которые являются общими предшественниками всех клеток крови. На первом этапе развития стволовые клетки производят клетки — предшественницы лимфоцитов и миелоидные клетки, из которых происходят другие форменные элементы.

Форменные элементы крови представлены красными кровяными тельцами — **эритроцитами**, белыми кровяными тельцами — **лейкоцитами** и кровяными пла-

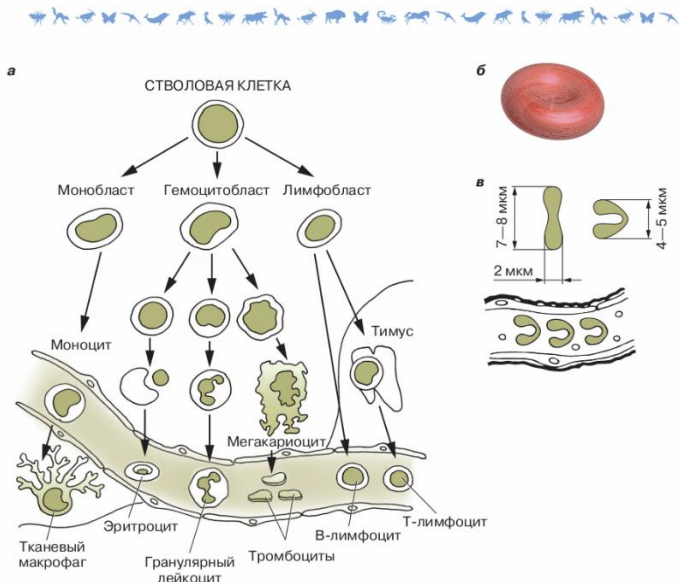


Рис. 19. а — происхождение основных элементов крови; б — внешний вид эритроцита; в — размеры эритроцита

стинками — **тромбоцитами** (рис. 19). Термин «форменные элементы» используется потому, что эритроциты, тромбоциты и лейкоциты не обладают всем набором качеств, характерных для других клеток организма. На форменные элементы приходится около 45% объема крови. Их образование происходит в красном костном мозге. Только лейкоциты могут делиться за его пределами.

? КАК УСТРОЕНЫ И КАК ФУНКЦИОНИРУЮТ ЭРИТРОЦИТЫ?

Самыми многочисленными форменными элементами являются эритроциты. Они имеют форму двояковогнутого диска диаметром 7—8 мкм и толщиной около 2 мкм. Такая форма увеличивает поверхность эритроцитов при том же объеме клетки и облегчает диффузию газов через наружную мембрану. Помимо этого, эритроцит такой формы может выгибать вперед свою тонкую середину. Его диаметр при этом уменьшается до 4—5 мкм, что позволяет ему проходить через самые мелкие капилляры.

Цитоплазма эритроцита лишена ядра. Это позволяет заполнить его миллионными молекулами **гемоглобина** — металлосодержашего транспортного белка, который способен связывать и переносить кислород, а также углекислый газ. Газотранспортная функция является основной для эритроцитов.

В каждом кубическом миллиметре крови содержится в среднем 4,5—5 млн эритроцитов. Предшественники эритроцитов развиваются из стволовых клеток

красного костного мозга. По мере роста и созревания они теряют ядро, после чего выходят в кровь и превращаются в зрелые эритроциты.

Эритроциты циркулируют в кровотоке 100—120 дней, после чего разрушаются. Это происходит главным образом в селезёнке. Аминокислоты из белков разрушенных эритроцитов используются в дальнейшем для пластического обмена, а железо из гемоглобина накапливается в печени.

КАК ЭРИТРОЦИТЫ ПЕРЕНОСЯТ КИСЛОРОД?

Основной функцией эритроцитов является транспортировка кислорода из лёгких в ткани и углекислого газа из тканей в лёгкие. Эту важнейшую функцию обеспечивает гемоглобин. Это сложное соединение состоит из белковой части — глобина и небелковой — гема. Гемоглобин, связанный с кислородом, называется *оксигемоглобином*.

Гемоглобин, помимо кислорода, способен связываться с углекислым газом, образуя *карбоминогемоглобин*. К молекулам гемоглобина может присоединяться угарный газ. В результате образуется *карбоксигемоглобин*, не способный переносить кислород, так как угарный газ занимает участки связывания с кислородом.

Транспортная функция гемоглобина может быть нарушена и в тех случаях, когда железо в составе гема окисляется до трёхвалентного состояния. Такое соединение называется *метгемоглобином*. Обратный переход возможен под действием особых молекул — *антиоксидантов*.

КАК ВЫРАБАТЫВАЮТСЯ И КАК ФУНКЦИОНИРУЮТ ТРОМБОЦИТЫ?

Тромбоциты являются самыми мелкими форменными элементами. Они имеют форму пластинок толщиной около 1 мкм и длиной 3—4 мкм. В кубическом миллиметре крови здорового взрослого человека содержится от 200 тыс. до 500 тыс. тромбоцитов. Тромбоциты образуются в красном костном мозге. Их источником являются крупные клетки мегакариоциты. Клетки имеют огромные ядра, а от одного из их концов постоянно отшнуровываются фрагменты цитоплазмы, окружённые плазматической мембраной.

Пройдя через стенки капилляров, тромбоциты циркулируют в кровотоке в среднем 10 суток, а затем разрушаются в селезёнке, печени или красном костном мозге. Несмотря на небольшие размеры и отсутствие ядра, тромбоциты имеют весьма сложное строение. Они содержат митохондрии, большое количество сократительных белков, а также многочисленные пузырьки с биологически активными веществами. Основной функцией тромбоцитов является участие в процессах свёртывания крови и образования тромбов.

КАК ОБРАЗУЕТСЯ БЕЛЫЙ ТРОМБ?

Процесс образования тромба запускается при повреждении сосуда (рис. 20). Из клеток повреждённых стенок и повреждённых клеток крови в плазму выбрасываются вещества, активирующие тромбоциты. Активированные тромбоциты увеличиваются в размере, приобретают округлую форму и выпускают отростки, позволяющие им двигаться наподобие амёбы. Такие тромбоциты перемещаются к области повреждения и вступают в контакт с белком *коллагеном*.

Тромбоциты прилипают к повреждённой стенке сосуда и друг к другу. Одновременно они выбрасывают в плазму вещества, привлекающие новые тромбоциты и сужающие повреждённый сосуд. В результате в течение одной—трёх минут образуется белый тромб, состоящий из одних тромбоцитов. Такой тромб называют



тромбоцитарной пробкой. Его бывает достаточно для остановки кровотечения из мелких сосудов.

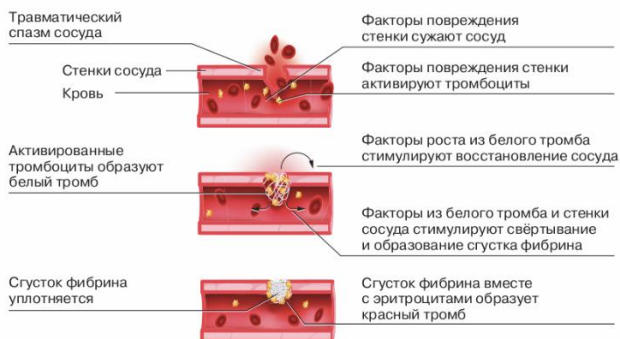


Рис. 20. Образование белого и красного тромбов в повреждённом сосуде

? КАК ОБРАЗУЕТСЯ КРАСНЫЙ ТРОМБ?

Параллельно с образованием белого тромба запускается процесс образования красного тромба. Сначала из клеток повреждённых стенок сосуда и активированных тромбоцитов высвобождаются вещества, превращающие неактивный белок плазмы *протромбин* в активный фермент — *тромбин*. Затем образовавшийся тромбин отщепляет от крупного растворимого белка плазмы *фибриногена* фрагмент — фибрин-мономер.

Под действием нескольких дополнительных факторов фибрин-мономер полимеризуется, образуя фибрин-полимер, который формирует фибриновый сгусток. Эти процессы протекают на поверхности белого тромба. В фибриновый сгусток попадают эритроциты, придающие ему красный цвет.

Тромбоциты, оказавшиеся внутри красного тромба, саморазрушаются, а их сократительные белки способствуют уплотнению красного тромба. В описанных процессах участвует более десятка веществ, которые, как правило, имеют белковую природу и называются **факторами свёртывания**. В процессах свёртывания большое значение имеют ионы кальция.

? КАК РАЗРУШАЮТСЯ ТРОМБЫ?

После образования тромба начинается восстановление повреждённой стенки сосуда. Этот процесс запускают вещества, выделенные активированными тромбоцитами. По мере восстановления целостности сосуда клетки эндотелия вырабатывают вещество, которое превращает неактивный белок плазмы плазминоген в активный фермент *плазмин*. Этот фермент разрушает фибриновый сгусток на растворимые фрагменты. Этот процесс носит название *фибринолиза*. Результатом фибринолиза становится восстановление кровотока через сосуд.

КЛЮЧЕВЫЕ
СЛОВА

Эритроциты. Гемоглобин. Лейкоциты. Тромбоциты. Факторы свёртывания.

ВЫВОДЫ

- Форменные элементы крови — эритроциты, тромбоциты, лейкоциты. Эритроциты — самые многочисленные постклеточные структуры, строение которых приспособлено к выполнению дыхательной функции крови.
- Тромбоциты — кровяные пластинки — участвуют в процессе свёртывания крови.

ДЛЯ ЛЮБОЗНАТЕЛЬНЫХ

- 1 За одну минуту в организме человека образуется и разрушается около 150 млн эритроцитов. Всего в крови взрослого человека одновременно циркулирует около 25 трлн эритроцитов, а их суммарная поверхность составляет около 3800 м².
- 2 Для образования эритроцитов требуются железо и ряд витаминов. Железо организм получает из гемоглобина разрушающихся эритроцитов и с пищей. Трёхвалентное железо пищи с помощью вещества, находящегося в слизистой кишечника, превращается в двухвалентное железо. С помощью белка трансферрина железо, всосавшись, транспортируется плазмой в костный мозг, где оно включается в молекулу гемоглобина. При недостатке железа развивается железодефицитная анемия. Для образования эритроцитов требуются также витамин В₁₂ (цианокобаламин) и фолиевая кислота.

ВОПРОСЫ

1. Перечислите форменные элементы крови.
2. Какие особенности строения имеют эритроциты?
3. Что такое гемоглобин и какова его роль?
4. От чего зависит цвет крови человека?
5. Что такое тромбоциты?
6. Каковы функции тромбоцитов?

ЗАДАНИЯ

7. Клинический анализ крови показал, что у пациента в крови содержание гемоглобина ниже нормы. Объясните, как это может сказаться на организме.
8. Почему при угаре человек погибает от удушья, несмотря на то что кислород поступает в лёгкие в достаточном количестве?
9. Чтобы скрыть следы преступления, человек сжёг окровавленную одежду. Однако судебно-медицинская экспертиза на основании анализа состава пепла установила наличие крови на сожжённой одежде. Каким образом?
10. Эритроциты получают кислород в лёгочных пузырьках. С помощью схемы кровообращения опишите путь эритроцитов, проходящий по телу и обратно к лёгким.



ОБЪЯСНИТЕ

11. Почему опасно вдыхать угарный газ?
12. Почему уровень тромбоцитов ниже нормы опасен для человека?
13. Где образуются клетки крови?

ТЕМЫ ДЛЯ ДИСКУССИЙ

14. Чьи эритроциты лучше переносят кислород? Анализируем их строение, функции у позвоночных.
15. Почему кровь относится к соединительной ткани?

§ 9. ЛЕЙКОЦИТЫ В СОСТАВЕ КРОВИ

ЭТО Я ЗНАЮ

Состав крови.
Функции крови.



В чём структурные и функциональные особенности лейкоцитов?



НА КАКИЕ ГРУППЫ ДЕЛЯТСЯ ЛЕЙКОЦИТЫ И КАКИЕ ФУНКЦИИ ОНИ ВЫПОЛНЯЮТ?

Лейкоциты имеют ядра и полный набор клеточных органоидов. Размеры лейкоцитов варьируют от 2 до 14 мкм. Они способны менять форму, передвигаться и проникать через стенки капилляров в ткани. Выделяют два основных класса лейкоцитов — *гранулярные* и *негранулярные* (рис. 21).

Гранулярные лейкоциты содержат в цитоплазме многочисленные гранулы с ферментами (лизосомы), которые на гистологических препаратах окрашиваются в разные цвета. В зависимости от особенностей окраски выделяют три группы гранулярных лейкоцитов: **нейтрофилы**, **эозинофилы**, **базофилы**. Негранулярные лейкоциты представлены **моноцитами** и **лимфоцитами**.



ПОЧЕМУ НЕЙТРОФИЛЫ НАЗЫВАЮТ МИКРОФАГАМИ?

Нейтрофилы являются наиболее многочисленной группой лейкоцитов. На них приходится от 40 до 70% общего количества лейкоцитов. Характерными признаками зрелых нейтрофилов являются ядро, состоящее из трёх—пяти сегментов, соединённых перемычками, и специфически окрашиваемые гранулы.

Нейтрофилы образуются в красном костном мозге, циркулируют в кровотоке 4—8 часов и ещё 4—5 суток функционируют в тканях, особенно там, где развивается процесс воспаления. В кровотоке нейтрофилы активно фагоцитируют чужеродные частицы, включая болезнетворные микроорганизмы. Получив химический сигнал из воспалённой ткани, нейтрофилы выходят из капилляра и движутся в направлении этого сигнала. Механизм называется *хемотаксисом*.

Входящие в повреждённые ткани нейтрофилы сразу способны к фагоцитозу. Сначала они прикрепляются к объекту атаки и охватывают его выростами и псевдоподиями. При этом образуется замкнутая камера, содержащая патогенную частицу, которая погружается в цитоплазму. Эта структура называется *фагосомой*.



макрофаги могут захватывать более крупные частицы, например повреждённые эритроциты или малярийных паразитов. Помимо ферментов, заключённых в лизосомы, нейтрофилы и особенно тканевые макрофаги имеют в мелких гранулах набор бактерицидных веществ. Среди них больше всего мощных окислителей, способных разрушить большинство бактерий.

Помимо бактерий, макрофаги способны захватывать и разрушать вирусы, повреждённые клетки и их фрагменты, а также другие инородные частицы. Более всего макрофагов локализовано в коже и подкожных тканях, лимфатических узлах, лёгких, печени и красном костном мозге.

? КАКИЕ ФУНКЦИИ ВЫПОЛНЯЮТ ЭОЗИНОФИЛЫ?

Эозинофилы составляют около 2% от всех лейкоцитов. Эозинофилы плохо приспособлены к фагоцитозу, но способны к хемотаксису. Объектом их поражения являются паразиты. Благодаря хемотаксису эозинофилы мигрируют в ткани, поражённые паразитами, и прикрепляются к их незрелым формам.

Из видоизменённых лизосом эозинофилы выделяют особые гидролитические ферменты, особо активные формы кислорода и пептиды, убивающие личинки. После выполнения своих функций эозинофилы погибают. Помимо защиты организма от паразитов, эозинофилы участвуют в аллергических и воспалительных реакциях, предупреждая их чрезмерное развитие.

? КАКИЕ ФУНКЦИИ ВЫПОЛНЯЮТ БАЗОФИЛЫ?

Самыми малочисленными из лейкоцитов являются базофилы. Их доля не превышает 1%. В кровотоке базофилы находятся 1—2 суток, после чего переходят в ткани и участвуют в воспалительных аллергических реакциях. При их активации стимулируется выброс находящихся в гранулах гепарина, гистамина, серотонина и других биологически активных веществ. В результате происходит расширение сосудов, разжижение крови и ряд других внешних проявлений аллергии.

? КАК ЛИМФОЦИТЫ УЧАСТВУЮТ В ИММУННЫХ ЗАЩИТНЫХ РЕАКЦИЯХ ОРГАНИЗМА?

Лимфоциты составляют от 20 до 45% от всей массы лейкоцитов крови. Все предшественники лимфоцитов производятся кроветворной тканью красного костного мозга. Кровь для лимфоцитов является средой, в которой они циркулируют между органами лимфатической системы и другими тканями организма. Лимфоциты способны выходить из капилляров и проникать в соединительную или эпителиальную ткань. Время жизни лимфоцитов составляет от нескольких месяцев до нескольких лет. Все лимфоциты играют ведущую роль в иммунных защитных реакциях организма.

Особенности жизненного цикла и участия в защитных реакциях позволяют выделить три группы лимфоцитов: *В-лимфоциты*, *Т-лимфоциты* и *натуральные киллеры*.

В-лимфоциты составляют около 10% от всех лимфоцитов крови. Они выходят из красного костного мозга и сразу поступают в общий кровоток. Часть В-лимфоцитов, осев в лимфоидных тканях, дают начало клонам плазматических клеток. Каждая клетка одного клона производит антитела (иммуноглобулины) только против одного антигена (чужеродной клетки, вирусной частицы и т. д.). Плазматические клетки и синтезируемые ими антитела формируют гуморальный иммунитет.

T-лимфоциты составляют около 80% от всех лимфоцитов. Предшественники этих клеток поступают из красного мозга не в кровь, а в тимус, где они окончательно «дозревают» и только после этого выходят в кровоток. Часть T-лимфоцитов циркулирует в составе крови, а часть оседает в лимфоидных тканях.

В ответ на появление конкретных антигенов T-лимфоциты распознают их, дифференцируются и размножаются. T-лимфоциты уничтожают не только патогенных возбудителей, но и опухолевые и поражённые вирусами собственные клетки организма, участвуют в аллергических реакциях и отторжении чужеродного трансплантата. Такую форму иммунной реакции называют *клеточным иммунитетом*, но T-лимфоциты участвуют и в реакциях гуморального иммунитета, содействуя делению и дифференцировке B-лимфоцитов.

Лимфоциты, относящиеся к натуральным киллерам, составляют 5–10% от всех лимфоцитов. Они содержат в цитоплазме лизосомы с особым белком — *перфорином*, который нарушает целостность наружных мембран клеток-мишеней. Такими мишенями являются заражённые вирусами клетки, опухолевые клетки, а также чужеродные клетки, попавшие в организм.

**КЛЮЧЕВЫЕ
СЛОВА**

Лейкоциты. Нейтрофилы. Моноциты. Эозинофилы. Базофилы. Лимфоциты.

ВЫВОДЫ

- Лейкоциты представляют собой группу подвижных форменных элементов крови, защищающих организм человека от чужеродных веществ и микроорганизмов.

ПРАКТИКУМ**ИЗУЧЕНИЕ ФОРМЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КРОВИ**

Цель: изучить особенности внешнего строения, формы, размеров форменных элементов крови.

Материалы и оборудование: препарат мазка крови человека, микроскоп.

Ход работы

1. Рассмотрите препарат мазка крови человека при малом увеличении микроскопа. Обратите внимание на разнообразие форм, окраски и размеров клеток, попавших в поле зрения.
2. Переведите микроскоп на большое увеличение. Определите, какие форменные элементы крови попали в поле вашего зрения.
3. Постарайтесь найти эритроциты, нейтрофилы, эозинофилы, базофилы, моноциты, лимфоциты и кровяные пластинки. Зарисуйте увиденные форменные элементы крови.
4. Запишите выводы в тетради.

ДЛЯ ЛЮБОЗНАТЕЛЬНЫХ

При проведении медицинского анализа крови осуществляется подсчёт относительного содержания в ней лейкоцитов отдельных видов. Результаты такого подсчёта регистрируются в табличной форме в виде лейкоцитарной формулы, в которой содержание клеток каждого вида представлено в процентах по отношению к общему количеству лейкоцитов, принятому за 100%.



ВОПРОСЫ

1. Какое значение имеет способность лейкоцитов к активному передвижению?
2. Что содержат гранулы гранулярных лейкоцитов?
3. О чём говорит высокое содержание базофилов в крови человека?
4. Какую роль играют лимфоциты в организме человека?
5. Где происходит образование и созревание лейкоцитов?
6. Почему при инфекционных заболеваниях дыхательных путей в мокроте больного находят наряду с болезнетворными микроорганизмами много лейкоцитов?

ЗАДАНИЯ

7. Составьте классификацию лейкоцитов с учётом их строения и специализации.
8. При обследовании больного обнаружили повышенное содержание эозинофилов в крови. Дайте объяснение этому явлению.
9. Опишите особенности строения и функциональное значение моноцитов.
10. Укажите различия между лейкоцитами и эритроцитами по цвету, форме и строению.

ОБЪЯСНИТЕ

11. Почему ангина часто сопровождается воспалением лимфатических узлов на шее?
12. Почему лимфоциты являются главными клетками иммунной системы?
13. Почему образование эритроцитов значительно активируется в условиях высокогорья?

ТЕМЫ ДЛЯ ДИСКУССИЙ

14. Почему знакомство врача с пациентом обычно начинается с анализа крови?
15. Как можно объяснить широкое распространение аллергии в мире?

§ 10. ГРУППЫ КРОВИ

ЭТО Я ЗНАЮ

Форменные элементы крови.
Значение крови в организме.



Чем различаются группы крови?



НА ЧЁМ ОСНОВАНО РАЗДЕЛЕНИЕ ГРУПП КРОВИ ПО СИСТЕМЕ АВ0?

Кровь каждого человека имеет индивидуальные биологические признаки, которые начинают формироваться в раннем периоде эмбрионального развития и не меняются в течение всей последующей жизни (рис. 22). В крови человека есть особые белки, которые способны взаимодействовать с парными им белками крови другого человека. Расположенные на мембранах эритроцитов белки называют

антигенами — агглютиногенами А и В. Белки, находящиеся в плазме крови, называются **антителами** — агглютинидами α (альфа) и β (бета). По наличию антигенов и антител предложена система разделения крови на четыре группы по **системе АВО**.

В плазме первой (I) группы крови содержатся антитела α и β , а на мембранах эритроцитов нет антигенов. В плазме второй (II) группы крови имеются антитела β , а на мембранах эритроцитов есть антиген А. В плазме третьей (III) группы крови имеются антитела α , а на мембранах эритроцитов есть антиген В. В плазме четвёртой (IV) группы крови нет антител, а на мембранах эритроцитов есть антигены А и В. Кровь всех четырёх групп одинаково полноценная. Группа крови у человека постоянна. Она не изменяется в течение жизни и передаётся по наследству.



ЗДОРОВЫЙ ОБРАЗ ЖИЗНИ

Учёные установили, что при смешивании несовместимых групп крови эритроциты склеиваются, разрушаются и образуют тромбы. Изучение групп крови позволило установить правила переливания крови (см. рис. 22).



НА ЧЁМ ОСНОВАНО РАЗДЕЛЕНИЕ ГРУПП КРОВИ ПО РЕЗУС-СИСТЕМЕ?

Кроме антигенов А и В, на мембранах эритроцитов крови человека может содержаться особый белок — **резус-агглютиноген (Rh)**. Его называют **резус-фактором**. Он обнаруживается примерно у 85% людей. Кровь таких людей называют **резус-положительной (Rh⁺)**. Кровь, в которой резус-фактора нет, называют **резус-отрицательной (Rh⁻)**.

Принадлежность человека к той или иной резус-группе является его индивидуальной особенностью, не влияющей на состояние здоровья. Жизненно важным знание резус-фактора своей крови становится в случае необходимости переливания крови, а также при планировании беременности. Если резус-отрицательная женщина вынашивает плод, унаследовавший резус-положительный фактор отца, то может возникнуть **резус-конфликт**, при котором фрагменты эритроцитов плода попадают в кровь матери и провоцируют выработку специфических антител — **резус-агглютининов**. Эти антитела проникают в организм плода и разрушают его эритроциты.

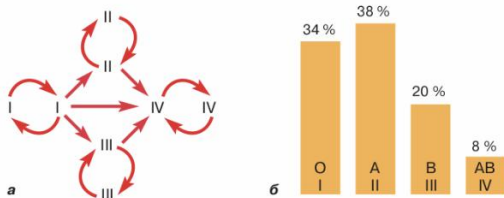


Рис. 22. Схема совместимости групп крови при переливании (а); процентное соотношение групп крови у населения (б)



Это значительно ухудшает кровоснабжение и может привести к гибели плода. Вероятность резус-конфликта зависит от того, первая это беременность или последующие, а также от состояния плаценты. До первого контакта с резус-антигеном резус-агглютининов в крови матери нет. Контакт происходит при переливании резус-положительной крови, а также при родах или искусственном прерывании беременности.

Если при второй беременности кровь плода вновь окажется резус-положительной, возможен резус-конфликт. В этом случае антитела матери, проникая через плаценту, повреждают эритроциты плода. В настоящее время образование антител в организме Rh⁻ женщины можно ограничить путём специальной профилактики. В течение 72 ч после родов женщине внутривенно вводят антитела, которые устраняют из её крови выработанные иммунной системой резус-агглютинины.

ПОЧЕМУ НЕОБХОДИМО ЗНАТЬ СВОЮ ГРУППУ КРОВИ?

Каждому человеку следует знать свою группу крови по системе АВ0 и резус-принадлежность. Травмы, ранения, хирургические операции могут сопровождаться большими потерями крови. Они опасны для жизни, и единственным способом помочь пострадавшему является переливание взвеси эритроцитов, свежезамороженной плазмы, плазмозаменителей, а при их отсутствии — цельной крови.

Людей, дающих кровь, называют **донорами** (от лат. *доно* — дарю). Человека, которому вливают кровь, называют **реципиентом** (от лат. *реципиенс* — принимающий). Допускается переливание цельной крови и её компонентов только той группы и резус-принадлежности, которая имеется у реципиента.

Если группы крови и резус-фактор подобраны неправильно, развивается иммунная реакция, приводящая к негативным последствиям. Осложнения могут возникнуть и при переливании одногруппной натуральной крови. Причиной могут быть функционально неполноценные тромбоциты или лейкоциты, антитела и антигены, полученные реципиентом при переливании.

Существуют единые правила для всех случаев переливания крови: переливать только одногруппную кровь по антигенной системе АВ0; нельзя переливать резус-положительную кровь (Rh⁺) резус-отрицательному (Rh⁻) реципиенту. Количество переливаемой крови должно быть ограничено и по рекомендациям составлять не более $\frac{1}{10}$ объёма циркулирующей крови.

Угроза заражения людей возбудителями СПИДа, сифилиса, гепатитов и других инфекций, передаваемых при переливании крови и её производных, требует снижения количества переливаний цельной крови. Применение кровезаменяющих препаратов или плазмозаменяющих препаратов в большинстве случаев экономически выгоднее, чем применение крови и её элементов. Поэтому в настоящее время широко разрабатываются и применяются синтетические заменители крови.

КАК ПРОИСХОДИТ СВЁРТЫВАНИЕ КРОВИ?

Свёртывание крови является защитной реакцией организма, выражающейся в остановке кровотечения при повреждении сосуда. За счёт свёртывания крови обеспечивается постоянство объёма крови в организме.

При повреждении кровеносных сосудов тромбоциты разрушаются и в плазму выделяется особый фермент. Под его влиянием происходит цепь химических реакций, в результате которых растворимый белок плазмы фибриноген превращается в нерастворимый белок фибрин. Он имеет вид тонких нитей, образующих сеть. В её ячейках застревают форменные элементы и формируется кровяной сгусток — *тромб*.

Уплотняясь, тромб стягивает края раны. При этом из него выдавливается прозрачная жёлтая жидкость — сыворотка. Тромбообразование, или гемостаз, является одной из важнейших защитных функций организма.

Несмотря на то что кровь содержит все необходимые для свёртывания компоненты, в организме она находится в жидком состоянии. Это объясняется существованием специальных противосвёртывающих механизмов, включающих такие вещества, как гепарин, антитромбины, фибринолизин и другие. Ауторегуляция свёртывания крови осуществляется с помощью факторов свёртывания и противосвёртывания крови, образуемых в различных клетках организма, особенно в клетках печени, лёгких, в сосудистой стенке.

? ПРИ КАКИХ УСЛОВИЯХ РАЗВИВАЕТСЯ ГЕМОФИЛИЯ?

Свёртывание крови — это каскад реакций, для которого нужно не менее тридцати факторов. Самыми известными из них являются глобулины А и В. Если в плазме крови отсутствует хотя бы один из белков глобулинов А или В, то развивается **гемофилия** наследственного характера. У людей, страдающих гемофилией, резко понижена свёртываемость крови, даже небольшая царапина может вызвать у них смертельно опасное кровотечение.

Гемофилия передаётся по наследству. Хотя носителями патологического гена являются женщины, болеют гемофилией преимущественно мужчины. Нарушения свёртывания могут иметь другие ненаследственные причины — недостаточное количество тромбоцитов, недостаточная выработка фибриногена и др.

? ПРИ КАКИХ УСЛОВИЯХ РАЗВИВАЕТСЯ АНЕМИЯ?

Анемия, или малокровие, представляет собой заболевание, при котором в организме снижается содержание гемоглобина и/или количества эритроцитов в единице объёма крови, что приводит к снижению снабжения тканей кислородом. При анемии клеткам слишком мало кислорода, что замедляет окисление органических молекул и получение энергии.

В связи с дефицитом энергии человек быстро устаёт, у него ослабевает внимание, ухудшается память. Анемия чаще всего обусловлена нехваткой в пище железа, дефицитом в питании витамина В₁₂ и фолиевой кислоты, генетическими нарушениями структуры молекул гемоглобина, а также кровотечениями.

После значительной потери крови количество эритроцитов восстанавливается в течение трёх—шести недель. В течение всего этого времени организм страдает от дефицита кислорода. Анемия может быть связана с нарушением деятельности красного костного мозга в результате его повреждения или болезни.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Группы крови по системе АВ0. Группы крови по резус-системе. Донор. Реципиент. Свёртывание крови. Гемофилия. Анемия.

ВЫВОДЫ

- Применяются следующие классификации группы крови человека: система АВ0 и резус-система. Они основаны на наличии или отсутствии в крови специальных белков.
- Жизненно важным знанием группы крови и резус-фактора становится в случае необходимости её переливания с учётом единых правил: переливать только одногруппную кровь по антигенной системе АВ0; нельзя переливать резус-положительную кровь донора резус-отрицательному реципиенту.



ДЛЯ ЛЮБОЗНАТЕЛЬНЫХ

Ввиду огромной важности системы свёртываемости для стабильной работы организма в клинической медицине разработаны различные методы исследования этой защитной реакции. Наиболее распространённым анализом для исследования свёртываемости крови является *коагулограмма*, которая включает в себя определение времени, необходимого для остановки кровотечения, и количества различных факторов этой системы, таких как фибриноген и другие. Показаниями к проведению коагулограммы являются состояния, сопровождаемые повышенной кровоточивостью или, наоборот, повышенным тромбообразованием. Определение коагулограммы в обязательном порядке производится перед хирургическими вмешательствами.

ВОПРОСЫ

1. Сколько групп крови вы знаете? Чем они различаются?
2. Какие форменные элементы крови определяют её группу?
3. Какие единые правила для переливания крови вы знаете?
4. В каком случае у беременной женщины может возникнуть резус-конфликт?
5. Как образуется фибрин? Какова его роль?
6. Что такое гемофилия? Чем она опасна?

ЗАДАНИЯ

7. Поясните, какие группы крови совместимы между собой и от чего это зависит.
8. Агглютинация — склеивание и выпадение в осадок эритроцитов. Подумайте, когда это может произойти.
9. Расскажите, как образуется тромб в повреждённом сосуде.
10. Опишите признаки анемии. Назовите причины этого заболевания.

ОБЪЯСНИТЕ

11. Почему нельзя переливать резус-положительную кровь донора резус-отрицательному реципиенту?
12. Почему гемофилия может передаваться по наследству?
13. Почему свёртывание крови является защитным приспособлением организма?

ТЕМЫ ДЛЯ ДИСКУССИЙ

14. Повышенная свёртываемость крови может привести к образованию тромбов в неповреждённых сосудах. В чём опасность тромбозов?
15. Что такое инфекционная безопасность пациента при переливании крови?

1 ЗАДАНИЕ

СПРАВОЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Дыхательная функция крови состоит в доставке кислорода от лёгких к тканям и углекислого газа от тканей к лёгким. Известно, что кислород может растворяться

в воде. В 1 литре крови содержится 150 г гемоглобина, 1 грамм которого способен связать 1,34 мл кислорода.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Почему кислород в организме человека транспортируется не плазмой крови, а эритроцитами?
2. Какое видимое изменение крови может служить признаком, характеризующим степень связывания кислорода с эритроцитами?
3. Во сколько раз участие дыхательного пигмента увеличивает кислородную ёмкость крови, если известно, что растворимость кислорода в плазме составляет 3 мл в 1 литре крови?
4. Определите, сколько кислорода будет связано с гемоглобином в 1 литре крови.
5. Вы знаете, что гемоглобин обладает двумя важными свойствами — способностью присоединять кислород и отдавать его: $\text{Hb} + 4\text{O}_2 \rightleftharpoons \text{Hb}(\text{O}_2)_4$

Эта способность зависит от парциального давления кислорода в крови. График, отражающий способность гемоглобина присоединять и отдавать кислород, — кривая диссоциации оксигемоглобина (рис. 23). Известно, что парциальное давление кислорода в активно дышащих тканях колеблется от 0 до 20 мм рт. ст. На венозном конце капилляра оно составляет 40 мм рт. ст., а парциальное давление кислорода, которое наблюдается в крови лёгочных капилляров, лёгочных вен и артерий большого круга, — 80—100 мм рт. ст.

Используя график (см. рис. 23), объясните, как зависит способность гемоглобина присоединять кислород от парциального давления кислорода в крови, и докажете, что степень диссоциации оксигемоглобина определяется потребностью тканей в кислороде.

2 ЗАДАНИЕ

СПРАВОЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

У пострадавшего в результате ранения плеча возникло сильное пульсирующее кровотечение ярко-красного цвета. Перевязочных материалов, кроме собственной одежды, и медицинских инструментов нет.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. По каким признакам вы определите вид кровотечения?
2. Какова последовательность действий по оказанию первой доврачебной помощи?
3. Предложите способы временной остановки данного кровотечения.
4. Считаете ли вы необходимым доставить пострадавшего в лечебное учреждение?

3 ЗАДАНИЕ

СПРАВОЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Учащийся, сердце которого сокращается 70 ударов в минуту, писал сочинение в течение четырёх часов.

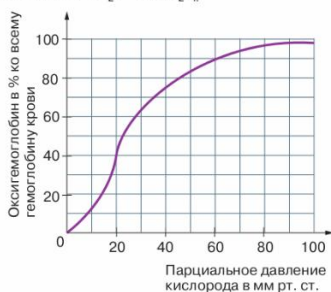


Рис. 23. Кривая диссоциации оксигемоглобина



ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Рассчитайте, сколько времени за этот период желудочки его сердца находились в состоянии диастолы.
2. Определите, сколько часов за данный период времени и при таком ритме желудочки сердца находились в состоянии систолы.
3. Почему систола предсердий будет значительно короче по сравнению с систолой желудочков?
4. Предположите, какие изменения могут произойти в работе организма за время, проведённое за написанием сочинения. Как восстановить работоспособность и хорошее самочувствие в данном случае? Ответ обоснуйте.

4 ЗАДАНИЕ

СПРАВОЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Исследователь сравнивал количество эритроцитов и гемоглобина в крови обычного человека и профессионального альпиниста.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Как вы думаете, будет ли исследователь наблюдать различия по показателям крови? Ответ поясните.
2. Почему при подготовке к восхождению в гору начинающему альпинисту рекомендуются регулярные аэробные тренировки?
3. К каким изменениям крови и органов сердечно-сосудистой системы альпинистов приводят такие тренировки?

5 ЗАДАНИЕ

СПРАВОЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Представьте, что меченый эритроцит находится в лёгочной артерии и движется вперёд. В пути он не разрушился и не задержался.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Возвратится ли этот эритроцит в лёгочную артерию?
2. Если возвратится, то сколько раз этот эритроцит пройдёт через сердце?
3. Изобразите условно схему прохождения пути эритроцитом, указав лёгкие, отделы сердца, сосуды, отметив красным цветом артериальную кровь и синим — венозную.

6 ЗАДАНИЕ

СПРАВОЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

За счёт сокращения сердца обеспечивается непрерывное движение крови по организму человека. Однако физических возможностей сердца недостаточно для обеспечения кровообращения.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Какие дополнительные факторы способствуют кровотоку? Назовите не менее четырёх факторов.
2. Почему в венах кровь движется медленнее, чем в артериях?
3. Установите правильную последовательность расположения кровеносных сосудов в порядке увеличения скорости движения крови в них: плечевая артерия, нижняя полая вена, капилляры, аорта.
4. Каковы могут быть причины нарушения кровообращения?

Глава 2

ИММУННАЯ СИСТЕМА



ВЫ УЗНАЕТЕ

- об иммунной системе и факторах, влияющих на иммунитет;
- о видах иммунитета, механизмах возникновения;
- об особенностях инфекционных заболеваний и их профилактике.

ВЫ НАУЧИТЕСЬ

- объяснять, что такое иммунитет;
- классифицировать виды иммунитета;
- обосновывать необходимость соблюдения мер профилактики инфекционных заболеваний;
- объяснять роль вакцин и лечебных сывороток для сохранения здоровья человека.



§ 11. МЕХАНИЗМЫ ЗАЩИТЫ ОРГАНИЗМА ОТ ИНФЕКЦИЙ

ЭТО Я ЗНАЮ

Разновидности лейкоцитов.
Что такое эпидемии, их опасность, последствия.



Как организм человека противостоит инфекционным болезням?



КАКОВЫ ОСОБЕННОСТИ ИНФЕКЦИОННЫХ БОЛЕЗНЕЙ?

Человек живёт в окружении разнообразных микроорганизмов, в том числе болезнетворных вирусов, бактерий, грибов, одноклеточных эукариот. Болезнетворные микроорганизмы находятся в организме больных животных и людей, от которых они могут тем или иным путём передаваться здоровым людям. Например, от больных животных человек при употреблении сырого коровьего молока может заразиться бруцеллёзом или ящуром. Находящиеся в почве возбудители столбняка через повреждённые ткани могут проникнуть в организм и вызвать тяжёлое заболевание. Многие болезни передаются воздушно-капельным путём при кашле, чихании, громком разговоре. Так люди заражаются гриппом, коронавирусом, туберкулёзом и другими инфекционными заболеваниями.

Инфекционные болезни — обширная группа заболеваний человека, вызываемых болезнетворными вирусами, бактериями, грибами и одноклеточными эукариотами.

Появились новые инфекции — ВИЧ-инфекция, лихорадка Эбола, инфекция коронавируса. Медицинские исследования фиксируют активацию ранее известных инфекционных болезней — туберкулёза, гепатитов, малярии. При этих заболеваниях происходит отравление организма продуктами жизнедеятельности болезнетворных бактерий и вирусов, которые проникают в организм человека и активно развиваются в нём.



КАКОВЫ МЕХАНИЗМЫ ВНЕШНЕЙ ЗАЩИТЫ ОРГАНИЗМА ОТ ИНФЕКЦИЙ?

Известно, что даже заразившийся человек не всегда заболевает. Существуют механизмы естественной сопротивляемости организма по отношению к болезнетворным микроорганизмам. Основным внешним защитным барьером, предотвращающим проникновение чужеродных клеток и веществ во внутреннюю среду организма, являются кожа и слизистые оболочки.

Защитными свойствами кожи являются её непроницаемость, наличие на поверхности веществ, обладающих бактерицидными свойствами, которые связаны с выделением молочной и жирных кислот, ферментов, входящих в состав пота, сального секрета. Клетки слизистых оболочек выделяют слизь, которая препятствует прикреплению к ней микроорганизмов и также содержит защитные вещества. Неповреждённые кожа и слизистые оболочки непреодолимы для многих микроорганизмов.

Однако возбудители заболеваний часто проникают в организм через повреждённые слизистые оболочки носа, дыхательных путей, глаз, мочеполовых путей и кишечного тракта.

? КАКОВО ЗНАЧЕНИЕ ВОСПАЛЕНИЯ?

Как только патогенный микроорганизм преодолевает физические барьеры, к данному участку перемещаются лейкоциты, преимущественно нейтрофилы, и запускают воспалительный ответ. **Воспаление** является защитной реакцией организма на инфекции.

Болезнетворные микроорганизмы, выделяемые ими токсины и образованные при повреждении собственных клеток вещества, называемые медиаторами воспаления, запускают реакцию воспаления. Увеличивается приток крови к поражённому месту, и оно краснеет. Возникает местное воспаление. В очаг воспаления могут вовлекаться разнообразные клетки. Из сосудов выходят лейкоциты, которые скапливаются в месте воспаления и уничтожают болезнетворные микроорганизмы. Такая деятельность лейкоцитов называется *фагоцитозом*. Обычно при этом часть лейкоцитов гибнет и образуется гной (рис. 24).

Воспалённые ткани выделяют в кровь вещество, которое с кровью поступает в костный мозг и стимулирует усиленное развитие лейкоцитов. Поэтому увеличение количества лейкоцитов в крови может указывать на воспалительный процесс в организме.

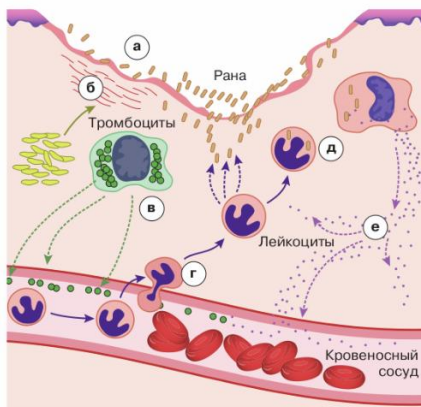


Рис. 24. Схема воспаления: проникновение в рану бактерий (а); свёртывание крови в месте ранения (б); выделение гистамина (в); выход лейкоцитов из кровеносного сосуда (г); фагоцитоз (д); выделение веществ, привлекающих клетки иммунной системы в очаг воспаления (е)

? ЧТО ТАКОЕ ИММУНИТЕТ?

В борьбе с инфекциями решающее значение имеют специфические вещества, которые вырабатываются в организме. Они обуславливают невосприимчивость организма к инфекции, против которой выработаны. Эту форму защиты называют **иммунитетом** (от лат. *иммунас* — освобождение).



Иммунитет — способность организма распознавать обладающие чужеродными свойствами вещества, структуры и клетки, сохранять химическое постоянство и биологическую индивидуальность внутренней среды.

Иммунитет всегда конкретен, специфичен, направлен против определённого возбудителя заболевания. Специфичность иммунитета состоит в том, что он обеспечивает защиту только от одной инфекции и не влияет на степень восприимчивости к другим инфекциям. Специфическая иммунная реакция на бактерии, вирусы, токсины и другие чужеродные антигены осуществляется иммунокомпетентными клетками — Т-, В-лимфоцитами и макрофагами. Конкретность и специфичность механизмов иммунитета определяются видом образуемых **антител** и рецепторов иммунных Т-клеток к соответствующим **антигенам** (чужеродным агентам). Наибольшее количество специфичных к антигену антител и имеющих соответствующие рецепторы лимфоцитов появляется после многократных контактов с ними — **иммунизаций**.

Антигенраспознающие рецепторы представлены только на В- и Т-лимфоцитах. Важная особенность этих рецепторов — гигантская вариабельность их антигенраспознающих участков (миллионы вариантов). Популяции Т- и В-клеток имеют клональную структуру: в процессе дифференцировки каждая клетка приобретает рецептор уникальной специфичности. На В-клетках представлены В-клеточные рецепторы (BCR — B-cell receptors), похожие по структуре на иммуноглобулины, на мембране Т-лимфоцитов — более сложно устроенные Т-клеточные рецепторы (TCR — T-cell receptors).

Среди лимфоцитов присутствует большое количество клеток с различными рецепторами, поэтому среди них всегда есть относительно специфичный для внедрившегося антигена.

? ЧТО ТАКОЕ АНТИГЕНЫ И АНТИТЕЛА?

Ответом организма на вторжение обладающих чужеродными свойствами антигенов является иммунный процесс. Антигенными свойствами обладают молекулы белков, нуклеиновых кислот, полисахаридов и другие макромолекулы, а также вирусы, паразитические черви, болезнетворные бактерии, грибы, одноклеточные зоокариоты.

Антигены — вещества, которые при попадании в организм воспринимаются как генетически чужеродные и вызывают образование антител.

Антигенные свойства отдельных веществ проявляются и в том случае, если они входят в состав сложных смесей и систем. Поэтому в медицине термин «антиген» часто используют по отношению к таким сложным системам, как микробные, растительные и животные экстракты, тканевые экстракты, биологические жидкости. При этом имеются в виду отдельные содержащиеся в этих системах антигены.

Иммунным ответом называют реакцию системы иммунитета на антиген. Главную роль в специфическом иммунном ответе организма играют В- и Т-лимфоциты. Оба типа этих клеток обладают способностью безошибочно выявлять болезнетворные микроорганизмы, чужие или свои опухолевые клетки. Т-лимфоциты созревают в тимусе, В-лимфоциты образуются в костном мозге. При встрече с проникшими в организм антигенами В-клетки превращаются в плазмочиты, которые производят антитела.

Антитела — белковые молекулы, иммуноглобулины, которые образуются В-лимфоцитами и специфично взаимодействуют с антигенами.

Антитела образуются клетками лимфатических узлов, селезёнки, костного мозга. Отсюда они проникают в кровь и циркулируют по организму. Взаимодей-

ствую с патогенными микроорганизмами, антитела препятствуют их размножению и нейтрализуют выделяемые ими токсические вещества. Одни антитела склеивают проникающие микроорганизмы, другие осаждают склеенные частицы, а третьи способствуют разрушению их до простых соединений, уже не опасных для организма.

Всё это происходит в том случае, если организм был предварительно иммунизирован и успел активно выработать специфические иммуноглобулины или же ему были своевременно введены готовые антитела, полученные от иммунизированных людей (рис. 25). В противном случае яд может подействовать быстрее и отравить организм прежде, чем он начнёт вырабатывать противоядия.

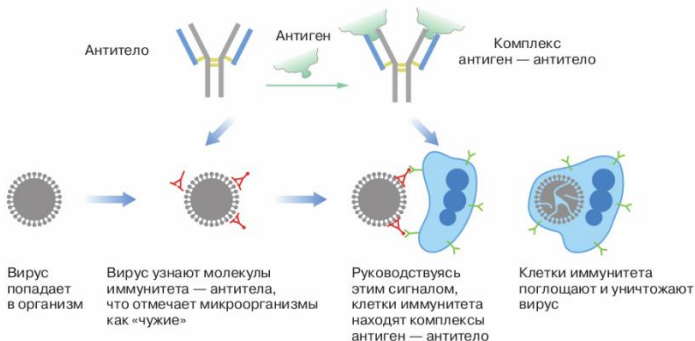


Рис. 25. Комплекс антиген — антитело

КАК РАЗРАБАТЫВАЛИСЬ НАУЧНО ОБОСНОВАННЫЕ МЕТОДЫ ПРОФИЛАКТИКИ ИНФЕКЦИОННЫХ БОЛЕЗНЕЙ?

В разработку научно обоснованных методов профилактики инфекционных болезней большой вклад внёс великий французский учёный *Луи Пастер* (рис. 26). В 1880 году он изучал куриную холеру. В одном из опытов для заражения кур он использовал старую культуру возбудителя куриной холеры, хранившуюся длительное время при температуре +37 °С. Часть заражённых этой культурой кур выжила. После повторного заражения свежей культурой куры не погибли.

Пастер сделал сообщение об эксперименте в Парижской академии наук и высказал предположение, что ослабленные микроорганизмы можно использовать для предупреждения инфекционных болезней. Ослабленные культуры получили название *вакцины*, а предложенный метод профилактики — *вакцинации*. В дальнейшем Пастером были получены вакцины против сибирской язвы и бешенства. Разработанные этим учёным принципы получения вакцин и метод их применения успешно используются для профилактики инфекционных болезней.

КАК РАЗРАБАТЫВАЛОСЬ УЧЕНИЕ ОБ ИММУНИТЕТЕ?

Работая в Италии, отечественный учёный *Илья Ильич Мечников* (см. рис. 26) проводил эксперименты с личинками морских звёзд, которым вводил

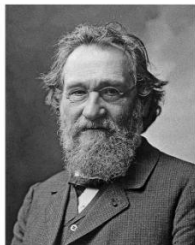


Рис. 26. Луи Пастер (1822—1895), Илья Ильич Мечников (1845—1916)

шипы роз. При этом учёный наблюдал, что вокруг шипов скапливаются подвижные клетки, обволакивающие и захватывающие их.

Проанализировав и обобщив результаты исследований, И. И. Мечников разработал *фагоцитарную теорию иммунитета*, согласно которой освобождение организма от микроорганизмов происходит при помощи фагоцитов, являющихся клетками — пожирателями микроорганизмов.

В противоположность этому немецкий учёный *Пауль Эрлих* считал, что основным защитным механизмом от инфекции являются гуморальные факторы сывотки крови — антитела. К концу XIX в. выяснилось, что эти две точки зрения не исключают, а взаимно дополняют друг друга. В 1908 г. за развитие учения об иммунитете И. И. Мечников и П. Эрлих были удостоены Нобелевской премии.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Иммунитет. Инфекционные болезни. Воспаление. Иммунизация. Антитела. Антигены.

ВЫВОДЫ

- Инфекционные заболевания человека вызываются болезнетворными вирусами, бактериями, грибами и одноклеточными эукариотами.
- Иммунитет — невосприимчивость организма к инфекционным болезням, способность распознавать обладающие чужеродными свойствами вещества, структуры и клетки.
- В ответ на попадание в организм антигенов — генетически чужеродных веществ возникает иммунный ответ, сопровождающийся выработкой защитных белков — антител.

ВОПРОСЫ

1. Какие болезни называют инфекционными?
2. Как организм защищается от инфекций?
3. В чём состоит заслуга Пастера в борьбе с эпидемиями?
4. Что такое воспаление? Каков его механизм?
5. Что называют иммунитетом?
6. Каковы функции антител?

ЗАДАНИЯ

7. Составьте схему, поясняющую пути передачи возбудителей инфекционных болезней.

8. Поясните, какие структуры в иммунных реакциях называют антигенами и антителами.
9. Перечислите признаки воспалительной реакции.
10. Сравните теории иммунитета И. И. Мечникова и П. Эрлиха. Выделите их принципиальное различие.

ОБЪЯСНИТЕ

11. Почему вакцинация — важный метод профилактики инфекционных болезней?
12. Почему выработанный иммунитет к возбудителю одного заболевания не защищает от другого?
13. Почему увеличение количества лейкоцитов в крови может указывать на воспалительный процесс в организме?

ТЕМЫ ДЛЯ ДИСКУССИЙ

14. Как определить, хорошо ли развиты защитные механизмы организма?
15. Какое значение имеет повышение температуры во время болезни? Надо ли сбивать температуру?

§ 12. ОРГАНЫ ИММУННОЙ СИСТЕМЫ

ЭТО Я ЗНАЮ

Что такое иммунитет.
Антитела. Антигены.



Что отличает иммунную систему от других систем органов?

? ЧТО ВКЛЮЧАЕТ ИММУННАЯ СИСТЕМА?

Иммунная система включает совокупность органов, тканей, клеток и специфических белков, выполняющих функции защиты организма от генетически чужеродных клеток и веществ. К поступающим в организм из внешней среды чужеродным объектам относятся болезнетворные микроорганизмы. Генетически чужеродными объектами, которые могут формироваться внутри организма, являются клетки опухолей.

Структуры иммунной системы обеспечивают генетическую целостность организма и его внутренней среды, формирование и поддержание иммунитета. Эти структуры образованы из лимфоидной ткани, которая представляет собой ретикулярные волокна и расположенные в их петлях лимфоциты и плазматические клетки.

Дифференцировка и взаимодействие клеток системы иммунитета между собой, а также с клетками других систем организма осуществляются с помощью регуляторных молекул — **цитокинов**. Регуляторные функции цитокинов обусловлены тем, что после их взаимодействия с рецепторами клеток возникает сигнал, который передаётся в ядро, где активируются гены. Продукты этих генов осуществляют регуляцию иммунного ответа.



? КАКОВО ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ ИММУННОЙ СИСТЕМЫ?

Физиологическая роль иммунной системы не ограничивается созданием иммунитета. Она участвует в регуляции метаболизма и регенерации тканей. Система естественного иммунитета создаётся разными клетками организма (табл. 3).

Таблица 3

Основные иммунитетные функции клеток

Клетки	Иммунитетные функции
Лимфоциты	Приобретённый специфический иммунитет
Макрофаги	Представление антигенов. Фагоцитоз и переваривание
Нейтрофилы	Фагоцитоз. Антибактериальный врождённый иммунитет
Эозинофилы	Противопаразитарный иммунитет. Аллергия
Базофилы	Аллергия. Защита слизистых оболочек. Воспаление
Тучные клетки	Аллергия. Защита слизистых оболочек. Воспаление
Дендритные клетки	Представление антигенов

? КАКОВО СТРОЕНИЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ ЦЕНТРАЛЬНЫХ ОРГАНОВ ИММУННОЙ СИСТЕМЫ?

Выделяют **центральные** и **периферические органы иммунной системы**. К центральным органам иммунной системы относят **костный мозг** и **тимус**. Костный мозг является органом кроветворения. Он расположен внутри костей, в их костномозговых полостях. Общая масса костного мозга составляет до 5% массы тела.

Различают **красный** и **жёлтый** костный мозг. Красный костный мозг состоит из миелоидной (кроветворяющей) и лимфоидной ткани. В красном костном мозге находятся **стволовые клетки** — родоначальники всех видов клеток крови и иммунной системы. Жёлтый костный мозг выполняет резервную функцию, и при сильном кровотечении его клетки способны преобразовываться в стволовые клетки.

? КАКОВО СТРОЕНИЕ ТИМУСА?

Тимус располагается в грудной полости позади грудины. Он состоит из двух удлинённых асимметричных по величине правой и левой долей. Каждая доля разделена на многочисленные дольки размером от 1 до 10 мм. Периферия долек образована из тёмного коркового вещества. Центральная часть долек состоит из более светлого мозгового вещества. Образование Т-лимфоцитов происходит преимущественно в корковом веществе, откуда они перемещаются сначала в мозговое вещество, а затем в кровеносное русло.

Тимус является центром иммунологического надзора. Его эпителиальные клетки выделяют биологически активные вещества, которые обуславливают миграцию в тимус клеток-предшественников из кроветворных органов. В тимусе также происходит гибель клеток, распознающих собственные антигены.

? КАКОВО СТРОЕНИЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ ПЕРИФЕРИЧЕСКИХ ОРГАНОВ ИММУННОЙ СИСТЕМЫ?

К периферическим структурам иммунной системы относят **миндалины**, **одиночные лимфоидные узелки**, **лимфоидные бляшки**, червеобразный отросток — **аппен-**

диск, лимфатические узлы, селезёнку (рис. 27). У человека шесть миндалин. Каждая из них представляет собой скопления лимфоидной ткани, в которой расположены небольшие лимфоидные узелки с лимфоцитами.

Миндалины образуют глоточное лимфоидное кольцо, которое окружает вход в глотку из полости рта и из носовой полости. На поверхности миндалин происходит первая встреча лимфоцитов с чужеродными веществами и микроорганизмами, находящимися в проглатываемой пище или во вдыхаемом воздухе.

Одиночные лимфоидные узелки представляют собой плотные скопления лимфоцитов. Они располагаются в слизистой оболочке органов пищеварительной и дыхательной систем, мочевыводящих путей. Лимфоидные узелки защищают слизистую оболочку и организм в целом от проникновения генетически чужеродных частиц и микроорганизмов. При антигенной опасности в лимфоидных узелках начинается быстрое размножение лимфоцитов.

В слизистой оболочке тонкой кишки расположены лимфоидные бляшки (Пейеровы бляшки), которые представляют собой скопления лимфоидных узелков. Они препятствуют проникновению чужеродных веществ в кровеносное и лимфатическое русло. Огромное количество плотно прилежащих друг к другу лимфоидных узелков находится в стенках аппендикса.

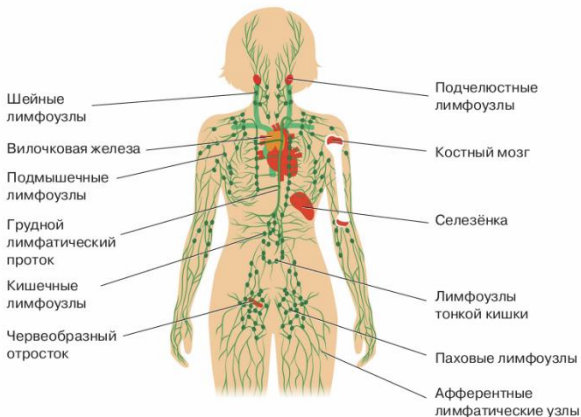


Рис. 27. Основные органы иммунной системы

? КАКОВЫ ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ ЛИМФАТИЧЕСКИХ УЗЛОВ?

Лимфатические узлы являются важнейшими органами иммунной системы. Они расположены по всему телу группами, на путях тока лимфы от органов и тканей к лимфатическим стволам и протокам. Лимфатические узлы являются биологическими фильтрами лимфы.



Через лимфатический узел за один час проходит около 10^9 лимфоцитов. При перемещении лимфоцитов происходит обмен информацией, перенос активных веществ, генерализация иммунного ответа.

Лимфатический узел служит местом развития иммунного ответа. Его формирование сопровождается увеличением лимфатического узла — воспалением. Если в лимфатический узел попадает много бактерий, он может стать гнойным.



КАКОВЫ ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ СЕЛЕЗЁНКИ?

Селезёнка расположена в брюшной полости в левом подреберье. В ней распознаются и уничтожаются чужеродные элементы, повреждённые клетки крови. Продукты уничтожения этих элементов с кровью поступают в печень, где происходит их утилизация.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Цитокины. Центральные и периферические органы иммунной системы. Костный мозг. Тимус. Миндалины. Лимфоидные узелки. Лимфоидные бляшки. Аппендикс. Лимфатические узлы. Селезёнка.

ВЫВОДЫ

- Иммунная система объединяет органы, ткани, клетки и специфические белки, выполняющие функции защиты организма от генетически чужеродных клеток и веществ.

ВОПРОСЫ

- Чем представлена иммунная система в организме человека?
- Как регулируется работа иммунной системы?
- Где располагается и как устроен тимус?
- Что представляют собой лимфоидные бляшки? Какова их роль?
- Какую роль в организме выполняет селезёнка?
- О чём может говорить высокое содержание эозинофилов в крови?

ЗАДАНИЯ

- Расскажите о строении и функциях костного мозга.
- Поясните функции лимфатических узлов.
- Перечислите центральные и периферические органы иммунной системы.
- Охарактеризуйте функции Т-лимфоцитов.

ОБЪЯСНИТЕ

- Почему миндалины подвержены воспалению?
- Почему аппендикс является важной частью иммунной системы человека?
- Почему фагоцитоз относится к иммунитетным функциям клеток?

ТЕМЫ ДЛЯ ДИСКУССИЙ

- В чём состоит отличие Т-лимфоцитов от В-лимфоцитов?
- Почему некоторыми инфекционными болезнями человек болеет повторно?

§ 13. ВРОЖДЁННЫЙ И ПРИОБРЕТЁННЫЙ ИММУНИТЕТ

ЭТО Я ЗНАЮ

Состав иммунной системы.
Функции иммунной системы.



Что лежит в основе разных видов иммунитета?



ИЗ КАКИХ КОМПОНЕНТОВ СОСТОИТ ИММУНИТЕТ?

Реакции иммунной системы направлены на сохранение гомеостаза организма. Эти реакции обеспечиваются различными клетками, а также растворёнными в крови химическими веществами. Важное значение в иммунной реакции организма имеют В- и Т-лимфоциты. Иммунитет состоит из двух взаимодополняемых компонентов — гуморального и клеточного (рис. 28).

Гуморальный иммунитет обеспечивается антителами, находящимися в биологических жидкостях организма. В реакциях гуморального иммунитета участвуют В-лимфоциты, на поверхности которых имеется большое количество микроворсинок с многочисленными иммуноглобулиновыми рецепторами. Эти рецепторы способны распознавать чужеродные вещества. В-лимфоциты ответственны за синтез антител (иммуноглобулины) и выделение их в кровь, в секреты желёз, лимфу и тканевую жидкость. Иммуноглобулины обезвреживают чужеродные вещества — антигены.

Клеточный иммунитет обеспечивается за счёт участия в иммунной защите клеток и межклеточных взаимодействий. В клеточном и гуморальном иммунитете участвуют Т-лимфоциты. Они уничтожают чужеродные клетки и собственные клетки-мутанты, в том числе и опухолевые клетки.

При развитии гуморального иммунитета из Т-лимфоцитов под действием антигенов образуются клетки-помощницы, называемые Т-хелперами (от англ. *хелп* — помогать). Т-хелперы выделяют биологически активные вещества, взаимодействующие с В-лимфоцитами, активизирующие их деятельность.

Для гуморального и клеточного компонентов иммунитета характерно то, что часть Т- и В-лимфоцитов делится, превращаясь в клетки иммунной памяти. Они распознают антиген при повторной встрече с ним. После этого в крови быстро увеличивается содержание соответствующих Т- и В-лимфоцитов.



ЧТО ТАКОЕ ИММУННЫЙ ОТВЕТ И ИММУННАЯ ПАМЯТЬ?

Реакцию иммунной системы на обладающие чужеродными свойствами вещества, структуры и клетки, в которой участвуют факторы клеточного и гуморального иммунитета, называют *иммунным ответом*. Обычно он начинается в месте проникновения чужеродного вещества или другого антигена, характеризуется воспалительной реакцией, сопровождается образованием антител и иммунных Т-лимфоцитов. Заканчивается иммунный ответ формированием *иммунологической памяти* к антигенам.

Однако такой полный иммунный ответ развивается не всегда. Реакция на антиген может прекратиться и на уровне фагоцитоза, если она достаточно эффективна.

Основной реализацией реакций иммунитета является иммунологическая память. Она основана на том, что клетки системы иммунитета сохраняют информацию о тех чужеродных веществах, с которыми они встречались и на которые реагировали.

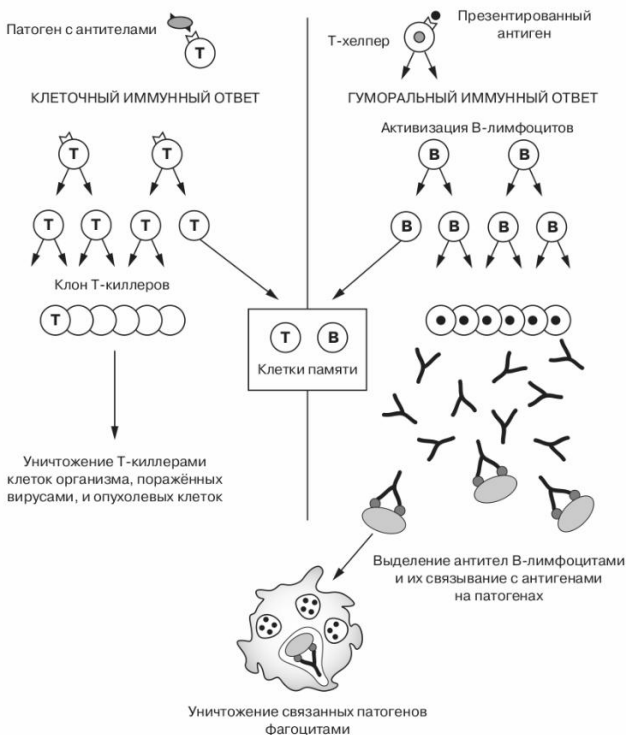


Рис. 28. Механизмы клеточного и гуморального иммунных ответов

? В ЧЁМ ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМЫ ЕСТЕСТВЕННОГО ВРОЖДЁННОГО ИММУНИТЕТА?

Одна часть реакций на чужеродные вещества присуща иммунной системе врождённо. Другая часть реакций возникает в результате способности иммунной системы сохранять информацию об антигенах, попавших в организм. Поэтому по происхождению различают **естественный врождённый** и **приобретённый иммунитет** (рис. 29).

Врождённый иммунитет — наследственно закреплённая система защиты организма от антигенов.

Врождённый иммунитет обусловлен генетически, передаётся по наследству. Существуют разные виды врождённого иммунитета.

Система врождённого иммунитета реагирует на появление антигена очень быстро, в течение нескольких минут или часов. Например, зона поражения вокруг занозы очень быстро становится красной. Это означает, что начинается реакция воспаления. Иммунная система человека способна сразу опознавать примерно 90% факторов чужеродных веществ.

Гуморальными составляющими врождённого иммунитета является ряд белков. Входящий в состав слюны и слёз белок *лизоцим* повреждает клеточные стенки бактерий. Белки *интерфероны* замедляют размножение вирусов в клетках организма человека. Находящиеся в плазме крови *белки системы комплемента* присоединяются к оболочкам чужеродных клеток и разрушают их. Клеточными составляющими врождённого иммунитета являются *гранулоциты* и *макрофаги*. Они поглощают чужеродные клетки и вирусные частицы.

В ЧЁМ ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМЫ ПРОТИВОИНФЕКЦИОННОГО ПРИОБРЕТЁННОГО ИММУНИТЕТА?

В течение жизни у человека формируется система противoinфекционного **приобретённого иммунитета**, которая является способом защиты от живых тел и веществ, несущих чужеродную генетическую информацию.

Противoinфекционный приобретённый иммунитет — совокупность реакций иммунной системы, направленных на удаление возбудителя заболевания.

Этот иммунитет зависит от специфических факторов иммунитета, которыми служат антитела — продукты В-лимфоцитов и Т-лимфоциты, имеющие специфический рецептор к антигену. Приобретённый иммунитет усиливается при повторных контактах с несущим чужеродную генетическую информацию веществом. В зависимости от вида чужеродных тел различают несколько видов противoinфекционного приобретённого иммунитета: антибактериальный, противовирусный, противогрибковый, противопаразитарный.

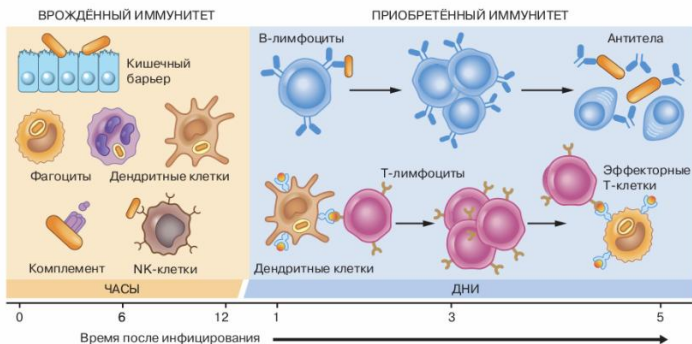


Рис. 29. Схемы врождённого и приобретённого иммунитета



Противоинфекционный приобретённый иммунитет возникает в течение жизни в результате стимуляции клеток иммунной системы антигенами микроорганизмов или получения готовых иммунных факторов. Поэтому **приобретённый иммунитет** бывает **естественным** и **искусственным**, каждый из них может быть **активным** и **пассивным** (рис. 31).

? В ЧЁМ РАЗЛИЧИЯ ЕСТЕСТВЕННОГО АКТИВНОГО И ПАССИВНОГО ПРИОБРЕТЁННОГО ИММУНИТЕТА?

Естественный активный приобретённый иммунитет появляется у человека в результате контакта с возбудителем после перенесённого заболевания. Этот иммунитет сохраняется в течение длительного времени, так как в крови человека остаются антитела против возбудителя болезни, которую он перенёс. Если этот возбудитель через какое-то время вновь проникнет в организм, он сразу обезвреживается. Поэтому люди, перенёвшие в детстве коклюш, корь, ветряную оспу, обычно не болевают ими повторно.

Естественный пассивный приобретённый иммунитет возникает в результате передачи от матери к плоду через плаценту или с молоком готовых защитных факторов — лимфоцитов, антител, цитокинов.

? КАК ФОРМИРУЕТСЯ ИСКУССТВЕННЫЙ АКТИВНЫЙ ПРИОБРЕТЁННЫЙ ИММУНИТЕТ?

Искусственный активный приобретённый иммунитет формируется после введения в организм **вакцин**. Эти медицинские препараты изготавливают из ослабленных или убитых микроорганизмов, содержащих антигены возбудителей. Для активной иммунизации людей и животных, профилактики и лечения инфекционных заболеваний используют **вакцинацию** (рис. 30).

Вакцинация — искусственное введение антигенов, имитирующих инфекцию, но не повреждающих клетки и ткани.

Требования к вакцинам строгие. Они должны создавать достаточно стойкий иммунитет, быть безвредными и в идеале не вызывать побочных реакций, не содержать других микроорганизмов. При разработке новых вакцин тщательно изучают их возможные эффекты.

Для каждой вакцины существуют инструкции о сроках прививок, правилах применения и противопоказаниях. Для обязательной плановой вакцинации детей используют противотуберкулёзную, полиомиелитную, коревую, краснушную вакцины. Обязательное вакцинирование новорождённых и грудных детей в нашей стране обеспечивает начальный этап формирования иммунитета к гепатиту В, туберкулёзу, дифтерии, коклюшу, столбняку и ряду других инфекций. Эффективность вакцинации зависит от создания *коллективного иммунитета*. Вследствие перекрытия (ослабления) возможности передачи возбудителя от индивида к индивиду коллективный иммунитет косвенным образом защищает также уязвимых для возбудителя, то есть непривитых, индивидов. Для этого необходима вакцинация большинства, иногда до 95% населения.

Против инфекций в определённых районах используют вакцину против клещевого энцефалита. Вакцинацию по эпидемиологическим показаниям проводят для предупреждения распространения эпидемий, например гриппа.

Искусственный активный приобретённый иммунитет характеризуется тем, что со временем организм утрачивает иммунологические свойства. Тогда при попадании в организм возбудителей той или иной болезни человек может опять забо-

леть. Поэтому делают ревакцинацию, при которой через определённое время многие вакцины вводят повторно.

? НА КАКИЕ ГРУППЫ Делят ВАКЦИНЫ ПО СПОСОБУ ПОЛУЧЕНИЯ?

По способу получения различают вакцины живые, убитые, химические, синтетические, генно-инженерные и анатоксины. Живые ослабленные вакцины получают путём снижения заразности микроорганизмов при культивировании их в неблагоприятных условиях. К живым вакцинам относят вакцины против бешенства, туберкулёза, чумы, туляремии, сибирской язвы, гриппа, полиомиелита, кори. Живые вакцины создают искусственный иммунитет, имеющий сходство с естественным иммунитетом.

В создании вакцин новым направлением является получение вакцинных мутантных штаммов, которые живут короткое время и создают иммунитет. Однако у людей с иммунодефицитами даже ослабленные бактерии или вирусы живых вакцин могут вызывать тяжёлые инфекционные осложнения.

Убитые вакцины готовят из штаммов микроорганизмов с высокой способностью вызывать иммунный ответ. Такие микроорганизмы инактивируют нагреванием, ультрафиолетовым облучением или химическими веществами. Нередко используют не целые клетки, а их экстракты или фракции. К убитым вакцинам относят вакцины против коклюша, клещевого энцефалита.

Последние достижения молекулярной биологии позволяют получать участки молекул антигенов, определяющие их специфичность. Благодаря этому создают искусственные вакцины. При создании генно-инженерных вакцин применяют перенос генов, контролирующих нужные антигенные признаки, в геном других микроорганизмов. Вследствие этого микроорганизмы начинают синтезировать соответствующие антигены. Примером такой вакцины является вакцина против вирусного гепатита В. Её получают при встраивании гена, контролирующего образование нужного антигена, в геном клеток дрожжей.

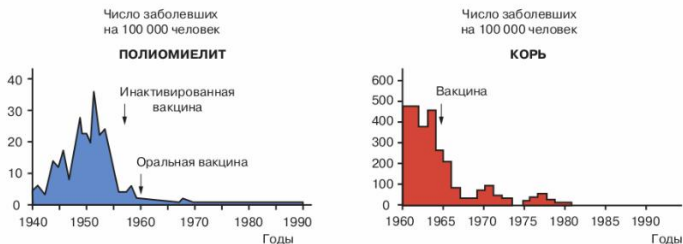


Рис. 30. Результаты успешной вакцинации против полиомиелита и кори

? В ЧЁМ ОСОБЕННОСТИ ИСКУССТВЕННОГО ПАССИВНОГО ИММУНИТЕТА?

Искусственный пассивный иммунитет возникает после введения в организм готовых антител (см. рис. 31). Они содержатся в сыворотке крови переболевших людей.



Когда ребёнок заболевает корью, ему вводят **сыворотку** крови человека, переболевшего корью. Такую же роль выполняет противодифтерийная сыворотка, которая содержит антитела против токсина — возбудителя дифтерии. Введение лечебной сыворотки останавливает развитие заболевания и способствует выздоровлению человека. Использование сывороток жизненно необходимо при укусах ядовитых змей, пауков, скорпионов.



Рис. 31. Виды иммунитета

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Клеточный и гуморальный иммунитет. Врождённый иммунитет. Естественный активный приобретённый иммунитет. Естественный пассивный приобретённый иммунитет. Искусственный активный приобретённый иммунитет. Искусственный пассивный приобретённый иммунитет. Вакцина. Сыворотка.

ВЫВОДЫ

- Различают гуморальный и клеточный иммунитет. Гуморальный иммунитет создаётся антителами. Клеточный иммунитет обеспечивается за счёт участия в иммунной защите клеток и межклеточных взаимодействий.
- Иммунитет бывает врождённым и приобретённым. Приобретённый иммунитет бывает естественным и искусственным, активным и пассивным.
- Искусственный пассивный иммунитет возникает после введения в организм лечебной сыворотки. Искусственный активный иммунитет формируется после введения в организм вакцины.

ДЛЯ ЛЮБОЗНАТЕЛЬНЫХ

Невосприимчивость организмов одного вида к инфекционным заболеваниям другого вида вследствие исключения возможности размножения возбудителей обеспечивает видовой иммунитет. Например, люди невосприимчивы к возбудителю чумы собак.

ВОПРОСЫ

1. Чем гуморальный иммунитет отличается от клеточного?
2. Что характерно для иммунного ответа?
3. Что такое иммунологическая память?
4. Что такое вакцина? Какие бывают вакцины по способу получения?
5. В каких случаях необходима ревакцинация?
6. В каких случаях вводят лечебные сыворотки?

ЗАДАНИЯ

7. Перечислите факторы, способствующие укреплению естественного иммунитета.
8. Сравните действие на организм вакцины и лечебной сыворотки.
9. Приемлемые сроки для вакцинации от гриппа — осенний период. Иногда прививку против гриппа начинают делать с августа. В январе делать прививку от гриппа поздно. Поясните целесообразность этих сроков профилактической вакцинации против гриппа.
10. Назовите инфекционные заболевания, для предупреждения которых введена обязательная плановая вакцинация.

ОБЪЯСНИТЕ

11. Может ли прививка против кори обеспечить иммунитет к столбняку?
12. Каких людей относят к группе инфицированных, но не больных?
13. Почему против гриппа невозможно, один раз сделав прививку, получить длительный иммунитет на всю жизнь?

ТЕМЫ ДЛЯ ДИСКУССИЙ

14. Какое значение для предотвращения эпидемий имеет коллективный иммунитет?
15. Могут ли быть противопоказания к вакцинации, или в каком случае нельзя делать прививку?



§ 14. НЕИНФЕКЦИОННЫЙ ИММУНИТЕТ

ЭТО Я ЗНАЮ

Гуморальный и клеточный иммунитет.
Что такое вакцина. Что такое лечебная сыворотка.



Каковы могут быть последствия реакций иммунной системы на неинфекционные антигены?



В ЧЁМ ОСОБЕННОСТИ НЕИНФЕКЦИОННОГО ИММУНИТЕТА?

Основой неинфекционного иммунитета является совокупность реакций иммунной системы, направленных на неинфекционные антигены. В зависимости от особенностей антигенов неинфекционный иммунитет подразделяют на несколько видов: аутоиммунитет, трансплантационный иммунитет, противоопухолевый иммунитет, репродуктивный иммунитет, антитоксический иммунитет.

Аутоиммунитетом или аутоаллергией называют реакции иммунитета на собственные антигены: белки, липопротеиды, гликопротеиды. Он обусловлен нарушением распознавания собственных биологических молекул, которые воспринимаются иммунной системой как чужеродные и разрушаются.

Трансплантационный иммунитет возникает при пересадке органов и тканей от донора к реципиенту, в случаях переливания крови и иммунизации лейкоцитов. Эти реакции связаны с наличием индивидуальных наборов молекул на поверхности лейкоцитов. Набор этих молекул идентичен только у однояйцевых близнецов.

Противоопухолевый иммунитет направлен против антигенов опухолевых клеток. Они имеют изменённую активность генов, отличную от нормальных клеток. Поэтому антигенная структура опухолевых клеток отличается от структуры нормальных клеток организма, в котором возникла опухоль. На опухолевые клетки возникает иммунная реакция, при которой образуются антитела и иммунные Т-клетки.

Репродуктивным иммунитетом называют реакции матери на антигены плода, который отличается по ним за счёт генов, полученных от отца.

Антитоксический иммунитет является иммунитетом против ядов змей, насекомых, пауков, скорпионов.



В ЧЁМ ОСОБЕННОСТИ ИММУНОДЕФИЦИТОВ?

Иммунодефицитами называют заболевания, обусловленные угнетением реакций иммунитета. Снижение устойчивости организма к болезнетворным микроорганизмам может быть врождённым, генетически обусловленным.

Иммунодефицит — снижение количественных показателей и функциональной активности основных компонентов иммунной системы, ведущее к нарушению защиты организма и проявляющееся повышенной инфекционной заболеваемостью.

Гораздо чаще встречаются иммунодефициты, которые формируются в результате воздействия на иммунную систему неблагоприятных факторов окружающей среды. Они проявляются хроническими гнойно-воспалительными заболеваниями кожи, верхних дыхательных путей, лёгких, органов мочеполовой системы, желудочно-кишечного тракта.

Иммунодефициты могут возникнуть под действием болезнетворных вирусов, бактерий, гельминтов, грибов. Они повреждают клетки иммунной системы и изменяют иммунный ответ. Примером является ВИЧ-инфекция, которая вызывает инфекционное заболевание, связанное с поражением иммунной системы и развитием иммунодефицита.

В ЧЁМ ОСОБЕННОСТИ ВИЧ-ИНФЕКЦИИ?

ВИЧ-инфекция является длительно текущей инфекцией, развивающейся в результате инфицирования вирусом иммунодефицита человека (ВИЧ). Эта инфекция характеризуется прогрессирующим поражением иммунной системы, приводящим к состоянию, известному как синдром приобретённого иммунодефицита (СПИД), при котором у больного развиваются вторичные (оппортунистические) инфекции.

В терминальной стадии ВИЧ-инфекции происходит массовая гибель Т-хелперов. Снижение способности организма к иммунной защите затрагивает как её клеточные, так и гуморальные факторы. В результате формируется комбинированный иммунодефицит, делающий организм уязвимым к инфекционным агентам, в том числе условно-патогенным. Другую группу связанных со СПИДом патологических процессов составляют опухоли.

Вирус может находиться во всех биологических жидкостях организма: сперма, кровь, вагинальный секрет, грудное молоко, слюна, слёзы, пот. Хотя слёзы, пот, слюна, моча больного человека могут содержать вирус, его концентрация минимальна и не заразна для окружающих. ВИЧ не передаётся при рукопожатии, кашле, чихании, пользовании общественным телефоном, посещении больницы, открывании дверей, использовании общих столовых приборов, совместном пользовании туалетами и душевыми комнатами, пользовании бассейнами, укусе комаров и других насекомых.

Лечение основано на применении противовирусных препаратов. Успехи достигнуты в контроле течения инфекции, существенно увеличивающем продолжительность жизни больных. Основной терапевтический подход — использование антиметаболитов нуклеиновых кислот в варианте высокоактивной антиретровирусной терапии.

КАКИЕ НЕИНФЕКЦИОННЫЕ ФАКТОРЫ ПРИВОДЯТ К ИММУНОДЕФИЦИТАМ?

К иммунодефицитам могут привести неинфекционные факторы. К ним относят гипоксикацию, недостаточность питания, подавляющие иммунитет методы лечения, тяжёлые заболевания сердца, лёгких, печени.

Иммунная система высокочувствительна к токсическим веществам, которые содержатся в воде, воздухе, пище. Особенно много иммунотоксинов встречается на химических производствах. На деятельность иммунной системы негативно влияют продукты сгорания органических веществ, формальдегиды, продукты синтеза пластмасс, нефтехимии, резиновой и лакокрасочной промышленности, вещества бытовой и сельскохозяйственной химии. Наиболее сильные эффекты оказывают иммунотоксины, к которым относят пестициды, гербициды, фосфорорганические соединения, соли тяжёлых металлов.

ЧТО ТАКОЕ АЛЛЕРГЕНЫ?

У некоторых людей наблюдается повышенная чувствительность к различным веществам, которые называют аллергенами (от греч. *аллос* — другой и *эргон* — действие). Различают неинфекционные и инфекционные аллергены.



К неинфекционным аллергенам относятся цветочная пыльца, плоды (апельсины, клубника), молоко, яйца, домашняя пыль, библиотечная пыль, шерсть домашних животных, синтетические изделия, лекарства и медикаменты, лаки, краски, аэрозоли. Инфекционными аллергенами могут служить антигены бактерий, грибов, вирусов и паразитов человека.

Приводящую к развитию заболеваний повышенную иммунную реакцию на антигены-аллергены называют *гиперчувствительностью*. Она бывает двух видов. Гиперчувствительность на внешние аллергены называют **аллергией**. Гиперчувствительность на эндогенные, собственные, биомолекулы называют *аутоаллергией*.

При проникновении в организм человека аллергенов вырабатываются антитела, фиксирующиеся на лейкоцитах и некоторых других клетках. При повторном попадании в организм аллерген соединяется с антителами на поверхности этих клеток (рис. 32).



Рис. 32. Аллергическая реакция

Вступившие в контакт с аллергенами клетки выделяют вещества, которые нарушают работу тканей и органов. При этом различные клетки реагируют по-разному. Если аллерген задерживается клетками слизистой оболочки носовой полости, начинается насморк. В случае захвата аллергена тканями трахеи и бронхов возникает сильный кашель, который ведёт к рефлекторному сужению бронхов. Это затрудняет дыхание, вызывает приступ удушья.

? КАКОВЫ ОБЩИЕ ПРИЗНАКИ АЛЛЕРГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ?

Основной чертой аллергических заболеваний является повышенная чувствительность к аллергенам. Они вызывают аллергию даже в очень низких концентрациях.

Учёные отмечают рост частоты аллергических заболеваний. Результаты медицинских исследований показывают, что они встречаются у 25—45% людей.



ЗДОРОВЫЙ ОБРАЗ ЖИЗНИ

Для предотвращения или ослабления аллергии человеку следует избегать контакта с аллергенами. При повышенной чувствительности к домашней пыли необходимо регулярно проводить влажную уборку, спать на специальной гипоаллергенной подушке. При пищевой аллергии следует соблюдать строгую диету. У некоторых людей сильно выражена аллергическая реакция на укусы комаров, ужаление пчёл, ос. Таким людям следует иметь при себе противоаллергические препараты.

? В ЧЁМ ОСОБЕННОСТИ АУТОИММУННЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ?

Повышенные иммунные реакции на молекулярные компоненты собственных тканей и органов, выступающих в роли антигенов, служат основой **аутоиммунных заболеваний**. Причина такой патологии кроется в чрезмерной активности иммунитета. Иммунная система начинает уничтожать клетки организма, считая их чужеродными. Аутоиммунные заболевания имеют длительное, хроническое течение.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Аутоиммунитет. Трансплантационный иммунитет. Противоопухолевый иммунитет. Репродуктивный иммунитет. Антитоксический иммунитет. Иммунодефицит. Аллергия. Аутоиммунные заболевания.

ВЫВОДЫ

- Совокупность реакций иммунной системы, направленных на неинфекционные антигены, составляет основу неинфекционного иммунитета, разновидностями которого являются: аутоиммунитет, трансплантационный, противоопухолевый, репродуктивный, антитоксический иммунитеты.
- Угнетение реакций иммунитета приводит к иммунодефициту — снижению устойчивости организма к болезнетворным микроорганизмам. Иммунодефициты могут быть врождёнными и приобретёнными.
- Повышенную иммунную реакцию на антигены-аллергены называют гиперчувствительностью. Она приводит к появлению аллергии и аутоаллергии.

ВОПРОСЫ

1. Что лежит в основе неинфекционного иммунитета?
2. Что такое иммунодефицит?
3. Какие могут быть причины иммунодефицита?



4. Как возникает аллергия?
5. Какие правила здорового образа жизни должны соблюдать аллергики?
6. Что лежит в основе аутоиммунных заболеваний?

ЗАДАНИЯ

7. Перечислите виды неинфекционного иммунитета.
8. Приведите примеры неинфекционных аллергенов.
9. Назовите основные причины увеличения численности людей, страдающих аллергическими заболеваниями.
10. Ребёнка ужалила пчела. На месте ужаления возникло сильное покраснение, боль, отёчность. Со временем отёк и зуд стали распространяться за пределы места ужаления и повысилась температура. Поясните данное состояние ребёнка. Предложите меры доврачебной помощи.

ОБЪЯСНИТЕ

11. Почему аллергия проявляется по-разному: чихание, кашель, приступы удушья?
12. Почему от выбора донора зависит успех трансплантации тканей и органов?
13. Почему аутоиммунные заболевания не поддаются полному излечению?

ТЕМЫ ДЛЯ ДИСКУССИЙ

14. Можно ли предупредить аллергию?
15. Какие меры профилактики необходимо соблюдать, чтобы избежать ВИЧ-инфекции?

§ 15.

ИНФЕКЦИОННЫЕ ЗАБОЛЕВАНИЯ И ИХ ПРОФИЛАКТИКА

ЭТО Я ЗНАЮ

Какие заболевания относятся к инфекционным. Что такое иммунитет. Виды иммунитета.



Как повысить сопротивляемость организма к разнообразным инфекциям?



В ЧЁМ ОСОБЕННОСТИ ИНФЕКЦИОННЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ?

Ежегодно в нашей стране регистрируется от 33 до 44 млн случаев инфекционных заболеваний, вызываемых проникновением в организм болезнетворных микроорганизмов. Одной из самых актуальных проблем являются грипп и другие острые респираторные вирусные инфекции (ОРВИ). На эти заболевания у детей ежегодно приходится до 70% регистрируемых инфекций.

Увеличение частоты заболеваемости отмечается в холодное время года, в межсезонье и под воздействием стрессовых ситуаций. Частые повторные заболевания возникают из-за того, что иммунитет после перенесённой ОРВИ вырабатывается только против одного типа вируса.

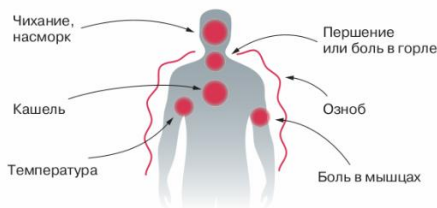


Рис. 33. Основные симптомы острых вирусных инфекций

? ПРИ КАКИХ УСЛОВИЯХ ВОЗНИКАЕТ ИНФЕКЦИОННОЕ ЗАБОЛЕВАНИЕ?

Для того чтобы болезнетворный микроорганизм вызвал инфекционное заболевание, он должен обладать способностью преодолевать сопротивляемость организма и проявлять токсическое действие (вирулентность) (рис. 33). Инфекционное заболевание возникает, если есть источник инфекции, обеспечивается передача возбудителей от заражённого организма к здоровому, имеются восприимчивые к инфекции люди.

В зависимости от места локализации возбудителя в организме человека инфекционные болезни делят на четыре группы: инфекции дыхательных путей, кишечные инфекции, инфекции кожных покровов и слизистых оболочек, кровяные инфекции. В каждой группе инфекционных заболеваний имеются особые способы передачи инфекции и пути передачи болезнетворных микроорганизмов.

? КАК ПЕРЕДАЮТСЯ ИНФЕКЦИИ?

Возбудитель инфекций дыхательных путей выделяется во внешнюю среду при кашле, чихании, отхождении мокроты и просто с выдыхаемым воздухом. В организмы здоровых людей возбудители таких инфекций попадают с заражённым воздухом и пылью.

Возбудитель кишечных инфекций выделяется во внешнюю среду с фекалиями, рвотными массами. В организмы здоровых людей возбудители кишечных инфекций попадают с заражённой водой и пищей, с немытых рук или при помощи мух и домашних насекомых.

Возбудители инфекций кожных покровов и слизистых оболочек проникают в организмы здоровых людей через повреждения кожи и слизистые оболочки. Здоровый человек заражается этими инфекциями при контактах с больными людьми, при бытовых контактах, укусах заражённых животных, попадании на повреждённые участки кожи заражённой воды и почвы.

При кровяных инфекциях возбудители проникают в организмы здоровых людей при укусах переносчиков, которыми могут быть комары, блохи, клещи. Возбудители этих инфекций также могут проникать при инъекциях, переливании крови.

? КАКОВЫ ПУТИ ПЕРЕДАЧИ ИНФЕКЦИЙ?

Различают несколько путей передачи возбудителей инфекции. Контактно-бытовой путь при непосредственном общении больного человека со здоровым или через предметы домашнего обихода: бельё, посуду, книги, игрушки.

При воздушно-капельном пути возбудители болезни с капельками слюны, слизи, при разговоре, кашле, чихании попадают в воздух, оседают на пылевых частицах и разносятся током воздуха. Этот путь распространения инфекции характерен



рен для закрытых помещений. На открытом воздухе болезнетворные микроорганизмы довольно быстро погибают от ультрафиолетового излучения.

При водно-пищевом пути возбудители инфекции передаются с пищевыми продуктами или водой. Живыми переносчиками инфекций являются кровососущие насекомые, грызуны, домашние животные.

? КАК ВОЗНИКАЮТ КИШЕЧНЫЕ ИНФЕКЦИИ?

В детском возрасте нередко возникают такие кишечные инфекции, как дизентерия и ротавирусная инфекция. Дизентерия очень заразна и передаётся контактно-бытовым путём. Скрытый период этой инфекции длится два—семь дней.

При несоблюдении правил гигиены может возникнуть ротавирусная инфекция.

Для профилактики кишечных инфекций важно соблюдать правила гигиены, всегда тщательно мыть руки, а также овощи и фрукты.

? КОГДА ВОЗНИКАЮТ РЕСПИРАТОРНЫЕ ЗАБОЛЕВАНИЯ?

Респираторными заболеваниями называют группу инфекций, поражающих дыхательные пути и распространяющихся воздушно-капельным путём. К этой группе относят **острые респираторные вирусные инфекции (ОРВИ)**, ангину, грипп, энтеровирусные инфекции.

? В ЧЁМ ОСОБЕННОСТИ ЗАБОЛЕВАНИЯ ГРИППОМ?

Заболевание **гриппом** вызывает группа вирусов, которая имеет множество штаммов. Всемирная организация здравоохранения ежегодно определяет три основных штамма вируса гриппа, вероятность появления которых наиболее высока, и лаборатории всего мира начинают производство соответствующих вакцин. Медицинская статистика показывает, что вакцинация от гриппа в 80% случаев предотвращает развитие заболевания или позволяет ему протекать в более лёгкой форме, чем у непривитых людей.

Грипп распространяется воздушно-капельным путём (рис. 34). Лечение гриппа проводится противовирусными препаратами под наблюдением врача. При гриппе обязательно нужно находиться дома до полного излечения. Недолеченный грипп опасен своими осложнениями, такими как пневмония, поражения сердечно-сосудистой системы и обострения хронических заболеваний.



Рис. 34. Симптомы и профилактика гриппа



ЗДОРОВЫЙ ОБРАЗ ЖИЗНИ

При заболевании гриппом необходимо:

- оставаться дома, соблюдать постельный режим;
- немедленно вызвать врача;
- регулярно проветривать помещение, проводить влажную уборку, увлажнять воздух в помещении;
- употреблять большое количество жидкости: кипячёная вода, слабоминерализованная минеральная вода, клюквенный и брусничный морсы, несладкий чай с лимоном;
- использовать средства индивидуальной защиты, маску менять через два-три часа;
- до прихода врача при температуре выше $+38,5^{\circ}\text{C}$ можно принимать жаропонижающие препараты с учётом индивидуальной переносимости;
- врач определит объём необходимых исследований на грипп и назначит лечение.

Если у вас в доме больной гриппом, необходимо:

- обеспечить изоляцию больного на семь дней: отдельная комната, регулярное проветривание, отдельный набор посуды, обработка посуды больного дезинфицирующими растворами;
- ограничить общение;
- использовать медицинские маски, менять их через два-три часа;
- регулярно мыть руки;
- обрабатывать твёрдые поверхности с помощью бытовых дезинфицирующих средств.



В ЧЁМ ОСОБЕННОСТИ ЗАБОЛЕВАНИЯ АНГИНОЙ?

Ангина поражает носоглотку, миндалины и лимфатические узлы. Это заболевание передаётся воздушно-капельным и контактно-бытовым путями. Распространение инфекции происходит в момент разговора с больным, при чихании и кашле или при нахождении с ним в одном помещении. При этом в комнатах с высокой влажностью воздуха и низкой температурой риск заражения возрастает.

Признаками ангины являются повышение температуры до $+38$ — 40°C , сильная боль в горле при глотании и употреблении пищи, увеличение лимфатических узлов, общее недомогание. Симптомы очень схожи с симптомами обычной ОРВИ, но ангина переносится тяжелее, продолжительность болезни обычно пять—семь дней. Важно быстро распознать болезнь и начать незамедлительное лечение, назначаемое врачом.



ЧТО НУЖНО ЗНАТЬ О КОРОНАВИРУСЕ?

Коронавирус является возбудителем ОРВИ, при котором отмечаются повышенная интоксикация организма и проблемы с дыхательной и пищеварительной системами. Возбудитель передаётся воздушно-капельным способом при чихании и кашле, контактно-бытовым путём.

Признаками коронавирусной инфекции являются повышенная утомляемость, заложенность носа, ощущение тяжести в грудной клетке, чихание, кашель, боль в горле, боли в мышцах, бледность, повышение температуры, озноб. При коронавирусной инфекции часто возникают осложнения, характеризующиеся дыхательной недостаточностью и снижением содержания кислорода в крови. В случае появления признаков заболевания необходимо обратиться к врачу.



Для того чтобы не допустить заражения, необходимо соблюдать меры профилактики.

? КАК ПОВЫСИТЬ УСТОЙЧИВОСТЬ ОРГАНИЗМА К ИНФЕКЦИИ?

Повысить устойчивость организма позволяет закаливание. Просты и удобны методы воздушного закаливания. Для этого необходимо больше времени проводить на свежем воздухе вне зависимости от погоды и времени года.

Оздоровительное значение имеют солнечные ванны. Под воздействием прямых солнечных лучей погибают многие болезнетворные бактерии и вирусы. Однако следует учитывать, что воздействие солнечной радиации полезно только при умеренных её дозах. При чрезмерных дозах возможны ожоги, тепловые и солнечные удары.

Закаливанию организма способствуют обливания прохладной водой. Их можно проводить ежедневно утром и вечером. Начинать закаливание лучше всего летом, после консультации с врачом.

Для повышения устойчивости организма к инфекциям важное значение имеет соблюдение режима дня, полноценный сон. Поддерживать хороший иммунитет позволяет разнообразное питание. В рационе обязательно должны присутствовать полноценные белки, содержащиеся в мясе, рыбе или бобовых. Особенно полезна рыба, содержащая жирные кислоты. Для укрепления иммунитета необходимы свежие овощи и фрукты.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Острые респираторные вирусные инфекции. Грипп. Ангина. Коронавирус. Пути передачи инфекций.

ВЫВОДЫ

- Условия возникновения инфекционного заболевания: источник инфекции, передача возбудителей от заражённого организма здоровому, восприимчивость человека к инфекции.
- Выделяют группы инфекционных болезней: кишечные, кожных покровов и слизистых оболочек, кровяные, дыхательных путей. Различают пути передачи возбудителей инфекции: контактно-бытовой, воздушно-капельный, водно-пищевой.

ВОПРОСЫ

1. Какие существуют способы передачи инфекций?
2. С чем связано возникновение частых ОРВИ у человека?
3. Что необходимо в первую очередь сделать при обнаружении у человека инфекционного заболевания?
4. Как избежать заражения коронавирусной инфекцией?
5. Как передаётся ангина от человека к человеку?
6. Как повысить устойчивость организма к инфекциям?

ЗАДАНИЯ

7. Назовите условия возникновения инфекционных заболеваний.
8. Сформулируйте основные правила ухода за инфекционными больными.
9. Приведите примеры кишечных инфекций. Как предупредить их возникновение?

10. Назовите и поясните составляющие здорового образа жизни, помогающие сохранить здоровье и снизить риск возникновения инфекционных заболеваний.

ОБЪЯСНИТЕ

11. Насколько важно соблюдать правила личной гигиены для профилактики инфекционных заболеваний? Аргументируйте свой ответ.
12. Зачем заболевшему гриппом или простудой необходимо обильное тёплое питьё?
13. «Даже если вы вакцинированы, вы защитите всех нас, если будете соблюдать все меры предосторожности». Объясните данный тезис ВОЗ о предотвращении эпидемии коронавирусной инфекции.

ТЕМЫ ДЛЯ ДИСКУССИЙ

14. Какие применяются комплексные меры по уничтожению возбудителей инфекционных болезней?
15. В каком случае вводится карантин? Что предусматривает режим карантина?

КЕЙС**Глава 2. Иммунная система****1 ЗАДАНИЕ****СПРАВОЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ**

В травмпункт обратился пострадавший, который при проведении сельскохозяйственных работ получил повреждение кожных покровов с попаданием земли.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Как можно уберечь человека от заражения столбняком?
2. Что представляет собой препарат, который применит врач?
3. Объясните, какая форма иммунитета будет создана после введения данного препарата.

2 ЗАДАНИЕ**СПРАВОЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ**

Вакцинация против кори включена в Национальный календарь профилактических прививок Российской Федерации и является обязательной. Необходимо иметь две прививки против кори. Детей вакцинируют в возрасте 12 месяцев и 6 лет. Не привитым в детстве взрослым делают прививку двукратно с интервалом не менее трёх месяцев.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Чем опасно заболевание корью? Как распространяется инфекция?
2. Как вы думаете, почему после двух введений вакцины иммунитет формируется в 95% случаев, после одного введения — в 69—81%? Поясните, какой иммунитет формируется в ответ на введение вакцины от кори.
3. Какие вакцины от кори используют в настоящее время?



- Предложите план исследования, результат которого может быть использован для определения эффективности действия вакцины от кори.
- Проанализируйте результаты вакцинации от кори, представленные на рисунке 30 (см. с. 73). Может ли данная информация подтвердить точку зрения, что отсутствие прививки не влияет на возможность заболеть корью?

3 ЗАДАНИЕ

СПРАВОЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

В конце XVIII в. английский сельский врач Эдвард Дженнер сообщил о первой удачной попытке предотвратить инфекционное заболевание. Дженнер ввёл маленькому мальчику гной, взятый из пустулы (нарыва) коревой оспы, и убедился в том, что у ребёнка развился иммунитет к натуральной оспе. Его подход вырос из наблюдений за одним интересным явлением: крестьянки, ухаживающие за коровами, часто заражались коревой оспой и впоследствии в период эпидемий не болели натуральной оспой.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

- Пользуясь достоверными источниками информации, восстановите последовательность действий Дженнера, которые позволили ему убедиться в том, что у ребёнка, первоначально заражённого коревой оспой, выработался иммунитет к натуральной оспе. Как вы считаете, с чем был связан успех Дженнера?
- Кем были разработаны основные принципы вакцинации? В чём они заключаются?
- Чтобы современная вакцина была одобрена для применения, она должна показать эффективность не менее 50% в ходе клинических контролируемых исследований на большой выборке испытуемых. Объясните, будет ли различаться эффективность действия вакцины в реальных и контролируемых условиях и почему.

4 ЗАДАНИЕ

СПРАВОЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Из данных социологических опросов населения нашей страны известно, что при возникновении симптомов простуды, ОРВИ многие люди (до 80% заболевших) лечатся самостоятельно, не обращаясь к врачу. При этом чаще всего приобретают в аптеках и используют жаропонижающие и болеутоляющие средства, при тяжёлом течении болезни применяют антибиотики. Аналитики отмечают рост потребления указанных лекарственных средств по всему миру.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

- Предположите, по каким причинам люди занимаются самолечением в данном случае.
- Как вы считаете, насколько обосновано применение указанных средств без назначения врача?
- Назовите как минимум три причины, по которым не следует заниматься самолечением.
- Как взаимосвязаны реклама лекарственных препаратов в средствах массовой информации и грамотность населения в этом вопросе?

Глава 3

ДЫХАТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА



ВЫ УЗНАЕТЕ

- о строении органов дыхания и их функциях;
- о процессах газообмена и регуляции дыхания;
- о гигиене дыхания и профилактике заболеваний органов дыхания.

ВЫ НАУЧИТЕСЬ

- распознавать на наглядных пособиях органы дыхания, описывать их;
- объяснять сущность процесса дыхания;
- объяснять механизмы дыхания, регуляцию работы органов дыхания;
- исследовать частоту и задержку дыхания;
- обосновывать правила гигиены дыхания и приёмы оказания первой помощи при остановке дыхания.



§ 16. ДЫХАНИЕ И ДЫХАТЕЛЬНЫЕ ПУТИ

ЭТО Я ЗНАЮ

Органы дыхания млекопитающих.
Значение дыхания.



В чём проявляется взаимосвязь строения и функций дыхательных путей?



ИЗ КАКИХ ЭТАПОВ СОСТОИТ ПРОЦЕСС ДЫХАНИЯ?

Дыханием называют совокупность физиологических, физических и биохимических процессов, обеспечивающих газообмен кислорода и углекислого газа между клетками организма и внешней средой.

У человека процесс дыхания состоит из нескольких последовательных этапов (рис. 35). Первый этап называется **внешним дыханием**. Он протекает в дыхательных путях и обеспечивается костями и хрящами грудной клетки, группой скелетных мышц, относящихся к дыхательной мускулатуре, а также нервными центрами управления дыханием. Этот этап включает поступление воздуха из внешней среды в лёгкие в процессе вдоха и отведение воздуха из лёгких во внешнюю среду в процессе выдоха.

Второй этап дыхания называется **газообменом в лёгких**. Этот этап реализуется в альвеолах, в которых происходит диффузия кислорода в кровь и диффузия углекислого газа в обратном направлении.

Третий этап называют **газотранспортным**. Он включает транспорт газов по малому и большому кругам кровообращения. На четвёртом этапе происходит **тканевый газообмен**, включающий перемещение кислорода из крови в тканевую жидкость, а углекислого газа из тканевой жидкости в кровь.

На заключительном этапе осуществляется **клеточное дыхание**, при котором кислород используется в метаболизме клеток. Этот этап дыхания протекает в митохондриях. Результатом дыхания является получение энергии, необходимой для жизнедеятельности клеток.

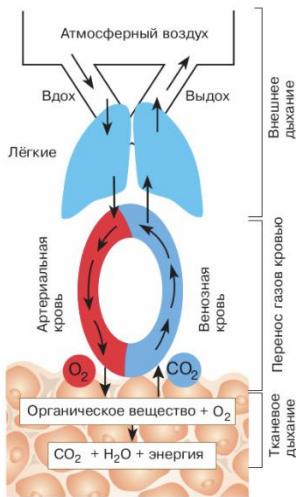


Рис. 35. Этапы дыхания



КАКОВЫ ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ НОСОВОЙ ПОЛОСТИ?

Дыхательные пути начинаются в **носовой полости** (рис. 36). Из неё в организм человека поступает основной объём воздуха. У входа в носовую полость распола-

гаются **ноздри**. В них есть система волосков, которые предотвращают попадание в дыхательные пути крупных частиц загрязнителей.

Носовая полость с помощью перегородки разделена на две половины. Каждая из них с помощью изогнутых костных пластинок (носовых раковин) делится на три носовых хода. Благодаря такому строению носовой полости воздушный поток образует завихрения (турбулентности) и хорошо перемешивается.

Поверхность носовой полости выстлана *мерцательным эпителием*. Он образован цилиндрическими ресничатыми клетками. Среди них находится много бокаловидных клеток, вырабатывающих слизь. Основным компонентом в составе слизи является гликопротеин *муцин*, растворённый в воде. Секреторные клетки носовой полости за сутки вырабатывают около 50 мл жидкости. Слизь обволакивает и удерживает мельчайшие частицы загрязнителей и выводится вместе с ними через ноздри. Механическая очистка является одним из компонентов подготовки воздуха к поступлению в лёгкие. Такая подготовка называется кондиционированием.

? КАКОВЫ ОСОБЕННОСТИ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА?

Процесс кондиционирования воздуха включает его термостатирование, увлажнение и биологическую очистку. Термостатирование и увлажнение обеспечивает густая сеть кровеносных сосудов, расположенных под слизистой оболочкой. Повреждения этой сети сосудов вызывают обильные носовые кровотечения.

Поступающий в лёгкие воздух нагревается до температуры около $+37^{\circ}\text{C}$ независимо от температуры окружающей среды. В свою очередь, выдыхаемый воздух отдаёт слизистым оболочкам до 30% своего тепла. Одновременно с подогревом происходит насыщение вдыхаемого воздуха водяными парами. Соответственно в сухом климате человек теряет вместе с выдыхаемым воздухом значительное количество воды.

Биологическая очистка воздуха в слизистой оболочке производится клетками макрофагами и клетками иммунной системы. Они поступают вместе с потоком крови и располагаются среди эпителиальных клеток. В состав слизи также входит *лизоцим*, обладающий антибактериальным действием.

? КАКОВЫ ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ ВЕРХНИХ ДЫХАТЕЛЬНЫХ ПУТЕЙ?

Из носовой полости по расширениям — хоанам — воздушный поток поступает в носовую часть глотки (**носоглотку**) и ротовую часть глотки (**ротоглотку**). Эти структуры принято объединять под общим названием — **верхние дыхательные пути**.

Стенки верхних дыхательных путей также выстланы слизистым эпителием и участвуют в кондиционировании воздуха. В ротоглотке к потоку воздуха из носовой полости добавляется поток воздуха из ротовой полости. В ней воздух также проходит предварительную обработку, но она не такая тщательная, как в носовой полости. Кроме того, при дыхании через ротовую полость есть опасность попадания в воздушный поток пищевых частиц. От них верхние дыхательные пути защищают занавес мягкого нёба. Из ротоглотки воздух попадает в **гортань**, а затем в **трахею** и главные **bronхи**. Эти структуры объединяют под названием **нижние дыхательные пути**.

? КАКОВЫ ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ ГОРТАНИ?

Гортань у человека располагается на уровне IV—VI шейных позвонков и связана с подъязычной костью. Снизу гортань переходит в трахею, а сверху — в полость глотки (см. рис. 36).



У входа в гортань размещается подвижный *надгортанник*, образованный эластичным хрящом. Надгортанник перекрывает вход в гортань во время проглатывания пищи, защищая её от попадания пищи.

Сама гортань образована пятью основными хрящами сложной формы. Они соединены вместе скелетными мышцами, суставами и связками. Самый крупный из хрящей гортани называется *щитовидным*. Этот гиалиновый хрящ образован двумя пластинками четырёхугольной формы. Они соединены под прямым углом у мужчин и под тупым углом у женщин. Снаружи это выглядит как кадык, более развитый у мужчин. Щитовидный хрящ с помощью особой связки соединён с надгортанником.

Важное функциональное значение имеют *гиалиновые черпаловидные хрящи*. От основания этих хрящей отходит голосовой отросток, состоящий из эластичного хряща, а назад и кнаружи — мышечный отросток. К нему прикрепляются скелетные мышцы, сокращение которых изменяет положение черпаловидного хряща и голосового отростка.

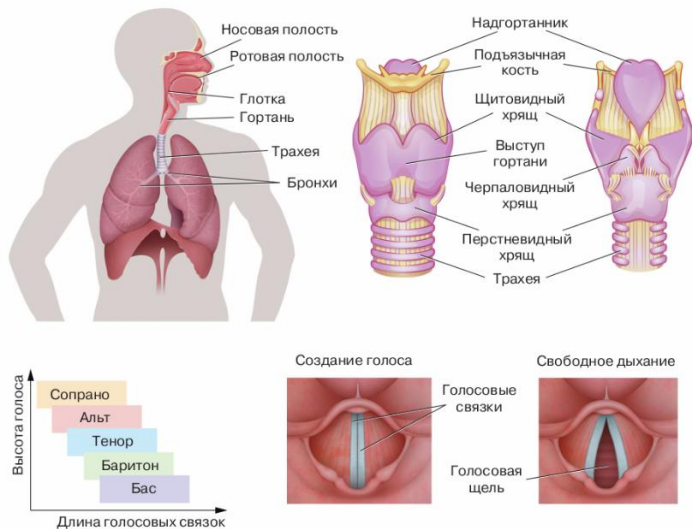


Рис. 36. Дыхательные пути, гортань и голосовые связки

? КАК ФУНКЦИОНИРУЮТ ГОЛОСОВЫЕ СВЯЗКИ?

Голосовые связки прикрепляются к голосовому отростку. Они образованы плотной соединительной тканью и состоят в основном из эластических волокон (см. рис. 36).



Голосовые связки располагаются поперёк воздушного потока, препятствуя прохождению воздуха. Между связками находится голосовая щель, ширина которой изменяется при изменении натяжения связок. Во время вдоха голосовая щель максимально расширена и связки не препятствуют потоку воздуха в лёгкие. Во время выдоха связки смыкаются и голосовая щель закрывается. Выдыхаемый воздух, проходя наружу через сомкнутые связки, вызывает их колебания, создавая звук. Поэтому производимые человеком звуки формируются исключительно во время выдоха.

Для членораздельной человеческой речи важное значение имеет многообразие извлекаемых звуков. Характер звука будет зависеть от размеров и эластичности голосовых связок, от положения надгортанника и языка и других факторов. Вокальные данные человека зависят от наследственности, а также могут развиваться в результате специальных тренировок.

? КАКОВЫ ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ ТРАХЕИ И ГЛАВНЫХ БРОНХОВ?

Из гортани вдыхаемый воздух поступает в трахею. Она начинается на уровне верхнего края VII шейного позвонка и делится на два главных бронха на уровне V грудного позвонка. Трахея образована 16—20 гиалиновыми хрящами, имеющими форму незамкнутых колец. Своими незамкнутыми концами хрящи трахеи примыкают к пищеводу. Между собой хрящи соединены кольцевыми связками. Изнутри трахея выстлана *ресничным эпителием*.

Благодаря такому строению трахея сочетает прочность и герметичность с упругостью и эластичностью. Это позволяет трахее изменять свои продольные и поперечные размеры, сохраняя просвет постоянно открытым, несмотря на внешнее давление.

Главные бронхи отличаются по строению от трахеи тем, что содержат в стенках замкнутые кольцевые хрящи и не связаны с пищеводом. По правому бронху воздушный поток направляется в правое лёгкое, по левому бронху — в левое лёгкое. В остальном строение бронхов схоже со строением трахеи.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Дыхание. Этапы дыхания. Носовая полость. Носоглотка. Ротоглотка. Гортань. Трахея. Бронхи. Голосовые связки. Верхние дыхательные пути. Нижние дыхательные пути.

ВЫВОДЫ

- Процесс дыхания состоит из последовательных этапов: внешнее дыхание, газообмен в лёгких, транспорт газов по системе кровообращения, тканевый газообмен, клеточное дыхание.
- Система дыхательных путей обеспечивает проведение воздуха в лёгкие.

ДЛЯ ЛЮБОЗНАТЕЛЬНЫХ

У мужчин голосовые связки длиннее и толще. Поэтому мужской голос более низкий. В окончательном формировании звуков членораздельной речи принимают участие язык, зубы, губы, щёки. По механизму голосообразования, а также с точки зрения способов и целей использования голос делится на разговорный и певческий. Мужские и женские певческие голоса делятся на высокие (тенор и сопрано), средние (баритон и меццо-сопрано), низкие (бас и контральто), см. рисунок 36.



ВОПРОСЫ

1. Что такое дыхание?
2. Из каких структур состоят верхние и нижние дыхательные пути?
3. Каковы функции воздухоносных путей?
4. За счёт чего воздух в носовой полости очищается?
5. Какова роль густой сети кровеносных сосудов в носовой полости?
6. Какое строение имеют трахея и главные бронхи?

ЗАДАНИЯ

7. Назовите органы, участвующие в формировании звуков речи.
8. Дотроньтесь пальцем до передней части шеи в то время, когда вы говорите. Вы сможете почувствовать вибрацию голосовых связок, а также движение мышц: они расслабляются и напрягаются попеременно. Чем сильнее вибрация, тем громче и ниже издаваемый звук. Мышцы напрягаются, когда вы говорите высоким голосом, и расслабляются, когда голос низкий.
9. Произнесите слоги ЛЕ, ЛИ, НИ так, чтобы ощущалась вибрация скуловых костей. После этого зажмите нос и произнесите те же слоги. Чем можно объяснить искажённость звучания?
10. Объясните смысл поговорки «Когда я ем, я глух и нем» с физиологической точки зрения.

ОБЪЯСНИТЕ

11. Почему эпителий, выстилающий носовую полость, получил название «мерцательный»?
12. Почему производимые человеком звуки формируются во время выдоха?
13. Почему при дыхании через рот увеличивается вероятность простудных заболеваний?

ТЕМЫ ДЛЯ ДИСКУССИЙ

14. В чём проявляется взаимосвязь дыхательной и кровеносной систем?
15. Почему дыхание — важный признак живых организмов?

§ 17. ЛЁГКИЕ И ДЫХАТЕЛЬНЫЕ ДВИЖЕНИЯ

ЭТО Я ЗНАЮ

Что такое дыхательные пути.
Из каких этапов состоит дыхание.



Почему лёгкие являются основными органами дыхательной системы?



КАКОВЫ ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И ФУНКЦИИ ЛЁГКИХ?

Правое и левое лёгкие человека имеют форму конусов с закруглёнными верхушками, которые выступают над первыми рёбрами (рис. 37). На медиальной поверхности каждого лёгкого располагаются ворота лёгкого. Через них в лёгкие проходит

главный бронх, кровеносные и лимфатические сосуды и нервы. Они окружены соединительной тканью и в совокупности образуют корень лёгкого.

Каждое лёгкое глубокими щелями разделяется на доли. Правое лёгкое разделено на три доли, левое — на две. Каждая доля делится на сегменты, а каждый сегмент — на дольки. Сегмент содержит около 80 долек.

Доли, сегменты и дольки представляют собой в определённой степени изолированные, анатомически и физиологически обособленные участки лёгкого. Им соответствуют долевые, сегментарные и дольковые ветви **бронхиального дерева**, которые образуют в лёгком главный бронх.

Кровеносные и лимфатические сосуды, а также нервы повторяют ветвления бронхиального дерева. В составе лёгкого выделяют две функциональные зоны: проводящую и обменную.

? ЧТО ВКЛЮЧАЕТ ПРОВОДЯЩАЯ ЗОНА ЛЁГКОГО?

Проводящая зона включает систему **бронхов** и **бронхиол**, которые являются самыми маленькими бронхами (см. рис. 37). Если ветвление трахеи на два главных бронха считать ветвлением первого порядка, то бронхиальное дерево имеет около 20 порядков ветвлений.

В стенках бронхов среднего размера содержатся дуги из гиалинового хряща, которые затем сменяются полукольцами и хрящевыми пластинками. В бронхиолах, диаметр которых менее 1 мм, хрящевые элементы заменяются круговым слоем гладкомышечных волокон. Этот гладкомышечный слой является мишенью для регулирующих влияний вегетативной нервной системы и гормонов, в частности адреналина.

Изнутри бронхи выстланы *цилиндрическим реснитчатым эпителием* с большим числом бокаловидных клеток. В бронхиолах количество желёз уменьшается. Строение стенок как бронхов, так и бронхиол исключает процессы газообмена с кровью, так как основная функция этих структур — *проводящая*.

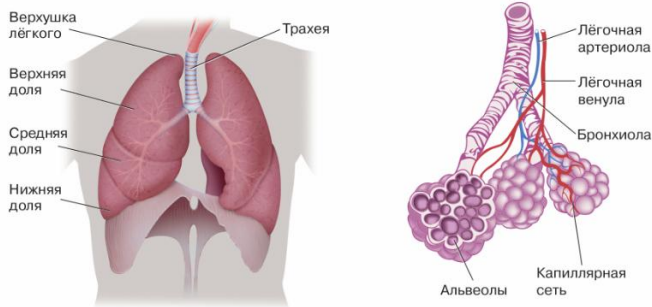


Рис. 37. Лёгкое и строение альвеолы

? ЧТО ВКЛЮЧАЕТ ОБМЕННАЯ ЗОНА ЛЁГКОГО?

Обменная зона лёгкого включает структуры, в состав которых входят **альвеолы** (см. рис. 37). Они представляют собой тонкостенные мешкообразные вздутия



на стенках воздухоносных путей. Альвеолы приспособлены для процессов газообмена с кровью, так как имеют стенки, образованные плоскими эпителиальными клетками, лежащими в один слой на базальной мембране (пластине). Снаружи альвеолы обиты густой сетью капилляров, что способствует успешному протеканию процессов диффузии.

Бронхиола, содержащая отдельные альвеолы в составе стенок, называется дыхательной (респираторной). Она дважды дихотомически ветвится на подобные себе структуры, которые продолжаются альвеолярными ходами. Эти стенки образованы исключительно альвеолами. Поступивший в лёгкие воздух завершает свой путь в альвеолярных мешочках — замкнутых сферических структурах, образованных сомкнутыми альвеолами.

Все структуры, содержащие альвеолы, в которые поступает воздух из последней (терминальной) бронхиолы, в совокупности образуют **дыхательный ацинус** — структурную и функциональную единицу лёгкого.

? КАКОВЫ ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И ФУНКЦИЙ АЛЬВЕОЛ?

Альвеолы имеют многоугольную форму, приближающуюся к округлой. В обоих лёгких человека общее количество альвеол достигает 600—700 млн. Суммарная площадь их поверхности изменяется от 40 м² при выдохе до 120 м² при вдохе. Основными клетками в составе стенок альвеол являются клетки дыхательного эпителия — *респираторные альвеолоциты*. Толщина этих плоских клеток, лежащих на базальной мембране, не превышает 0,1—0,2 мкм.

В стенках альвеол есть крупные клетки округлой формы, выступающие в просвет альвеолы. Эти клетки вырабатывают вещества липопротеиновой природы, являющиеся основным компонентом *сурфактанта*. Он способен снижать силу поверхностного натяжения воды, приводящую к спаду тонкостенных альвеол при выдохе. Сурфактант действует подобно жидкому мылу, придающему устойчивость мыльным пузырям.

Помимо собственно альвеолярных клеток, в стенки альвеол могут перемещаться *макрофаги* неспецифической защитной системы. Они активно фагоцитируют как микрочастицы загрязнителей, так и сурфактант.

Наружная поверхность альвеол покрыта самой густой сетью капилляров в организме человека. От альвеолярных капилляров кровь оттекает по системе венул и вен. Часть жидкости собирается в лимфатические сосуды и оттекает по ним.

? КАКОВЫ ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ ЛЁГОЧНОЙ ПЛЕВРЫ?

Лёгкие снаружи покрыты двуслойной эластичной оболочкой из соединительной ткани — **лёгочной плеврой**. Её внутренний слой (лепесток) покрывает лёгкое со всех сторон, заходит в щели между его долями, срастаясь с тканью лёгкого. Этот лепесток называют *лёгочным*.

Наружный слой (лепесток) лёгочной плевры срастается с внутренней поверхностью грудной клетки, образуя замкнутый мешок, в который заключено лёгкое. Этот лепесток называется *пристеночным*.

Между лепестками находится микроскопическая *плевральная щель*, содержащая плевральную жидкость. Благодаря силе поверхностного натяжения воды она удерживает плевральные лепестки друг около друга, не позволяя им разойтись, но позволяя скользить между собой. Такая связь лепестков имеет важное значение в механизме лёгочной вентиляции.

? КАК ПРОИСХОДИТ ВДОХ?

Вдох обеспечивается сокращением главных дыхательных мышц, к которым относятся наружные межрёберные мышцы и диафрагма, а также вспомогательные мышцы — большая и малая грудные, лестничные и грудино-ключично-сосцевидная. Диафрагма имеет куполообразную форму. Она выгнута в сторону грудной полости под давлением органов пищеварения.

При сокращении диафрагма становится менее выпуклой и смещает органы пищеварения вниз, в сторону брюшной полости. Это приводит к увеличению вертикальных размеров грудной полости. Расширяется и нижняя часть грудной клетки.

Одновременно с этим сокращаются наружные межрёберные мышцы. Их волокна направлены таким образом, что при укорочении мышечных волокон рёбра поднимаются и смещаются вперёд. В результате происходит увеличение поперечных размеров грудной клетки. При этом лёгкие растягиваются, следуя за стенками грудной клетки. Плевральные лепестки удерживаются плевральной жидкостью, а её объём не изменяется. При увеличении объёма давление воздуха в лёгких становится ниже атмосферного. Это приводит к поступлению в лёгкие новой порции атмосферного воздуха из окружающей среды (рис. 38).



Рис. 38. Движения грудной клетки и диафрагмы при вдохе и выдохе

? КАК ПРОИСХОДИТ ВЫДОХ?

В отличие от вдоха, при спокойном дыхании выдох происходит пассивно. После расслабления наружных межрёберных мышц грудная клетка под действием силы тяжести опускается вниз и занимает исходное положение. Расслабленная диафрагма восстанавливает исходную куполообразную форму под давлением органов пищеварения. Эластические свойства лёгочной ткани и оболочек лёгкого противодействуют растяжению лёгких при вдохе, способствуют уменьшению их объёма при выдохе.

При форсированном выдохе происходит сокращение внутренних межрёберных мышц и мышц брюшного пресса, способствующих ускоренному опусканию груд-



ной клетки и приподнятию диафрагмы. В результате этих реакций лёгкие сжимаются, а давление воздуха в них становится выше атмосферного. Воздух покидает альвеолы и выходит из организма наружу.

При вдыхании инородных частиц и раздражающих веществ происходит рефлекторное замыкание гортани и возникают *защитные рефлексы* — кашель, чихание, представляющие собой короткие резкие выдохи.

? КАК КОЛИЧЕСТВЕННО ОЦЕНИВАЮТ СОСТОЯНИЕ СИСТЕМЫ ДЫХАНИЯ?

Для количественной оценки состояния системы дыхания используют такие показатели, как лёгочные объёмы (рис. 39). Простейшим прибором для измерения лёгочных объёмов служит *спирометр*. Он представляет собой помещённый в воду колокол, под который поступает выдыхаемый воздух. По величине объёма колокола судят о лёгочных объёмах.

Более сложным прибором является *спирограф*. Он позволяет вести непрерывную регистрацию объёмов вдыхаемого и выдыхаемого воздуха. Объём воздуха, поступающий в лёгкие или выходящий из них за один дыхательный цикл при спокойном дыхании, называют *рабочим дыхательным объёмом*. В состоянии покоя у взрослого здорового человека он составляет примерно 500 мл.

После спокойного вдоха можно вдохнуть ещё 1,5—2,5 л воздуха. Этот объём называют *резервом вдоха*. После спокойного выдоха можно дополнительно выдохнуть ещё 1—1,5 л воздуха. Этот объём называют *резервом выдоха*. В сумме три этих показателя составляют *жизненную ёмкость лёгких*. Она колеблется от 3,0 до 4,5 л. Общий объём дыхательных путей от носовой полости до бронхов называется *мёртвым пространством*. Этот объём составляет от 150 мл.

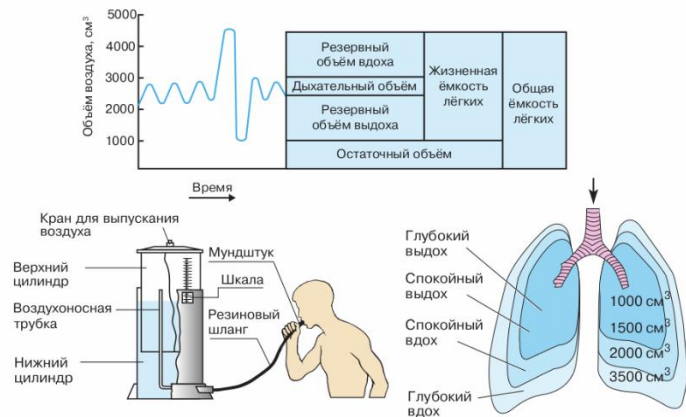


Рис. 39. Лёгочные объёмы

КЛЮЧЕВЫЕ
СЛОВА

Лёгкие. Бронхиальное дерево. Бронхи. Бронхиолы. Альвеолы. Дыхательный ацинус. Лёгочная плевра. Дыхательные движения. Жизненная ёмкость лёгких.

ВЫВОДЫ

- Лёгкие — парные органы, расположенные в грудной полости. Проводящая зона лёгких представлена бронхиальным деревом, обменная зона включает альвеолы.
- В альвеолах происходит газообмен между кровью в сосудах и воздухом лёгких.
- Дыхательные движения обеспечивают вентиляцию лёгких.

ПРАКТИКУМ

**ИЗМЕРЕНИЕ ВРЕМЕНИ ЗАДЕРЖКИ ДЫХАНИЯ
НА ВДОХЕ И ВЫДОХЕ**

Цель: сравнить время задержки дыхания на вдохе и выдохе.

Материалы и оборудование: секундомер.

Ход работы

1. В положении сидя сделайте глубокий вдох и глубокий выдох.
2. После этого сделайте почти максимальный вдох и задержите дыхание. Представьте, что находитесь под водой и вдох представляет угрозу для вашей жизни. С помощью секундомера измерьте максимальное время задержки дыхания.
3. Когда дыхание восстановится, выключите секундомер и запишите результат.
4. Отдохните пять — семь минут.
5. Сделайте не очень глубокий выдох, задержите дыхание и сразу включите секундомер.
6. Когда дыхание восстановится, выключите секундомер и запишите результат.
7. Оцените результаты: задержка дыхания на вдохе считается удовлетворительной, если человек смог задержать дыхание на 30—55 секунд. Более низкие результаты следует считать плохими, более высокие — хорошими. Результат задержки дыхания на выдохе считается удовлетворительным, если он выше 15 секунд.
8. Запишите выводы в тетради. Объясните, почему выполнять задержку дыхания на выдохе сложнее.

ДЛЯ ЛЮБОЗНАТЕЛЬНЫХ

Взрослый человек делает в среднем 15—17 дыхательных движений в минуту. При физической работе дыхание может учащаться в 2—3 раза. У тренированных людей дыхание редкое, но глубокое. Взрослый человек в покое поглощает в среднем 12 л кислорода в час, а при физической работе — в 10 с лишним раз больше. Взрослый человек в покое выделяет в среднем 22 л углекислоты в час, а при физической работе — в 2—3 раза больше.

ВОПРОСЫ

1. Как связано строение лёгких с выполняемой функцией?
2. Что собой представляет бронхиальное дерево?
3. Что такое сурфактант? Какова его роль?



4. Что собой представляет плевра?
5. Какие мышцы относятся к дыхательным?
6. Какие показатели составляют жизненную ёмкость лёгких?

ЗАДАНИЯ

7. Лёгочная плевра обладает эластичностью. За счёт этого она непрерывно растягивается и сжимается. Объясните, за счёт какой ткани это возможно.
8. Сделайте глотательное движение. Отметьте, что происходит в это время с дыханием. Объясните взаимосвязь дыхательных движений и глотания.
9. Сосчитайте количество своих дыхательных движений за одну минуту. Теперь задержите дыхание на 20—30 секунд. Как изменилась частота дыхания после задержки?
10. Опишите механизм вдоха и выдоха.

ОБЪЯСНИТЕ

11. Желудок располагается в брюшной полости под диафрагмой. Почему принятие больших количеств пищи затрудняет дыхание?
12. Почему каждое лёгкое находится в герметически замкнутом пространстве?
13. Почему, если сделать несколько глубоких вдохов подряд, после усиленной вентиляции лёгких дыхание становится редким, а иногда на некоторое время наблюдается даже остановка дыхания?

ТЕМЫ ДЛЯ ДИСКУССИЙ

14. Как альвеолы приспособлены для процессов газообмена?
15. У каких животных впервые появились лёгкие и чем было вызвано их появление? Как изменялись лёгкие в ходе эволюции позвоночных?

§ 18. ГАЗООБМЕН И РЕГУЛЯЦИЯ ДЫХАНИЯ

ЭТО Я ЗНАЮ

Особенности строения лёгких человека.
Механизм вдоха и выдоха.



Какие процессы лежат в основе газообмена и регуляции дыхания?



КАК ПРОТЕКАЕТ ГАЗООБМЕН В ЛЁГКИХ?

Кислород поступает в лёгкие вместе с вдыхаемым воздухом и движется по воздухоносным путям за счёт *разницы давлений* между лёгкими и атмосферой. Бронхи и бронхиолы оказывают сопротивление воздушному потоку. В результате кислород достигает крови уже не из-за разницы давлений, а за счёт **диффузии**.

Благодаря диффузии кислород перемещается из альвеол в венозную кровь (рис. 40). Его концентрация в альвеолах почти в 2,5 раза выше, чем в капиллярах. При этом кислород преодолевает барьер, который образует стенка альвеолы и стенка капилляра. Так как эти стенки образованы одним слоем плоских кле-

ток, лежащих на базальной мембране, то значительного сопротивления диффузии они не оказывают. Этот барьер называют *альвеоларно-капиллярным*.

Более серьёзным препятствием для перемещения кислорода является его плохая растворимость в воде. Эта проблема решается благодаря быстрому связыванию кислорода гемоглобином, содержащимся в эритроцитах, и за счёт высокого уровня кровотока в капиллярах.

Углекислый газ преодолевает альвеоларно-капиллярный барьер в противоположном кислороду направлении. Для этого используется такой же механизм диффузии.

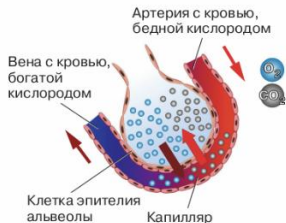


Рис. 40. Газообмен в альвеоле

? КАК ОСУЩЕСТВЛЯЕТСЯ ТРАНСПОРТИРОВКА ГАЗОВ КРОВЬЮ?

Кислород транспортируется кровью почти исключительно в соединении с гемоглобином, заключённым в эритроциты. В крови здорового взрослого мужчины концентрация гемоглобина составляет около 158 г/л, у женщины — 140 г/л. Однако этот показатель может изменяться в зависимости от состояния здоровья, возраста, высоты местности над уровнем моря и других факторов.

Гемоглобин способен образовывать нестойкие соединения как с кислородом, так и с углекислым газом. Эти газы присоединяются к разным участкам молекулы гемоглобина. Одна молекула гемоглобина способна соединять и транспортировать четыре молекулы кислорода. Это основной механизм его транспортировки.

Углекислый газ транспортируется кровью в различных формах. Он может быть растворён в плазме. При растворении в воде углекислый газ может образовывать угольную кислоту и транспортироваться в составе бикарбонат-ионов. Углекислый газ может связаться с гемоглобином, свободным от кислорода. В 100 мл артериальной крови здорового человека содержится 20 мл кислорода и около 52 мл углекислого газа.

? КАК ПРОИСХОДИТ ГАЗООБМЕН В ТКАНЯХ?

Газообмен в тканях происходит благодаря диффузии. В результате непрерывно идущих окислительных процессов в клетках и тканях расходуется кислород и образуется углекислый газ. Поэтому по сравнению с капиллярной кровью в тканях находится избыточное количество углекислого газа и недостаточное количество кислорода. Это создаёт градиенты концентраций, необходимые для интенсивной диффузии газов.

Недостаток кислорода в среде стимулирует его отсоединение от гемоглобина. Другим фактором, стимулирующим этот процесс, является закисление среды образующейся угольной кислотой. В результате гемоглобин освобождается от кислорода в артериальной части тканевого капилляра и присоединяет углекислый газ в венозной части с большой эффективностью.

? КАК ОСУЩЕСТВЛЯЕТСЯ КРОВΟΣНАБЖЕНИЕ ЛЁГКИХ?

Кровь поступает в лёгкие преимущественно по лёгочным артериям. Лёгкие включены в малый круг кровообращения. Однако около 5% крови поступает в них из большого круга кровообращения. Эта кровь обеспечивает жизнедеятельность клеток лёгочной ткани.



В лёгких артериальные и венозные сосуды повторяют все ветвления бронхиального дерева. В лёгких существует особый механизм подстройки кровотока к объёму лёгочной вентиляции. При уменьшении содержания кислорода в альвеолярном воздухе кровеносные сосуды сужаются, а при увеличении содержания кислорода они расширяются. В результате в плохо вентилируемых участках лёгких кровоток ослабевает, а в хорошо вентилируемых кровоток усиливается. Это отличает лёгочные сосуды от сосудов большинства других органов, которые реагируют на избыток кислорода сужением.

? КАКИЕ СТРУКТУРЫ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ УЧАСТВУЮТ В РЕГУЛЯЦИИ ДЫХАНИЯ?

Регуляция дыхания осуществляется **дыхательным центром головного мозга**. Он обеспечивает смену вдоха и выдоха, ритмичность дыхания, а также соответствие частоты и глубины дыхания текущим потребностям организма. Ритм дыхания определяется клетками — *водителями ритма*. Они являются нейронами в составе ретикулярной формации продолговатого мозга и моста.

В спокойном состоянии у человека частота генерации импульсов нейронами, задающими темп дыхания, составляет около 12 сигналов в минуту. Сигналы от водителя ритма поступают к нейронам продолговатого мозга, передающим их к мотонейронам спинного мозга. Они инициируют сокращение дыхательных мышц и развитие вдоха. Совокупность таких возбуждающих нейронов продолговатого мозга называют *центром вдоха*.

При вдохе лёгкие растягиваются, возбуждая лежащие в их стенках *механорецепторы*. Сигналы от этих рецепторов по волокнам чувствительных нейронов поступают к тормозным нейронам продолговатого мозга. Эти нейроны тормозят активность нейронов центра вдоха, что приводит к развитию выдоха. Совокупность таких тормозных нейронов называют *центром выдоха*.

Нейроны центров вдоха и выдоха, а также нейроны, генерирующие ритмы, в совокупности образуют дыхательный центр головного мозга. На его работу влияет содержание углекислого газа и кислорода в крови, уровень эмоций (волнение, страх, боль), температура тела, общий уровень активности центральной нервной системы.

В регуляции работы лёгких участвует и вегетативная нервная система. Мишенью для её влияния является гладкая мускулатура в стенках бронхиол. Расширение бронхиол во время стресса под влиянием активации симпатической системы улучшает прохождение воздуха в лёгкие.

На дыхательный центр оказывает влияние кора головного мозга. На это указывает способность человека произвольно регулировать дыхание, до определённой степени управляя вдохами и выдохами. Это чрезвычайно важно при плавании и нырянии, а также при произнесении слов. Однако при длительной задержке дыхания произвольный контроль теряется и дыхание возобновляется.

На активность дыхательного центра головного мозга влияют сигналы от чувствительных нервных окончаний в стенках дыхательных путей. Попадающие в дыхательные пути раздражающие частицы или опасные химические вещества рефлекторно вызывают спазм голосовой щели и бронхов, а также задержку дыхания. Одновременно запускаются реакции чихания и кашля, освобождающие дыхательные пути и выполняющие защитную функцию.

? КАК ОСУЩЕСТВЛЯЕТСЯ ГУМОРАЛЬНАЯ РЕГУЛЯЦИЯ ДЫХАНИЯ?

В гуморальной регуляции дыхания ведущее значение имеют *хеморецепторы*, контролирующие содержание углекислого газа и кислорода. Они делятся на центральные и периферические.

Центральные хеморецепторы располагаются в стволовой части мозга. Они особенно чувствительны к увеличению концентрации углекислого газа и закислению тканей.

Периферические хеморецепторы располагаются около крупных сосудов или в их стенках. Они более чувствительны к изменениям концентрации кислорода. Например, у разветвлений сонных артерий находятся крупные парные рецепторы — каротидные тельца. Аортальные тельца рассредоточены по внутренней поверхности дуги аорты.

**КЛЮЧЕВЫЕ
СЛОВА**

Диффузия. Нервная регуляция дыхания. Дыхательный центр головного мозга. Гуморальная регуляция дыхания.

ВЫВОДЫ

- Газообмен в лёгких и тканях идёт по принципу диффузии.
- Нервная регуляция дыхания осуществляется дыхательным центром продолговатого мозга, находящегося под контролем коры больших полушарий.
- Основным гуморальным фактором, регулирующим частоту дыхания, является концентрация углекислого газа в крови.

ДЛЯ ЛЮБОЗНАТЕЛЬНЫХ

- 1 Защитный кашлевой рефлекс возникает при раздражении нервных окончаний трахеи и бронхов. На первом этапе рефлекторного ответа происходит короткий вдох. После этого происходит смыкание голосовых связок и сокращение дыхательных мышц, приводящее к росту давления в лёгких. Затем голосовые связки резко открываются, и воздушная струя с большой скоростью изгоняет посторонние частицы раздражителей из дыхательных путей в открытый рот.
- 2 Рефлекс чихания реализуется сходным образом с кашлевым рефлексом, но вызывается раздражением нервных окончаний в стенках носовых ходов. При этом воздух изгоняется главным образом через ноздри, что приводит к их очищению.

ВОПРОСЫ

1. Какой физический процесс лежит в основе газообмена?
2. В чём особенность альвеоларно-капиллярного барьера?
3. В виде каких соединений переносятся O_2 и CO_2 ?
4. Вследствие чего в тканях находится избыточное количество углекислого газа и недостаточное количество кислорода?
5. Какие факторы влияют на работу дыхательного центра головного мозга?
6. Как происходит гуморальная регуляция дыхания?

ЗАДАНИЯ

7. Опишите механизм нервной регуляции дыхания.
8. Поясните, почему человек, находясь под водой, не может длительно задержать дыхание, а выныривая, возобновляет дыхание с большей частотой.
9. Приведите примеры, свидетельствующие о том, что в регуляции дыхания участвует кора больших полушарий мозга.



10. Составьте в тетради схему газообмена в лёгких и тканях. Укажите стрелками направления диффузии кислорода и углекислого газа.

ОБЪЯСНИТЕ

11. Почему во сне дыхание редкое, ровное и глубокое?
 12. Можно ли задержать дыхание на длительное время?
 13. Почему увеличивается содержание углекислого газа в выдыхаемом воздухе?

ТЕМЫ ДЛЯ ДИСКУССИЙ

14. Что происходит с частотой дыхания в плохо проветриваемом помещении?
 15. Можем ли мы влиять на работу дыхательного центра продолговатого мозга?

§ 19.

ГИГИЕНА ДЫХАНИЯ И ПРОФИЛАКТИКА ЗАБОЛЕВАНИЙ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ

ЭТО Я ЗНАЮ

Регуляция дыхания.
 Механизм вдоха и выдоха.



Почему важно заботиться о здоровье органов дыхания?



КАКОВО ЗНАЧЕНИЕ ПРАВИЛЬНОГО ДЫХАНИЯ?

Успешное функционирование системы дыхания является важнейшим условием поддержания здоровья организма человека. При правильном дыхании вдох должен быть короче выдоха. Такой характер дыхания необходим для продуктивной умственной деятельности и умеренных физических нагрузок. Одним из условий правильного дыхания является хорошо развитая грудная клетка. Для её нормального функционирования при дыхании важно всегда выбирать то положение тела, при котором дыхание не затруднено.

Формированию правильного дыхания способствуют дыхательная гимнастика и физические упражнения, развивающие дыхательную мускулатуру. Особенно эффективно способствуют увеличению дыхательных объёмов плавание, гребля, ходьба на лыжах.

При сутулости, впалой груди в лёгкие поступает меньшее количество воздуха. Поэтому важно научиться стоять, ходить и сидеть, соблюдая правильную осанку, для которой обеспечиваются наиболее благоприятные условия для дыхания. Для гигиены органов дыхания большое значение имеет закаливание. Рекомендуется больше бывать на свежем воздухе.



КАК МОЖНО ПОВРЕДИТЬ ГОЛОСОВОЙ АППАРАТ?

Голосовой аппарат может быть усовершенствован с помощью специальных упражнений, но может быть и повреждён. Тренировка голосового аппарата позволяет повысить эластичность голосовых связок и сократимость управляющих ими мышц.

Связки могут быть повреждены перерастяжением, которое возникает при крике или слишком громкой речи. Повреждённые связки плохо смыкаются и плохо ви-

рируют. Результатом является хрипота и даже исчезновение голоса. Несмыкание связок и потеря ими эластичности часто являются следствием курения. Оно оказывает негативное влияние непосредственно на лёгкие.

КАК ГАЗОВЫЙ СОСТАВ ВОЗДУХА ВЛИЯЕТ НА ОРГАНЫ ДЫХАНИЯ?

Изменение состава воздуха приводит к перестройке частоты и глубины дыхания. Это особенно заметно при увеличении содержания углекислого газа. Даже в очень душной комнате содержание кислорода снижается незначительно, но концентрация углекислого газа растёт быстро. Поэтому пребывание в душном помещении может вызвать головную боль, вялость, ухудшение самочувствия.

Если в помещении используется печное отопление, в воздухе может оказаться примесь угарного газа (СО). Отравление этим газом проявляется головной болью и тошнотой. Могут возникнуть рвота, судороги, потеря сознания.



ЗДОРОВЫЙ ОБРАЗ ЖИЗНИ

Пострадавшего от отравления угарным газом или пропан-бутановой смесью бытового газа необходимо как можно скорее перенести на свежий воздух, напоить крепким чаем. При потере сознания и прекращении дыхания пострадавшему необходимо сделать **искусственное дыхание**.

ЧТО ТАКОЕ ЭМФИЗЕМА?

У людей, которые долго курят табак, часто развивается такое заболевание лёгких, как **эмфизема**. Под воздействием никотина может произойти частичный паралич ресничек дыхательного эпителия. При этом выработка слизи бокаловидными клетками усиливается, а её выведение тормозится. Это приводит к перекрытию бронхов.

Никотин снижает активность находящихся в стенках альвеол макрофагов. Они становятся менее эффективными в борьбе с инфекциями, которые вызывают воспалительные процессы в стенках альвеол. В результате этого затрудняется вдох, воздух застаивается в альвеолах и их стенки избыточно растягиваются. Такое перерастяжение приводит к частичному разрушению альвеол, что значительно снижает эффективность газообмена в лёгких.

КАК РАЗВИВАЕТСЯ ПНЕВМОНИЯ?

Распространённым заболеванием лёгких является **пневмония**. Основной причиной пневмонии является бактериальная и вирусная (вирусно-бактериальная) инфекция. В последние годы увеличилась частота микоплазменных, грибковых и других видов пневмоний. Самыми частыми возбудителями являются бактерии *пневмококки*. Под их влиянием стенки альвеол разрушаются и становятся настолько проницаемыми, что из крови в альвеолы поступает жидкость, а также эритроциты и лейкоциты.

Возбудители переходят из одних альвеол в другие, формируя очаг воспаления, который может распространяться на доли лёгкого или даже на всё лёгкое. По мере развития пневмонии газообменные функции лёгких значительно ухудшаются. При заболевании средней тяжести кровь после прохождения через поражённое пневмонией лёгкое насыщается кислородом только на 60% (при прохождении через здоровое лёгкое насыщение кислородом составляет 97%).



? ЧТО НЕОБХОДИМО ДЕЛАТЬ ПРИ НАРУШЕНИЯХ ДЫХАНИЯ?

Нарушение дыхания может наблюдаться при заболеваниях и травмах, затрудняющих поступление воздуха в лёгкие. Это могут быть нарушение проходимости глотки, гортани или трахеи твёрдыми телами и жидкостями, сдавливание горла и грудной клетки, острые воспаления дыхательных путей и лёгких, приводящие к отёку слизистой оболочки. Развивающееся в этих случаях удушье может привести к полному прекращению дыхания, а через четыре-пять минут и к смерти человека. Необходима срочная медицинская помощь, а до прибытия врачей при остановке дыхания — проведение искусственного дыхания.

? КАК ПРОВОДЯТ ДИАГНОСТИКУ ЗАБОЛЕВАНИЙ ЛЁГКИХ?

Болезни органов дыхания лидируют в структуре общей заболеваемости населения. Среди них особенно распространены острые заболевания дыхательных путей, пневмонии, хронический бронхит и эмфизема лёгких. Для успешности их профилактики и лечения важно знать причины этих заболеваний и вовремя их диагностировать.

Одним из методов диагностики заболеваний лёгких является **флюорография** — исследование грудной клетки путём переноса рентгеновского изображения со светящегося флуоресцирующего экрана, за которым находится испытуемый, на фотоплёнку. Флюорография позволяет своевременно выявить такие заболевания, как туберкулёз, пневмония, рак лёгкого. Флюорографию необходимо делать не менее одного раза в два года.

? КАК ОКАЗАТЬ ПЕРВУЮ ПОМОЩЬ ПРИ ОСТАНОВКЕ ДЫХАНИЯ?

Остановка дыхания даже на четыре-пять минут может привести к инвалидности или смерти. В такой ситуации лишь своевременная доврачебная помощь может спасти человеку жизнь. Поэтому необходимо владеть приёмами оказания первой помощи при остановке дыхания. Затруднение или остановка дыхания могут наступить как вследствие заболевания органов дыхания, так и в результате несчастного случая.

Первая помощь при нарушении дыхания состоит в устранении причины, вызывающей удушье. Наиболее частой причиной прекращения поступления воздуха в лёгкие является закупорка дыхательных путей инородными телами.

Инородные тела дыхательных путей вызывают приступ удушья, сопровождающийся сильным кашлем. Часто инородное тело при кашле само выталкивается в рот и его можно извлечь пальцем. Если этого не происходит, необходимо вызвать скорую помощь. Затем нанести пять ударов между лопатками и посмотреть, не выпал ли инородный предмет, при необходимости повторить.

Также может помочь метод абдоминального толчка, или приём *Хеймлиха*, для взрослого человека, находящегося в сознании: встать сзади пострадавшего и обхватить его руками вокруг талии. Сжать одну кисть в кулак большим пальцем напротив живота и поместить в область живота пострадавшего. Обхватить кулак одной руки ладонью другой. Сделать отрывистый толчок в направлении спереди назад и снизу вверх в точку посередине между пупком и рёберным углом. Повторять толчки, перемежая их ударами по спине, пока не удалится инородное тело или пострадавший не потеряет сознание. В таком случае необходимо проводить искусственное дыхание до приезда скорой помощи.

Если инородное тело попало в трахею или бронхи, для его извлечения необходимо медицинское оборудование. Поэтому пострадавшего необходимо немедленно доставить в медицинское учреждение.


ЗДОРОВЫЙ ОБРАЗ ЖИЗНИ

При утоплении необходимо как можно скорее удалить из воздухоносных путей и лёгких пострадавшего воду, песок, рвотные массы. Для этого пострадавшего кладут животом на бедро согнутой в колене ноги так, чтобы его голова касалась земли. После этого, ритмично надавливая на спину, удаляют воду из лёгких (рис. 41). Затем пострадавшего переворачивают на спину, освободив шею, грудь и живот от одежды. Вначале обеспечивают проходимость дыхательных путей. Для этого пальцем, обёрнутым платком или марлей, очищают полость рта, запрокидывают голову назад, под шею подкладывают валик или руку и приступают к искусственному дыханию. Учиться приёмам искусственного дыхания желательно под руководством специалистов на специальном манекене.

Оказывающий первую помощь примерно 16—18 раз в минуту активно вдвухает воздух через марлю или носовой платок в рот или нос пострадавшему. При дыхании рот в рот спасатель, сделав вдох, плотно обхватывает своим ртом рот пострадавшего, а при дыхании рот в нос накрывает губами нос и выдыхает в него воздух. Продолжительность — около одной секунды. При этом надо следить, чтобы язык пострадавшего не западал и не закрывал гортань. Поэтому его придерживают салфеткой или носовым платком. Утечку воздуха через нос или рот пострадавшего предотвращают, зажимая их пальцами. При этом надо наблюдать, поднимается ли грудная клетка пострадавшего при осуществлении вдоха. Выдох осуществляется пассивно. Грудная клетка должна опускаться. Если у пострадавшего отсутствует пульс, расширены зрачки, одновременно с искусственным дыханием проводят непрямой массаж сердца.



Рис. 41. Первая помощь при утоплении

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Флюорография. Искусственное дыхание. Пневмония. Эмфизема.

ВЫВОДЫ

- Дыхательная гимнастика и физические упражнения способствуют формированию правильного дыхания.



- Частота и глубина дыхания связаны с изменением состава воздуха. Заболевания и травмы органов дыхательной системы приводят к нарушению дыхания. Важно знать и выполнять правила гигиены дыхания.
- Необходимо владеть приёмами оказания первой помощи при остановке дыхания.

ВОПРОСЫ

1. Что такое правильное дыхание?
2. Какие факторы опасны для голосовых связок?
3. Какие заболевания лёгких удаётся выявить с помощью флюорографии?
4. Какие меры первой помощи необходимо осуществить при отравлении угарным газом?
5. Какие правила гигиены дыхания необходимо знать и выполнять?
6. В каких случаях затрудняется носовое дыхание?

ЗАДАНИЯ

7. Опишите последовательность действий при оказании первой помощи человеку при утоплении.
8. Назовите основные причины отравлений угарным газом.
9. Среди факторов, неблагоприятно влияющих на органы дыхания, много таких, которые зависят от самого человека, его образа жизни. Приведите примеры таких факторов. Выскажите своё отношение к ним.
10. При ранении в область груди может нарушиться герметичность грудной полости. Её можно восстановить, закрыв рану полиэтиленовой плёнкой или другим материалом, не пропускающим воздух. Объясните, почему такую процедуру надо осуществить в конце выдоха.

ОБЪЯСНИТЕ

11. Почему при остановке дыхания человеку нагнетают в лёгкие не чистый кислород, а смесь кислорода и углекислого газа?
12. Почему при искусственном дыхании голову пострадавшего надо откинуть немного назад?
13. Почему трамвай или электробус по сравнению с автобусом предпочтительнее с гигиенической точки зрения?

ТЕМЫ ДЛЯ ДИСКУССИЙ

14. Индейцы в романах Ф. Купера, прячась в водоёмах от врагов, дышали с помощью пустотелых стеблей растений. Однако дышать таким способом возможно, находясь под водой на глубине не более 1 м. Как вы считаете, чем обусловлено это ограничение?
15. Слишком быстрый подъём водолазов с большой глубины приводит к кессонной болезни. Что является причиной этого заболевания?

1 ЗАДАНИЕ

СПРАВОЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Изучите таблицу 4 «Состав вдыхаемого и выдыхаемого воздуха».

Таблица 4

Состав вдыхаемого и выдыхаемого воздуха

Воздух	Содержание газов (в %)		
	Кислород	Углекислый газ	Азот
Вдыхаемый	20,94	0,03	79,03
Выдыхаемый	16,30	4,00	79,70

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Какой газ в составе воздуха не задействован в дыхании?
2. Почему процентное содержание кислорода в выдыхаемом воздухе уменьшается?
3. Концентрация какого газа изменяется максимально в процентном отношении при вдохе и выдохе в процессе дыхания?
4. С помощью какого простейшего оборудования можно получить информацию о составе вдыхаемого и выдыхаемого воздуха? Как это сделать?

2 ЗАДАНИЕ

СПРАВОЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Количественная оценка состояния системы дыхания пловца показала, что дыхательный объем его лёгких составил 950 см^3 , резервный объем вдоха — 2150 см^3 , резервный объем выдоха — 1650 см^3 .

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Определите жизненную ёмкость лёгких пловца.
2. Что понимается под жизненной ёмкостью лёгких, каким прибором её измеряют?
3. Как вы считаете, представители какого вида спорта (тяжёлой атлетики, плавания, настольного тенниса, художественной гимнастики) будут иметь самую высокую жизненную ёмкость лёгких при условии, что масса тела и рост спортсменов примерно одинаковы?

3 ЗАДАНИЕ

СПРАВОЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Водолазы на большой глубине дышат воздухом под высоким давлением. Всплывают они на поверхность воды постепенно. Чемпионы по нырянию погружаются на глубину до 100 м без акваланга и возвращаются на поверхность за четыре-пять минут.



ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Объясните, у кого выше риск развития кессонной болезни при быстром поднятии — у водолаза или ныряльщика.
2. Сейчас смеси для дыхания при глубинных погружениях (от 40 м) составляют из 95% гелия и 5% кислорода. Но и это не оптимальный вариант, часто добавляют в определённом соотношении азот (трёхкомпонентная смесь). Выскажите свои предположения: почему используют такие смеси газов, есть ли у них ограничения по применению?
3. Каковы особенности дыхания у постоянно ныряющих млекопитающих, например китов, тюленей?

4 ЗАДАНИЕ

СПРАВОЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

На рисунке 42 представлена информация по динамике заболеваемости гриппом и уровням охвата вакцинацией в России (1997—2017).



Рис. 42. Динамика заболеваемости гриппом и уровни охвата вакцинацией в России (1997—2017) (по данным Росстандарта)

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Какие зависимости иллюстрируют представленные данные?
2. Сформулируйте контраргументы для противников вакцинации, утверждающих, что вакцинирование от гриппа даёт кратковременный эффект и в целом неэффективно.
3. На 2017 г. количество вакцинированных составило 46,6% населения России, и эксперты считают это основной причиной низкой заболеваемости гриппом в указанном году. Докажите или опровергните данную точку зрения.

Глава 4

ПИЩЕВАРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА



ВЫ УЗНАЕТЕ

- о строении и функциях пищеварительной системы;
- об этапах пищеварения, его регуляции;
- о пищеварительных ферментах, их роли в процессе пищеварения;
- о гигиене питания и профилактике заболеваний органов пищеварения.

ВЫ НАУЧИТЕСЬ

- устанавливать взаимосвязь между строением органов пищеварения и выполняемыми ими функциями;
- объяснять процесс пищеварения;
- раскрывать роль пищеварительных ферментов;
- исследовать действие ферментов на вещества пищи;
- обосновывать меры профилактики заболеваний органов пищеварения, основные принципы здорового образа жизни и гигиены питания.



§ 20. СТРОЕНИЕ И ФУНКЦИИ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

ЭТО Я ЗНАЮ

Гетеротрофное питание.
Значение питания для организма.
Пластический обмен. Энергетический обмен.



В чём отличие пищеварения от питания?



ЧТО ТАКОЕ ПИЩЕВАРЕНИЕ?

Химические вещества, необходимые организму человека для процессов энергетического и пластического обмена, поступают из внешней среды в составе пищевых продуктов. Пища содержит воду, минеральные соли, белки, жиры, углеводы, нуклеиновые кислоты и витамины.

Поступающие в организм минеральные соли, вода и витамины усваиваются в неизменном виде. Сложные органические молекулы предварительно расщепляются в ходе процессов переваривания.

Пищеварение — совокупность физических и химических процессов обработки пищи с последующим всасыванием питательных веществ в кровь и лимфу.

В процессе механической и химической обработки пищи происходит утрата видовой специфичности пищевых продуктов. При этом сохраняется их энергетическая и пластическая ценность.



ИЗ КАКИХ ОРГАНОВ ОБРАЗОВАНА ПИЩЕВАРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА?

У человека процессы пищеварения протекают в **пищеварительной системе**. Она включает **пищеварительный тракт** и **комплекс желёз** (рис. 43). По пищеварительному тракту осуществляется перемещение пищи. Выделяемые железами ферменты обеспечивают переваривание пищи.

Пищеварительный тракт человека включает **ротовую полость, глотку, пищевод, желудок, тонкий кишечник, толстый кишечник и прямую кишку**. Длина пищеварительного тракта составляет около 8 м. Пищеварительные железы различного типа выводят свои секреты в полость желудочно-кишечного тракта. Этим обеспечивается переваривание различных компонентов пищи. Самыми крупными железами являются слюнные, поджелудочная железа и печень.



КАКОВЫ ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ СТЕНКИ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНОГО ТРАКТА?

Стенка пищеварительного тракта имеет трёхслойное строение (рис. 44). Наружный слой образован волокнистой соединительной тканью. Он отделяет пищеварительный тракт от окружающих тканей и органов, герметизирует и защищает его.

Средний слой образован слоями гладкой мускулатуры. В большинстве отделов пищеварительного тракта это два слоя: продольный и циркулярный (кольцевой). В стенке желудка к нему добавляется слой косой (диагональной) мускулатуры. В верхней части пищевода вместо гладкой присутствует поперечно-полосатая мускулатура.

Внутренний слой образован подслизистой и слизистой оболочками. Подслизистая оболочка состоит из соединительной ткани, в которую погружены пищеварительные железы, сосуды и лимфатические узелки. Слизистая оболочка образована эпителиальными клетками, которые значительно различаются по строению и функциям в различных отделах желудочно-кишечного тракта.

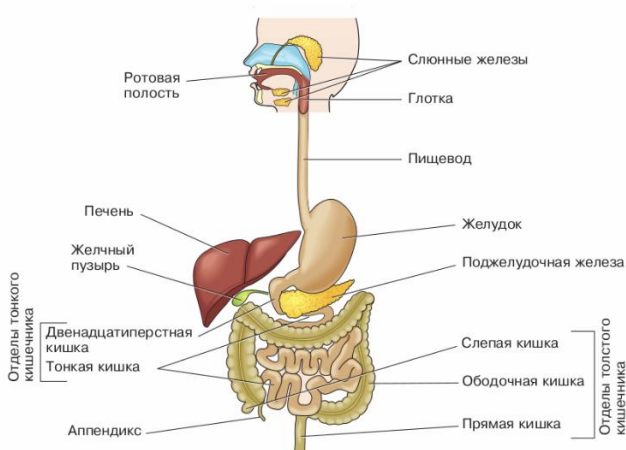


Рис. 43. Схема строения пищеварительной системы

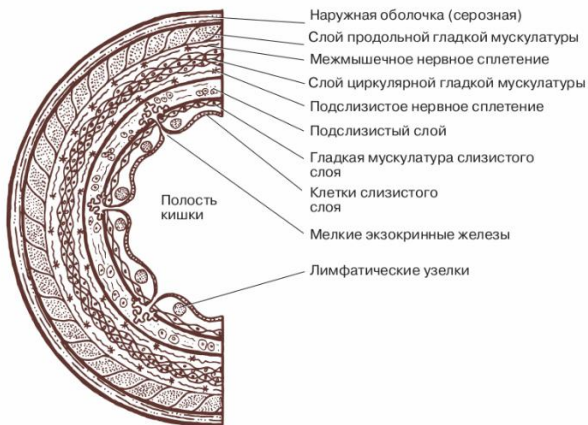


Рис. 44. Схема строения стенки пищеварительного тракта



Между мышечными слоями располагается межмышечное нервное сплетение. Второе нервное сплетение лежит на границе среднего и внутреннего слоёв. Оно называется подзолистым. Оба нервных сплетения относятся к вегетативной нервной системе.

? КАКИЕ ФУНКЦИИ ВЫПОЛНЯЕТ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА?

Пищеварительная система выполняет *моторную — двигательную функцию*. Группа поперечно-полосатых жевательных мышц обеспечивает измельчение пищи в ротовой полости. Поперечно-полосатые мышцы глотки обеспечивают глотание. Гладкая мускулатура желудочно-кишечного тракта обеспечивает продвижение пищевой массы, её перемешивание и выведение непереваренных остатков.

Секреторная функция пищеварительной системы реализуется с помощью желёз. В слизистой оболочке всех отделов присутствуют бокаловидные клетки, вырабатывающие слизь. Она облегчает продвижение пищевой массы и защищает стенки желудочно-кишечного тракта от пищеварительных ферментов. Более сложные пищеварительные железы выделяют секреты, расщепляющие сложные органические молекулы на более простые, пригодные для всасывания.

Всасывающая функция реализуется главным образом в кишечнике и обеспечивает поступление продуктов переваривания в кровь и лимфу. В незначительном объёме всасывание происходит в ротовой полости и в желудке.

Регуляторная функция желудочно-кишечного тракта связана с нервными сплетениями в его стенках и секреторными эндокринными клетками. Они присутствуют как в желудке, так и в кишечнике.

? КАК ПРОИСХОДИТ ПИЩЕВАРЕНИЕ В РОТОВОЙ ПОЛОСТИ?

Ротовая полость образована губами, щеками, твёрдым нёбом, мягким нёбом и мышцами дна ротовой полости. В ротовой полости располагаются **зубы** и **язык**.

Процесс пищеварения в ротовой полости включает механическую обработку пищи (жевание) с помощью зубов и химическую обработку с помощью слюны.

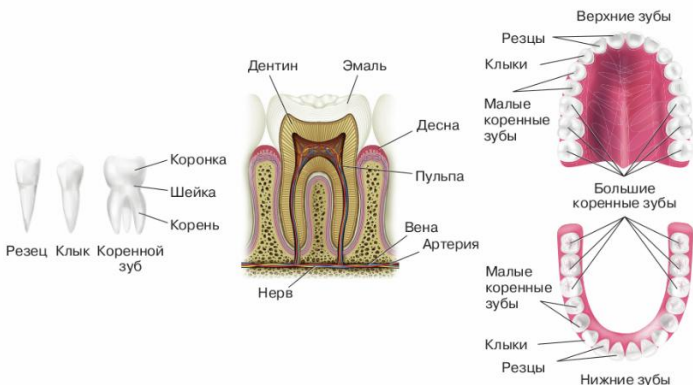


Рис. 45. Типы зубов, строение зуба и схема расположения зубов

Пребывание пищевого комка в ротовой полости составляет 15—18 секунд. Находящаяся в полости рта пища возбуждает вкусовые, тактильные, температурные рецепторы слизистой оболочки ротовой полости. Это рефлекторно обуславливает активацию секреции слюнных желёз и желёз, расположенных в желудке, кишечнике, а также выделение сока поджелудочной железы и желчи.

? ИЗ КАКИХ ЗУБОВ ОБРАЗОВАН ЗУБНОЙ АППАРАТ ЧЕЛОВЕКА?

Зубной аппарат взрослого человека включает 32 постоянных зуба — по 16 зубов на каждой челюсти. На челюстях зубы располагаются симметрично. На каждой челюсти расположены четыре резца, два клыка, четыре малых коренных зуба и шесть больших коренных зубов (рис. 45).

Постоянные зубы появляются не сразу. Они сменяют временный детский набор так называемых молочных зубов. Этих зубов всего 20 — по 10 зубов на каждой челюсти. Из 10 молочных зубов четыре являются резцами, два — клыками и четыре — большими коренными зубами. Полный набор молочных зубов формируется к 2,5—3 годам жизни ребёнка. Полный набор постоянных зубов взрослого человека формируется к 18—30 годам.

? КАКОЕ СТРОЕНИЕ ИМЕЕТ ЗУБ?

Каждый зуб состоит из *коронки*, *шейки* и *корня*. У больших коренных зубов несколько корней. На верхней челюсти у больших коренных зубов по три корня, а на нижней — по два.

Основная масса зуба образована твёрдым костеподобным веществом — *дентином*. Внутри зуба находится полость, заполненная рыхлой соединительной тканью — *пульпой*. В неё погружены кровеносные сосуды и нервы.

Корень зуба с помощью клейкого зубного цемента закреплён в выемках челюстей — *зубных альвеолах* (ячейках). Шейка зуба скрыта внутри десны, а выступающая над десной часть зуба называется *коронкой*. Снаружи коронка покрыта *зубной эмалью* — самой плотной и твёрдой тканью организма человека. В состав зубной эмали входят характерные для костной ткани соли фосфора, кальция и магния. Особую прочность зубной эмали придают входящие в её состав соли фтора.

? ЧТО ПРИВОДИТ К ЗАБОЛЕВАНИЮ ЗУБОВ?

При неправильном уходе за зубами между ними остаются частички пищи, которые подвергаются брожению. При этом образуется молочная кислота, которая действует на эмаль зуба, вызывая растворение минеральных веществ.

На поражённом участке эмали возникает желтоватый налёт из кислотообразующих микроорганизмов, обитающих в ротовой полости. Они продолжают разрушать минеральные вещества зуба. В результате образуется кариозная полость. В неё проникают микроорганизмы, которые вызывают постепенное разрушение зуба — *кариес*.

При жевании необходимо пользоваться равномерно всеми зубами. Нельзя грызть орехи, косточки. К образованию трещин эмали приводит употребление горячей или слишком холодной пищи. Большой вред зубам наносит содержащийся в табачном дыме никотин.

? КАК ОСУЩЕСТВЛЯЕТСЯ ХИМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ПИЩИ В РОТОВОЙ ПОЛОСТИ?

Химическая обработка пищи в ротовой полости осуществляется с помощью слюны. Её вырабатывают многочисленные мелкие железы слизистой оболочки и три пары крупных слюнных желёз. Это две околоушные, две подъязычные и две подчелюстные железы.



Слюна представляет собой вязкую бесцветную жидкость, имеющую слабощелочную реакцию. Она на 96—99% состоит из воды, в которой растворены минеральные соли и органические соединения: ферменты, муцин и лизоцим.

Основным ферментом слюны является *амилаза*, которая расщепляет углеводы (полисахариды) на более мелкие фрагменты (ди- и трисахариды). Муцин растворяется в воде и образует слизь, которая способствует смачиванию, склеиванию и скольжению пищевого комка. Лизоцим обладает бактерицидным действием и дезинфицирует поступающую пищу. За сутки в ротовой полости взрослого человека вырабатывается 1—1,2 л слюны.

? КАКОВЫ ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ ЯЗЫКА?

Язык образован из поперечно-полосатой мускулатуры и снаружи покрыт слизистой оболочкой. Язык делится на верхушку (кончик языка), тело (основная часть) и корень (основание языка). Он осуществляет перемешивание пищи и участвует в её измельчении, принимает участие в процессе глотания, а также функционирует в качестве органа вкуса и органа речи.

? КАКОВЫ ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ ГЛОТКИ?



Рис. 46. Механизм глотания

В глотке сходятся пищеварительная и дыхательная системы. В верхней части глотки расположена носоглотка. В неё открываются носовая полость и устья евстахиевых труб.

Нижняя часть глотки сообщается с гортанью, а средняя часть сообщается с ротовой полостью. Изнутри глотка выстлана слизистым эпителием, под которым располагаются поперечно-полосатые мышцы. Их согласованное сокращение является результатом *глотательного рефлекса*, который запускается механорецепторами основания языка под влиянием пищевой массы.

Глотка пропускает только относительно небольшое количество пищи, из которой формируется пищевой ком (рис. 46). Этот процесс называется *порционированием пищевой массы*. Из глотки порционированная пищевая масса поступает в пищевод. При этом ферменты слюны продолжают действовать внутри пищевого кома, так как в нём сохраняется слабощелочная среда.

КЛЮЧЕВЫЕ
СЛОВА

Пищеварение. Пищеварительная система. Пищеварительный тракт. Ротовая полость. Зубы. Язык. Глотка.

ВЫВОДЫ

- Пищеварение — механическая обработка пищи и химическое расщепление питательных веществ в органах пищеварения. Пищеварительная система выполняет моторную, секреторную, всасывающую, регуляторную функции.

- Система органов пищеварения состоит из пищеварительного тракта, включающего ротовую полость, глотку, пищевод, желудок, кишечник, и комплекса желёз.
- В ротовой полости происходит механическая обработка пищи и частичное расщепление углеводов под действием ферментов слюны.

ПРАКТИКУМ
ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕЙСТВИЯ ФЕРМЕНТОВ СЛЮНЫ НА КРАХМАЛ

Цель: изучить действие ферментов слюны на крахмал.

Материалы и оборудование: крахмальный клейстер, водный раствор йода, тёплая и холодная вода, пробирки, лабораторные стаканы, штатив для пробирок, термометр.

Ход работы

1. Разлейте в три пробирки тёплый крахмальный клейстер (+37 °С) (рис. 47).
2. Капните в пробирку № 1 несколько капель водного раствора йода. Крахмал окрасится в синий цвет. Оставьте пробирку № 1 до конца исследования. Эта пробирка будет контрольной.
3. Добавьте слюны в пробирки № 2 и № 3.
4. Поместите пробирку № 2 на 15 минут в стакан с тёплой водой.
5. Поместите пробирку № 3 на 15 минут в стакан с холодной водой.
6. Капните в пробирки № 2 и № 3 несколько капель водного раствора йода. Изменился ли цвет содержимого пробирок?
7. Объясните результаты эксперимента. Какой параметр вы задавали в ходе эксперимента (независимая переменная), а какой менялся в зависимости от этого (зависимая переменная)?
8. Запишите выводы в тетради.
9. Как можно поддерживать постоянную температуру крахмального клейстера в ходе эксперимента? Какое это имеет значение? Предложите схемы экспериментов для определения оптимальной температуры и времени действия фермента слюны на крахмал. Зарисуйте их в тетради.

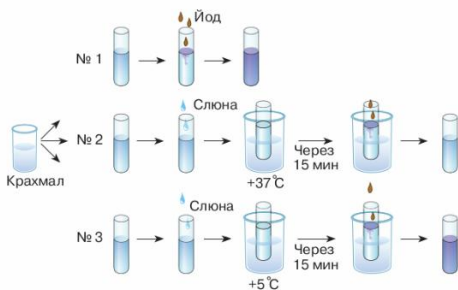


Рис. 47. Схема исследования действия ферментов слюны на крахмал



ВОПРОСЫ

1. Что называют пищеварением, какова его роль в жизнедеятельности человека?
2. Какие функции выполняют органы пищеварения?
3. Какие физические и химические изменения происходят с пищей в ротовой полости?
4. Каково внешнее и внутреннее строение зуба?
5. Какой состав имеет слюна? Какова её роль?
6. Соотнесите особенности строения стенки пищеварительного тракта с его функциями.

ЗАДАНИЯ

7. Составьте классификацию зубов по их форме и функциям.
8. Протрите зубы чистой салфеткой. Определите, есть ли на них налёт. С чем он связан? Почему его необходимо счищать два раза в сутки?
9. Сформулируйте правила ухода за зубами.
10. Возьмите кусочек чёрного хлеба и тщательно пережёвывайте его в ротовой полости в течение 5—10 минут. Проследите за изменением вкуса хлеба. Объясните, с чем это связано.

ОБЪЯСНИТЕ

11. Почему пищу рекомендуют тщательно пережёвывать?
12. Почему нельзя запивать мороженое горячим кофе или чаем?
13. Почему следует обязательно лечить молочные зубы, хотя они и сменяются постоянными?

ТЕМЫ ДЛЯ ДИСКУССИЙ

14. Какие методы используются для изучения пищеварительной системы человека?
15. Как извлекаются из пищи питательные вещества?

§ 21. ПИЩЕВАРИЕНИЕ В ЖЕЛУДКЕ И ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПЕЧЕНИ

ЭТО Я ЗНАЮ

Функции пищеварительной системы.
Особенности пищеварения в ротовой полости.



Какие особенности строения желудка дают возможность ему осуществлять механическую и химическую обработку пищи?



КАКОВЫ ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ ПИЩЕВОДА?

Пищевод представляет собой отрезок пищеварительной трубки длиной около 30 см. Он соединяет глотку с желудком. В пищеводе каждый пищевой комок проводит около 10 секунд. В пищеводе есть железы, образующие слизь.

Перемещение пищи в пищеводе обеспечивает **перистальтика** — особый механизм, который характерен для всего желудочно-кишечного тракта. Перистальтика является рефлекторной реакцией, реализуемой без участия центральной нервной системы за счёт расположенных в стенке нервных сплетений. При перистальтике происходит волнообразное сокращение участков циркулярного слоя гладкой мускулатуры. Участок сжатия продвигается вдоль пищеварительного канала, продвигая в ту же сторону содержащуюся в нём пищевую массу.

Пищевод проходит через особое отверстие в диафрагме и впадает в желудок. У места впадения располагается кольцевое утолщение гладкой мускулатуры — **пищевой сфинктер**. Он плотно закрыт и открывается только в конце акта глотания. Такой механизм предотвращает заброс в пищевод и ротовую полость содержимого желудка. Сходный сфинктер располагается и в начале пищевода.

? КАКОВЫ ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ ЖЕЛУДКА?

Желудок представляет собой расширение пищеварительной трубки объёмом около 2 л. Он расположен под диафрагмой с левой стороны и имеет изогнутую форму (рис. 48). Более узкая нижняя часть желудка сообщается с кишечником. В месте перехода в кишечник находится ещё один сфинктер — **привратник**. Он состоит из препилорической и пилорической частей. Привратник регулирует перемещение жидкой полупереваренной пищевой массы из желудка.

Стенка желудка изнутри имеет многочисленные складки — **кristы**. Они увеличивают площадь слизистой оболочки и способствуют перемешиванию содержимого желудка. Особенностью строения стенки желудка является наличие **трёх слоёв гладкой мускулатуры**. Различают **наружный продольный, средний кольцевой и внутренний косой** слои (см. рис. 48).

На поверхности слизистой оболочки желудка в большом количестве располагаются желудочные ямки. В них выделяют секрет **желудочные железы**. В слизистой оболочке желудка находится около 35 млн желудочных желёз.

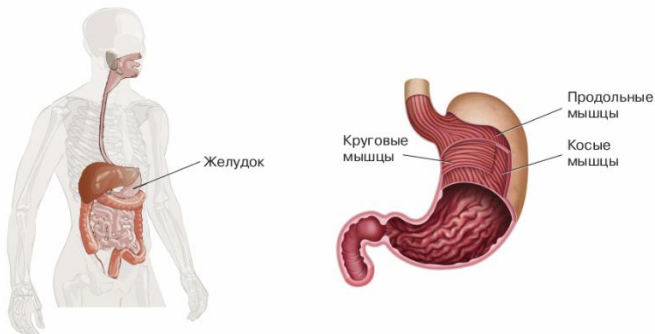


Рис. 48. Анатомическое положение желудка. Гладкая мускулатура стенки желудка



? КАКОЙ ОБРАБОТКЕ ПОДВЕРГАЕТСЯ ПИЩА В ЖЕЛУДКЕ?

В желудке пищевая масса подвергается механической и химической обработке. Механическую обработку производят стенки желудка, имеющие кристы. За счёт наличия дополнительного слоя гладкой мускулатуры стенки желудка совершают не только перистальтические сокращения, но и более медленные и сложные движения. В результате этих движений содержимое желудка тщательно перемешивается, что способствует перевариванию.

Химическая обработка пищи производится **желудочным соком**, который вырабатывают многочисленные железы, расположенные в стенках. За сутки стенки желудка вырабатывают 2—2,5 л желудочного сока.

? КАКИЕ ГРУППЫ КЛЕТОК РАЗЛИЧАЮТ В СОСТАВЕ ЖЕЛЁЗ ЖЕЛУДКА?

В составе желёз желудка различают три группы клеток: *главные*, *обкладочные* и *добавочные*. Главные клетки секретируют фермент *пепсин* в неактивной форме. Этот фермент активируется в полости желудка под воздействием присутствующей там *соляной кислоты*. Главные клетки в небольшом количестве вырабатывают фермент *липазу*, переваривающий жиры. Белки перевариваются до небольших фрагментов — пептидов. Аминокислот образуется очень мало.

Обкладочные клетки вырабатывают и секретируют соляную кислоту, которая выполняет ряд важных функций (рис. 49). Она создаёт кислую среду в полости желудка. Это приводит пепсин в активную форму. Соляная кислота денатурирует белки, и они переходят в форму, более доступную для действия пепсина.

Соляная кислота оказывает бактерицидное действие на содержимое желудка. Она блокирует ферменты слюны и останавливает переваривание углеводов. Соляная кислота переводит в растворимую форму ряд минеральных солей.

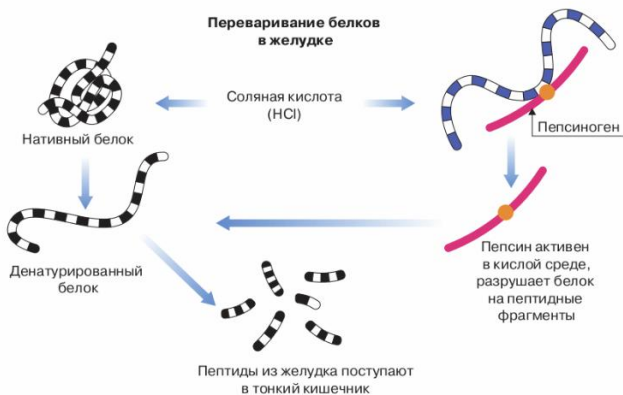


Рис. 49. Соляная кислота и переваривание белков в желудке

Добавочные клетки вырабатывают слизь, содержащую муцин. Слизь предохраняет слизистую оболочку желудка от воздействия соляной кислоты и ферментов желудочного сока.

? ОТ ЧЕГО ЗАВИСИТ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ПРЕБЫВАНИЯ ПИЩИ В ЖЕЛУДКЕ?

В зависимости от состава пища пребывает в желудке в среднем от 3 до 10 часов. Дольше всего остаётся в желудке смешанная и жирная пища. В ответ на поступление пищи, обогащённой белками, вырабатывается наибольшее количество ферментов.

В желудке начинаются процессы всасывания питательных веществ. Но они идут с минимальной интенсивностью, так как продуктов, готовых к всасыванию, в желудке немного. В желудке всасываются вода, минеральные соли, небольшое количество аминокислот и глюкозы, а также некоторые лекарственные препараты.

Желудочный сок, непереваренные пищевые частицы, продукты переваривания образуют в желудке жидкую массу, которая называется *химус*. Он выводится из желудка порциями, что обеспечивается работой сфинктера привратника. Он даже в сокращённом состоянии пропускает небольшое количество жидкости.

? КАКОВЫ ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ ПЕЧЕНИ?

Печень является самой крупной железой организма человека. Она расположена справа в брюшной полости под диафрагмой (рис. 50). Печень имеет множество функций, важная из которых — *барьерная*, она обезвреживает множество токсичных для организма веществ, попадающих в кровь. Уникальность кровоснабжения печени, связанная с её функциями, состоит в том, что в особый участок печени, называемый воротами, впадают два кровеносных сосуда: *печёночная артерия* и *воротная вена печени*. Пройдя через ткань печени, кровь этих двух систем собирается в *печёночную вену* (см. рис. 50).

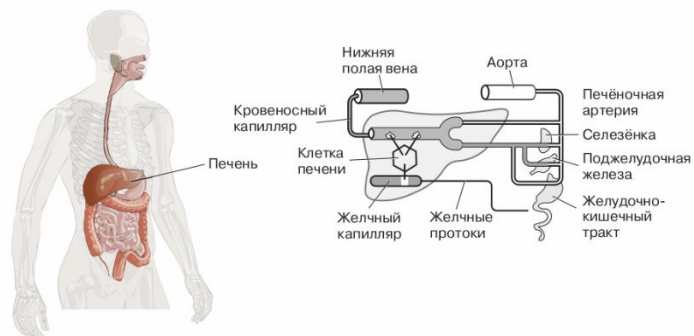


Рис. 50. Положение печени в организме и особенности её кровоснабжения



Функциональной единицей печени является *долька*, клетки которой вырабатывают *желчь*, собирающуюся в междольковые проточки. Следуя рядом с междольковыми кровеносными сосудами и соединяясь друг с другом, они образуют общий печёночный проток, который выходит из ворот печени.

В каждую дольку печени по капиллярам поступает венозная кровь воротной вены, собирающаяся от органов системы пищеварения, и артериальная кровь из печёночной артерии. Капилляры окружены основными клетками печени — *гепатоцитами*. Они вместе с тканевыми макрофагами извлекают из протекающей по капиллярам крови все потенциально опасные компоненты, в том числе и дефектные форменные элементы крови. При необходимости они разрушаются ферментами лизосом.

Продукты распада, а также продукты, произведённые самой печенью, выводятся в желчные протоки, которые располагаются параллельно кровеносным капиллярам. По печёночной артерии в печень поступает и артериальная кровь. Она необходима для полноценной жизнедеятельности гепатоцитов. От печени кровь оттекает по печёночным венам.

Желчь из мелких протоков поступает в общий печёночный проток и далее в *общий желчный проток*. Отсюда желчь направляется в *двенадцатиперстную кишку* или поступает в пузырный проток, ведущий в желчный пузырь. В нём желчь накапливается и концентрируется за счёт всасывания стенками пузыря воды и минеральных солей.

За сутки печень вырабатывает от 0,5 до 1 л желчи. Этот процесс идёт непрерывно и не зависит от присутствия пищи в пищеварительном тракте. От присутствия пищи зависит интенсивность выброса желчи из желчного пузыря. Сокращение его стенок также стимулируют вид и запах пищи. Желчеобразование и выброс желчи в двенадцатиперстную кишку регулируются вегетативной нервной системой и гормонами эндокринной системы.

Выработка желчи определяет пищеварительную, защитную (барьерную) и выделительную функции печени. Помимо них, она выполняет и ряд других функций. Печень синтезирует большое количество разнообразных белков. Среди них большинство белков плазмы крови. В этом заключается биосинтезирующая функция печени. Печень участвует в метаболизме аминокислот, разрушая ненужные до мочевины и воды. Некоторые аминокислоты могут синтезироваться в печени из других аминокислот. Такие аминокислоты называются *заменимыми*. В печени запасаются гликоген, железо, многие микроэлементы и витамины, образуются некоторые гормоны — это регуляторная функция печени.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Пищевод. Перистальтика. Желудок. Желудочный сок. Печень. Желчь.

ВЫВОДЫ

- В желудке продолжается механическая обработка пищи, производимая гладкой мускулатурой стенок желудка. Под влиянием ферментов желудочного сока идёт химическое расщепление белков и жиров. В желудке начинаются с минимальной интенсивностью процессы всасывания питательных веществ.
- Печень, являясь самой крупной железой организма человека, выполняет функции: барьерную, пищеварительную (выработка желчи), регуляторную, запасующую, биосинтезирующую.

ПРАКТИКУМ

ИЗУЧЕНИЕ ГИСТОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ ОРГАНОВ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Цель: изучить особенности строения органов пищеварительной системы.

Материалы и оборудование: микроскоп, микропрепараты: языка (срез через листовидные и нитевидные сосочки языка), дна желудка.

Ход работы

1. При малом увеличении микроскопа рассмотрите микропрепарат языка. Обратите внимание на то, что снаружи язык покрыт слизистой оболочкой с многослойным плоским неороговевающим эпителием. Объясните особенности строения слизистой оболочки языка.
2. Переведите микроскоп на большое увеличение. Выберите участок препарата с листовидными сосочками. В составе эпителия боковых поверхностей сосочка можно обнаружить вкусовые почки. Составьте схему, поясняющую, как происходит ощущение вкуса пищи.
3. Зарисуйте в тетради участок языка с листовидными сосочками, сделайте соответствующие подписи.
4. Рассмотрите препарат дна желудка невооружённым глазом. Отметьте, что вы наблюдаете.
5. При малом увеличении микроскопа расположите препарат слизистой оболочкой вверх. Рассмотрите оболочки желудка, отметьте особенности строения, объясните взаимосвязь строения и функций.
6. Зарисуйте в тетради участок слизистой оболочки дна желудка, сделайте соответствующие подписи.
7. Сделайте выводы об особенностях строения органов пищеварения.

ДЛЯ ЛЮБОЗНАТЕЛЬНЫХ

Печень осуществляет функции внешнего и внутреннего депонирования. Внешнее депонирование состоит в накоплении в желчном пузыре желчи, внутреннее — в накоплении углеводов, жиров, минеральных веществ, гормонов, витаминов, воды. Запасы гликогена в печени (гликогеновое депо) могут достигать 20% веса органа. В печени депонируется ряд витаминов — до 96% общего содержания в организме витамина А, большая часть витаминов D₂, D₃, К, G, РР. Печень является депо железа (она содержит около 15% всего железа в организме), меди, цинка и других микроэлементов, а также воды.

ВОПРОСЫ

1. Как пища из ротовой полости попадает в желудок?
2. Что такое перистальтика? Какова её роль в пищеварении?
3. Какие вещества вырабатывает слизистая оболочка желудка?
4. Какие химические изменения происходят с пищей в желудке?
5. Как печень участвует в пищеварении?
6. Каково значение желчи в пищеварении?



ЗАДАНИЯ

7. Опишите состав желудочного сока.
8. Составьте схему, отражающую функции печени и особенности её строения.
9. Вспомните обмен углеводов в организме человека. Какая функция печени должна активизироваться, если в рационе человека обильное количество углеводсодержащей пищи?
10. В желудочном соке в незначительном количестве присутствует жировой фермент липаза. Почему он действует почти исключительно на жиры молока?

ОБЪЯСНИТЕ

11. Почему из всех отделов пищеварительного тракта кислая среда характерна только для желудка? С какой его функцией это связано?
12. Почему желудочный сок не переваривает стенку желудка?
13. Почему человеку с больной печенью нельзя употреблять жирную пищу?

ТЕМЫ ДЛЯ ДИСКУССИЙ

14. Чем опасна пониженная и повышенная кислотность желудочного сока?
15. У людей, привыкших съесть много пищи и пить много жидкости, желудок растягивается и его мышцы становятся слабыми. Как это сказывается на пищеварении?

§ 22.

ПИЩЕВАРИЕ И ВСАСЫВАНИЕ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ В КИШЕЧНИКЕ

ЭТО Я ЗНАЮ

Состав желудочного сока.
Переваривание пищи в желудке.
Роль желчи в пищеварении.



Какие процессы происходят в кишечнике?



КАКОВЫ ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ ТОНКОГО КИШЕЧНИКА?

Тонкий кишечник является самым протяжённым отделом желудочно-кишечного тракта. Его длина составляет 5—6 м, а диаметр в среднем 4—5 см. Тонкий кишечник включает двенадцатиперстную кишку, тощую кишку и подвздошную кишку (рис. 51). Длина двенадцатиперстной кишки составляет 25—30 см. В неё пища поступает из желудка. В эту кишку слитно впадают протоки поджелудочной железы и печени.

Тощая кишка занимает среднее положение и имеет в длину около двух метров. Подвздошная кишка отделена сфинктером от толстого кишечника и имеет длину около трёх метров. По всей длине тонкого кишечника на внутренней поверхности имеются крупные складки.

Стенки тонкого кишечника включают те же слои, что и стенки других отделов пищеварительной трубки. Особенности имеет эпителиальная выстилка. Слизистая оболочка тонкого кишечника образует многочисленные пальцеобразные выросты — **кишечные ворсинки**. Их высота составляет 0,5—1,2 мм, а плотность 20—40 ворсинок на 1 мм². Снаружи ворсинки покрыты однослойным эпителием, включающим два типа клеток. Клетки **энтероциты** участвуют в процессах переваривания и всасывания, их больше всего. **Бокаловидные клетки** вырабатывают слизь. Внутри каждой ворсинки находятся кровеносные и лимфатические сосуды, а также нервные окончания.

Энтероциты на поверхности, обращенной в просвет кишки, имеют многочисленные выросты мембраны — **микроворсинки**. На них располагаются связанные с мембраной углеводные нити.

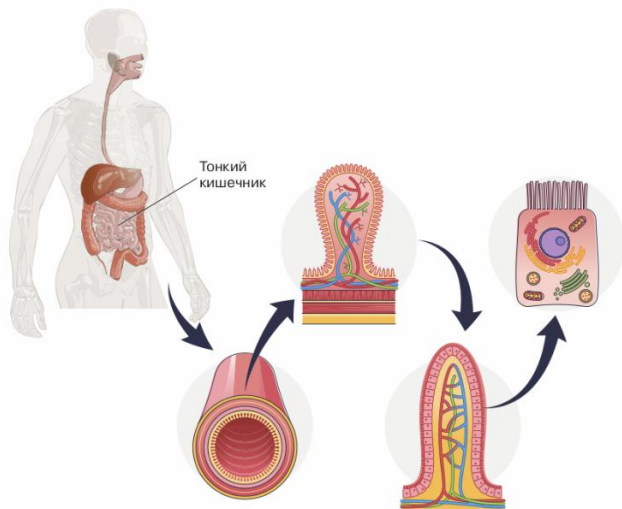


Рис. 51. Расположение тонкого кишечника и строение тонкой кишки

? КАК ПРОИСХОДИТ ПОЛОСТНОЕ ПЕРЕВАРИВАНИЕ ПИЩИ В ТОНКОМ КИШЕЧНИКЕ?

Переваривание пищи в тонком кишечнике обеспечивают два механизма. Это **полостное переваривание** и **пристеночное переваривание**. Полостное переваривание протекает в просвете кишки и связано преимущественно с действием ферментов сока поджелудочной железы и желчью, вырабатываемой печенью. Печень и поджелудочная железа соединены с тонким кишечником короткими протоками. Также в переваривании участвуют ферменты кишечного сока, вырабатываемые кишечными железами.



Поджелудочная железа располагается в левой половине брюшной полости позади желудка. Её длина составляет 12—15 см. По форме она напоминает язык. Поджелудочная железа относится к железам смешанного типа и выполняет две функции — экзокринную и эндокринную. Эндокринная функция состоит в выделении гормонов в кровь. Экзокринная функция связана с выделением в полость кишечника поджелудочного сока, который также называют *панкреатическим*.

Поджелудочный сок содержит большой набор ферментов, способных расщеплять большинство органических веществ пищевой массы, поступившей в тонкий кишечник. На белки и пептиды действуют протеазы, например *трипсин* и *химотрипсин*. На углеводы действуют сахаразы, например *амилаза*, *мальтаза* и другие. На нуклеиновые кислоты действуют *нуклеазы*. Помимо ферментов, поджелудочный сок содержит муцин, растворённые минеральные соли.

Проток поджелудочной железы, соединяясь с желчным протоком, впадает в двенадцатиперстную кишку. В двенадцатиперстной кишке — слабощелочная среда. У здорового человека поджелудочная железа производит 1,5—2 л поджелудочного сока в сутки.

Желчь вырабатывается печенью и содержит воду, минеральные соли, бикарбонаты, муцин, холестерин, а также желчные пигменты и желчные кислоты. Некоторые соли, например соли тяжёлых металлов, холестерин и желчные пигменты предназначены для выведения из организма.

Важное значение в процессах пищеварения имеют желчные кислоты и бикарбонаты. Желчные кислоты встраиваются в капли жира и делают их более текучими. В результате крупные скопления жира распадаются на микроскопические фрагменты. Взвесь таких капелек в воде называется жировой эмульсией, а процесс её образования — *эмульгацией*.

В результате эмульгации жира значительно увеличивается площадь соприкосновения жировых частиц с поджелудочным соком, что многократно облегчает работу содержащихся в соке липаз. Бикарбонаты нейтрализуют соляную кислоту, поступившую из желудка вместе с пищевой массой. Ферменты поджелудочного сока переваривают углеводы до простых сахаров, а жиры — до остатков жирных кислот и глицерина, небольшой процент белков — до аминокислот. Большинство белков расщепляется до дипептидов и трипептидов.

В слизистой оболочке тонкого кишечника имеется много *кишечных желёз*, выделяющих в сутки около 2 л сока. В нём содержатся ферменты, заканчивающие расщепление всех типов питательных веществ. Отделение сока происходит только при соприкосновении кишки с пищей.



КАК ПРОИСХОДИТ ПРИСТЕНОЧНОЕ ПЕРЕВАРИВАНИЕ ПИЩИ В ТОНКОМ КИШЕЧНИКЕ?

Пристеночное, или мембранное, переваривание связано со способностью энтероцитов синтезировать полный набор пищеварительных ферментов. Они не выделяются в полость кишки, а фиксируются на микроворсинках. Кроме того, погружённые в слизь углеводные нити на микроворсинках концентрируют часть ферментов из полости кишки. В результате у стенки кишки формируется большое скопление разнообразных пищеварительных ферментов. Оказавшись между ворсинками кишечника микрочастицы пищи с большой скоростью перевариваются этими ферментами.

Два механизма переваривания, работая одновременно на всём протяжении тонкого кишечника, позволяют полностью переварить все питательные вещества, со-

держаться в пище. Непереваренные остатки поступают из тонкого кишечника в толстый кишечник.

КАК ПРОИСХОДИТ ВСАСЫВАНИЕ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ В ТОНКОМ КИШЕЧНИКЕ?

Процесс всасывания в тонком кишечнике идёт одновременно с завершением переваривания. Продукты ферментативного распада макромолекул пищи перемещаются из полости кишечника в кровь и лимфу. Основным местом всасывания служат слизистые оболочки тощей и подвздошной кишок. Осуществляющие всасывание энтероциты расположены в основании кишечных ворсинок.

Всасывание обеспечивают *активный* и *пассивный механизмы*. При пассивном всасывании перемещение веществ происходит за счёт диффузии, которая направлена из области высокой концентрации в область низкой концентрации. Так перемещаются вода и некоторые соли. В мембране энтероцита для такого вида транспорта существуют системы белковых каналов. При активном всасывании для переноса веществ через мембраны энтероцита расходуется энергия АТФ. Так всасываются большинство органических молекул, ионы кальция и другие вещества. Образованные мембранными белками структуры для активного переноса молекул называются насосами.

Простые сахара, аминокислоты, нуклеотиды и витамины всасываются в кровь в неизменном виде. Оттекающая от всех отделов пищеварительного тракта кровь собирается в воротную вену и направляется в печень.

Более сложно происходит всасывание жиров. Под действием липазы они расщепляются до глицерина и жирных кислот и вместе с желчными кислотами образуют комплексы, которые называют *мицеллами*. Эти комплексы взаимодействуют с мембранами энтероцитов в промежутках между микроворсинками. В результате содержимое мицелл переходит в энтероциты. После этого в энтероцитах из составных частей происходит повторный синтез жиров, необходимых организму человека.

Синтезированные молекулы жиров поступают в аппарат Гольджи, где упаковываются в секреторные пузырьки. Эти пузырьки выводятся из энтероцитов в тканевую жидкость и всасываются в лимфатические капилляры. После этого секреторные пузырьки транспортируются по лимфатической системе.

КАКОВЫ ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ ТОЛСТОГО КИШЕЧНИКА?

Толстый кишечник является продолжением тонкого кишечника, имеет длину 1,5—2 м, диаметр составляет 4—7 см. Толстый кишечник включает три отдела — слепую, ободочную и прямую кишки.

На границе между тонким и толстым кишечником располагается сфинктер, который порциями пропускает пищевые массы. Рядом со сфинктером в начале слепой кишки находится аппендикс, являющийся органом иммунной системы.

Стенка толстого кишечника имеет мощный гладкомышечный слой. Он обеспечивает перистальтические и маятникообразные сокращения. Наружный слой мышечной оболочки образован тремя продольными лентами. Они стягивают кишку. Из-за этого она образует многочисленные складки и вздутия.

Клетки слизистой оболочки толстого кишечника не имеют ворсинок. Они соседствуют с многочисленными кишечными железами, которые вырабатывают кишечный сок. Он состоит преимущественно из слизи, облегчающей перемещение содержимого кишечника.



? КАКОВА РОЛЬ МИКРООРГАНИЗМОВ В ФУНКЦИОНИРОВАНИИ ТОЛСТОГО КИШЕЧНИКА?

Толстый кишечник является местом обитания **симбиотических бактерий**. Они способны расщеплять углеводы и белки, недоступные для действия пищеварительных ферментов. В результате организм человека получает дополнительные питательные вещества. Обитающие в толстом кишечнике микроорганизмы инактивируют ферменты пищеварительных соков, а также синтезируют витамины К и группы В.

При неправильном питании бактерии толстого кишечника способны вызывать процессы брожения и гниения. В результате могут образовываться такие опасные для организма вещества, как фенол, аммиак, метан, водород, метан, сернистый газ. Часть этих ядовитых продуктов всасывается в кровь, но затем обезвреживается в печени.

Среди микроорганизмов толстого кишечника около 90% составляют *бифидобактерии*. Кроме них, присутствуют *лактобактерии*, *кишечная палочка* и *стрептококки*. На эти бактерии приходится около трети от массы содержимого толстого кишечника. По мере продвижения непереваренных остатков по толстому кишечнику идёт не только их бактериальная переработка, но и всасывание веществ.

В толстом кишечнике всасываются преимущественно вода и минеральные соли. В небольшом количестве всасываются органические вещества и витамины. Благодаря этому организм получает дополнительное количество незаменимых аминокислот, произведённых бактериями.

? ЧТО ТАКОЕ ДЕФЕКАЦИЯ?

В толстом кишечнике происходит формирование каловой массы, которая выводится из прямой кишки наружу в процессе **дефекации**. В нижней части прямой кишки последовательно располагаются два сфинктера.

Первый сфинктер образован гладкой мускулатурой и не подлежит произвольному контролю. В закрытом состоянии его поддерживает активность симпатических нейронов. При переполнении прямой кишки каловыми массами сигналы от рецепторов растяжения, находящихся в стенках прямой кишки, тормозят активность симпатических нейронов. Сфинктер произвольно открывается.

Второй сфинктер образован поперечно-полосатой мускулатурой. В закрытом состоянии его поддерживает активность мотонейронов спинного мозга. Сигналы, идущие от головного мозга, тормозят активность мотонейронов, и сфинктер открывается. Так осуществляется произвольный контроль дефекации.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Тонкий кишечник. Двенадцатиперстная кишка. Полостное и мембранное переваривание. Поджелудочная железа. Кишечные ворсинки. Толстый кишечник. Симбиотические бактерии. Дефекация.

ВЫВОДЫ

- В просвете двенадцатиперстной кишки происходит полостное переваривание пищи, связанное с действием ферментов сока поджелудочной железы, кишечного сока и желчи.
- В тонком кишечнике завершается процесс пристеночного переваривания пищи и происходит процесс всасывания питательных веществ в лимфу и кровь. Всасывание обеспечивают активный и пассивный механизмы.

- В толстом кишечнике происходит всасывание воды и формирование каловых масс с последующей дефекацией. Благодаря симбиотическим бактериям идёт расщепление веществ, недоступных для действия пищеварительных ферментов, синтез витаминов.

ДЛЯ ЛЮБОЗНАТЕЛЬНЫХ

- 1 УЗИ брюшной полости — это безопасное и информативное инструментальное исследование паренхиматозных органов. Визуальный эффект на мониторе обусловлен разницей в отражении волн ультразвука на границе тканей с разной плотностью. УЗИ органов брюшной полости позволяет оценить состояние поджелудочной железы, печени, желчного пузыря и забрюшинного пространства, своевременно обнаружить изменения в них.
- 2 Микрофлора кишечника, сложившаяся в процессе эволюции человека, выполняет в организме защитную функцию (антагонистическую и витаминообразующую), стимулируя иммунологическую реактивность организма. Нормальная микрофлора хорошо приспособлена к условиям существования в кишечнике и успешно конкурирует с прочими бактериями, поступающими извне. Кишечные сапрофиты по сравнению с патогенными бактериями, как правило, обладают большим количеством ферментов, более активно размножаются, поэтому легче утилизируют питательные вещества и кислород. Они вырабатывают различные бактерицидные и бактериостатические вещества.

ВОПРОСЫ

1. Какова роль поджелудочной железы в пищеварении и регуляции обмена веществ?
2. Какие изменения с пищей происходят в двенадцатиперстной кишке?
3. Какие вещества расщепляются под действием ферментов сока поджелудочной железы?
4. Какие вещества усваиваются организмом без изменения их химической структуры?
5. Как строение тонкого кишечника приспособлено к функции всасывания?
6. Каковы функции толстого кишечника в пищеварительной системе человека?

ЗАДАНИЯ

7. Выделите этапы пищеварения в тонком кишечнике.
8. Перечислите основные механизмы всасывания. Поясните их различия.
9. Назовите пищеварительные ферменты, работающие в тонком кишечнике, и вещества, на которые они действуют.
10. Сравните условия работы пищеварительных ферментов в ротовой полости, желудке, тонком кишечнике.

ОБЪЯСНИТЕ

11. Почему основное всасывание питательных веществ происходит в тонком кишечнике?
12. Гнилостные бактерии, живущие в толстом кишечнике, — анаэробы и гетеротрофы. Почему в результате их жизнедеятельности появляются не обычные



продукты распада (CO_2 , H_2O), а не содержащие кислорода аммиак (NH_3), метан (CH_4), сероводород (H_2S)?

13. Чем обусловлено активное сокращение ворсинок тонкого кишечника в период интенсивного пищеварения?

ТЕМЫ ДЛЯ ДИСКУССИЙ

14. Как отразится на функции кишечника длительное лечение человека антибиотиками?
15. Почему важна симбиотическая микрофлора толстого кишечника?

§ 23. РЕГУЛЯЦИЯ ПИЩЕВАРЕНИЯ

ЭТО Я ЗНАЮ

Нервная и гуморальная регуляция в организме.
Основные этапы пищеварения.



В чём проявляется нервный и гуморальный контроль функций пищеварительной системы?



КАК ОСУЩЕСТВЛЯЕТСЯ УПРАВЛЕНИЕ РАБОТОЙ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ?

Работа пищеварительной системы находится под нервным и гуморальным контролем. Нервный контроль за работой гладкой мускулатуры и желёз осуществляет вегетативная нервная система. Соматическая нервная система контролирует работу поперечно-полосатых мышц ротовой полости, глотки, пищевода и произвольного сфинктера прямой кишки.

Гуморальную регуляцию реализует преимущественно эндокринная система. Помимо адреналина и других гормонов системного действия, для пищеварительного тракта и пищеварительных желёз большое значение имеют тканевые гормоны. Они вырабатываются не эндокринными железами, а эндокринными клетками в составе других тканей.



КАК РЕГУЛИРУЕТСЯ ПРОЦЕСС ЖЕВАНИЯ?

Жевание является врождённой двигательной реакцией, протекающей по циклическому принципу. При жевании происходит попеременное сокращение скелетных мышц, открывающих и закрывающих рот, опускающих и поднимающих нижнюю челюсть, двигающих язык.

Запускают процесс жевания вкусовые хеморецепторы и механорецепторы ротовой полости. Центры жевания располагаются в разных отделах головного мозга. Нейроны, непосредственно управляющие жевательными мышцами, находятся в структурах заднего мозга. Возможность произвольного управления процессом жевания связана с деятельностью коры полушарий большого мозга.



КАК РЕГУЛИРУЕТСЯ ПРОЦЕСС ГЛОТАНИЯ?

Процесс глотания представляет собой цепь рефлекторных реакций, сменяющих друг друга. При этом последующий рефлекс запускается предыдущим. Глота-

ние начинается с активации механорецепторов языка пищевой массой. В результате пища проталкивается в глотку.

На втором этапе происходит рефлекторное расслабление верхнего сфинктера пищевода, перекрытие входа в носовую полость нёбной занавеской. Вход в гортань перекрывается надгортанником. После этого сокращение мышц глотки перемигает съеденное в пищевод, и далее оно движется благодаря *перистальтике*. На заключительном этапе процесса глотания происходит расслабление нижнего сфинктера пищевода, и пищевая масса поступает в желудок.

Начальные этапы глотания поддаются произвольному управлению, что указывает на участие коры полушарий большого мозга, дальнейшие этапы глотания произвольному контролю не поддаются.

? КАК РЕГУЛИРУЕТСЯ ПРОЦЕСС СЛЮНООТДЕЛЕНИЯ?

Слюноотделение регулируется преимущественно за счёт врождённых рефлексов, которые запускаются вкусовыми и механорецепторами ротовой полости. Рефлекторные дуги этих рефлексов замыкаются в ядрах продолговатого мозга и моста (рис. 52).

В процессе обучения у ребёнка формируется комплекс условных рефлексов, увеличивающих слюноотделение в ответ на зрительные или обонятельные сигналы. На работу слюнных желёз непосредственно влияют как симпатический, так и парасимпатический отделы вегетативной нервной системы. При усилении парасимпатических нервных влияний на слюнные железы наблюдается обильное выделение жидкой слюны, содержащей много солей, мало органических соединений.

Усиление симпатических влияний на слюнные железы сопровождается выделением небольшого количества вязкой густой слюны с большим содержанием муцина, органических соединений и малым количеством солей. Ограничение слюноотделения при этом сочетается с сужением кровеносных сосудов слюнных желёз и уменьшением в них интенсивности кровотока.

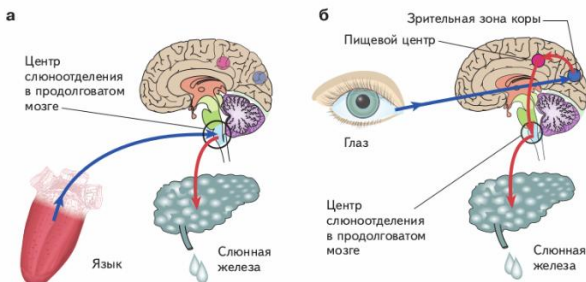


Рис. 52. Схема регуляции выделения слюны: безусловно-рефлекторное слюноотделение при попадании пищи в рот (а); условно-рефлекторное слюноотделение при виде пищи (б)

? КАК РЕГУЛИРУЕТСЯ РАБОТА ЖЕЛУДКА?

Функции желудка обеспечиваются совместным нервным и эндокринным контролем. Нервные сплетения в стенках желудка образуют рефлекторные дуги, действу-



ющие в целом независимо от спинного и головного мозга. Эти рефлекторные дуги относят к метасимпатическому отделу вегетативной нервной системы. Парасимпатическая система оказывает на рефлекторные дуги метасимпатического отдела активизирующее действие, а симпатическая система оказывает тормозящее действие.

Вид и запах пищи по механизму условного рефлекса вызывают выделение желудочного сока ещё до попадания пищи в желудок. Появление в желудке пищи приводит к выделению основного объёма желудочного сока. Механорецепторы стенок желудка активизируют метасимпатические рефлекторные дуги. В результате усиливается моторика стенок желудка и работа пищеварительных желёз.

При растяжении стенок желудка активизируются находящиеся в них *эндокринные клетки*. Они выделяют в кровь гормон *гастрин*. Поступив в общий кровоток и вернувшись к желудку, гастрин усиливает работу желудочных желёз.

Поступившая в желудок пища переходит в жидкое состояние только после нескольких часов контакта с желудочным соком. Сфинктер привратника даже в закрытом состоянии пропускает небольшое количество жидкого содержимого желудка в двенадцатиперстную кишку.

? КАК РЕГУЛИРУЕТСЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ КИШЕЧНИКА, ПЕЧЕНИ И ПОДЖЕЛУДОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ?

При появлении в двенадцатиперстной кишке полупереваренной пищи с избытком соляной кислоты рецепторы стенки кишки запускают местнодействующие метаболические рефлексы. Это приводит к усилению перистальтики кишечника (рис. 53), активации выброса желчи и поджелудочного сока.

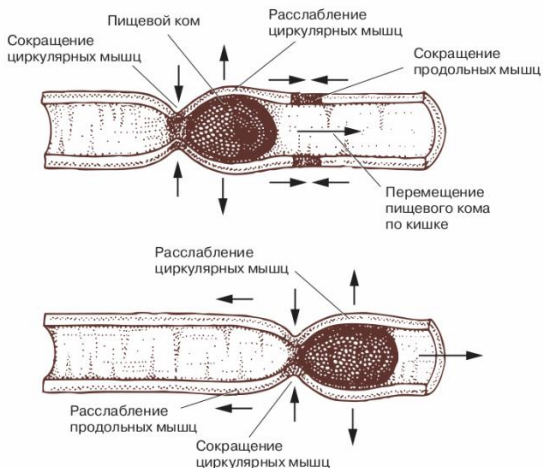


Рис. 53. Механизм перистальтического транспорта пищевого кома в кишечнике

Другим результатом активации рецепторов стенки кишки становится выделение в кровь двух тканевых гормонов — *секретина* и *холецистокинина*. Секретин усиливает образование желчи, поджелудочного сока и тормозит моторику желудка. Холецистокинин стимулирует сокращение стенок желчного пузыря, активирует секрецию поджелудочной железы и тормозит работу желудочных желёз.

Сигналы от рецепторов стенки кишечника поступают как в метасимпатическую нервную систему, так и в центральную нервную систему. В результате этого головной мозг оказывает влияние на работу пищеварительного тракта. Например, активация симпатических нервов угнетает перистальтику кишечника.

**КЛЮЧЕВЫЕ
СЛОВА**

Жевание. Глотание. Безусловно-рефлекторное и условно-рефлекторное выделение пищеварительных соков. Нервная и гуморальная регуляция пищеварения.

ВЫВОДЫ

- Процесс пищеварения контролируется нервной системой и гуморальными факторами. Пищеварительные соки выделяются рефлекторно.
- Врождённые рефлексы запускаются при раздражении вкусовых и механорецепторов ротовой полости. Условные рефлексы выделения слюны и желудочного сока идут с участием коры головного мозга.
- Гуморальная регуляция пищеварения осуществляется биологически активными веществами, секретируемыми клетками слизистой оболочки желудка и двенадцатиперстной кишки.

ДЛЯ ЛЮБОЗНАТЕЛЬНЫХ

- 1 Приём антибиотиков часто сопровождается ухудшением показателей свёртываемости крови. Это происходит из-за угнетающего влияния антибиотиков на микроорганизмы, обитающие в кишечнике. Эти микроорганизмы производят витамин К, участвующий в процессах свёртывания крови. Дефицит этого витамина негативно влияет на процессы свёртывания.
- 2 Регуляция пищеварения была подробно изучена И. П. Павловым. Он разработал специальный метод изучения желудочной секреции, при котором оперативным путём изолировалась часть желудка собаки с сохранением вегетативных нервов. В изолированную часть, обладающую полноценной функцией, пища не попадала. Через вживлённую в неё фистульную трубу можно было собирать желудочный сок на любом этапе пищеварения и изучать его состав.

ВОПРОСЫ

1. Какие рефлексы лежат в основе слюноотделения?
2. Как волнение влияет на слюноотделение?
3. Как нервная система управляет работой органов пищеварения?
4. Как осуществляется безусловно-рефлекторное выделение желудочного сока?
5. Каков механизм условного рефлекса выделения желудочного сока?
6. Какие гормоны и как регулируют деятельность кишечника, печени и поджелудочной железы?



ЗАДАНИЯ

- Сравните влияние на работу слюнных желёз симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы и составьте поясняющую схему.
- Назовите структуры и причины, действующие возбуждающе на железы желудка.
- Приведите примеры условного и безусловного слюноотделения.
- В стенке пищеварительного тракта расположены нервные сплетения. Нейроны одних сплетений контролируют работу желёз и мышечных клеток, нейроны других — только мышечных клеток. Назовите оболочки стенки пищеварительного тракта, где они располагаются.

ОБЪЯСНИТЕ

- Почему диетологи рекомендуют принимать пищу в одно и то же время?
- Почему запах любимой еды вызывает слюноотделение?
- Почему пережёвывание твёрдой пищи должно быть максимально продолжительным?

ТЕМЫ ДЛЯ ДИСКУССИЙ

- Что позволяет органам пищеварительной системы функционировать как единое целое?
- Как пищевое поведение влияет на работу органов пищеварения и жизнедеятельность симбиотических организмов кишечника?

§ 24.

ГИГИЕНА ПИТАНИЯ И ПРОФИЛАКТИКА ЗАБОЛЕВАНИЙ ОРГАНОВ ПИЩЕВАРЕНИЯ

ЭТО Я ЗНАЮ

Питательные вещества, их значение.
Инфекционные болезни, их опасность.



Как предупредить возникновение заболеваний органов пищеварения?



КАКОВЫ ПОТРЕБНОСТИ ЧЕЛОВЕКА В ПИЩЕ?

Для полноценного питания необходимо, чтобы в пище были все питательные вещества: белки, жиры, углеводы, минеральные соли, витамины. Они поступают в организм человека в составе **пищевых продуктов**: мяса, рыбы, молока, хлеба, овощей, круп.

Пищевые продукты не полностью усваиваются человеком. Продукты растительного происхождения усваиваются хуже, чем продукты животного происхождения, но содержат много витаминов, клетчатки, минеральных соединений. Белок животной пищи усваивается на 97%, растительной — на 85%, смешанной — на 92%.

При смешанном питании в организм поступает набор разнообразных аминокислот и витаминов, от этого ценность пищи повышается. В рационе должны быть сбалансированы продукты животного и растительного происхождения (рис. 54).



Рис. 54. Продукты животного и растительного происхождения

Затраты энергии организмом человека в значительной степени зависят от возраста, условий жизни, характера и количества выполняемой работы, состояния здоровья. Учёные установили, что энергетическая ценность 1 г углеводов и 1 г белков равна примерно 17 220 Дж, а 1 г жира — 38 900 Дж. Зная энергетическую ценность принятых с пищей белков, жиров и углеводов, можно рассчитать калорийность пищевого рациона человека.

К основным принципам рационального питания относится требование соответствия калорийности и химического состава потребляемой пищи суточным потребностям человека.

В настоящее время выделяют пять групп трудовой деятельности в зависимости от средних энергозатрат (табл. 5). Существуют определённые специалистами нормы потребления калорий и питательных веществ согласно возрасту, полу и группе по энергозатратам.

Энергетические траты организма
при различных видах трудовой деятельности

Таблица 5

Вид трудовой деятельности	Энерготраты, кДж(ккал)/сут.
Умственный труд	9196—11 704 / (2200—2800)
Лёгкий физический труд	9823—12 540 / (2350—3000)
Средний по тяжести труд	10 450—13 376 / (2500—3200)
Тяжёлый физический труд	12 122—15 466 / (2900—3700)

Кроме суточных норм макро- и микронутриентов (табл. 6) для различных категорий населения, есть рекомендованные нормы суточного потребления отдельных продуктов питания, на которые ориентируются при составлении меню для детей и взрослых (табл. 7). По этим нормам можно определить, например, что учащемуся 5—11 классов необходимо в день съедать около 200 граммов свежих фруктов и 300 граммов овощей.



Таблица 6

Потребность в пищевых веществах, витаминах и минеральных веществах (суточная) для обучающихся двух возрастных групп

Показатели	Возрастная группа	Возрастная группа
	с 7 до 11 лет	с 12 лет и старше
Белки (г)	77	90
Жиры (г)	79	92
Углеводы (г)	335	383
Витамин В ₁ (мг)	1,2	1,4
Витамин В ₂ (мг)	1,4	1,6
Витамин С (мг)	60	70
Витамин А (мг рет. экв)	0,7	0,9
Витамин Е (мг ток. экв)	10	12
Кальций (мг)	1100	1200
Фосфор (мг)	1650	1800
Магний (мг)	250	300
Железо (мг)	12	18
Цинк (мг)	10	14
Йод (мг)	0,1	0,12

Таблица 7

Энергетическая ценность и состав пищевых продуктов

Продукты	Ккал на 100 г	Белки, г	Жиры, г	Углеводы, г
Хлеб ржаной	190	6,5	1	40,1
Хлеб белый	236	7,9	1	51,9
Крупа гречневая	329	12,6	2,6	68
Крупа овсяная	345	11,9	5,8	65,4
Крупа рисовая	323	7	0,6	77,3
Макаронные изделия	10,4	0,9	0,8	75,2
Сахар-рафинад	375	—	—	99,9
Масло сливочное	748	0,6	82,5	0,9
Масло подсолнечное	899	—	99,9	—
Молоко коровье	58	2,8	3,2	4,7
Кефир жирный	59	2,8	3,2	4,1
Сыр (голландский)	400	25,3	32,2	—

Окончание табл. 7

Продукты	Ккал на 100 г	Белки, г	Жиры, г	Углеводы, г
Творог нежирный	86	18	0,6	1,5
Яйцо куриное	157	12,7	11,5	0,7
Говядина	187	18,9	12,4	—
Куры	241	18,2	18,4	0,7
Рыба	115	26	1,2	—
Капуста белокочанная	28	1,8	—	5,4
Картофель	83	2	0,1	19,7
Морковь	33	1,3	0,1	7
Огурцы	15	0,8	—	3
Свёкла	48	1,7	—	10,8
Яблоки	46	0,4	—	11,3
Груши	42	0,4	—	10,7

В ЧЁМ ОСОБЕННОСТИ РАЦИОНАЛЬНОГО ПИТАНИЯ ЧЕЛОВЕКА?

В рациональном питании важное значение имеет режим приёма пищи. При очень частом питании пища не успевает перевариться. Для учащихся школьного возраста наиболее рационален трёх-четырёхразовый приём пищи с интервалами между едой около четырёх—шести часов.

Одними из главных источников белка являются мясные и молочные продукты, яйца. Полезность мяса возрастает при сочетании с овощами и крупами. Мясные и рыбные блюда рекомендуется употреблять в первую половину дня, так как они богаты экстрактивными веществами и возбуждающе действуют на нервную систему, а также лучше усваиваются в эту часть дня. Вечером рекомендуется употреблять молочно-растительные блюда. В рационе белки животного происхождения должны составлять не менее половины, а растительные жиры должны составлять не менее трети.

В ЧЁМ ОПАСНОСТЬ ПИЩЕВЫХ ОТРАВЛЕНИЙ?

При неправильном хранении, транспортировке и обработке продуктов питания в них могут попасть болезнетворные микроорганизмы и образоваться ядовитые вещества. Такие продукты непригодны к употреблению и могут вызвать тяжёлые заболевания, которые объединяют в группу **пищевых отравлений**.

В период с июля по октябрь в нашей стране регистрируются массовые пищевые отравления грибами. Причиной отравления грибами обычно является употребление ядовитых грибов вместо съедобных. Более 90% отравлений со смертельным исходом приходится на долю бледной поганки. Очень опасны отравления мухоморами, строчками. Грибы, собранные в экологически неблагоприятных районах с развитой промышленностью и сетью автомобильных дорог, могут накапливать вредные вещества.

Отравления ядовитыми растениями часто встречаются среди людей, путающих дикие растения со съедобными культурными растениями. Наиболее часто встреча-



ются пищевые отравления, вызванные беленой и красавкой. Признаками отравления этими ядовитыми растениями являются покраснение лица, расширение зрачков, сухость во рту.



ЗДОРОВЫЙ ОБРАЗ ЖИЗНИ

Первые признаки пищевого отравления проявляются довольно быстро, обычно через несколько часов. Наиболее характерными признаками отравления являются недомогание, боли в животе, диарея, рвота. При пищевом отравлении необходимо срочно освободить желудок от попавших в него с пищей токсических веществ. Для этого, если пострадавший в устойчивом сознании, нужно вызвать рвоту.

После вызова медицинской помощи пострадавшему дают выпить постепенно 1,5—2 л воды комнатной температуры и вызывают рвоту. После этого больного укладывают в постель, укрывают и ждут врача.

Если пострадавший без сознания, нужно положить его в устойчивое боковое положение и контролировать дыхание и сердцебиение до приезда скорой помощи. При остановке дыхания и сердцебиения немедленно приступить к реанимации.



В ЧЁМ ОПАСНОСТЬ БОТУЛИЗМА?

Пищевые отравления бактериального происхождения вызываются болезнетворными микроорганизмами. При несоблюдении правил личной гигиены возможны особо опасные отравления, вызванные палочками **ботулизма**. Эти болезнетворные бактерии выделяют сильный яд, поражающий центральную нервную систему человека. Палочки ботулизма обитают в кишечнике крупного рогатого скота, свиней, лошадей, грызунов, но не вызывают заболевания у этих животных. Попавшие в почву вместе с навозом палочки ботулизма могут оказаться на овощах, грибах и других продуктах питания человека. Вызывающие ботулизм бактерии могут заражать водоёмы и обитающую в них рыбу.



ЗДОРОВЫЙ ОБРАЗ ЖИЗНИ

Палочки ботулизма активно развиваются без доступа воздуха, в герметически закрытых консервных банках, домашних колбасах, засоленной в больших ёмкостях рыбе. Если консервная банка хотя бы немного вздута, её содержимое непригодно к употреблению.

Заболевание ботулизмом обычно развивается через 12—14 часов после приёма заражённой пищи. Заболевание начинается с головной боли, тошноты, рвоты, болей в животе. Через 1—2 суток наступают расстройства зрения, двоение в глазах, затруднение глотания, осиплость голоса, в тяжёлых случаях наступает паралич дыхания. Это заболевание имеет высокую летальность и требует обязательного лечения в медицинском учреждении.



В ЧЁМ ОПАСНОСТЬ ВОЗБУДИТЕЛЕЙ ХОЛЕРЫ И ДИЗЕНТЕРИИ?

Среди возбудителей **пищевых инфекций** наиболее опасными являются возбудители дизентерии и холеры. Они попадают в организм человека вместе с загрязнён-

ной пищей и водой. **Дизентерия** распространяют мухи, посещающие мусорные свалки, туалеты, скопления нечистот.

Попавшие в кишечник возбудители дизентерии размножаются и поражают слизистую оболочку толстого кишечника. У больного начинается диарея, при этом выделения имеют вид кровавистой слизи. Изнуряющая диарея обезвоживает организм, большой испытывает жажду, сильно худеет.

Возбудителем **холеры** является холерный вибрион, поражающий тонкий кишечник. В организме нарушается водно-солевой обмен, происходит потеря жидкости и солей, что обычно является причиной тяжёлых последствий заболевания.



ЗДОРОВЫЙ ОБРАЗ ЖИЗНИ

Многие возбудители болезней заносятся в организм грязными руками. Поэтому профилактике многих заболеваний и пищевых отравлений способствует чистота рук.

Мясо следует хорошо проваривать или прожаривать для уничтожения попавших на него микроорганизмов. Овощи и фрукты следует тщательно мыть проточной водой.

Посуда, в которой готовится пища, должна быть закрытой от проникновения мух и других насекомых. Одним и тем же ножом нельзя обрабатывать сырые и варёные продукты, мясо, рыбу и хлеб. Необходимо иметь отдельные разделочные доски без трещин. Посуду после мытья следует сушить в специальных подставках, а не вытирать.

К ЧЕМУ ПРИВОДЯТ НАРУШЕНИЯ РАБОТЫ ПОДЖЕЛУДОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ И ПЕЧЕНИ?

Процессы пищеварения нарушают различные заболевания поджелудочной железы и печени. **Панкреатит** — воспаление поджелудочной железы, приводит к нарушению секреции пищеварительных соков и выделения гормонов, регулирующих обмен углеводов в организме. Наиболее частыми причинами панкреатита являются злоупотребление алкоголем у мужчин и желчнокаменная болезнь у женщин.

Одной из причин нарушения работы печени является алкоголизм. При этом развивается опасное заболевание — **цирроз печени**. У хронических алкоголиков клетки печени гибнут и заменяются рубцовой тканью. Ещё одной причиной цирроза может быть воспаление печени, вызываемое вирусом гепатита В.

КАК ВОЗНИКАЕТ ГАСТРИТ?

Одним из распространённых заболеваний желудка является **гастрит** (от греч. *gaster* — желудок). Он возникает при воспалении слизистой оболочки желудка. В настоящее время к основным причинам возникновения гастрита относят заражение бактерией *Helicobacter pylori*, выбрасывание желчи из двенадцатиперстной кишки в желудок и аутоиммунные процессы, при которых клетки иммунной системы начинают атаковать собственные клетки слизистой желудка.

Причинами также являются нарушения пищевого режима, переизбыток употребления алкоголя, попадание в пищу недоброкачественных продуктов, вызывающих расстройство желудка.

Проявление гастрита связано с появлением болевых ощущений в подложечной области, отрыжки, тошноты, со снижением аппетита. При лечении гастритов на-



значают щадящую диету без жирного, жареного, крепких мясных бульонов и раздражающих продуктов, восстанавливают нормальную деятельность желудка, рекомендуют привести в порядок зубы.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Пищевые продукты. Питательные вещества. Пищевые отравления. Ботулизм. Инфекционные желудочно-кишечные заболевания. Гастрит.

ВЫВОДЫ

- Основной рационального питания является соответствие калорийности и химического состава потребляемой пищи суточным потребностям человека и соблюдение режима питания.
- Проникновение в пищеварительный тракт болезнетворных микроорганизмов может стать причиной тяжёлых инфекционных заболеваний.
- Важно не пренебрегать элементарными правилами здорового образа жизни для профилактики заболеваний органов пищеварения.

ПРАКТИКУМ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ БЕЛКОВ В ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТАХ С ПОМОЩЬЮ КАЧЕСТВЕННОЙ РЕАКЦИИ (БИУРЕТОВАЯ РЕАКЦИЯ)

Цель: провести определение белков в пищевых продуктах с помощью качественной реакции (биуретовая реакция).

Материалы и оборудование: 10%-е растворы NaOH и CuSO_4 , образцы пищевых продуктов, раствор яичного белка, лакмусовая бумага, вода, пробирки, штатив для пробирок.

Ход работы

1. Приготовьте небольшое количество (по 10—15 мл) 10%-го раствора NaOH и 10%-го раствора CuSO_4 . Будьте осторожны при работе с химическими реактивами, соблюдайте правила техники безопасности!
2. Подготовьте образцы пищевых продуктов: раствор яичного белка (для контрольного эксперимента), молоко, мясной бульон, яблочный сок, минеральную воду и т. п.
3. К небольшому количеству исследуемого продукта (1 мл) добавьте по каплям немного раствора щёлочи до изменения реакции до щелочной (проверяйте с помощью лакмусовой бумаги). Осторожно перемешайте раствор в пробирке, покачивая пробирку по кругу. Будьте внимательны и осторожны! Не расплескайте раствор!
4. Затем добавьте в него 1—2 мл раствора медного купороса и опять аккуратно перемешайте раствор лёгким покачиванием пробирки.
5. Если в исследуемом продукте есть белок, окраска раствора станет фиолетовой.
6. Проведите реакции с контрольным раствором яичного белка и затем с другими продуктами (в растворённом виде). Объясните необходимость контрольного опыта.
7. Обратите внимание на интенсивность окраски раствора исследуемых веществ в ходе биуретовой реакции. Одинаковая ли она? Свой ответ поясните.
8. Представьте полученные данные исследований в табличной форме и сделайте вывод по результатам эксперимента.
9. Приведите в порядок своё рабочее место.

ДЛЯ ЛЮБОЗНАТЕЛЬНЫХ

Под нарушением, или расстройством, пищевого поведения обычно понимают широкий спектр поведенческих реакций, включающий в себя ограничивающее, избирательное или неконтролируемое потребление пищи. К нарушениям пищевого поведения обычно относят анорексию, булимию, компульсивное переедание и т. д. Эти расстройства влекут за собой психологические изменения, истощение организма и другие соматические заболевания, которые негативно сказываются на развитии детей и подростков.

ВОПРОСЫ

1. Назовите питательные вещества. Охарактеризуйте их роль в жизнедеятельности организма.
2. Что нужно учитывать при составлении пищевого рациона?
3. Каковы принципы рационального питания?
4. Как вы считаете, какой режим питания является наиболее полезным для вашего организма?
5. Сформулируйте правила гигиены питания.
6. Каковы возможные причины пищевых отравлений?

ЗАДАНИЯ

7. Пользуясь табличными данными, определите наиболее сбалансированные по количеству белков, жиров и углеводов продукты питания.
8. Пользуясь табличными данными, сравните растительные продукты питания с животными по количеству белков и углеводов.
9. Назовите приёмы первой помощи при пищевых отравлениях.
10. Приведите примеры заболеваний пищеварительной системы и возможные причины этих заболеваний.

ОБЪЯСНИТЕ

11. Что такое диета, диетические продукты?
12. Как можно избавиться от вредных пищевых привычек?
13. Почему важна кулинарная обработка пищи?

ТЕМЫ ДЛЯ ДИСКУССИЙ

14. Знаменитый отечественный микробиолог И. И. Мечников считал, что одной из причин старения являются гнилостные микроорганизмы, нарушающие работу кишечника. Постарайтесь воспроизвести рассуждения учёного.
15. Кухня народов мира имеет свои ярко выраженные особенности. В чём вы видите рациональность кулинарных традиций и предпочтений разных народов?

**1 ЗАДАНИЕ****СПРАВОЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ**

Находящаяся в полости рта пища возбуждает вкусовые, тактильные, температурные рецепторы слизистой оболочки ротовой полости. Человек очень быстро обучается воспринимать и различать разные вкусовые ощущения.

Известно, что при раздражении рецепторов языка в работу включаются не только слюнные, но и желудочные железы.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Объясните, почему со временем вкусовые ощущения могут меняться.
2. Нарисуйте схему безусловного рефлекса отделения желудочного сока, если известно, что его центр, как и центр безусловного слюноотделительного рефлекса, лежит в продолговатом мозге.

2 ЗАДАНИЕ**СПРАВОЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ**

Экспериментатор в пробирку с 3 мл поджелудочного (панкреатического) сока добавил несколько капель растительного масла и поместил в термостат на 30 минут при температуре 37 °С.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Предположите, какова цель данного эксперимента.
2. Сформулируйте нулевую гипотезу данного эксперимента.
3. Опишите контрольный эксперимент, который должен поставить экспериментатор, чтобы получить адекватные результаты своего исследования.
4. Предположите, что будет наблюдать экспериментатор по окончании эксперимента. Составьте схему эксперимента.
5. Какова будет липолитическая активность ферментов поджелудочного сока в данном эксперименте?
6. Что экспериментатору необходимо добавить в пробирку для повышения липолитической активности поджелудочного сока? Как провести это исследование, чтобы полученные результаты были достоверны?

3 ЗАДАНИЕ**СПРАВОЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ**

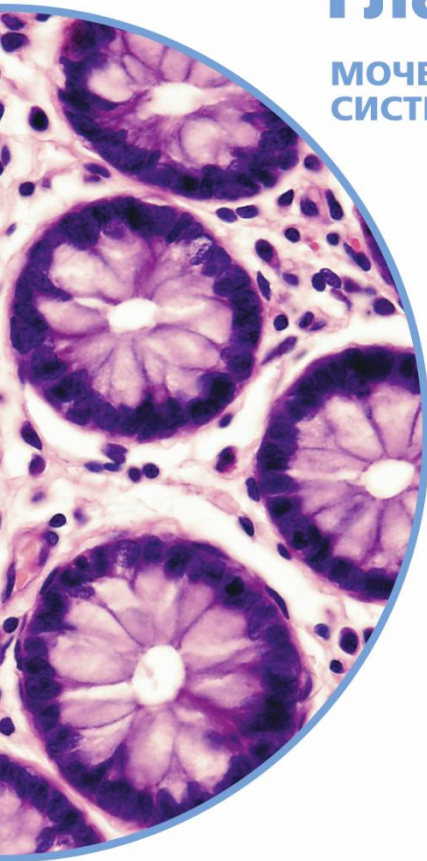
В эксперименте одну собаку длительное время кормили только мясом, другую — молоком. Когда голодным собакам показали мясо и молоко, то у одной из них началось слюноотделение на мясо, а у другой — на молоко.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Предположите, какова цель данного эксперимента.
2. Сформулируйте нулевую гипотезу данного эксперимента.
3. Опишите контрольный эксперимент, который должен поставить экспериментатор, чтобы получить достоверные результаты своего исследования. Объясните результаты эксперимента.
4. По какому механизму произошло слюноотделение у опытных животных?

Глава 5

МОЧЕВЫДЕЛИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА



ВЫ УЗНАЕТЕ

- о строении и функционировании органов мочевыделительной системы;
- о процессах образования мочи;
- о регуляции деятельности мочевыделительной системы;
- о профилактике заболеваний органов мочевыделительной системы.

ВЫ НАУЧИТЕСЬ

- описывать и выявлять существенные признаки органов мочевыделительной системы в организме человека;
- объяснять влияние нейрогуморальной регуляции на работу мочевыделительной системы;
- обосновывать меры профилактики болезней органов мочевыделительной системы.



§ 25. СТРОЕНИЕ И ФУНКЦИИ МОЧЕВЫДЕЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

ЭТО Я ЗНАЮ

Гомеостаз.
Обмен веществ.



Почему мочевыделительная система играет основную роль в регуляции постоянства состава крови?

? ЧТО ПОНИМАЮТ ПОД ПРОЦЕССАМИ ВЫДЕЛЕНИЯ?

Выделением называют совокупность процессов, обеспечивающих удаление из организма человека отходов обмена веществ, избыточного количества воды, минеральных солей, холестерина, а также чужеродных молекул лекарственных препаратов и продуктов их распада, пищевых красителей и других добавок. Ни один из удалённых продуктов не подлежит дальнейшему использованию в энергетическом и пластическом обмене.

Без выделения невозможно поддерживать гомеостаз. В процессах выделения участвуют многие органы. Через лёгкие выводятся водяные пары, углекислый газ и некоторые летучие соединения. Через кишечник в составе желчи выводятся желчные пигменты, соли тяжёлых металлов, избыток холестерина и др. В процессах выделения также участвуют кожные железы. Они выводят воду, минеральные соли, мочевины и аммиак. Однако наибольший вклад в процессы выделения вносит мочевыделительная система.

? КАК УСТРОЕНА МОЧЕВЫДЕЛИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА?

У человека **мочевыделительная система** включает парные почки, парные мочеточники, непарные мочевой пузырь и мочеиспускательный канал (рис. 55). Почки очищают плазму крови от ряда веществ, предназначенных к выведению из организма. Эти вещества удаляются из крови в ходе процесса фильтрации и канальцевой секреции вместе с ценными для организма соединениями.

Ценные соединения возвращаются назад в кровь в ходе процесса вторичного всасывания — *реабсорбции*. В результате этих процессов от почки оттекают очищенная кровь и моча, содержащая продукты, предназначенные для выделения. Моча выводится из почек по мочеточникам и собирается в мочевом пузыре, где накапливается и концентрируется. Наружу из мочевого пузыря моча выводится по мочеиспускательному каналу.

? ИЗ ЧЕГО СОСТОИТ МОЧА?

С мочой из организма выводятся вода, конечные продукты белкового обмена в виде мочевины, продукты неполного окисления углеводов и липидов в виде органических кислот, а также соли и токсины. Моча содержит ионы натрия, калия, кальция, магния, угольной и фосфорных кислот.

Выведение солей из организма идёт с такой точно рассчитанной интенсивностью, что, несмотря на различный состав поступающей в организм пищи, ионный состав крови остаётся неизменным. Выведение воды и минеральных солей из организма регулируется эндокринной системой.

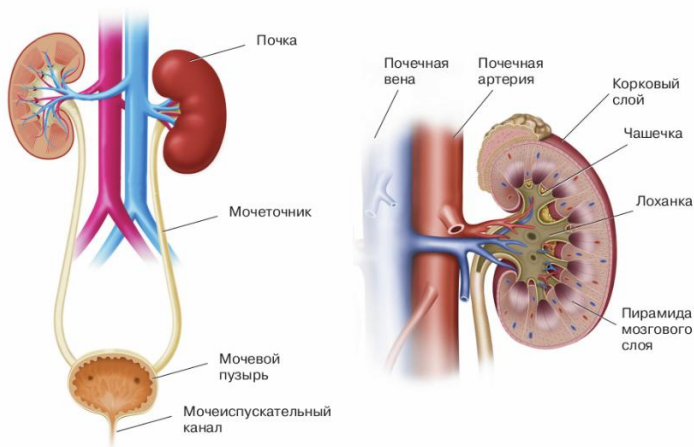


Рис. 55. Органы мочевыделительной системы и внутреннее строение почки

КАК УСТРОЕНЫ И КАК РАБОТАЮТ ПОЧКИ?

Почки представляют собой парные органы бобовидной формы длиной 10—12 см и весом 120—150 г (см. рис. 55). Они лежат у задней стенки брюшной полости по обе стороны от позвоночника на уровне последнего грудного и первых поясничных позвонков. Правая почка соприкасается с печенью, а левая — с желудком и поджелудочной железой.

У почки выделяют малую и большую кривизну. На верхушке почки находится важная эндокринная железа — **надпочечник**. Снаружи почки покрыты капсулой из соединительной ткани, в нижнем слое которой лежат гладкомышечные клетки. Эти клетки в норме немного сокращены, что способствует успешной работе почки. В области малой кривизны (вогнутая часть) находится воротная область, через которую проходят мочеточник, нервы, кровеносные и лимфатические сосуды.

На разрезе почки отчётливо видны два слоя. Снаружи располагается более тёмный корковый слой. Внутри находится более светлый мозговой слой. Мозговой слой состоит из 15—20 перевернутых пирамид треугольной формы, разделённых пластинками коркового вещества.

Вершины пирамид (сосочки) охвачены воронкообразными почечными чашечками, узкая часть которых впадает в почечную лоханку. Почечная лоханка представляет собой собирательную ёмкость, связанную с целой группой чашечек. Стенки лоханки содержат гладкомышечные клетки, сокращение которых способствует поступлению мочи в мочеточники. Структурной и функциональной единицей почки является **нефрон**.



? КАКОВЫ ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ НЕФРОНА?

Нефрон является структурой, в которой непосредственно протекают процессы фильтрации, канальцевой секции и обратного всасывания. В структурах нефрона образуется моча. Нефрон состоит из *капсулы* (капсулы Боумена—Шумлянского) и *системы извитых канальцев* (рис. 56). Капсулы нефрона располагаются главным образом в корковом слое почки, а извитые канальцы — в мозговом и пограничном.

Капсула нефрона имеет бокаловидную форму и двойные стенки. Каждая из стенок образована одним слоем эпителиальных клеток, лежащих на базальной пластинке. Между стенками капсулы находится узкая полость, из которой берёт начало каналец первого порядка (проксимальный). Диаметр капсулы составляет около 0,2 мм.

В каждую капсулу входит приносящая артериола, представляющая собой разветвление почечной артерии. В капсуле артериола ветвится, образуя капиллярный клубочек. Стенки капилляров плотно прилегают к внутренней стенке капсулы.

Капилляры клубочка собираются в выносящую артериолу, диаметр которой заметно меньше диаметра приносящей. За счёт этого в капиллярах клубочка поддерживается относительно высокое давление крови, а именно около 50 мм рт. ст.

Выносящая артериола направляется к извитым канальцам и ветвится на капилляры, оплетающие канальцы. В этих капиллярах кровь отдаёт кислород и становится венозной. В это же время осуществляется процесс перехода веществ, которые не могут попасть в мочу при фильтрации, с затратой энергии — активный транспорт. Этот процесс называется *канальцевой секрецией*. Секреция ускоряет выделение почкой некоторых чужеродных веществ, например красителей, лекарственных средств, конечных продуктов обмена, ионов. После почечных канальцев капилляры собираются в вены, впадающие в почечную вену, несущую кровь от почки. Каждая почка содержит около 1 млн нефронов.

? КАК ПРОТЕКАЕТ ФИЛЬТРАЦИЯ?

Движущей силой капиллярной фильтрации является высокое давление крови, а роль фильтра выполняет стенка капилляра. Клубочковые капилляры (см. рис. 56, б) имеют особые приспособления для усиленной фильтрации — окошки капилляра, где на отдельных участках мембраны с внешней стороны и со стороны просвета капилляра сливаются. Содержащиеся в мембранах белки объединяются, образуя комплекс, который под воздействием высокого давления крови образует пору, облегчающую фильтрацию. В капиллярах других органов таких приспособлений нет.

Стенки клубочковых капилляров проницаемы для воды, всех неорганических компонентов плазмы крови и органических соединений с небольшим размером молекул. Форменные элементы крови и большая часть белков плазмы не фильтруются и остаются в капиллярах. Помимо капиллярных стенок, в фильтрации участвует белковая сеть, связанная со стенками капсулы. В состав этой сети входит белок *нефрин*. Мутации гена, кодирующего нефрин, являются причиной тяжёлых врождённых заболеваний почек.

Проходя через капсулу нефрона, плазма крови теряет около 20% воды, которая переходит в состав фильтрата. Этот фильтрат носит название *первичной мочи*. За сутки в организме здорового взрослого человека образуется 170—200 л первичной мочи. Таким образом, скорость её образования составляет около 120 мл/мин, что обусловлено высоким давлением крови в капиллярах (около 50 мм рт. ст.)

и пониженным давлением в капсуле нефрона (около 15 мм рт. ст.), большой интенсивностью почечного кровотока (около 1,2 л/мин), а также огромной фильтрующей поверхностью почек (около 6 м²).

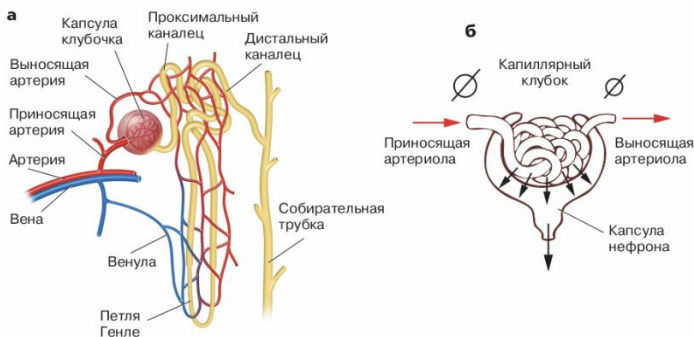


Рис. 56. Строение: нефрона (а); капиллярного клубочка нефрона (б)

**КЛЮЧЕВЫЕ
СЛОВА**

Выделение. Мочевыделительная система. Почка. Надпочечник. Почечная лоханка. Нефрон. Фильтрация. Первичная моча.

ВЫВОДЫ

- Мочевыделительная система включает парные почки, парные мочеточники, непарные мочевой пузырь и мочеиспускательный канал.
- Нефроны — структурные и функциональные единицы почек.
- Первичная моча образуется в капсуле нефрона путём фильтрации плазмы крови в капиллярном клубочке. В полость капсулы переходят вода, минеральные соли, глюкоза, мочевины, аминокислоты, витамины. Фильтрации не подлежат молекулы крупных белков.

ВОПРОСЫ

1. Какое значение в организме человека имеет процесс выделения?
2. Какие органы и системы органов участвуют в удалении из организма конечных продуктов жизнедеятельности?
3. Какие органы составляют мочевыделительную систему человека?
4. Какое строение имеет почка?
5. Что является структурной и функциональной единицей почки?
6. Что представляет собой капиллярный клубочек? Какова его роль?

ЗАДАНИЯ

7. Укажите особенности строения нефрона.
8. Отметьте особенности кровоснабжения капиллярной сети почек.



9. Подсчитайте, сколько литров крови проходит через почки за сутки в вашем организме, если известно, что в них обильно поступает кровь, примерно 1,2 литра в минуту.
10. Назовите условия образования первичной мочи в почках.

ОБЪЯСНИТЕ

11. Что такое осмос?
12. Почему почку можно назвать сложным биологическим фильтром?
13. Почему после употребления салата из квашеной капусты человек испытывает жажду? Как в этом случае утоление жажды скажется на работе почек?

ТЕМЫ ДЛЯ ДИСКУССИЙ

14. Почка обильно снабжается кровью, имеет двойную капиллярную сеть. Какое значение для выполнения функции выделения имеет такое кровоснабжение почки?
15. Какие факторы способствуют фильтрации крови в почке?

§ 26.

ВТОРИЧНОЕ ВСАСЫВАНИЕ И РЕГУЛЯЦИЯ РАБОТЫ МОЧЕВЫДЕЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

ЭТО Я ЗНАЮ

Состав мочевыделительной системы.
Строение нефрона.
Процесс образования первичной мочи.



Чем вторичная моча отличается от первичной, где и как она образуется?



КАК ПРОТЕКАЕТ РЕАБОРСОРЦИЯ?

Реабсорбция, или **вторичное всасывание**, протекает в системе извитых канальцев нефрона. Она начинается с *проксимального извитого канальца*, берущего начало из капсулы нефрона. Проксимальный каналец продолжает *петля Генле* — самый протяжённый участок системы канальцев. За петлёй Генле следует *дистальный извитой каналец*, где реабсорбция завершается. Из проксимальных канальцев в кровь всасывается около 85% ионов натрия и воды, а также глюкоза, аминокислоты, ионы калия, кальция, магния, сульфат-ион, гидрокарбонат-ион, фосфат-ион и аскорбиновая кислота.

В петлю Генле из проксимального канальца поступает только около 15% первичной мочи. Здесь она подвергается концентрированию за счёт извлечения воды. Нисходящая часть петли Генле проницаема только для воды, а восходящая — только для ионов натрия. Ионы натрия, выходя из петли, повышают осмотическое давление вокруг её нижней части. Это стимулирует выход воды из нисходящей ветви. Таким образом, петля Генле работает как противоточная концентрирующая система.

В дистальном отделе системы извитых канальцев происходит дальнейшее всасывание ионов натрия, калия, кальция и хлора, а также воды. В результате этого на выходе из них образуется **вторичная**, или конечная, **моча**. Её объём

составляет около 1,7—2,0 л в сутки, то есть приблизительно 1% от объёма первичной мочи.

Процессы вторичного всасывания протекают с использованием механизмов диффузии и активного транспорта. Активный транспорт требует больших затрат энергии. Хотя вес почек в среднем составляет лишь $\frac{1}{160}$ от веса тела, они потребляют около $\frac{1}{6}$ общей энергии, идущей на процессы жизнедеятельности всего организма.

Реабсорбированные из мочи вещества поступают в капилляры, оплетающие извитые канальцы. Обратное всасывание веществ зависит от их содержания в крови: если какое-либо вещество присутствует в них в избытке, то оно не всасывается и частично выводится с мочой. От этого возникает разброс показателей реабсорбции.

В целом обратное всасывание воды составляет 93—95,5%, обратное всасывание натрия — 95—99%, глюкозы — практически 100%. Реабсорбция калия может как отсутствовать, так и достигать 98%.

Кроме того, эпителиальные клетки канальцев секретируют в них некоторые вещества, например ионы калия, мочевины, отдельные лекарственные препараты и др. Эти вещества в составе мочи выводятся из организма.



КУДА ПОСТУПАЕТ И ИЗ ЧЕГО СОСТОИТ КОНЕЧНАЯ МОЧА?

Конечная (вторичная) моча из извитых канальцев поступает в *собираательные трубочки*. В каждую такую трубочку впадают извитые канальцы нескольких нефронов. В собирательных трубочках в незначительных объёмах всасывается вода. Моча из них поступает в *почечные чашечки*. В каждую чашечку впадает несколько собирательных трубочек. Из чашечки моча сливается в *почечную лоханку* и далее поступает в *мочеточник*.

Конечная моча на 95% состоит из воды, 2—3% приходится на мочевины, и 1% — на ионы натрия, калия, хлориды и фосфаты. Остальной объём приходится на органические соединения, такие как мочевая кислота, аминокислоты и продукты их распада, органические кислоты и кетоны. В моче присутствуют пигменты, среди которых следует отметить билирубин и его производные. Именно производные билирубина придают моче жёлтый цвет.



КАК УСТРОЕНЫ И КАК ФУНКЦИОНИРУЮТ МОЧЕТОЧНИКИ?

Мочеточники представляют собой цилиндрические трубки с просветом 4—9 мм и длиной 30—35 см (рис. 57, а). Они спускаются вниз по задней стенке брюшной полости и в полости таза переходят в *мочевой пузырь*. В полость мочевого пузыря мочеточники открываются щелевидными отверстиями.

В стенках мочеточника имеется слой гладкомышечных клеток. Благодаря гладкой мускулатуре стенки мочеточника совершают перистальтические сокращения с частотой пять сокращений в минуту. Перистальтика мочеточника обеспечивает перемещение мочи из почечной лоханки в мочевой пузырь.



КАКОВЫ ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ МОЧЕВОГО ПУЗЫРЯ?

Мочевой пузырь представляет собой непарный полый орган, лежащий в полости малого таза позади лобкового сочленения (рис. 57, б). Объём мочевого пузыря — в среднем 500 см³. В мочевом пузыре различают верхушку, тело и дно. На нижней стенке открываются два мочеточника, и в области дна берёт начало мочеиспускательный канал.



Стенка пузыря хорошо растяжима. Её толщина при опорожнённом пузыре равна 10—15 мм. При наполненном пузыре стенка растягивается и истончается до 2—3 мм. Стенка пузыря состоит из трёх слоёв: внутреннего — эпителиального, среднего — гладкомышечного и наружного — соединительнотканного.

Сокращение гладкой мускулатуры в составе стенки способствует перемещению мочи в мочеиспускательный канал. У мужчин его длина составляет 18—20 см, а у женщин — 3,5 см. По ходу канала имеется два сфинктера. В самом начале канала располагается непроизвольный гладкомышечный сфинктер, а ниже — сфинктер, сложенный из поперечно-полосатой мускулатуры. Этот второй сфинктер обеспечивает произвольную регуляцию мочеиспускания.

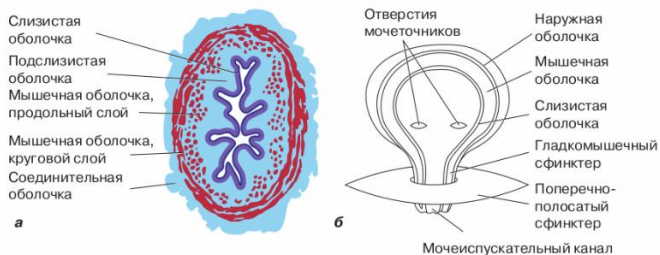


Рис. 57. Строение мочеточника (а) и мочевого пузыря (б)

? В ЧЁМ СОСТОИТ ЭНДОКРИННАЯ ФУНКЦИЯ ПОЧЕК?

Почки обладают эндокринной активностью, синтезируя и выбрасывая в кровь гормон *эритропоэтин*. Этот гормон пептидной природы стимулирует производство эритроцитов клетками красного костного мозга. Стимулом к усилению производства эритроцитов является снижение концентрации кислорода в кровотоке. Такое, к примеру, происходит в условиях высокогорья и является частью механизма высокогорной адаптации.

К эндокринной функции почек может быть отнесено производство почками *ренина*. Этот протеолитический фермент выбрасывается почками в кровь в ответ на снижение давления в почечной артерии. Ренин расщепляет содержащийся в плазме крови белок *ангиотензиноген*, в результате чего образуется гормон *ангиотензин*. Этот гормон способен очень эффективно сужать сосуды и повышать давление. Кроме того, ангиотензин стимулирует выброс в кровь таких гормонов, как *вазопрессин* и *альдостерон*, которые способствуют увеличению объёма циркулирующей крови и ещё больше поднимают давление. Нарушение почечного кровотока вследствие тромбов, склеротических бляшек, спазмов сосудов или травм может быть причиной развития почечной гипертензии.

? КАК РЕГУЛИРУЕТСЯ РАБОТА ПОЧЕК?

Регуляция клубочковой фильтрации осуществляется с помощью изменения давления крови в клубочковых капиллярах. Это давление, в свою очередь, зависит от диаметра приносящей и выносящей артериол. Небольшая активация симпатического отдела вегетативной нервной системы вызывает сужение выносящей арте-

риолы, а повышение давления в крови в более сильной активации симпатической системы приводит к сужению не только выносящей, но и приносящей артериолы. Давление крови в капилляре падает, и фильтрация снижается. Сходным образом на клубочковую фильтрацию влияет и гормон *адrenalин*.

Регуляция канальцевой реабсорбции осуществляется главным образом с помощью гормонов. Они влияют на клетки канальцевого эпителия, усиливая или ослабляя их способность к всасыванию. Так, например, гормон гипофиза вазопрессин усиливает обратное всасывание воды. В результате объём выводимой мочи снижается, а её концентрация повышается. Второе название вазопрессина — «антидиуретический гормон».

Мишенью для действия вазопрессина являются эпителиальные клетки дистального отдела системы извитых канальцев. На этот же отдел влияет гормон коркового слоя надпочечников — *альдостерон*. Этот гормон усиливает обратное всасывание натрия. Обратный эффект вызывает натрийуретический гормон, вырабатываемый стенкой предсердия.

Помимо указанных гормонов, на реабсорбцию в канальцах влияют инсулин, пролактин, эстрогены и ангиотензин, которые усиливают вторичное всасывание. Паратгормон и кальцитонин уменьшают реабсорбцию. Симпатическая система также усиливает процесс реабсорбции.

**КЛЮЧЕВЫЕ
СЛОВА**

Вторичное всасывание. Мочеточники. Мочевой пузырь. Вазопрессин. Альдостерон.

ВЫВОДЫ

- Первичная моча из капсул нефронов поступает в извитые канальца, оплетённые капиллярной сетью, где происходит вторичное всасывание. В кровь всасываются вода, глюкоза, аминокислоты, некоторые соли, витамины. Образуется вторичная моча.
- Работа органов мочевыделительной системы регулируется вегетативной нервной системой и с помощью гормонов.

ВОПРОСЫ

1. Как образуется вторичная моча?
2. Какой химический состав имеет конечная моча?
3. Чем различаются первичная и вторичная моча?
4. Как моча попадает в мочевой пузырь?
5. Какова роль мочевого пузыря в мочеиспускании?
6. Каким образом на деятельность почек повлияет увеличение содержания в крови антидиуретического гормона?

ЗАДАНИЯ

7. Приведите примеры эндокринной функции почек.
8. Один человек выпил два стакана подсоленной, второй — два стакана обычной питьевой воды, третий — только прополоскал рот подсоленной водой. Обоснуйте, как изменилась величина мочеобразования у каждого из них.
9. Установите последовательность процессов, происходящих при образовании, движении и выделении мочи.
10. Подготовьте сообщение о нервной и гуморальной регуляции образования и выведения мочи.



ОБЪЯСНИТЕ

11. Почему появляются отёки у длительно голодающих людей?
12. Почему в ночное время выработка мочи уменьшается?
13. Почему объём мочи, выделяемой телом человека за день, не равен объёму выпитой за это же время жидкости?

ТЕМЫ ДЛЯ ДИСКУССИЙ

14. Сознательно или бессознательно в организме регулируется процесс мочеиспускания?
15. Каковы могут быть последствия нарушений механизма образования и выведения мочи?

§ 27.

ПРОФИЛАКТИКА ЗАБОЛЕВАНИЙ ОРГАНОВ МОЧЕВЫДЕЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

ЭТО Я ЗНАЮ

Механизм образования первичной и вторичной мочи.
Регуляция образования и выведения мочи.



Как избежать заболеваний мочевыделительной системы?



ОТ КАКИХ ИНФЕКЦИОННЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ СТРАДАЮТ ПОЧКИ?

Почки часто становятся мишенью для инфекций, нарушающих их нормальную работу. Если инфекционное поражение развивается в области извитых канальцев и там протекает воспалительный процесс, то страдает в первую очередь вторичное всасывание и организм теряет с мочой ценные вещества. Заболевание почек может сопровождаться нарушением мочеиспускания, болями в пояснице, повышением температуры тела, слизью и кровью в моче.

Если поражается интерстициальная ткань почки и её чашечно-лоханочная система, то такое заболевание называется **пиелонефритом**. Возбудителями пиелонефрита являются преимущественно кишечная палочка, стафилококк, протей, реже энтерококк, стрептококк, часто имеет место смешанная флора. При остром пиелонефрите необходимы постельный режим, обильное питьё, полезен клюквенный морс.

Пиелонефрит часто возникает как осложнение после перенесённых простудных заболеваний, ангины и гриппа, а также кори и ветрянки. Это заболевание нельзя переносить на ногах и при первых симптомах следует обратиться к врачу.



КАКОВЫ ПРИЧИНЫ ВОСПАЛЕНИЯ МОЧЕВОГО ПУЗЫРЯ?

Воспаление мочевого пузыря называют **циститом** (от греч. *кюстис* — пузырь). Это заболевание вызывают бактерии, проникающие в полость мочевого пузыря, или химические вещества, вызывающие раздражение его слизистой оболочки. Проявление этого заболевания сопровождается сильными болями в области мочевого пузыря при мочеиспускании, которое значительно учащается. Острый цистит возникает обычно внезапно, через некоторое время после переохлаждения или воздействия другого провоцирующего фактора.

? КАКОВЫ ПРИЧИНЫ МОЧЕКАМЕННОЙ БОЛЕЗНИ?

Серьёзное нарушение работы почек может быть вызвано появлением в почках камней. Это заболевание называется **мочекаменной болезнью**. Камни могут образовываться в извитых канальцах, в собирательных трубочках, в чашечках и лоханке почки. Они могут достигать больших размеров и повреждать структуры почки, нарушая их функции. Образование камней, как правило, является следствием нарушения обмена веществ. Вероятность их образования возрастает при недостатке физической активности, несбалансированном пищевом рационе, злоупотреблении спиртными напитками и табакокурении.

? ЗАЧЕМ ПРОВОДЯТ АНАЛИЗ МОЧИ?

В медицинских учреждениях обязательно проводят анализы мочи. Они дают представление о процессах обмена веществ, протекающих в организме. Анализ мочи используют для распознавания инфекционных заболеваний, функционального состояния почек, беременности.

Поступающая в мочевой пузырь моча прозрачна, имеет соломенно-жёлтую окраску, слабокислую реакцию, содержит мочевую кислоту, переработанные гормоны. Цвет мочи могут изменять некоторые лекарственные препараты или пигменты.

Моча здорового человека всегда прозрачна. Мутной она может стать из-за наличия бактерий, слизи, большого количества солей. Это свидетельствует о нарушениях в работе почек. Присутствие в моче лейкоцитов является признаком воспаления почек и мочевыводящих путей. В моче не должно быть белков и глюкозы. Выделение глюкозы с мочой свидетельствует о наличии серьёзных заболеваний.

? КОГДА ПРИМЕНЯЮТ АППАРАТ, НАЗЫВАЕМЫЙ ИСКУССТВЕННОЙ ПОЧКОЙ?

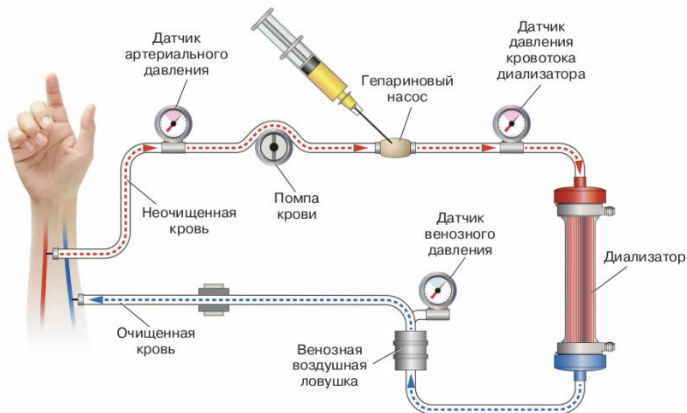


Рис. 58. Аппарат «Искусственная почка»



При острой почечной недостаточности в крови накапливается избыток метаболитов, предназначенных к выведению из организма. Они способны нарушать гомеостаз и оказывать токсическое действие на все органы. В таких случаях применяется аппарат, называемый **искусственной почкой** (рис. 58). Принцип работы аппарата основан на обмене веществ между кровью, протекающей по тонким трубочкам, и диализирующим раствором, омывающим эти трубочки. Диализирующий раствор содержит набор солей в концентрациях, равных их содержанию в плазме крови.

Капиллярные трубочки, по которым проходит кровь, пропускают соли и продукты обмена только в одном направлении — из крови в диализирующий раствор. Избыток тех или иных солей и метаболитов приводит к их выходу в диализирующий раствор из-за разницы концентрации. Диализирующий раствор постоянно обновляется, и процесс очистки крови протекает с большой интенсивностью.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Пиелонефрит. Цистит. Мочекаменная болезнь. Искусственная почка.

ВЫВОДЫ

- Для распознавания инфекционных заболеваний, функционального состояния почек делается анализ мочи.
- Для предупреждения развития заболеваний органов мочевыделительной системы следует соблюдать элементарные правила личной гигиены и нормы правильного питания.

ВОПРОСЫ

1. Каковы причины инфекционных заболеваний почек?
2. Что такое пиелонефрит?
3. Чем опасны камни в почках?
4. С чем связано воспаление мочевого пузыря?
5. Для чего делают анализ мочи?
6. Что собой представляет искусственная почка? В чём принцип её работы?

ЗАДАНИЯ

7. Докажите, что неподвижный образ жизни отрицательно влияет на работу почек.
8. Приведите примеры болезней почек. Каковы могут быть их последствия для организма?
9. Сформулируйте и обоснуйте меры профилактики болезней почек.
10. Ознакомьтесь с информацией в таблице 8. Насторожит ли врача приведённый в таблице результат анализа мочи? Обоснуйте свой ответ.

Таблица 8

Результат анализа мочи

Признак	Результат
Цвет	Соломенно-жёлтый
Прозрачность	Мутная
Кислотность	Слабокислая
Белок	Нет

Окончание табл. 8

Глюкоза	Нет
Эритроциты	Нет
Лейкоциты	Есть

ОБЪЯСНИТЕ

- Почему результаты анализа мочи позволяют судить о процессах, происходящих в разных органах и тканях?
- Почему врач порекомендует пациенту с пиелонефритом не допускать развития кариеса зубов?
- Почему соблюдение норм здорового питания важно для предупреждения мочекаменной болезни?

ТЕМЫ ДЛЯ ДИСКУССИЙ

- Почему нарушения работы органов мочевыделительной системы приводят к изменению состава внутренней среды организма?
- Какие методы применяются для исследования строения и работы органов мочевыделительной системы?

КЕЙС

Глава 5. Мочевыделительная система

1 ЗАДАНИЕ
СПРАВОЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Проанализируйте таблицу 9 «Сравнительный состав плазмы крови, первичной и вторичной мочи организма человека».

Таблица 9

**Сравнительный состав плазмы крови,
первичной и вторичной мочи организма человека**

Составные вещества	Плазма крови (%)	Первичная моча (%)	Вторичная моча (%)
Белки, жиры, гликоген	7—9	Практически отсутствуют	Практически отсутствуют
Глюкоза	0,1	0,1	Отсутствует
Натрий (в составе солей)	0,3	0,3	0,4
Хлор (в составе солей)	0,37	0,37	0,7
Калий (в составе солей)	0,02	0,02	0,15
Мочевина	0,03	0,03	2,0
Мочевая кислота	0,004	0,004	0,05



ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Концентрация каких веществ изменяется по мере превращения плазмы крови во вторичную мочу?
2. Сравните первичную и вторичную мочу. По каким показателям они различаются?
3. Какой процесс, идущий в нефронах, приводит к исчезновению глюкозы во вторичной моче?

2 ЗАДАНИЕ

СПРАВОЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Гормон вазопрессин, секретируемый задней долей гипофиза, увеличивает проницаемость эпителия собирательной трубки нефрона для воды.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Как увеличение количества вазопрессина скажется на реабсорбции воды в почках?
2. Как это отразится на объёмах выделяемой мочи?
3. Если человек за один приём съест достаточно много солёной рыбы, как это отразится на секреции вазопрессина? Ответ поясните.

3 ЗАДАНИЕ

СПРАВОЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Из 1700—1800 л крови, которые за сутки пропускают через себя обе почки человека, образуется 170—200 л первичной мочи и 1,7—2,0 л вторичной мочи. Фильтрующая поверхность обеих почек равна примерно 5—6 м². Общее количество мочи зависит от возраста, температуры и влажности окружающей среды, условий питания, физических нагрузок.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

Представьте данную информацию в виде графической схемы. Соберите недостающие факты и отобразите на схеме конкретные примеры, иллюстрирующие зависимость образования вторичной мочи от перечисленных выше факторов.

4 ЗАДАНИЕ

СПРАВОЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Представьте себя врачом нефрологом и оцените эффективность работы почек пациентов по анализу мочи. Используя знания о процессах образования мочи, предположите, на каком из этапов возникло нарушение работы почек.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. В лабораторном анализе мочи первого пациента найдены белок, эритроциты.
2. Клеток крови и белков в моче второго больного не обнаружено, однако присутствует глюкоза.
3. Какими должны быть анализы мочи у здорового человека?

Глава 6

РЕПРОДУКТИВНАЯ СИСТЕМА



ВЫ УЗНАЕТЕ

- об особенностях размножения и развития человека;
- о строении мужской и женской половой систем, их функционировании;
- о важности сохранения репродуктивного здоровья.

ВЫ НАУЧИТЕСЬ

- характеризовать особенности строения половой системы человека;
- обосновывать функции половых гормонов;
- выявлять существенные признаки полового созревания;
- обосновывать правила здорового образа жизни для сохранения репродуктивного здоровья.



§ 28. МУЖСКАЯ ПОЛОВАЯ СИСТЕМА

ЭТО Я ЗНАЮ

Что такое размножение.
Бесполое и половое размножение, их особенности.



Что относится к первичным мужским половым признакам?

? КАКОВО ЗНАЧЕНИЕ РЕПРОДУКЦИИ?

Важнейшим свойством всех живых организмов является **репродукция**. Любой живой организм имеет ограниченное время существования. Вслед за рождением, детством и юностью приходит зрелость, её сменяет старость и смерть. Репродукция позволяет биологическому виду существовать неограниченное время, несмотря на смертность его отдельных представителей.

Функции репродукции выполняет **половая система**. Она имеет принципиальные различия в мужском и женском организмах. Мужская половая система производит половые клетки — сперматозоиды. Она также превращает организм эмбриона, а затем и организм мальчика в организм мужчины.

Женская половая система производит яйцеклетки, отвечает за формирование женских признаков сначала у эмбриона, затем у девочки и взрослой женщины, готовой к репродукции. Женская половая система обеспечивает процесс беременности, родов и выкармливания ребёнка.

Важнейшими органами половой системы являются **половые железы**. У мужчин это парные **семенники**, а у женщин — парные **яичники**. Половые железы производят половые клетки и половые гормоны. Все дальнейшие этапы репродукции связаны с этими клетками и этими гормонами.

? КАКИЕ ОРГАНЫ ОБРАЗУЮТ МУЖСКУЮ ПОЛОВУЮ СИСТЕМУ?

Мужская половая система включает внутренние и наружные половые органы (рис. 59). К *внутренним органам половой системы мужчины* относятся семенники, семявыносящие пути и вспомогательные половые железы. Семенники производят мужские половые клетки — **сперматозоиды** — и половые гормоны. Вспомогательные половые железы производят жидкую часть семенной жидкости. Семявыносящие пути выводят сперматозоиды за пределы организма.

Наружные половые органы включают мошонку и пенис. **Мошонка** создаёт условия для успешного сперматогенеза. **Пенис** обеспечивает поступление сперматозоидов в женскую половую систему.

? КАК ПРОТЕКАЕТ СПЕРМАТОГЕНЕЗ?

Процесс образования и созревания мужских половых клеток называют **сперматогенезом**. Важное значение в образовании сперматозоидов имеют клетки — сперматогонии. Образовавшиеся в результате деления сперматогониев дочерние клетки проходят несколько этапов созревания. При этом они последовательно превращаются в сперматоциты, сперматиды и сперматозоиды.

Если сперматогонии содержат 23 пары хромосом и делятся посредством митоза, то сперматоциты делятся посредством мейоза. Поэтому сперматиды и произведённые ими сперматозоиды содержат уже половинный (гаплоидный) набор хромосом.

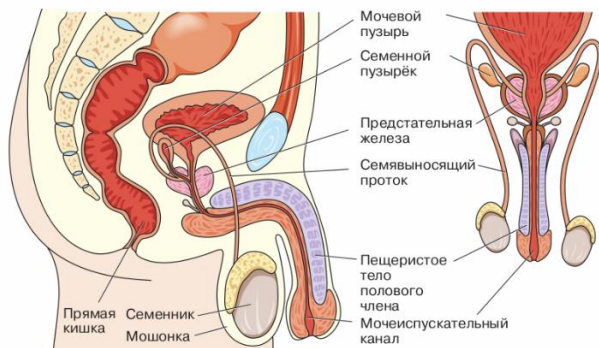


Рис. 59. Строение внутренних и наружных половых органов мужчины

? КАК УСТРОЕН СПЕРМАТОЗОИД?

Сперматозоид человека имеет головку, шейку и хвост. *Головка* сперматозоида имеет яйцевидную форму. Внутри головки находится ядро с гаплоидным (половинным) набором хромосом, а именно с 23 хромосомами. На переднем полюсе головки располагается акросома — вакуоль, содержащая набор ферментов. При оплодотворении ферменты акросомы растворяют плотную оболочку яйцеклетки, облегчая проникновение сперматозоида.

В средней части, или *шейке*, сперматозоида располагаются многочисленные митохондрии, которые обеспечивают энергией движения хвоста сперматозоида.

Хвост сперматозоида состоит из 11 микротрубочек, покрытых тонкой клеточной мембраной. Перемещение сперматозоида обеспечивают возвратно-поступательные движения жгутика. Эти движения являются результатом скольжения передних и задних трубочек вдоль друг друга. Здоровый сперматозоид в жидкой среде движется со скоростью от 1 до 4 мм/мин.

? ГДЕ СОЗРЕВАЮТ И ХРАНЯТСЯ СПЕРМАТОЗОИДЫ?

Из семявыносящих канальцев сперматозоиды поступают в канал придатка семенника. Сперматозоиды поступают в канал незрелыми и только в нём приобретают способность к движению, но их подвижность блокируется специальными ингибиторами.

Созревшие сперматозоиды до определённого момента хранятся в **семявыносящих протоках** и канале придатка семенника. Они не утрачивают способности к оплодотворению на протяжении месяца.

? ГДЕ ОБРАЗУЮТСЯ ПОЛОВЫЕ ГОРМОНЫ?

В промежутках между семявыносящими канальцами располагаются группы эндокринных секреторных клеток, которые называются клетками Лейдига. Они секретируют в кровь группу гормонов под общим названием **андрогены**. В их состав входят такие гормоны, как *тестостерон*, *дигидротестостерон* и *андростендион*.



Тестостерон можно считать основным из названных гормонов. Его продукция стимулируется гонадотропным гормоном передней доли гипофиза. Тестостерон отвечает за развитие половой системы плода по мужскому типу, за развитие первичных и вторичных половых признаков, за формирование поведенческих реакций по мужскому типу.



КАК УСТРОЕНЫ НАРУЖНЫЕ МУЖСКИЕ ПОЛОВЫЕ ОРГАНЫ?

К мужским наружным половым органам относят пенис и мошонку. Мошонка представляет собой отвисающее книзу выпячивание брюшной стенки. Она располагается между корнем пениса и промежностью. Внутри мошонки располагаются семенники, которые подвешены на семенном канатике. Через пенис из организма наружу выводится **семенная жидкость**. Помимо неё, через пенис из организма выводится моча. Семенная жидкость с помощью пениса доставляется в женскую половую систему.



КАК РЕГУЛИРУЕТСЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ МУЖСКИХ ПОЛОВЫХ ЖЕЛЁЗ?

Функция семенников регулируется гипоталамо-гипофизарной системой. В гипоталамусе синтезируется **гонадотропин-рилизинг-гормон**. В гипофизе он стимулирует синтез и секрецию гонадотропинов — **фолликулостимулирующего гормона** и **лютеинизирующего гормона**. Фолликулостимулирующий гормон стимулирует функции клеток Сертоли, обеспечивающих созревающие сперматозоиды питанием и кислородом. Лютеинизирующий гормон стимулирует функцию клеток Лейдига, синтез и секрецию ими тестостерона.

Высшие нервные центры могут оказывать ингибиторное или стимулирующее действие на секрецию гонадотропинов в зависимости от условий.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Репродукция. Половые железы. Семенники. Семьяносящие пути. Сперматогенез. Сперматозоид. Андрогены. Семенная жидкость.

ВЫВОДЫ

- Мужчины и женщины различаются строением и функциями внешних и внутренних половых органов.
- Мужские половые клетки образуются в семенниках. Процесс образования и созревания мужских половых клеток называют сперматогенезом.

ВОПРОСЫ

1. В чём заключается биологическое значение размножения?
2. Чем репродуктивная функция мужчины отличается от репродуктивной функции женщины?
3. Каким образом работа семенников регулируется гипоталамо-гипофизарной системой?
4. Что такое сперматогенез? Где идёт этот процесс?
5. Чем половые клетки отличаются от соматических клеток человеческого организма?
6. Какой мужской гормон считается основным? Почему?

ЗАДАНИЯ

7. Опишите последовательность процесса сперматогенеза.
8. Назовите органы мужской половой системы.

- Опишите строение сперматозоида.
- Назовите основные мероприятия по уходу за телом, которые вы проводите ежедневно. Объясните их значение.

ОБЪЯСНИТЕ

- Почему семенники и яичники являются железами смешанной секреции?
- Почему половые клетки содержат гаплоидный набор хромосом?
- Почему подвижность сперматозоидов является важным качественным показателем спермы?

ТЕМЫ ДЛЯ ДИСКУССИЙ

- Какие факторы влияют на репродуктивное здоровье мужчины?
- В чём проявляется половой диморфизм человека?

§ 29. ЖЕНСКАЯ ПОЛОВАЯ СИСТЕМА**ЭТО Я ЗНАЮ**

Особенности строения мужской половой системы.
Женские и мужские половые железы.



Какие функции выполняет женская половая система?

**КАКИЕ ОРГАНЫ ОБРАЗУЮТ ЖЕНСКУЮ ПОЛОВОЮ СИСТЕМУ?**

Женская половая система включает внутренние и наружные половые органы (рис. 60). К внутренним органам половой системы женщины относятся яичники, маточные трубы, матка и влагалище.

Важнейшими органами женской половой системы являются **яичники**. Они производят яйцеклетки и половые гормоны. В маточных трубах происходит оплодотворение яйцеклеток. В матке происходит развитие плода. Во влагалище поступают сперматозоиды.

**КАК ПРОИСХОДИТ РАЗВИТИЕ ЯЙЦЕКЛЕТОК В ЯИЧНИКЕ?**

На ранних этапах эмбрионального развития в формирующуюся половую железу мигрируют первичные половые клетки. Там они превращаются в **оогонию**, которые активно размножаются, покрываясь фолликулярными клетками.

К моменту рождения девочки в её яичниках насчитывается около 2 млн половых клеток. Но только часть из них получает фолликулярные оболочки. Остальные рассасываются. Ко времени наступления половой зрелости в яичниках остаётся только 300 000 первичных яйцеклеток в первичных фолликулах.

С началом полового созревания часть первичных фолликулов начинает расти. При этом в размере увеличивается как сама яйцеклетка, так и окружающая её оболочка из фолликулярных клеток. Они начинают активно вырабатывать жидкость, содержащую **женские половые гормоны**. Эта жидкость заполняет полость, которая формируется вокруг растущей яйцеклетки — **ооцита**. Так формируются вторичные фолликулы. Их число в каждый момент времени не превышает 10—20.



Примерно один раз в месяц один из вторичных фолликулов проходит окончательное созревание, превращаясь в *Граафов пузырьёк*. Внутри этого пузырька находится зрелая яйцеклетка. Она покрыта блестящей оболочкой и окружена слоем фолликулярных клеток.

Между стенками фолликула и яйцеклеткой находится полость фолликула, заполненная фолликулярной жидкостью. К стенке фолликула яйцеклетка присоединяется посредством яйценосного холмика.

Когда Граафов пузырьёк подходит к стенке яичника, фолликулярная оболочка разрывается, и зрелая яйцеклетка выходит на поверхность яичника. Этот момент называют *овуляцией*. Она обычно происходит поочерёдно то в левом, то в правом яичнике.

После овуляции яйцеклетка втягивается в маточную трубу через бахромчатую воронку. В полость лопнувшего пузырька поступает кровь и образует сгусток, который замещается соединительной тканью.

Клетки фолликулярного эпителия размножаются и накапливают жёлтый пигмент, формируя временную железу, называемую жёлтым телом. Оно вырабатывает гормон *прогестерон*.

Если произошло оплодотворение яйцеклетки и наступила беременность, то жёлтое тело существует весь период беременности. Если яйцеклетка не была оплодотворена через две недели, то жёлтое тело разрушается.

? КАКИЕ ГОРМОНЫ ВЫРАБАТЫВАЮТСЯ В ЯИЧНИКАХ?

В яичниках вырабатываются **женские половые гормоны** — *эстрогены* и *прогестерон*. Помимо них, вырабатывается и небольшое количество мужских половых гормонов — андрогенов.

С действием эстрогенов связано формирование и развитие наружных женских половых органов, появление вторичных половых признаков, рост и развитие тела по женскому типу. Эти гормоны оказывают влияние на поведение и психику в целом. Эстрогены вырабатываются стенками фолликулов.

Прогестерон вырабатывается жёлтым телом в течение всего времени существования этой железы. Он оказывает влияние на стенку матки, вызывая её разрастание, необходимое для успешного внедрения оплодотворённого яйца — имплантации. Прогестерон стимулирует развитие плаценты, влияет на рост и развитие плода и на формирование молочных желёз.

? КАК УСТРОЕНЫ МАТОЧНЫЕ ТРУБЫ И МАТКА?

Маточные трубы иначе называют яйцеводами. Один конец маточной трубы выходит на поверхность яичника. На этом конце располагается бахромчатая воронка. Она частично срастается с поверхностью яичника. Другой конец маточной трубы открывается в полость матки (см. рис. 60).

В воронку маточной трубы после овуляции попадает яйцеклетка, которая начинает двигаться в направлении матки. Движение яйцеклетки обеспечивается сокращением гладкой мускулатуры в составе стенок трубы и активностью ресничного эпителия, выстилающего трубу изнутри. Верхняя часть маточной трубы обычно является тем местом, где происходит оплодотворение.

Матка представляет собой непарный полый орган грушевидной формы. Она служит для вынашивания плода, обеспечивает процесс родов. Широкая часть матки называется дном. В неё впадают маточные трубы. Узкая часть матки называется шейкой матки.

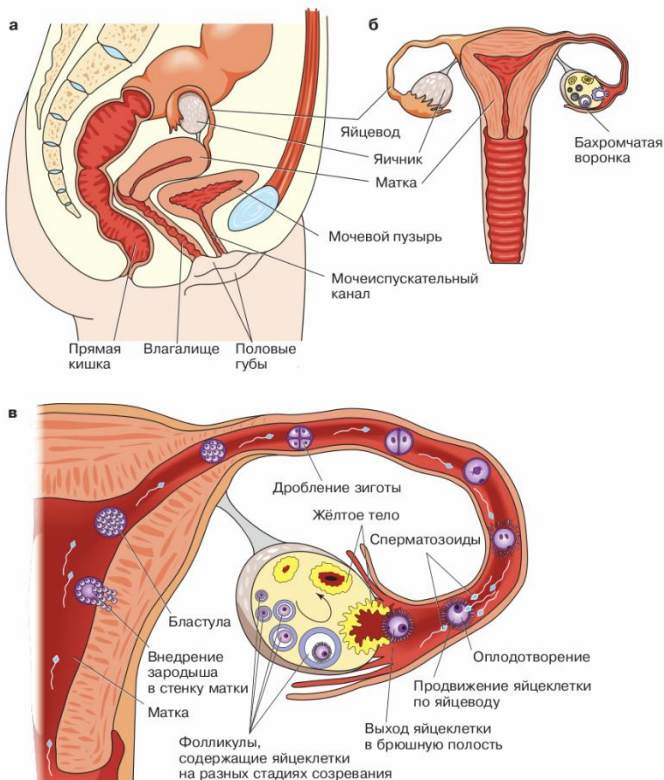


Рис. 60. Строение наружных и внутренних половых органов женщины (а); строение матки (б); сперматозоиды и яйцеклетка перед оплодотворением (в)

**КЛЮЧЕВЫЕ
СЛОВА**

Яичники. Маточные трубы. Матка. Женские половые гормоны. Ооцит.

ВЫВОДЫ

- Женская половая система производит яйцеклетки, отвечает за формирование половых признаков, обеспечивает процесс беременности, родов и выкармливания ребёнка.



- Образование яйцеклеток (овогенез) и синтез половых гормонов происходят в яичниках.
- Для сохранения репродуктивного здоровья необходимо соблюдать нормы здорового образа жизни и личной гигиены.

ДЛЯ ЛЮБОЗНАТЕЛЬНЫХ

- 1 Размножение женских половых клеток происходит в период внутриутробного развития организма. Это принципиально отличает их от мужских половых клеток. Мужские половые клетки активно размножаются в течение всей жизни мужчины.
- 2 Снаружи яичник покрыт оболочкой из соединительной ткани. Под оболочкой располагается корковое вещество, которое содержит волокнистую соединительную ткань, и многочисленные первичные фолликулы. Они представляют собой ооциты, окружённые оболочкой из фолликулярных эпителиальных клеток. В центре яичника располагается мозговое вещество, образованное соединительной тканью, пронизанной нервами и сосудами.

ВОПРОСЫ

1. Какова функциональная роль яичников?
2. В чём заключается процесс овуляции?
3. В каком органе происходит оплодотворение?
4. Что происходит с оплодотворённой и неоплодотворённой яйцеклетками?
5. Какую роль играют женские половые гормоны?
6. Что представляет собой матка? Какова её роль?

ЗАДАНИЯ

7. Перечислите органы женской половой системы.
8. Выделите принципиальные различия в строении и функциях женской и мужской половых систем.
9. Назовите основные этапы развития яйцеклеток в яичнике.
10. Укажите черты сходства и различия женских и мужских половых клеток.

ОБЪЯСНИТЕ

11. Почему у женщины, как правило, образуется одна яйцеклетка в месяц?
12. Почему репродуктивная функция женщины зависит от возраста?
13. Почему женщинам с низким уровнем прогестерона трудно забеременеть?

ТЕМЫ ДЛЯ ДИСКУССИЙ

14. Если в яйцеклетку проникнут два сперматозоида и их хромосомы войдут в состав зиготы, будет ли в этом случае развиваться нормальный ребёнок?
15. Как сохранить репродуктивное здоровье?

§ 30. ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ЧЕЛОВЕКА

ЭТО Я ЗНАЮ

Органы женской половой системы.
Что такое оплодотворение, где оно происходит.



Как происходит внутриутробное развитие человека?



КАК ФОРМИРУЮТСЯ ПОЛОВЫЕ ПРИЗНАКИ?

Мужчины и женщины различаются генетически. Для развития пола определяющими являются генетические факторы. Если в геноме присутствует Y-хромосома, то развивается мужской организм. При отсутствии этой хромосомы развивается женский организм.

Мужчина и женщина различаются между собой первичными и вторичными **половыми признаками**. Под первичными признаками понимают специфику формирования женских и мужских половых органов и половой системы. Половые органы закладываются уже на эмбриональной стадии и достигают полного функционального развития ко времени наступления половой зрелости.



КАК ПРОИСХОДИТ ПОЛОВОЕ СОЗРЕВАНИЕ?

Примерно между одиннадцатью и семнадцатью годами жизни происходит **половое созревание**. Оно связано с ускорением роста и проявлением вторичных половых признаков.

К мужским вторичным половым признакам относят значительный рост мышц и расширение плеч, появление волос на лице, появление волос под мышками и на лобке, рост половых органов, созревание сперматозоидов. С наступлением периода полового созревания у юношей возникают непроизвольные извержения семени — **поллюции**. Чаще всего они происходят во сне. Посредством поллюций организм освобождается от избытка семенной жидкости и полового напряжения.

К женским вторичным половым признакам относят округление форм тела, расширение таза, развитие молочных желёз, появление волос под мышками и на лобке, рост половых органов, созревание яйцеклеток. В период полового созревания у девушек появляются регулярные месячные кровотечения — **менструации** (от лат. *mens* — месяц). Появление первой менструации свидетельствует о начале половой зрелости.

Половое созревание ведёт к серьёзным физическим и психологическим изменениям, которые проявляются у каждого подростка индивидуально. В это время происходят не только процессы физического созревания, но и значительные изменения в интересах, потребностях, жизненных установках и поведении. Это в особенности касается отношений со сверстниками и противоположным полом. При этом для большинства молодых людей большое значение имеют взаимная симпатия и доверие.



КАК ПРОИСХОДИТ ОПЛОДОТВОРЕНИЕ ЯЙЦЕКЛЕТКИ?

Оплодотворение является важным моментом полового размножения. Оплодотворению предшествует физический контакт мужского и женского организмов. Сперматозоиды чаще всего встречаются с яйцеклеткой в верхней части маточной трубы. Готовая к оплодотворению яйцеклетка в верхней части маточной трубы



подвергается атаке сперматозоидов. Первый из достигших яйцеклетки сперматозоидов с помощью ферментов акросомы, которые разрушают участок лучистого венца и блестящей оболочки, вводит своё ядро в цитоплазму яйцеклетки. В это время происходит уплотнение её блестящей оболочки, что предотвращает попадание других сперматозоидов.

? КАКОВА ПРИРОДА МЕНСТРУАЛЬНОГО ЦИКЛА?

До овуляции яйцеклетка 14 дней развивается в яичниках под влиянием гормонов гипоталамуса и гипофиза. Яйцеклетка созревает внутри фолликула. Эта фаза **менструального цикла** называется овариальной или фолликулярной (рис. 61).

После овуляции начинается развитие временной эндокринной железы — жёлтого тела. Оно вырабатывает гормон *прогестерон*, под влиянием которого разросшийся внутренний слой матки эндометрий образует множество складок и прорастает сетью кровеносных сосудов. Это подготавливает эндометрий к внедрению зародыша.

Если оплодотворение не произошло, то яйцеклетка через один-два дня погибает, а через 14 дней разрушается жёлтое тело. Выработка прогестерона прекращается. Эта фаза менструального цикла называется *лuteиновой*. Она завершается отторжением новообразованного слоя эндометрия, который сопровождается менструацией. Этот процесс обычно продолжается три—семь дней.

Если оплодотворение произошло и зародыш внедрился в стенку матки, клетки наружной оболочки зародыша начинают выделять особый *хорионический гормон*. Он предотвращает распад жёлтого тела, и выработка прогестерона продолжается. Прогестерон способствует формированию **плаценты** — временного органа, обеспечивающего взаимодействие плода с организмом матери.

Под влиянием прогестерона менструация, а также новые овуляции не наступают в течение всего периода беременности. Появление в крови *хорионического гормона* определяется тестами на раннюю беременность.

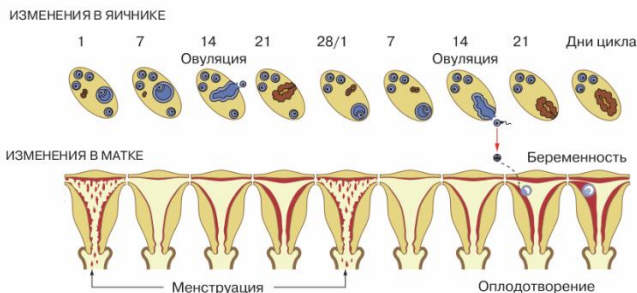


Рис. 61. Схема менструального цикла

? КАК РЕГУЛИРУЮТСЯ ПРОЦЕССЫ МЕНСТРУАЛЬНОГО ЦИКЛА?

Процессы, обеспечивающие нормальное течение менструального цикла, регулируются единой функционально связанной нейроэндокринной системой, включающей центральные (интегрирующие) отделы, периферические (эффektorные) структуры, а также промежуточные звенья.

Высшим уровнем регуляции репродуктивной системы являются кора головного мозга и надгипоталамические структуры (лимбическая система, гиппокамп, миндалевидное тело).

В ответ на воздействие факторов внешней среды на кору головного мозга и надгипоталамические структуры происходит синтез, выделение и метаболизм нейротрансмиттеров и нейропептидов. В свою очередь, они влияют на синтез и выделение гормонов нейросекреторными ядрами гипоталамуса.

Гипоталамус участвует в регуляции полового поведения, осуществляет контроль за вегетососудистыми реакциями, температурой тела и другими жизненно важными функциями организма. Гипоталамус выделяет рилизинг-гормоны, управляющие секрецией гонадотропных гормонов гипофиза. *Фолликулостимулирующий и лютеинизирующий гормоны* определяют течение менструального цикла.

КАКИЕ ФУНКЦИИ ВЫПОЛНЯЕТ ПЛАЦЕНТА?

У человека эмбрион развивается в полости матки. Все функции, рост и развитие плода обеспечиваются организмом матери и реализуются с помощью **плаценты** — временного органа, осуществляющего питание, дыхание и выделение продуктов обмена плода. Развитие эмбриона проходит в жидкой среде — околоплодных водах, заполняющих пространство вокруг него и ограниченных оболочками плода.

Плацента имеет две стороны — детскую и материнскую. Детскую часть образуют разросшиеся ворсинки хорионической оболочки, внедрившиеся в стенку матки. В области их внедрения материнские сосуды разрушаются и кровь изливается в пространство вокруг ворсинок — *лакуны*. Обмен питательными веществами, газами и продуктами обмена происходит между кровью матери и кровью сосудов ворсинок. С кровью матери к плоду поступают кислород, питательные вещества и минеральные соли, а также гормоны и антитела. Через венозную кровь матери из крови плода удаляются углекислый газ и продукты обмена.

Через плаценту в кровь ребёнка могут попадать и многие вредные вещества, если они будут присутствовать в организме матери, — алкоголь, никотин, наркотические вещества, некоторые лекарственные препараты.

Плацента, помимо хорионического гормона, вырабатывает *прогестерон*, *эстрогены* и *пролактин*. Как эндокринная железа она начинает работать совместно с жёлтым телом, а впоследствии его полностью заменяет.

КАК РАЗВИВАЕТСЯ БЕРЕМЕННОСТЬ?

Процесс развития плода в организме женщины называют **беременностью**. Её длительность обычно составляет около 280 дней. Беременность заметно изменяет фигуру женщины. Увеличиваются размеры, меняется форма и положение матки по мере развития плода. Гормоны плаценты вызывают рост молочных желёз и их подготовку к *лактации* — выделению молока.

В среднем на седьмые сутки после оплодотворения яйцеклетки происходит внедрение бластоцисты в стенку матки и начинается формирование зародышевых оболочек. На 14—15-е сутки начинается формирование плаценты. К концу восьмой недели в организме эмбриона завершается закладка основных органов и формируются все системы. В дальнейшем происходит рост и развитие всех систем плода.

КАКИЕ СИГНАЛЫ ЗАПУСКАЮТ РОДЫ И КАК РОДЫ ПРОТЕКАЮТ?

Роды — сложный многозвеньевой процесс, возникающий и завершающийся в результате взаимодействия нервной, гуморальной и фетоплацентарной систем, которые влияют на сокращение мышц матки.



Перед началом родов постепенно усиливаются тормозные процессы в коре большого мозга и повышается возбудимость подкорковых структур, регулирующих родовую деятельность. Одновременно увеличивается возбудимость периферических отделов нервной системы, в частности интерорецепторов, передающих возбуждение с половых органов, особенно от матки. Вегетативная регуляция сокращения матки осуществляется через медиаторы, главными из которых являются ацетилхолин, адреналин и норадреналин.

Особенности нервной регуляции родовой деятельности сопряжены с изменением гормонального статуса перед родами, связанным с увеличением содержания соединений, повышающих активность мышечных клеток: эстриола, мелатонина, простагландинов, окситоцина, серотонина, норадреналина, ацетилхолина.

Основным гормоном, ответственным за подготовку матки к родам, является *эстриол*. Особую роль в повышении его уровня играют кортизол и мелатонин, синтезирующиеся в организме плода.

Гормональные сигналы плода усиливают сократимость матки и стимулируют выброс гормона *окситоцина* гипофизом матери. Окситоцин усиливает сокращение гладкой мускулатуры матки, протоков молочных желёз и активизирует центры материнского поведения головного мозга.

Моментом вступления младенца в жизнь считается первый вдох и первый крик. Это указывает на начало работы дыхательного центра новорождённого под влиянием избытка в его крови углекислого газа. Дыхание младенца характеризуется высокой частотой, глубоким вдохом и затруднённым выдохом. Это способствует расправлению лёгких, необходимому для их полноценного функционирования.

? КАК ПРОТЕКАЕТ ПРОЦЕСС ЛАКТАЦИИ?

Работа молочных желёз регулируется половыми гормонами и находится в тесной связи с беременностью и родами. Молочные железы начинают развиваться в период полового созревания под влиянием гормона эстрогена. Второй этап их развития наступает в период беременности и связан с гормоном передней доли гипофиза — *пролактином*.

В период беременности пролактин усиленно выделяется гипофизом под влиянием эстрогенов, производимых плацентой. В период кормления выделение пролактина стимулируется механическим раздражением соска молочной железы во время сосания. Пролактин также является одним из важнейших гормонов, влияющих на родительское поведение матери.

? В ЧЁМ ОПАСНОСТЬ РАННЕЙ БЕРЕМЕННОСТИ?

Наиболее благоприятным биологическим возрастом для наступления беременности врачи считают 20—25 лет. В более раннем возрасте беременность часто протекает с осложнениями, негативно сказывается на здоровье будущей матери и плода.

Беременность и рождение ребёнка не должны быть случайны. К появлению на свет здорового и желанного ребёнка необходимо готовиться заранее, вести здоровый образ жизни, быть готовым физически и психологически. За предотвращение зачатия и беременности несут ответственность оба партнёра. Они совместно планируют состав семьи и рождаемость.

К нежелательной беременности нередко ведут случайные половые отношения. Они могут привести к инфекционным заболеваниям. Существует много заболеваний, передающихся половым путём и поражающих мочеполовые органы. Среди них самым опасным является синдром приобретённого иммунодефицита (СПИД). Возбудителем заболевания является вирус иммунодефицита человека — ВИЧ. У больного разрушается иммунная система, он становится восприимчив к различным заболеваниям.

? КАКИЕ СУЩЕСТВУЮТ МЕТОДЫ КОНТРАЦЕПЦИИ?

Для предупреждения беременности применяют *средства контрацепции*. Использование современных методов предохранения от беременности снижает частоту абортов как основной причины гинекологических болезней, невынашивания беременности, материнской и перинатальной смертности.

Средства контрацепции служат для регуляции наступления беременности в зависимости от здоровья супругов, соблюдения интервала между родами, числа детей. В настоящее время существуют следующие основные виды контрацепции: барьерные контрацептивы (презервативы, колпачки и пр.); внутриматочные средства (спирали); гормональные варианты предохранения (таблетки, импланты); хирургическая контрацепция (стерилизация). Подбор средств контрацепции осуществляется на основании тщательного врачебного обследования, с учётом индивидуальных особенностей организма.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Половые признаки. Половое созревание. Менструация. Менструальный цикл. Плацента. Беременность. Роды.

ВЫВОДЫ

- Важным периодом в развитии человека является половое созревание, характеризующееся физическими и психическими изменениями в организме.
- Внутриутробное развитие происходит в матке. Обмен веществ плода, его рост и развитие обеспечиваются организмом матери и реализуются с помощью плаценты. Завершается беременность родами.

ВОПРОСЫ

1. Чем первичные половые признаки отличаются от вторичных?
2. Что понимают под половым созреванием человека? Когда оно происходит?
3. Как происходит развитие зародыша и плода?
4. Каким образом развивающийся в материнском организме ребёнок получает жизненно необходимые вещества?
5. Как происходит рождение ребёнка?
6. Почему важен первый крик новорождённого?

ЗАДАНИЯ

7. Выделите основные признаки полового созревания.
8. Отметьте основные функции плаценты.
9. Назовите женские половые гормоны, влияющие на протекание беременности.
10. Опишите мероприятия по поддержанию здоровья будущей матери и её подготовке к родам.

ОБЪЯСНИТЕ

11. Почему пол ребёнка зависит от отца?
12. Почему человек как биологический вид относится к подклассу плацентарных животных?
13. Почему при родах необходима помощь медицинских работников?



ТЕМЫ ДЛЯ ДИСКУССИЙ

- Почему важно естественное вскармливание новорождённого?
- Почему рождение ребёнка обязывает родителей к особой ответственности?

КЕЙС

Глава 6. Репродуктивная система

1 ЗАДАНИЕ

СПРАВОЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Близнецы — дети, рождённые в результате одной беременности через непродолжительное время друг за другом. Близнецы бывают однояйцевыми и разнояйцевыми. Однояйцевые близнецы формируются в результате оплодотворения одной яйцеклетки и дальнейшего разделения зиготы на два зародыша. Разнояйцевые близнецы — результат оплодотворения двух (или более) яйцеклеток с последующим развитием.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

- У каких близнецов, однояйцевых или разнояйцевых, генотип (совокупность генов) будет одинаковый? Ответ поясните.
- Почему однояйцевые близнецы всегда одного пола: или мальчики, или девочки, а разнояйцевые близнецы могут быть одного или разных полов?
- Как вы думаете, склонность к появлению близнецов наследуется по материнской или отцовской линии?

2 ЗАДАНИЕ

СПРАВОЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

После овуляции эпителиальные клетки лопнувшего фолликула размножаются, образуя жёлтое тело, получившее название благодаря жёлтому цвету своего содержимого. При проведении ультразвукового обследования женщины со сроком беременности 10—12 недель в яичнике отмечена гибель жёлтого тела.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

- Предположите, какой возможен исход беременности пациентки.
- Почему жёлтое тело является временной железой эндокринной секреции?

3 ЗАДАНИЕ

СПРАВОЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Спермограмма — это лабораторная методика исследования спермы, позволяющая оценить степень оплодотворяющей способности спермы. При исследовании спермограммы у мужчины был обнаружен симптом «округлой головки» сперматозоидов, связанный с нарушением формирования акросом.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

- Что представляет собой акросома?
- Какая функция сперматозоидов будет нарушена при данном симптоме?
- Какова способность к оплодотворению у этого мужчины?

Глава 7

КОЖА И ЕЁ ПРОИЗВОДНЫЕ



ВЫ УЗНАЕТЕ

- о строении и основных функциях кожи;
- о роли кожи в терморегуляции;
- о гигиене кожи и профилактике кожных заболеваний.

ВЫ НАУЧИТЕСЬ

- описывать строение и функции кожи, её производных;
- оказывать приёмы первой помощи при солнечном и тепловом ударах, травмах, ожогах, обморожении;
- обосновывать основные гигиенические требования к одежде и обуви;
- исследовать кожу, определять её тип;
- применять знания по уходу за кожей лица и волосами в зависимости от типа кожи.



§ 31. СТРОЕНИЕ И ФУНКЦИИ КОЖИ

ЭТО Я ЗНАЮ

Покровные ткани.
Особенности кожи млекопитающих животных.



Какова роль кожного покрова в организме человека?



В КАКИХ ФУНКЦИЯХ ОРГАНИЗМА ПРИНИМАЕТ УЧАСТИЕ КОЖНЫЙ ПОКРОВ?

Во взаимодействии организма человека с внешней средой важное значение имеет кожный покров. У взрослого человека площадь поверхности кожи в сумме составляет от 1,8 до 2 м². Основными функциями кожного покрова являются барьерная и защитная, терморегуляторная, чувствительная, а также выделительная, дыхательная и функция синтеза витамина D.



ИЗ КАКИХ СЛОЁВ СОСТОИТ КОЖА?

Кожа образована тремя слоями. Наружний слой называется **эпидермисом**, средний — **дермой**, а внутренний — **гиподермой** или **подкожной жировой клетчаткой** (рис. 62).

Эпидермис образован многослойной эпителиальной тканью. В самой глубокой области располагаются постоянно делящиеся клетки правильной формы с округлыми ядрами. Новообразованные клетки вытесняются в сторону поверхности кожи и постепенно накапливают белок **кератин**. При этом они изменяют свою форму, становятся многоугольными, ядра постепенно утрачиваются. Ближе к поверхности они отмирают, превращаясь в чешуйки, почти полностью состоящие из кератина. Эти чешуйки слущиваются, и их место занимают новые, образовавшиеся из нижележащих клеток. Полное обновление кожного эпителия занимает от двух до четырёх недель.

Эпидермис отделяется от дермы слоем плотного волокнистого межклеточного вещества — базальной мембраной. При повреждении кожи, например при ожогах или образовании мозолей, эпидермис может отслаиваться от дермы с образованием наполненных жидкостью пузырей.

Среди эпителиальных клеток эпидермиса располагаются особые пигментные клетки — **меланоциты**. Эти клетки снабжены отростками, проникающими в межклеточные пространства. Меланоциты содержат гранулы с пигментом **меланином**, который способен переходить в близлежащие эпителиальные клетки, придавая им более тёмную окраску.

При избытке ультрафиолетовых лучей выделение меланина усиливается и на коже появляется загар, защищающий от их воздействия. У людей разных национальностей (рас) количество меланина в пигментных клетках различно. От этого зависит цвет их кожи. У альбиносов пигментные клетки потеряли способность вырабатывать меланин и кожа утратила характерную окраску. У некоторых людей в коже формируются скопления пигментных клеток, которые проявляются в виде веснушек.

? КАКОВЫ ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ ДЕРМЫ?

Дерма образована рыхлой и плотной волокнистой тканью. Рыхлая волокнистая ткань образует верхний сосочковый слой дермы, а плотная волокнистая — сетчатый. Волокна состоят из белка коллагена и белка эластина, которые придают дерме плотность, упругость и эластичность. В дерме располагаются сальные и потовые железы, кровеносные сосуды, а также нервные окончания, выполняющие роль рецепторов болевой, температурной и тактильной чувствительности.

На оволосённой коже в дерме располагаются волосяные луковицы. Дерма имеет хорошее кровоснабжение. Кровеносные сосуды заходят в сосочки, питая клетки эпидермиса (см. рис. 62).

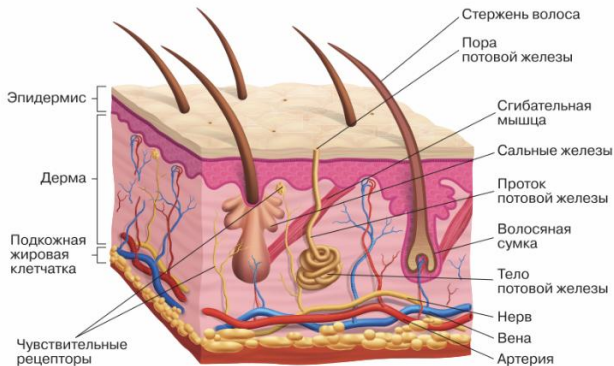


Рис. 62. Строение кожи

? КАКОВЫ ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ ПОДКОЖНОЙ ЖИРОВОЙ КЛЕТЧАТКИ?

Подкожная жировая клетчатка подстилает дерму, соединяя её с нижележащими тканями. Они представляют жировые клетки в окружении коллагеновых волокон. Благодаря своим механическим свойствам жировая клетчатка обеспечивает свободное смещение кожи по отношению к расположенным под ней тканям, а также смягчает механические воздействия на кожу. Жировая клетчатка играет роль депо липидов и защищает подлежащие органы от переохлаждения. Жировая клетчатка отсутствует на веках и кончике носа. Подкожный жировой слой особенно хорошо развит на стопах и ягодицах.

? КАКОВЫ ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ САЛЬНЫХ ЖЕЛЁЗ?

Человеческая кожа богата железами. По характеру выделяемого ими секрета железы делятся на **сальные** и **потовые**. Сальные железы лежат в поверхност-



ных слоях дермы и развиваются как выпячивание стенок волосяных луковок. Протоки сальных желёз открываются в волосяные луковки, а их секрет служит смазкой для волос и кожи. Иногда выводные протоки сальных желёз заканчиваются на поверхности кожи. Секрет состоит на две трети из воды, а на треть — из липидов. Кроме того, он содержит лизоцим, обладающий антимикробной активностью.

Особенно много сальных желёз на голове, а на ладонях и подошвах они отсутствуют. Работа сальных желёз регулируется гормонами. В период полового созревания сальные железы достигают полного развития и максимальной секреторной активности. Избыточная секреция сальных желёз при нерегулярном уходе за кожей может способствовать появлению прыщей на коже лица.

? КАКОВЫ ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ ПОТОВЫХ ЖЕЛЁЗ?

Потовые железы располагаются в глубине дермы и имеют форму свернутых в клубки ветвящихся трубочек. Их длинные и тонкие протоки пронизывают дерму и эпидермис и открываются на поверхности кожи. В концевом отделе потовых желёз представлены два слоя клеток: внутренний слой секреторных клеток и наружный слой миоэпителиальных клеток, способных сокращаться и стимулировать выведение пота.

Пот содержит большое количество воды, испарение которой способствует охлаждению организма. Помимо воды, в состав пота входят мочевина и соли, предназначенные к выведению из организма. Таким образом, потовые железы выполняют терморегуляторную и выделительную функции.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Эпидермис. Дерма. Гиподерма. Кератин. Меланоциты. Меланин. Сальные железы. Потовые железы.

ВЫВОДЫ

- Кожа — покров тела, состоящий из эпидермиса, дермы, гиподермы.
- В дерме расположены кровеносные сосуды, нервные окончания, сальные и потовые железы, корни волос и ногтей.
- Функции кожного покрова — барьерная, защитная, терморегуляторная, чувствительная, выделительная, дыхательная, обменная, синтез витамина D.

ПРАКТИКУМ

ИССЛЕДОВАНИЕ КОЖИ ТЫЛЬНОЙ И ЛАДОННОЙ СТОРОНЫ КИСТИ С ПОМОЩЬЮ ЛУПЫ

Цель: исследовать с помощью лупы кожу на тыльной и ладонной стороне кисти.

Материалы и оборудование: ручная лупа.

Ход работы

1. Рассмотрите под лупой тыльную поверхность кисти. Она как бы разделена на ромбики и треугольники, на углах которых находятся поры. Из них выходят стержни волос. Поры ведут в волосяные фолликулы, куда впадают протоки сальных желёз. Объясните, почему ромбики и треугольники на поверхности кожи кажутся блестящими. Это лучше заметно при большом увеличении.
2. Рассмотрите под лупой кожу с ладонной поверхности кисти. Видны мелкие отверстия устьев протоков потовых желёз. Почему при волнении ладонные поверхности кисти оказываются влажными, а тыльные нет?



3. Обратите внимание на узоры подушечек пальцев. Они индивидуальны для каждого человека. Под эпидермисом, в углублениях между бороздками много осязательных рецепторов. Объясните, почему ощупывать предметы лучше подушечками пальцев.
4. Запишите выводы в тетради.

ДЛЯ ЛЮБОЗНАТЕЛЬНЫХ

Кератин — это белок, из которого состоят волосы, ногти и частично кожа человека. Это механически прочный белок, в составе которого много аминокислоты цистеина. Эта аминокислота обеспечивает очень прочное и подвижное скрепление структуры белковых молекул по всему волосу, которое разрывается только при очень агрессивном воздействии (например, при осветлении волос). При этом у разных людей разное количество кератина в волосах, а поэтому и волосы различны.

ВОПРОСЫ

1. Из каких слоёв состоит кожа?
2. Какие функции выполняет кожа?
3. Какими тканями образована кожа?
4. В чём состоит особенность строения наружного слоя кожи?
5. Что является структурными компонентами дермы?
6. Где расположены потовые и сальные железы? Какую роль они играют?

ЗАДАНИЯ

7. Назовите структуры кожи, участвующие в терморегуляции.
8. Прижмите к руке кусочек скотча и затем аккуратно его снимите. Опишите, что вы видите сквозь увеличительное стекло на скотче.
9. Расчёты показали, что за один час активной игры в футбол температура тела спортсмена могла бы повыситься на 11,5 °C. На практике этого не происходит. Дайте объяснение факту.
10. Поясните взаимосвязь между количеством пищи и количеством жировых отложений в подкожной жировой клетчатке у человека, ведущего малоподвижный образ жизни.

ОБЪЯСНИТЕ

11. Различается ли толщина эпидермиса в зависимости от расположения на теле?
12. Почему на производстве в горячих цехах и при длительных походах в жаркое время рекомендуется пить слегка подсоленную воду?
13. Как возникает эффект «гусиной» кожи?

ТЕМЫ ДЛЯ ДИСКУССИЙ

14. Что нужно пить в жару: прохладительные напитки или горячий чай?
15. На 1 см² кожи находится в среднем 12–15 рецепторов, воспринимающих холод, и всего два рецептора, реагирующие на тепло. Почему в коже человека больше рецепторов, чувствительных к холоду, чем тепловых?



§ 32. ПРОИЗВОДНЫЕ КОЖИ

ЭТО Я ЗНАЮ

Строение кожи.
Значение кожи.



Какие функции выполняют производные кожи?



КАКИЕ ПРОИЗВОДНЫЕ СТРУКТУРЫ ОБРАЗУЕТ КОЖА?

Кожа человека образует такие производные, как **волосы** и **ногти**, которые состоят главным образом из белка *кератина* (рис. 63). Волосы присутствуют почти на всей поверхности кожи, хотя распределены неравномерно. Они отсутствуют только на ладонях и подошвах. Больше всего волос на голове, где их насчитывается от 100 тыс. до 150 тыс. Волос состоит из относительно мягкой сердцевинки, переходящей в более твёрдую кору. На поверхности коры располагается максимально плотная кутикула. Кутикула образована тонкими чешуйками, концы которых направлены вверх. Они сцепляются с чешуйками стенки волосяной луковицы, которые направлены вниз. Благодаря этому волос фиксируется в коже. Эпителий волосяной луковицы окружён оболочкой из соединительной ткани. К этой оболочке прикрепляется мышца, сложенная из гладкомышечных клеток, благодаря которой волос может подниматься. Сокращение этой мышцы регулирует симпатическая нервная система. По этой причине при стрессе, когда вся симпатическая система активируется, волосы занимают вертикальное положение (встают дыбом).

Рост волос протекает под гормональным контролем. Он особенно интенсивен в период полового созревания. Скорость роста составляет около 1 мм за три дня. Срок службы волоса у женщин составляет около пяти лет, а у мужчин — около двух лет. За день обычно выпадает до 100 волос.

Ногти представляют собой особые участки поверхностного слоя эпидермиса, подвергшиеся видоизменениям. Как и волосы, ногти непрерывно растут. Функция ногтей состоит в защите концевых фаланг пальцев. Ногти обеспечивают опору для мягких тканей, которые помогают пальцам захватывать и удерживать мелкие предметы. Ногти начинают развиваться у плода к концу третьего месяца внутриутробного развития.

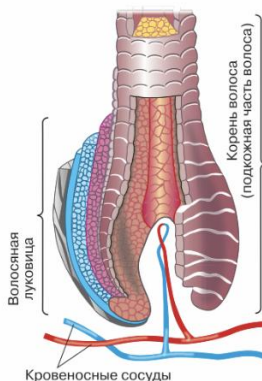


Рис. 63. Схема строения волоса



КАКИМ ОБРАЗОМ ПРОИСХОДИТ КРОВΟΣНАБЖЕНИЕ КОЖИ?

Кровеносные сосуды кожи располагаются в дерме; в эпидермисе они отсутствуют. Для кожных артерий характерно наличие большого числа сосудов-перемы-

чек, которые называются *анастомозами*. По ним кровь может поступать из артерий в вены, минуя капилляры. Капилляры кожи образуют плотные сплетения в сосочках дермы, а также вокруг волосяных луковиц, сальных и потовых желёз. Капиллярная кровь накапливается в дерме.

Кровь, помимо других важных функций, выполняет функцию теплоносителя. Она отдаёт тепло, проходя по тонкостенным капиллярам и венам. В результате этого организм охлаждается. Если в охлаждении нет необходимости, под влиянием симпатической нервной системы кожные артериолы сужаются, а анастомозы расширяются. Кровь при этом поступает в капилляры в меньшем количестве, и тепло экономится.

? КАК ГИПОТАЛАМУС ВЛИЯЕТ НА ТЕРМОРЕГУЛЯТОРНУЮ ФУНКЦИЮ КОЖИ?

Одной из важнейших функций гипоталамуса является поддержание гомеостаза — постоянства основных физико-химических показателей организма. Одним из таких показателей является температура тела. У человека температура в мышечной впадине составляет 36,2—36,7 °С, в ротовой полости она ближе к 37 °С, а в прямой кишке она колеблется в пределах 37—37,5 °С.

В гипоталамусе располагается центр терморегуляции, в состав которого входят нейроны-терморегуляторы, постоянно измеряющие температуру крови. В этот же центр поступают сигналы от терморецепторов кожи. Запуск терморегуляторных реакций гипоталамус реализует через сосудодвигательный центр продолговатого мозга и симпатическую нервную систему.

При повышении температуры крови выше нормы запускаются такие вегетативные реакции, как расширение кожных сосудов, а при понижении возникает дрожь — произвольные мелкие мышечные сокращения, приводящие к выработке дополнительного тепла. У млекопитающих и птиц одной из составляющих реакций на понижение температуры является поднятие шерсти и перьев. У человека этот рефлекс редуцировался до появления мурашек на поверхности кожи.

В ходе ряда инфекционных заболеваний, сопровождающихся развитием воспалительных процессов, иммунная система вырабатывает ряд веществ, влияющих на гипоталамус. Это приводит к повышению температуры тела, что активизирует защитные системы организма. Однако повышение температуры выше 38,5 °С опасно для здоровья и требует приёма жаропонижающих препаратов.

? КАКИЕ РЕЦЕПТОРЫ ОБЕСПЕЧИВАЮТ КОЖНУЮ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ?

Кожная чувствительность представляет собой способность кожи реагировать на болевые, температурные и механические воздействия внешней среды на организм. Восприятие этих воздействий обеспечивают окончания чувствительных нейронов, лежащие главным образом в дерме. Эти окончания могут свободно располагаться между клетками дермы, могут оплетать волосяные луковицы и могут быть окружены капсулами из вспомогательных клеток.

Свободные нервные окончания, как правило, являются рецепторами боли и реагируют на повреждения окружающих клеток.

Нервные окончания, оплетающие волосяные луковицы, реагируют на прикосновение к волоскам. Это позволяет организму получить сигнал о приближающемся объекте ещё до его контакта с кожей.

Капсулы из вспомогательных клеток, содержащие чувствительные нервные окончания, различаются по форме, толщине и глубине залегания. *Диски Мерке-*



ля, тельца Пачини и тельца Мейснера реагируют на прикосновение, давление, вибрацию и смещение кожи. Температурной чувствительностью обладают некоторые свободные нервные окончания.

Для большинства кожных рецепторов характерно привыкание к длительно действующему раздражению. Чем больше время длится раздражение, тем слабее сигнал от рецептора и тем слабее наше субъективное ощущение раздражения. Описанное свойство называется *адаптацией рецепторов*. Не адаптируются болевые рецепторы, быстро адаптируются рецепторы прикосновения и давления. Так, например, человек практически не ощущает одежду, которая постоянно прикасается к его телу.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Волосы. Ногти. Терморегуляция.

ВЫВОДЫ

- Ногти и волосы являются роговыми производными кожи человека, выполняющими защитную функцию.
- Кожа — орган терморегуляции. Кровеносные сосуды, потовые железы участвуют в процессах теплоотдачи. Центр терморегуляции располагается в гипоталамусе.
- Кожа обладает чувствительностью, реагируя на болевые, температурные и механические воздействия.

ДЛЯ ЛЮБОЗНАТЕЛЬНЫХ

Частичная адаптация к изменению температуры легко обнаруживается, если правую руку опустить в воду с температурой 15 °С, а левую — в воду с температурой 45 °С. Последующее опускание обеих рук в воду с температурой 30 °С вызовет в правой руке ощущение тепла, а в левой — холода.

ВОПРОСЫ

1. Какое строение имеет волос?
2. Каково функциональное значение волос и ногтей?
3. Где в коже находится наибольшее количество кровеносных сосудов? Какова их роль?
4. В чём особенность кровоснабжения кожи?
5. Какие структуры нервной системы участвуют в терморегуляции?
6. В чём проявляется чувствительная функция кожи?

ЗАДАНИЯ

7. Назовите структуры, которые относят к производным кожи. Опишите их строение.
8. Объясните физиологический механизм теплоотдачи.
9. Проследите эволюцию кожных покровов позвоночных животных.
10. В умеренном климате человек носит лёгкую одежду. Однако жители Средней Азии в жару ходят в тёплых ватных халатах. Дайте объяснение этой традиции.

**ОБЪЯСНИТЕ**

11. Почему человеку приходится подрезать ногти и волосы?
12. Почему в сауне при температуре около 90 °С у человека сохраняется нормальная температура тела?
13. Почему мы не ощущаем кольцо на пальце, которое носим постоянно, но отчётливо чувствуем, если на этот палец села муха?

ТЕМЫ ДЛЯ ДИСКУССИЙ

14. С чем связана самая интенсивная пигментация кожи представителей негроидной расы?
15. Какие гигиенические правила необходимо соблюдать, ухаживая за волосами и ногтями?

§ 33.**ГИГИЕНА КОЖИ И ПРОФИЛАКТИКА КОЖНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ****ЭТО Я ЗНАЮ**

Механизм теплоотдачи и теплообразования в коже.
Производные кожи.



Какие факторы окружающей среды приводят к нарушению кожных покровов и вызывают кожные заболевания?

**КАКИЕ ЗАБОЛЕВАНИЯ КОЖИ НАИБОЛЕЕ РАСПРОСТРАНЕНЫ?**

Наиболее распространёнными заболеваниями кожи являются гнойные воспаления кожи и подкожной жировой клетчатки. Они составляют 30—40% всех кожных заболеваний. Чаще всего эти заболевания вызываются стафилококками и стрептококками. Эти болезнетворные микроорганизмы часто обнаруживаются в воздухе, пыли помещений, а также на одежде и коже человека.

Неповреждённая чистая кожа служит надёжным барьером для проникновения болезнетворных бактерий внутрь. При потёртостях, ссадинах, трещинах эпидермиса кожи, её загрязнении, нарушении состава и количества сального секрета или при неправильном уходе защитная функция кожи нарушается. Определённое значение имеют переохлаждение и перегревание кожного покрова.

**ПОЧЕМУ НУЖНО УХАЖИВАТЬ ЗА КОЖЕЙ?**

На каждом квадратном сантиметре грязной кожи человека можно обнаружить 30—50 тыс. микроорганизмов. При испарении пота на поверхности кожи остаются выводимые с потом продукты обмена веществ организма. Отторгающиеся клетки рогового слоя откладываются на поверхности вместе с жировой смазкой, выделяемой сальными железами. Попадающие на кожу пыль и грязь способствуют загрязнению и создают благоприятные условия для размножения болезнетворных микроорганизмов. Всё это может привести к воспалительному процессу на коже.

Гигиена кожи предотвращает её заболевания и преждевременное снижение эластичности, образование морщин и складок, ухудшение цвета. С поверхности кожи необходимо регулярно удалять выделения сальных и потовых желёз.



ЗДОРОВЫЙ ОБРАЗ ЖИЗНИ

Умываться следует водой комнатной температуры. Горячая вода снижает эластичность кожи, делает её дряблой. Холодная вода стимулирует выделения сальных желёз и нарушает нормальный отток подкожного жира. Всё это способствует закупорке выводных протоков сальных желёз и образованию угрей, особенно в подростковом возрасте.

В обычных условиях с гигиенической целью достаточно мыть тело два-три раза в неделю тёплой водой с гелем для душа или туалетным мылом, мочалкой или губкой. Два раза в неделю можно принимать прохладный душ. Особо тщательного ухода требует кожа лица. Для предупреждения шелушения, зуда, появления морщин нельзя злоупотреблять водой и мылом. Для умывания следует использовать минеральную или мицеллярную воду.

? КАК ОКАЗЫВАТЬ ПЕРВУЮ ПОМОЩЬ ПРИ ТЕРМИЧЕСКИХ ОЖОГАХ?



Рис. 64. Первая помощь при ожоге I степени

При ожогах в первую очередь страдает кожа. Прежде всего нужно прекратить воздействие термического агента. Необходимо снять или облить холодной водой пропитанную горячей жидкостью одежду. При ожогах I степени поражённый участок кожи краснеет и припухает. Необходимо длительное охлаждение пострадавшего участка холодной водой (рис. 64).

При ожогах II степени на покрасневшей и припухшей поверхности образуются пузыри, заполненные жидкостью. Обожжённый участок кожи также необходимо подержать под струёй холодной воды. Пузыри вскрывать нельзя, так как целостность кожи нарушится и в организм могут проникнуть болезнетворные микроорганизмы. Накладывают нетугую стерильную повязку, но нельзя накладывать мазовые повязки, чтобы не перекрывать доступ воздуха.

При ожогах *III степени* обожжённые участки кожи мертвеют. При этом на поражённую поверхность накладывают сухую стерильную повязку. При обширных ожогах пострадавшего укутывают стерильной простыней, чистой тканью. Пострадавшего необходимо срочно доставить в медицинское учреждение.

При ожоге щёлочью повреждённый участок в течение нескольких минут промывают под струей проточной воды, затем обильно орошают 1%-м раствором уксусной кислоты. При ожогах кислотами после промывания водой поражённые места орошают 2%-м раствором пищевой соды. Затем на обожжённую поверхность накладывают влажную повязку с тем же раствором. Ожог, вызванный негашёной известью, сразу смывать водой нельзя. Это связано с тем, что выделяется тепло и усиливается термическая травма.

КАК ОКАЗЫВАТЬ ПЕРВУЮ ПОМОЩЬ ПРИ ОБМОРОЖЕНИЯХ?

Обморожение может возникнуть при низкой температуре воздуха в условиях сильной влажности или сильном ветре. Опасность обморожений увеличивается при продолжительном пребывании на холоде в промокшей или тесной одежде и обуви. Обычно обморожению подвергаются пальцы ног, рук, кончики ушей и носа, щёки.

При обморожении кожа бледнеет из-за сужения кровеносных сосудов. Появляется ощущение покалывания, а затем исчезает чувствительность этих участков. При первых признаках обморожения пострадавшему необходимо перейти в тёплое помещение, снять промёрзшую обувь, носки, перчатки. Если это невозможно, то следует найти место, укрытое от ветра. Первая помощь состоит в прекращении охлаждения, согревании конечности с помощью теплоизолирующей повязки и предупреждении развития инфекции.

При обморожении I степени бледнеют участки кожных покровов и утрачивается чувствительность.

При обморожении II степени на коже образуются пузыри, наполненные мутной кровянистой жидкостью. Наложите на поражённую поверхность теплоизолирующую повязку (слой марли, толстый слой ваты, вновь слой марли). Пострадавшего необходимо срочно доставить в медицинское учреждение.

При обморожении III степени происходит омертвление кожи. Пострадавшего необходимо срочно доставить в медицинское учреждение.

КАК ОКАЗЫВАТЬ ПЕРВУЮ ПОМОЩЬ ПРИ ТЕПЛОМ И СОЛНЕЧНОМ УДАРАХ?

К **тепловому удару** может привести перегревание организма. **Солнечный удар** может произойти при чрезмерном воздействии на головной мозг инфракрасной части спектра солнечного излучения. Симптомами солнечного удара являются головная боль, резкое покраснение кожи, головокружение.

Пострадавшего от перегревания человека необходимо срочно вывести в прохладное, затемнённое и хорошо вентилируемое место. На лицо, голову, шею следует наложить холодный компресс, дать выпить холодной воды.

Для предупреждения теплового и солнечного ударов рекомендуется в жаркую погоду носить лёгкую хлопчатобумажную одежду, хорошо пропускающую воздух и впитывающую влагу, светлый головной убор. В жаркое время важно хорошо проветривать жилые помещения, сократить потребление белковой пищи, увеличить приём овощей и фруктов, пить минеральную воду.



? КАКОВЫ ОСОБЕННОСТИ ПАРАЗИТАРНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ КОЖИ?

Паразитарные заболевания кожи являются заразными. Их чаще всего вызывают клещи, вши. Возникновению и распространению этих заболеваний способствуют различные социальные, бытовые и метеорологические факторы. Среди паразитарных заболеваний кожи наиболее распространены чесотка и педикулёз.

Чесотка вызывается чесоточным клещом. Рост заболеваемости чесоткой отмечается при большой скученности людей, ухудшении бытовых условий. Заражение чесоткой обычно происходит семейно-бытовым путём посредством прямого контакта здорового человека с больным или через постельные принадлежности, одежду, предметы обихода.

На седьмые—десятые сутки после заражения в межпальцевых складках, на боковых поверхностях пальцев, сгибательных поверхностях верхних конечностей, переднебоковых частях туловища появляются высыпания в виде мелких узелков, пузырьков и слегка возвышающихся прямых или изогнутых полосок длиной до 1 см. Их образуют оплодотворённые самки клещей, внедрившиеся в эпидермис, где они откладывают яйца.

Размножение клеща происходит очень быстро. Больных беспокоит сильный зуд, особенно ночью и в тепле; нередко присоединяется гнойное поражение кожи.



ЗДОРОВЫЙ ОБРАЗ ЖИЗНИ

В профилактике чесотки важны её ранняя диагностика, выявление и одновременное лечение всех находившихся в контакте с больным лиц; своевременная тщательная дезинфекция одежды, нательного и постельного белья, мебели и других предметов обстановки.

? КАКИЕ ЗАБОЛЕВАНИЯ КОЖИ ВЫЗЫВАЮТ ПАТОГЕННЫЕ ГРИБЫ?

Патогенные грибы вызывают **инфекционные болезни кожи**, которые называют **микозами** (от греч. *микос* — гриб и *озис* — болезнь).

В России у 15—30 млн человек ежегодно регистрируются грибковые поражения ногтей. Под ногтями даже самых чистоплотных людей накапливается много микроорганизмов, в том числе болезнетворных. Поэтому необходимо аккуратно подрезать ногти на руках и ногах.

Одним из распространённых грибковых заболеваний кожи является *стригущий лишай*. Люди часто заражаются им от бродячих кошек и собак. В месте заражения волосы разрушаются, отламываются у корня и образуются как будто выстриженные участки. Источником грибкового заболевания могут быть вещи, которые были в употреблении больного.



ЗДОРОВЫЙ ОБРАЗ ЖИЗНИ

Избежать грибковых заболеваний можно, соблюдая правила гигиены: не трогать незнакомых кошек и собак; не пользоваться чужими предметами личной гигиены, расчёсками и шапочками; надевать специальную личную обувь при посещении бассейна.

? КАКОВЫ ОСОБЕННОСТИ ЗАБОЛЕВАНИЯ ГЕРПЕСОМ?

Вирус простого герпеса поражает преимущественно кожу лица, красную кайму губ, слизистую оболочку полости рта, конъюнктивы глаз. Эта форма герпеса вызывает заболевания, которым часто подвержено население нашей страны и около 20% всего человечества.



ЗДОРОВЫЙ ОБРАЗ ЖИЗНИ

Если у вас появился герпес, то ускорить лечение и не допустить заражения близких можно, соблюдая простые правила: не трогайте и не маскируйте пузырьковые высыпания косметикой; не перевязывайте пузырьковые высыпания, а промывайте их мыльным раствором; хорошо просушивайте заражённую область, пользуясь индивидуальной одноразовой салфеткой; не касайтесь пальцами глаз; избегайте длительного пребывания на ветру и открытом солнце; по назначению врача применяйте противовирусные кремы, которые дезинфицируют и лечат поражения кожи.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Гигиена кожи. Ожог. Обморожение. Тепловой и солнечный удары. Паразитарные и инфекционные заболевания кожи.

ВЫВОДЫ

- Причиной кожных заболеваний могут быть паразитические организмы: бактерии, вирусы, микроскопические грибки, чесоточный клещ.
- Тепловой, солнечный удары, ожоги, обморожения возникают вследствие нарушения терморегуляции в результате резкого и продолжительного повышения или понижения температуры окружающей среды.
- Для профилактики повреждений кожи и кожных заболеваний необходимо содержать кожу в чистоте, соблюдая правила личной и общественной гигиены.

ВОПРОСЫ

1. Как следует ухаживать за кожей лица, рук, ног?
2. Какие основные гигиенические требования предъявляются к одежде и обуви?
3. Каковы могут быть причины воспалительного процесса на коже?
4. Как предупредить грибковые заболевания кожи?
5. Какие действия вы предпримете при оказании помощи пострадавшему от ожога?
6. Каковы причины паразитарных и инфекционных заболеваний кожи?

ЗАДАНИЯ

7. Назовите неотложные меры, которые следует принять для оказания помощи человеку, пострадавшему от обморожения.
8. Назовите причины возникновения теплового и солнечного ударов. Перечислите их основные симптомы. С нарушением работы какого отдела головного мозга человека связаны эти симптомы?
9. Предложите меры по предупреждению чесотки.
10. Кожа — зеркало нашего организма. Поясните, может ли состояние кожи свидетельствовать о проблемах со здоровьем.



ОБЪЯСНИТЕ

11. Почему важно соблюдать чистоту кожи?
12. Можно ли при ожогах и обморожениях кожи вскрывать образовавшиеся пузыри?
13. Почему в тесной обуви зимой ноги мёрзнут, а в жаркую погоду сильно нагреваются и потеют?

ТЕМЫ ДЛЯ ДИСКУССИЙ

14. К закаливающим процедурам относят солнечные и воздушные ванны, водные процедуры. В чём смысл закаливающих мероприятий и какова их роль?
15. Как меняется кожа с возрастом?

КЕЙС

Глава 7. Кожа и её производные

1 ЗАДАНИЕ

СПРАВОЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

В ходе эксперимента шло сравнение двух участков кожи: неповреждённой и со шрамом. Выяснилось, что шрам не загорает и отличается по жёсткости от здоровой кожи.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Какая ткань участвует в образовании шрама?
2. Объясните, почему шрам отличается от неповреждённой кожи по цвету и жёсткости.

2 ЗАДАНИЕ

СПРАВОЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Возьмите бумажную салфетку и крепко прижмите её к лицу. Затем рассмотрите салфетку и определите наличие жирных пятен.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. О чём говорит наличие жирных пятен на салфетке?
2. Установите, какие участки лица покрыты жирной кожей, а какие — сухой.
3. Предложите рекомендации по уходу за кожей лица в зависимости от типа кожи.
4. Обсудите особенности ухода за кожей в подростковом возрасте.

3 ЗАДАНИЕ

СПРАВОЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

На приём к врачу-дерматологу обратились мама и сын с жалобами на сильный зуд и наличие высыпаний в виде мелких узелков, пузырьков и полосок на коже туловища и конечностей. Заболевание возникло после контакта со щенком овчарки, которого взяли в квартиру три недели назад.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. О каком диагнозе можно думать в данном случае?
2. Какие методы исследования необходимо провести для подтверждения диагноза?
3. Обсудите профилактические мероприятия по предупреждению данного заболевания.

Глава 8

АДАПТАЦИИ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА



ВЫ УЗНАЕТЕ

- об адаптациях организма человека к меняющимся условиям окружающей среды;
- о формировании социальной и физиологической адаптаций человека;
- о механизмах адаптации человека к недостатку кислорода, к низким и высоким температурам.

ВЫ НАУЧИТЕСЬ

- аргументировать зависимость здоровья человека от состояния окружающей среды;
- обосновывать механизмы адаптации и акклиматизации человека к новым факторам среды.



§ 34.

ПРИСПОСОБЛЕНИЕ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА
К МЕНЯЮЩИМСЯ УСЛОВИЯМ СРЕДЫ

ЭТО Я ЗНАЮ

Особенности наземно-воздушной среды.
Абиотические факторы среды.
Что такое адаптации.



Почему адаптации человека к меняющимся условиям среды являются важнейшим условием его существования?



КАКОВО ЗНАЧЕНИЕ АДАПТАЦИИ ДЛЯ ОРГАНИЗМА?

Приспособление живого организма к постоянно меняющимся условиям существования называют **адаптацией** (от лат. *adaptatio* — приспособление). Без адаптации невозможно было бы поддержание нормальной жизнедеятельности организма в постоянно меняющихся погодных условиях, в различном климате и при изменении других факторов внешней среды.

Физиологическая адаптация — устойчивый уровень активности физиологических систем, органов и тканей, а также механизмов управления, которые обеспечивают возможность длительной активной жизнедеятельности организма человека в изменённых условиях существования.

Адаптация имеет большое практическое значение. С расширением мест пребывания появляются новые для человека условия и воздействия. Люди, проникающие в недра земли или совершающие глубоководные погружения, подвергаются воздействию непривычно высокого давления.

Новые комплексы воздействий на человека связаны с космическими полётами. К их числу относится невесомость, которая является состоянием, абсолютно неадекватным для человека. Невесомость сочетается с гиподинамией, изменением суточного режима жизни.

Работа в горячих цехах или холодном климате создаёт факторы, требующие расширенного диапазона адаптаций к воздействию крайних температур. При выполнении служебных обязанностей человек вынужден приспосабливаться к шуму, изменению освещённости. Дополнительной нагрузкой для организма является загрязнение окружающей среды, включение в пищу большого числа синтетических продуктов, алкогольных напитков, курение табака, злоупотребление медикаментами. Поэтому для организма человека адаптация имеет большое жизненное значение.

Адаптационные процессы могут происходить на уровне клетки, органа, системы органов и организма в целом. Адаптация позволяет не только перенести значительные изменения в окружающей среде, но и активно перестраивать свои физиологические функции, поведение в соответствии с этими изменениями. Устойчивость, или сопротивляемость, организма к воздействию внешних факторов называют **резистентностью**.

Чрезмерные или длительные воздействия неблагоприятных для организма факторов могут привести к нарушению нормального течения физиологических функций и развитию заболеваний. В процессах адаптации организма человека большое участие принимают центральная нервная система и гипоталамо-гипофизарная система.



? НА КАКИЕ ГРУППЫ ДЕЛЯТ ФАКТОРЫ, ВОЗДЕЙСТВУЮЩИЕ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА?

На организм человека воздействует комплекс **абиотических, биотических и социальных факторов**. К абиотическим факторам относят температуру воздуха и воды, влажность воздуха, атмосферное давление, электромагнитные излучения, радиационный фон, состав атмосферного воздуха, воды, почвы и содержание в них различных примесей. Среди абиотических факторов особое место занимают смена света и темноты, времени года, солнечной активности. Они отражаются в биоритмах жизнедеятельности человека.

Давно известна связь повышенной заболеваемости и смертности населения с плохими жилищными условиями, в которых развиваются симптомы нарушений нервной системы. Они выражаются в головной боли, плохом общем самочувствии, понижении аппетита и нарушении сна. Общепризнано вредное влияние на здоровье тёмных жилищ с недостаточным естественным освещением.

К биотическим факторам относят совокупность живых организмов, оказывающих своей жизнедеятельностью влияние на человека и другие организмы.

Обычно на человека действует комплекс природных факторов. Например, сезонные факторы включают изменение освещённости, температуры, влажности. Люди по-разному реагируют на изменение окружающих факторов. Большую часть своей жизни человек проводит в различных помещениях, где находит защиту от непогоды и создаёт необходимые условия для работы и отдыха.



Рис. 65. Критерии адаптации

Человек адаптируется к социальным факторам среды, представляющим собой условия его жизни и деятельности в обществе. В настоящее время физический труд активно заменяется работой машин. Это уменьшает физическую нагрузку



и увеличивает нервно-психическое напряжение, которое связано с возросшими скоростями производственных процессов, повышенными требованиями к вниманию и сосредоточенности человека. Адаптацию человека к новым природным и производственным условиям можно рассматривать как совокупность социально-биологических особенностей, необходимых для устойчивого существования организма в конкретной экологической среде.

Действие факторов, вызывающих развитие адаптационных механизмов, всегда является комплексным (рис. 65). Факторы, воздействие которых на организм приводит к адаптации, называют **экстремальными факторами**. Экстремальными могут быть не только отдельные воздействия на организм, но и изменённые существования в целом. Например, перемещение человека с юга на Крайний Север. С новыми комплексами воздействий связаны полёты в космос.

КАК ФОРМИРУЕТСЯ ИНДИВИДУАЛЬНАЯ АДАПТАЦИЯ?

В течение всей жизни у человека формируется **индивидуальная**, или фенотипическая, **адаптация**. В процессе этой адаптации человек приобретает необходимые навыки, у него формируется соизмеримое с окружающей средой поведение. Процесс адаптации состоит из нескольких фаз.

Начальная фаза развивается в начале воздействия на организм нового фактора. Первое соприкосновение организма с изменёнными условиями или отдельными факторами вызывает ориентировочную реакцию. Нервное и гуморальное регулирование функций недостаточно синхронизировано. На этой фазе организм стремится адаптироваться к новому фактору или к новым условиям преимущественно за счёт органических и системных механизмов. Начальная фаза адаптации в основном протекает на фоне повышенной эмоциональности.

Вторая фаза является переходом к устойчивой адаптации. В это время уменьшается возбудимость центральной нервной системы, формируются функциональные системы, обеспечивающие приспособление к новым условиям. Гормональный фон изменяется за счёт включения гипофизарно-адреналиновой системы, усиливает действие гормоны коры надпочечников. Во время этой фазы приспособительные реакции организма постепенно переключаются на тканевый уровень. Переходная фаза устойчивой адаптации развивается только тогда, когда фактор действует интенсивно и на протяжении длительного времени.

Основу третьей фазы составляет устойчивая адаптация. В это время мобилизуется иммунная система, увеличиваются энергетические ресурсы организма, повышается синтез структурных и ферментативных белков. В это время у большинства людей происходит стабилизация соматических и вегетативных функций. Однако эта фаза требует напряжённого управления, что обуславливает невозможность её бесконечного протекания.

Заключительной является фаза истощения, которая необязательна. Для этой фазы характерна недостаточность защитно-приспособительных реакций. Фаза истощения возникает тогда, когда организм не в состоянии полностью компенсировать нарушения, возникшие при длительном воздействии новых условий (рис. 66). Например, фаза истощения может возникнуть при длительном проживании на Крайнем Севере и являться следствием перенапряжения организма.



Рис. 66. Изменения резистентности организма при стрессе

? В ЧЁМ ОСОБЕННОСТИ СОЦИАЛЬНОЙ АДАПТАЦИИ?

Для человеческого общества характерна **социальная адаптация**, под которой понимают процесс активного приспособления личности к условиям социальной среды. Основным содержанием этой формы адаптации является взаимодействие личности или социальной группы в социальной среде. Оно включает усвоение норм и ценностей среды в соответствии с условиями и целями деятельности.

Социальная адаптация отражает возможности человека адекватно воспринимать окружающую действительность, организовывать обучение и труд, осуществлять самообслуживание и взаимообслуживание в семье и коллективе, изменять поведение в соответствии с ролевыми ожиданиями других. Поэтому социальная адаптация является процессом становления личности, обучения индивида и усвоения им ценностей, норм, установок, образцов поведения, присущих данному обществу.

Адаптация человека является сложным социально-биологическим процессом, основанным на изменении систем и функций организма, а также привычного поведения. В процессе адаптации человек не только сам приспосабливается к новым условиям, но и приспосабливает окружающую обстановку к своим нуждам и потребностям, создаёт систему жизнеобеспечения.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Адаптации. Экстремальный фактор. Экологические факторы. Физиологическая адаптация. Индивидуальная адаптация. Социальная адаптация.

ВЫВОДЫ

- На организм человека воздействует комплекс экологических факторов: абиотических, биотических и социальных.
- В течение всей жизни у человека формируется индивидуальная, или фенотипическая, адаптация.
- Адаптация человека — сложный социально-биологический процесс, основанный на изменении систем и функций организма, привычного поведения.

ВОПРОСЫ

1. Что такое адаптация?
2. В чём заключаются особенности адаптации человека?
3. Каково значение адаптации в жизнедеятельности организма человека?
4. Какие экологические факторы благоприятно действуют на психическое здоровье человека?
5. В чём заключается опасность электромагнитных излучений для организма человека?
6. Чем характеризуется устойчивая адаптация человека к окружающей среде?

ЗАДАНИЯ

7. Перечислите симптомы негативного влияния на здоровье людей повышенного атмосферного давления.
8. Выделите этапы формирования индивидуальной адаптации.
9. Предложите рекомендации для быстрой адаптации при резкой смене часовых поясов во время путешествий.



- 10.** В течение месяца наблюдайте за влиянием погодных условий (температуры и влажности воздуха, атмосферного давления, наличия магнитных бурь) на ваше физиологическое и психологическое состояние, изменение артериального давления, уровень работоспособности, нарушение сна, раздражительность. По результатам наблюдения подготовьте сообщение для одноклассников.

ОБЪЯСНИТЕ

- 11.** Почему смена часовых поясов влияет на здоровье человека?
12. Почему резкие колебания атмосферного давления существенно влияют не только на физиологическое, но и на эмоциональное состояние человека?
13. Почему наиболее чувствительны к резким перепадам атмосферного давления люди с заболеваниями нервной и сердечно-сосудистой систем?

ТЕМЫ ДЛЯ ДИСКУССИЙ

- 14.** Что снижает приспособительные способности организма к воздействиям внешней среды?
15. Каковы могут быть причины нарушения социальной адаптации?

§ 35.

АДАПТАЦИИ ЧЕЛОВЕКА К УСЛОВИЯМ НИЗКИХ И ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР

ЭТО Я ЗНАЮ

Как осуществляется терморегуляция организма человека.
 Физиологическая адаптация.
 Индивидуальная адаптация.



Почему человеку сложно адаптироваться к изменению температурных условий?



КАК ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА ПРИСПОСАБЛИВАЕТСЯ К ДЕЙВИЮ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР?

Условия, при которых организм человека должен адаптироваться к холоду, могут быть различными. Например, это может быть работа в холодных помещениях. При этом холод действует не круглосуточно, а чередуется с нормальным температурным режимом.

В этом случае первые дни в ответ на низкую температуру теплопродукция увеличивается неэкономично, избыточно, а теплоотдача ещё недостаточно ограничена. После установления фазы стойкой адаптации процессы теплопродукции интенсифицируются, а процессы теплоотдачи снижаются (рис. 67). В результате устанавливается баланс для поддержания стабильной температуры тела.



КАК ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА ПРИСПОСАБЛИВАЕТСЯ К УСЛОВИЯМ СЕВЕРА?

В условиях Севера человек подвергается действию не только низкой температуры, но и изменённого режима освещённости и уровня радиации. Адаптация к усло-



виям Севера характеризуется несбалансированным сочетанием теплопродукции и теплоотдачи.

При снижении температуры окружающей среды перестраивается деятельность сердечно-сосудистой системы. При этом увеличивается частота сердечных сокращений, наблюдается сужение периферических сосудов.

Вследствие этого снижается температура кожи. Резкое сужение сосудов создаёт риск обморожения. Всё это приводит к уменьшению теплоотдачи.

По мере адаптации к холоду изменения кожного кровообращения становятся менее выраженными. Поэтому у акклиматизированных людей температура кожи на 2—3 °С выше, чем у неакклиматизированных.

Становление адаптации к условиям Севера сопряжено с таким симптомом, как холодовая одышка — частое поверхностное дыхание. Уменьшение теплоотдачи при холодовом воздействии достигается путём снижения влагопотерь с дыханием. Изменение жизненной ёмкости лёгких, диффузной способности лёгких сопровождается повышением количества эритроцитов и гемоглобина в крови. Это приводит к увеличению кислородной ёмкости крови.

Начальный этап адаптации человека к условиям Арктики и Антарктики длится до полугода. Он характеризуется дестабилизацией физиологических функций. Вторая фаза занимает два-три года. В это время происходит некоторая нормализация функций. В третьей фазе, которая наступает в течение 10—15 лет, состояние организма стабилизируется. Однако для поддержания нового уровня жизнедеятельности необходимо постоянное напряжение регуляторных механизмов, что может привести к истощению резервных возможностей организма.

? КАК НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА ВОЗДЕЙСТВУЕТ ХОЛОДНАЯ ВОДА?

При нахождении в холодной воде охлаждение организма человека происходит быстрее, чем на воздухе. В воде температура которой +12 °С, тепла теряется в 15 раз больше, чем на воздухе при такой же температуре. Время безопасного нахождения в такой воде составляет всего несколько минут. Только при температуре воды +33—35 °С время пребывания в ней не ограничено.

Организм погружённого в холодную воду человека испытывает значительные перегрузки в связи с необходимостью поддерживать постоянную температуру и отсутствием вспомогательных механизмов, обеспечивающих термоизоляцию человека в воздушной среде: теплоизоляция одежды резко снижается за счёт её намокания. Исчезает тонкий слой нагретого воздуха у кожи.

В холодной воде у человека есть только два механизма для поддержания постоянной температуры тела. Это увеличение производства тепла посредством повышения мышечной активности, проявлением которой является дрожь. При температуре воды +25 °С дрожь наступает, когда температура кожи снижается до +28 °С. В очень холодной воде, температура которой ниже +10 °С, дрожь начинается резко, очень интенсивна и сочетается с учащённым поверхностным дыханием, ощущением сжатия грудной клетки.

Вторым механизмом поддержания постоянной температуры тела в холодной воде является ограничение поступления тепла от внутренних органов к коже.

? КАК ОРГАНИЗМ АДАПТИРУЕТСЯ К ДЕЙСТВИЮ ВЫСОКОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ?

Высокая температура может действовать на организм человека на производстве, при пожаре, в аварийных условиях, в бане. Механизмы адаптации направлены на увеличение теплоотдачи и снижение теплопродукции.



Рис. 67. Схема адаптации организма человека к охлаждению

При повышении внешней температуры до $+30$ — 31 °С происходит расширение артерий кожи и усиление в ней кровотока, увеличивается температура поверхностных тканей. При внешней температуре $+32$ — 33 °С и выше ведущее значение приобретает теплоотдача путём потоотделения и испарения влаги с поверхности тела и дыхательных путей. С 1 мл пота теряется примерно 0,6 ккал тепла.

? КАК ОРГАНИЗМ АДАПТИРУЕТСЯ К УСЛОВИЯМ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР И НИЗКОЙ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА?

В жарких пустынях сочетается действие тепла на организм высокой температуры, повышенного ультрафиолетового и теплового излучения, сухости воздуха, к которым добавляется ветер с пылью. Комплекс этих факторов оказывает тяжёлое действие на неакклиматизированных людей.

В этих условиях поступление тепла в организм человека под воздействием горячего воздуха и излучения тепла нагретыми поверхностями может превысить теплообразование в организме более чем в 3,5 раза. Поэтому населяющие жаркие пустыни народы используют одежду из плотной ткани, предохраняющую тело от нагревания.

Испарение является основным механизмом, поддерживающим тепловой баланс человека в пустыне. Оно осуществляется путём прямой транспирации кожи, отдачи воды с дыханием и потоотделением. Это ведёт к обезвоживанию тканей и обессоливанию. В результате нарушается водно-солевой обмен, что создаёт угрозу для организма. Ухудшается деятельность сердца и кровообращение. Ослабевают защитные силы организма. Угнетаются функции центральной и периферической нервной системы.

Критической температурой для организма считают $+38,4—38,9$ °С. Первой ступенью внешнего нагревания тела человека является резкое повышение температуры кожи. Раздражение температурных рецепторов кожи и повышение температуры циркулирующей крови приводят к активации центральных терморегулирующих структур, находящихся в гипоталамусе. Они регулируют общее теплосодержание несколькими путями, преимущественно через регуляцию симпатических влияний на потовые железы, периферические артериолы и мозговое вещество надпочечников. Влияние оказывается и на переднюю долю гипофиза, через которую регулируется деятельность эндокринных желез. Воздействие тепла вызывает расширение сосудов кожи и подкожной клетчатки.

В условиях пустыни, когда потоотделение от воздействия жары увеличивается до 10 л в сутки, организм теряет с потом 20—40 г солей. В результате в тканях может возникнуть дефицит натрия и калия. Это приведёт к нарушению функций многих органов и систем. Повышение температуры тела ведёт к угнетению функций органов пищеварения, ухудшению аппетита. Большую роль в приспособлении человека к высоким температурам играют щитовидная железа и надпочечники, которые регулируют интенсивность метаболизма.

КАК ОРГАНИЗМ АДАПТИРУЕТСЯ К УСЛОВИЯМ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР И ВЫСОКОЙ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА?

Высокая температура в сочетании с большой влажностью воздуха в тропиках создают неблагоприятные условия для теплообмена в организме человека. Интенсивное потоотделение при тепловой нагрузке приводит к обеднению организма жидкостью. Это отрицательно сказывается на функциональном состоянии сердечно-сосудистой системы, влияет на сократительную способность мышц и развитие мышечного утомления.

У неадаптированного человека во влажных тропиках отмечается снижение артериального давления, увеличение частоты сердечных сокращений. Связанное с повышением температуры тела учащение пульса приводит к значительному увеличению минутного объёма крови.

Существенно изменяется деятельность желудочно-кишечного тракта. У людей, впервые прибывших во влажные тропики из европейских стран, ухудшается аппетит, пропадает желание принимать пищу животного происхождения. Во многом это связано с уменьшением потребности организма в высококалорийных продуктах из-за снижения уровня обмена веществ.

Для влажных тропиков характерно мощное воздействие на организм человека гельминтов, протозойных и вирусных инфекций, постоянные укусы кровососущих насекомых. Во влажных тропиках распространены дефициты белков и железа в пище, низкое содержание солей и некоторых микроэлементов в грунтовых водах.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Адаптации к низким и высоким температурам. Механизмы адаптации к холодной воде. Адаптация к высокой влажности.

ВЫВОДЫ

- Адаптация организма к условиям холода приводит к увеличению теплопродукции и уменьшению теплоотдачи.
- Повышенное потоотделение и расширение кровеносных сосудов кожи являются физиологической адаптацией к высокой температуре. В условиях пустыни испарение является основным механизмом, поддерживающим тепловой баланс человека.



- Неблагоприятные условия для теплообмена в организме человека создают высокая температура в сочетании с большой влажностью воздуха.

ДЛЯ ЛЮБОЗНАТЕЛЬНЫХ

У коренного населения тропиков обмен веществ ниже на 20%, и поэтому там часто употребляют низкокалорийную пищу. Хорошая теплоотдача и текучесть крови способствуют выносливости к физическим нагрузкам. Эти адаптации повлекли значительные функциональные изменения систем терморегуляции, кровообращения, крови, обмена веществ, иммунитета коренных жителей тропиков. Характерными чертами экваториального адаптивного типа является относительное увеличение поверхности испарения наряду с высоким содержанием иммунных и строительных белков в сыворотке крови как определённая адаптация к влажной жаре.

ВОПРОСЫ

1. Как изменяется обмен веществ при длительном воздействии холода у неадаптированного к нему человека?
2. С помощью каких органов и как регулируется теплообмен в организме?
3. Как поддерживается постоянная температура тела в холодной воде?
4. Как влажный тёплый климат влияет на работу органов дыхания неадаптированного человека?
5. Что происходит с организмом в условиях пустыни?
6. Какова роль гормона адреналина в возникновении приспособительных реакций к температурным изменениям?

ЗАДАНИЯ

7. Поясните, каким образом температурные колебания влияют на работу сердечно-сосудистой системы человека.
8. Используя рисунок 67, расскажите о работе центра терморегуляции в условиях охлаждения.
9. Как меняется поведение человека при адаптации к действию высокой температуры?
10. Перечислите гигиенические требования к одежде в условиях холода.

ОБЪЯСНИТЕ

11. Почему в пустыне может произойти обезвоживание организма человека?
12. Почему при сильном ветре и повышенной влажности воздуха холодные дни кажутся холоднее, чем в действительности?
13. Как следует питаться человеку в условиях адаптации к холоду?

ТЕМЫ ДЛЯ ДИСКУССИЙ

14. Как тренировать физиологическую адаптацию человека?
15. «Жизнь — постоянное приспособление к условиям существования», — утверждал И. М. Сеченов. Выскажите своё мнение.

§ 36.

АДАПТАЦИИ ЧЕЛОВЕКА К НЕДОСТАТКУ КИСЛОРОДА, УСЛОВИЯМ ВЫСОКОГОРЬЯ, МОРСКОМУ КЛИМАТУ И НЕВЕСОМОСТИ**ЭТО Я ЗНАЮ**

Физиологическая адаптация.

Адаптации человека к температуре, влажности воздуха.



Как организм человека приспосабливается к высокогорью, невесомости?

**КАКИЕ РЕАКЦИИ ПРОИСХОДЯТ ПРИ НЕДОСТАТОЧНОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ ОРГАНИЗМА КИСЛОРОДОМ?**

Состояние, возникающее при недостаточном снабжении тканей организма кислородом, называют **гипоксией**. Первой компенсаторной реакцией на гипоксию является увеличение частоты сердечных сокращений, ударного и минутного объемов крови. Гипоксия нередко сочетается с уменьшением парциального давления и содержания кислорода в крови — гипоксемией. Такие условия могут возникнуть при нахождении людей в небольшом или плохо вентилируемом помещении, шахте, колодеце. Нарушения подачи воздуха могут возникнуть в летательных и глубоководных аппаратах.

Различают острую и хроническую гипоксию. Острая гипоксия возникает при резком уменьшении доступа кислорода в организм, например при быстром подъеме на высоту более 5000 м над уровнем моря. Она проявляется в том, что человек в течение короткого промежутка времени теряет способность критически оценивать ситуацию, осознавать опасность. У него возникает быстрая утомляемость, сонливость, головокружение и сильная головная боль. Устойчивость организма к острой гипоксии во многом зависит от функционального состояния нервной системы. Хроническая гипоксия обусловлена длительным пребыванием человека в горах или в любых других условиях недостаточного снабжения кислородом.

Развитие гипоксии является стимулом для включения комплекса компенсаторных и приспособительных реакций, направленных на восстановление нормального снабжения тканей кислородом. В противодействии развитию гипоксии принимают участие системы органов кровообращения, дыхания, система крови, происходит активация ряда биохимических процессов, способствующих ослаблению кислородного голодания клеток.

**КАКИЕ ФАКТОРЫ ВОЗДЕЙСТВУЮТ НА ЧЕЛОВЕКА В ГОРАХ?**

В горах проживает около 500 млн людей. Наиболее заселенными являются регионы, расположенные в низкогорье — от 200 до 1400 м над уровнем моря — и среднегорье — от 1400 до 2500 м. В горах человек подвергается воздействию комплекса факторов.

По мере поднятия на высоту уменьшаются атмосферное давление, температура воздуха и влажность воздуха. При этом возрастает световая, ультрафиолетовая и инфракрасная радиация. В условиях высокогорья наиболее значимыми факторами, влияющими на физиологические функции человека, являются снижение атмосферного давления и связанное с ним пониженное парциальное давление кислорода, а также температура среды.



Начиная в среднем с высоты 3500 м над уровнем моря в артериальной крови человека снижается насыщение гемоглобина кислородом. При снижении насыщения артериальной крови кислородом до 80—85% у человека появляются признаки недостаточности дыхания. Они проявляются головокружением, увеличением частоты сердцебиений, слабостью. Явления дыхательной недостаточности обычно возникают внезапно и исчезают при отдыхе, но могут вновь появиться при возобновлении восхождения в гору в результате мышечной деятельности. Указанный комплекс симптомов получил название высотной или **горной болезни**.

? КАК ОРГАНИЗМ АДАПТИРУЕТСЯ К КОМПЛЕКСУ ФАКТОРОВ ВЫСОКОГОРЬЯ?

Приспособление организма к воздействию комплекса факторов высокогорья обеспечивается вовлечением в этот процесс функциональных систем дыхания, кровообращения, крови. Они специфически реагируют на снижение содержания кислорода в крови. По мере подъёма на высоту у человека сначала изменяются физиологические функции различных систем, направленные на адаптацию организма.

У впервые прибывших в условия высокогорья людей повышается активность высших вегетативных центров гипоталамуса, а также гипофизарно-адренокортикальной и симпатической систем. Это приводит к усилению функций систем, ответственных за доставку кислорода к тканям.

На недостаток кислорода в условиях гипоксии одним из первых реагирует головной мозг. Он потребляет кислород значительно интенсивнее, чем другие органы и ткани. При кислородном голодании начинают работать механизмы, увеличивающие транспорт кислорода к структурам головного мозга.

? КАКИЕ ФАКТОРЫ ВОЗДЕЙСТВУЮТ НА ЧЕЛОВЕКА В УСЛОВИЯХ МОРСКОГО КЛИМАТА?

Морской климат характеризуется относительно малой изменчивостью температуры воздуха в течение года и суток, определёнными ветровыми и влагообразующими режимами, а также влиянием химических свойств морской воды на воздушные массы.

Под влиянием солнечной энергии огромные массы воды испаряются и попадают в атмосферу. Вместе с ними в воздух попадают соли морской воды. При этом образуются аэрозоли и аэроионы — заряженные частицы воздуха.

Адаптация человека к морскому климату определяется разнообразием свойств климатообразующих факторов различных географических поясов земного шара, а также свойствами морского воздуха. Обычно начальный период адаптации к морскому климату сопровождается положительными эмоциями. Усиливаются функции вегетативной нервной системы. Активизируется гипофизарно-адреналовое влияние на щитовидную железу.

Активация нервно-гуморальной регуляции и обменных реакций сопровождается улучшением кровообращения сердца, увеличением функционирующих капилляров кожи, небольшим снижением артериального давления. Увеличивается дыхательный объём лёгких. Под влиянием морского воздуха повышается тонус скелетной мускулатуры.

? В ЧЁМ ОСОБЕННОСТИ ВОЗДЕЙСТВИЯ НЕВЕСОМОСТИ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА?

Человек рождается, растёт и развивается под воздействием земного притяжения. Оно влияет на формирование функций скелетной мускулатуры, гравитацион-

ных рефлексов, координированную мышечную работу. Условия **невесомости** являются наиболее неадекватными для организма человека. В земных условиях он может испытать только состояние кратковременной невесомости.

При совершении космического полёта человек подвергается воздействию комплекса факторов, включающего невесомость, перегрузки, шумы, вибрации, ограничение подвижности, изоляцию, существование в замкнутом ограниченном пространстве. Состояние длительной невесомости, которое испытывает космонавт, не может быть испытано человеком в земных условиях.

В космической невесомости центральная нервная система, рецепторы вестибулярного аппарата, мышечно-суставного аппарата, кровеносных сосудов функционируют в необычных условиях. Поэтому невесомость рассматривают как специфический интегральный раздражитель.

С наступлением состояния невесомости у космонавта могут возникнуть вестибулярные расстройства, длительное время сохраняется чувство тяжести в области головы за счёт усиленного притока к ней крови. В состоянии невесомости двигательная активность требует гораздо меньших энергетических затрат, чем аналогичные действия в обычных условиях гравитации. Поэтому адаптация к невесомости во многом связана с изменением привычного взаимодействия сенсорных систем и формированием в центральной нервной системе новых сенсорных отношений (рис. 68).



Рис. 68. Адаптация к невесомости

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Гипоксия. Горная болезнь. Невесомость.

ВЫВОДЫ

- Гипоксия — состояние, возникающее при недостаточном снабжении тканей организма кислородом. Различают острую и хроническую гипоксию.
- Адаптационные реакции на развитие гипоксии направлены на восстановление нормального снабжения тканей кислородом.
- Условия морского климата благотворно влияют на организм человека.

ДЛЯ ЛЮБОЗНАТЕЛЬНЫХ

В условиях высокогорья развивается гипервентиляция, способствующая удовлетворению запросов организма в кислороде. Обычно на высоте 1000 м над уровнем моря лёгочная вентиляция начинает увеличиваться за счёт глубины дыхания, на высоте 2000 м происходит учащение дыхания. На высотах более 3000 м дыхание становится периодически неритмичным. Горная болезнь у людей в различных районах Земли развивается на неодинаковых высотах. В Альпах и на Кавказе она развивается на высоте от 3000 м, в Андах — 4000 м, в Гималаях — около 5000 м.



ВОПРОСЫ

1. Что такое гипоксия? Почему возникает такое состояние?
2. Каковы симптомы гипоксии?
3. Чем отличается острая гипоксия от хронической?
4. Каковы последствия гипоксии для здоровья человека?
5. Какие экологические факторы наиболее значимы в условиях высокогорья?
6. Как невесомость влияет на человека?

ЗАДАНИЯ

7. Какими методами можно изучать влияние гипоксии на организм?
8. Горная болезнь у людей в различных районах Земли развивается на неодинаковых высотах. Дайте объяснение этому факту.
9. Опишите симптомы горной болезни.
10. Примером гипоксии является горная болезнь, которая может наблюдаться у альпинистов и людей, совершающих восхождения в горы. Поясните, почему дефицит кислорода ведёт к уменьшению образования АТФ, что приводит к нарушению работы и гибели клеток.

ОБЪЯСНИТЕ

11. В чём проявляется положительное влияние горного воздуха на организм?
12. Почему космонавтам после завершения полёта необходима реабилитация?
13. Почему пребывание на море оказывает благоприятное действие на физическое здоровье и положительно влияет на психику человека?

ТЕМЫ ДЛЯ ДИСКУССИЙ

14. Возможна ли адаптация к невесомости?
15. Что произойдёт с эритроцитами в результате долговременной адаптации к гипоксии?

§ 37. РИТМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

ЭТО Я ЗНАЮ

Фотопериодизм.
Сон и бодрствование.



Что лежит в основе биологических ритмов и чем они обусловлены?



КАКОВО ЗНАЧЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ РИТМОВ ДЛЯ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА?

Одним из свойств, присущих живому, является ритмичность (рис. 69). На организм человека оказывают влияние период вращения Земли вокруг своей оси, а также период вращения Земли вокруг Солнца, определяющий смену времён года.

Биологический ритм — повторение определённого состояния в организме человека через регулярные промежутки времени.

В течение суток могут изменяться показатели многих физиологических реакций организма (см. рис. 69). Наибольшая частота пульса отмечается в 16—18 часов. Уменьшение его частоты наблюдается в 13—14 часов и в 22—23 часа, но особенно в 3—7 часов утра. Артериальное давление имеет минимальные значения в ранние утренние часы и около полуночи, а максимальные — в 10—12 и в 16—20 часов. В первую половину дня у большинства людей отмечается наибольшая возбудимость коры головного мозга.

В зависимости от времени суток изменяется чувствительность организма к различным внешним воздействиям. Высокую температуру и влажность человек легче переносит утром, а холод — вечером. Человек меньше воспринимает шум и вибрацию в утренние часы, чем в дневные и вечерние.

? КАК ИЗМЕНЯЕТСЯ ТЕМПЕРАТУРА ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА В ТЕЧЕНИЕ СУТОК?

Среди множества суточных ритмов одним из основных считается изменение температуры тела человека (рис. 70). Она определяет скорость биохимических реакций и активность обмена веществ как основы всех проявлений жизнедеятельности человека. Ночью температура тела снижается. К моменту пробуждения человека температура его тела повышается, в крови накапливаются адреналин и некоторые гормоны коры надпочечников.

Ритм колебаний температуры тела в основном повторяют показатели многих систем организма. Среди них артериальное давление, дыхание. Всё это подготавливает человека к активному дневному бодрствованию и обеспечивает высокий уровень его работоспособности и выносливости.

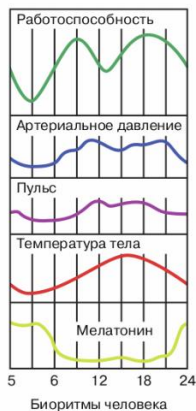


Рис. 69. Биоритмы человека

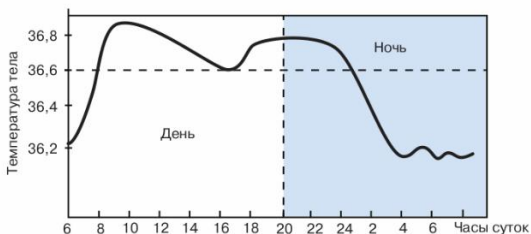


Рис. 70. Суточная кривая температуры тела человека



? КАКОВЫ РИТМЫ ПИТАНИЯ?

Ритм питания связан со многими биологическими ритмами организма. Периодическое поступление пищевых веществ всегда согласовано с работой внутренних органов и определяется потребностями организма. Существуют данные о периодически возникающей моторной и секреторной активности желудка, тонкой кишки, печени, поджелудочной железы. В этот период происходит выделение пищеварительных соков и ферментов, способствующих более полному усвоению питательных веществ. Поэтому приём пищи в строго определённое время очень важен.

Резкое изменение режима питания вызывает заметный сдвиг **суточных ритмов** человека. Учёные установили, что ритмы желудочно-кишечного тракта и центральной нервной системы совпадают и имеют среднюю частоту около семи циклов за 24 часа.

У каждого человека существует индивидуальный **режим питания**, который зависит от свойственного ему ритма жизни и индивидуальных особенностей организма.

Специалисты по организации режима питания доказали необходимость увеличения частоты приёмов пищи. Благодаря этому обеспечивается полноценное усвоение разных веществ, поступающих в организм. Суточный ритм работы органов пищеварения определяет необходимость разграничения приёма различной по составу пищи. Первая половина дня является временем для жирной и белковой пищи, на ужин следует употреблять блюда из легкоусвояемых продуктов.

? КОГДА У ЧЕЛОВЕКА ВОЗНИКАЕТ РАССОГЛАСОВАННОСТЬ БИОЛОГИЧЕСКИХ РИТМОВ?

Рассогласованность биологических ритмов внутри организма обычно возникает в тех случаях, когда человек не придерживается правильного режима дня, не координирует свои действия с естественными биологическими ритмами, особенно с ритмом бодрствования и сна. Сдвиг сна на непривычное время суток, отсутствие разумного чередования труда и отдыха могут привести к нежелательным последствиям и стать основой для развития заболеваний.

Рассогласованность биологических ритмов проявляется в изменении артериального давления, нарушении сна, отсутствии аппетита, плохом самочувствии, раздражительности, упадке сил. Особенно часто проявление рассогласованности наблюдается при выполнении работ с большим нервным напряжением, при чрезмерной учебной нагрузке. Поэтому важно придерживаться правильного режима дня.

? КАК ПРОЯВЛЯЮТСЯ РИТМЫ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ЧЕЛОВЕКА?

Успех трудовой деятельности человека зависит от его **работоспособности**, которая ритмически изменяется на протяжении суток. В течение дня в одни периоды работать легче, а в другие труднее. Состояние высокой готовности к активной деятельности закономерно сменяется расслабленностью, желанием отдохнуть и отвлечься от работы.

Работоспособность человека чаще всего изменяется по физиологической кривой работоспособности (рис. 71). На ней прослеживается два пика активности, совпадающих по времени с периодами высокого уровня физиологических функций: от 10 до 12 часов и от 16 до 20 часов. В промежутке между ними работоспособность снижается.

Для каждого человека существуют и индивидуальные ритмы работоспособности. Одни наиболее продуктивно трудятся утром, а другие наиболее работоспособны в вечернее время. Важным фактором поддержания высокого уровня работоспособности является соблюдение правильного распорядка дня и организации рационального режима труда.

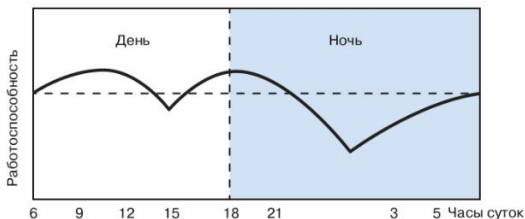


Рис. 71. Изменение работоспособности человека на протяжении суточного цикла

КАК ПОВЫСИТЬ РАБОТОСПОСОБНОСТЬ?

Рабочий день человека должен начинаться с 15—20-минутной утренней зарядки. Она подготавливает сердце и мышцы к дневной деятельности. Все виды мышечной активности повышают силу и выносливость скелетных и сердечной мышц, делают их работу более экономичной.

При вхождении в работу очень важна постепенность. Большие и резкие нагрузки у юношей могут вызвать нарушения в работе кровеносной системы. Довольно часто в возрасте 14—16 лет развитие сердечной мышцы не соответствует развитию кровеносной системы.

Важным условием высокой продуктивности труда является ритмичность работы. Для рационального труда или тренировки необходима систематичность. Обязательным условием достижения высокой эффективности труда является правильное чередование нагрузки и отдыха. Отведенное для отдыха время не следует использовать для работы.

КАКОВА РОЛЬ ФИЗИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ В СОХРАНЕНИИ ЗДОРОВЬЯ ЧЕЛОВЕКА?

Физическая активность оказывает влияние на многие системы жизнедеятельности. Она распространяется на сбалансированность метаболизма, активизирует системы кровообращения и дыхания. Пониженная физическая активность вызывает комплекс расстройств, существенно ограничивающих работоспособность человека. Среди них наиболее характерными являются нарушение регуляции кровообращения, ухудшение кислородного режима организма, атрофия мышечной ткани, нарушение показателей естественного иммунитета. Эффективным средством повышения сопротивляемости организма болезням и неблагоприятным влияниям среды являются регулярные физические упражнения.


**КЛЮЧЕВЫЕ
СЛОВА**

Биологический ритм. Суточные ритмы. Режим питания. Работоспособность.

ВЫВОДЫ

- Биологические ритмы — периодическая смена интенсивности физиологических процессов, в основе которых лежат изменения обмена веществ, обусловленные влиянием внешних и внутренних факторов.
- Суточную ритмичность в организме человека имеют изменение температуры тела, артериальное давление, глубина и частота дыхания, выделение пищеварительных соков, ритм бодрствования и сна, работоспособность.
- Важно соблюдение режима дня и соответствие режима работы биологическим ритмам организма.

ВОПРОСЫ

1. В чём заключается приспособление к высокой физической активности?
2. Что лежит в основе суточных ритмов физиологических функций?
3. Какую роль играет температура в формировании суточных ритмов?
4. Как меняется работоспособность человека на протяжении суток?
5. Каковы ритмы желудочно-кишечного тракта?
6. От чего зависит работоспособность человека?

ЗАДАНИЯ

7. Отметьте основные компоненты режима дня школьника.
8. Выделите причины и последствия нарушения биологических ритмов в организме человека.
9. Поясните следующие адаптивные черты для арктического типа людей: относительно сильное развитие костно-мышечного компонента тела, большие размеры грудной клетки, интенсивный обмен веществ, повышенная способность окислять жиры, сдвиг пищевого предпочтения в сторону увеличения калорийности пищи.
10. Предложите способы повышения физической и умственной работоспособности.

ОБЪЯСНИТЕ

11. Почему для организма вредно нарушение режима сна и бодрствования?
12. Почему обеденный перерыв целесообразно проводить спустя 4—4,5 часа после начала рабочего дня?
13. Почему в период экзаменов особенно важно сохранять режим дня?

ТЕМЫ ДЛЯ ДИСКУССИЙ

14. Какова роль социальных факторов в обеспечении ритмической деятельности организма человека?
15. Как влияют биологические ритмы на трудоспособность человека?



1 ЗАДАНИЕ

СПРАВОЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

На рисунке 72 представлена зависимость работоспособности человека от времени суток.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. В какое время суток наблюдается пик работоспособности?
2. В какие часы работоспособность человека примерно одинаковая?
3. С какого часа идёт снижение работоспособности? Почему?
4. Предложите способы достижения максимальной работоспособности в течение дня.

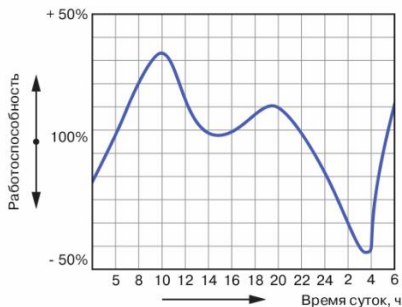


Рис. 72. Зависимость работоспособности человека от времени суток

2 ЗАДАНИЕ

СПРАВОЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Низкое атмосферное давление, встречающееся в горах, сильно влияет на парциальное давление кислорода. В горах, особенно выше 1500 метров, давление очень низкое. Из-за этого у человека снижается способность усваивать кислород, появляется гипоксия.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Как изменится частота дыхания и концентрация углекислого газа в крови при подъёме на высокую гору и развитии горной болезни? Ответ поясните.
2. Объясните, почему развивается состояние гипоксии.

3 ЗАДАНИЕ

СПРАВОЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

В процессе длительной адаптации к недостатку кислорода организм коренных жителей высокогорья приспособился более экономно осуществлять газообмен. У них крупная грудная клетка сочетается с более высокой жизненной ёмкостью лёгких.



Большая кислородная ёмкость крови и высокое сродство гемоглобина к кислороду создают условия для умеренной активности сердечно-сосудистой системы. Особенности предгорного адаптивного типа являются понижение газообмена и обезжиренной массы тела, уменьшение содержания холестерина в сыворотке крови, высокое содержание иммунных белков, сильная минерализация скелета.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

Проведите исследование, найдите описания и фотографии типичных представителей нескольких коренных народностей высокогорий и проиллюстрируйте представленную информацию конкретными примерами, подтверждающими особенности обмена веществ, характера питания, образа жизни. По результатам работы представьте отчёт.

4 ЗАДАНИЕ

СПРАВОЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Рассмотрите приспособительные реакции организма человека к температурным изменениям, представленные в таблице 10.

Таблица 10

Приспособительные реакции организма человека к температурным изменениям

Орган	Приспособительные реакции
Потовые железы	При повышении температуры кожи или крови гипоталамус посылает в потовые железы импульсы о необходимости активного выделения пота. На его испарение расходуется тепло с поверхности кожи
Гладкие мышцы стенок артериол	При повышении температуры кожи или крови гипоталамус посылает сигналы в гладкие мышцы стенок артериол, которые снабжают кровью кожу, вызывая расширение просвета артериол. Кровоснабжение кожи усиливается, кровь переносит тепло из глубины тела к поверхности, где оно и рассеивается
Скелетные мышцы	При низкой температуре воздуха терморецепторы кожи посылают сигналы в центр терморегуляции гипоталамуса, который стимулирует цикл непроизвольных сокращений и расслаблений скелетных мышц, что приводит к выделению тепла
Щитовидная железа	При понижении температуры воздуха усиливается выделение тироксина и трийодтиронина, ускоряющих обмен веществ и теплообразование
Надпочечники	При понижении температуры воздуха адреналин и норадреналин вызывают сужение сосудов кожи, изменяется уровень теплоотдачи

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

Изучите представленные данные и составьте по ним развёрнутую схему, поясняющую приспособительные реакции органов к температурным изменениям.

Глава 9

ГЕНЕТИКА ЧЕЛОВЕКА



ВЫ УЗНАЕТЕ

- о явлениях наследственности и изменчивости организмов;
- об особенностях наследственной и ненаследственной изменчивости;
- об основных закономерностях наследования признаков человека;
- о независимом и сцепленном наследовании генов;
- о методах исследования наследственности человека;
- о наследственных заболеваниях человека, методах их диагностики и предупреждения.

ВЫ НАУЧИТЕСЬ

- различать наследственную и ненаследственную изменчивости;
- объяснять закономерности наследования признаков;
- различать методы исследования наследственности человека;
- обосновывать меры профилактики возникновения наследственных болезней человека.



§ 38. ЗАКОНОМЕРНОСТИ НАСЛЕДОВАНИЯ ПРИЗНАКОВ

ЭТО Я ЗНАЮ

Что такое ДНК.
Что такое ген.



Как передаются признаки организмов в поколениях?

? ЧТО ИЗУЧАЕТ ГЕНЕТИКА?

Предметом изучения генетики являются наследственность и изменчивость.

Наследственность — свойство организмов передавать следующему поколению информацию о присущих данному организму особенностях строения и обмена веществ.

Единицей структурной и функциональной наследственности является ген (от греч. *генос* — происхождение). Ген представляет собой участок молекулы дезоксирибонуклеиновой кислоты, в котором закодирована информация об одной полипептидной цепи или одной молекуле РНК. Каждая молекула ДНК содержит множество разных генов. Совокупность всех участков ДНК гаплоидного набора хромосом называют *геномом*.

Однако сходство родителей и потомков никогда не бывает полным. Потомки, будучи похожи на родителей, всегда чем-то отличаются от них.

Изменчивость — свойство организмов изменять свои морфологические и физиологические особенности.

Изменчивость обуславливает разнообразие индивидов, популяций, рас. Она присуща всем организмам. Изменчивость наблюдается даже у генетически близкородственных особей, имеющих общие условия жизни и развития, например у близнецов, членов одной семьи.

? КАК БЫЛИ ВЫЯВЛЕНЫ ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ НАСЛЕДОВАНИЯ ПРИЗНАКОВ?

Людей всегда интересовали причины сходства родителей и потомков. Основные закономерности наследования признаков в середине XIX в. выявил выдающийся австрийский исследователь **Грегор Мендель** (рис. 73). Важная особенность опытов Менделя состояла в том, что он использовал растения, в потомстве которых при самоопылении не наблюдалось разнообразия по изучаемому признаку. Такие группы организмов принято называть **чистыми линиями**.

Мендель разработал **гибридологический метод**. Он основан на скрещивании организмов, отличающихся друг от друга по одному или нескольким альтернативным признакам, с последующим анализом этих признаков у полученного потомства.

Альтернативными называют признаки, которые взаимно исключают друг друга и в норме не могут при-



Рис. 73. Грегор Мендель

существовать у организма одновременно. Например, растения низкие и высокие. Альтернативным признаком является высота растения. Цветки белые и пурпурные. Альтернативный признак — окраска цветка.

Во время опытов Мендель наблюдал наследование лишь одной пары или небольшого числа пар альтернативных признаков. Из множества сортов гороха Мендель выбрал только те, которые чётко различались по семи парам альтернативных признаков. Математическая обработка опытных данных позволила исследователю установить количественные закономерности в передаче изучаемых признаков.

Грегор Мендель был монахом августинского монастыря в Чехии. Он имел разностороннее образование, в том числе в области математики и теории вероятности. Поэтому он понимал, что при проведении опытов получить достоверные результаты можно лишь при большом количестве изучаемых растений. Использование статистических методов анализа позволило Менделю обобщить результаты опытов и выявить математические закономерности расщепления признаков.

В ЧЁМ ПРОЯВЛЯЕТСЯ ЕДИНООБРАЗИЕ ПЕРВОГО ПОКОЛЕНИЯ?

При проведении опытов (рис. 74) Г. Мендель начал скрещивать растения чистых линий. В первых опытах растения различались по одной паре **альтернативных признаков** (жёлтый и зелёный цвет семян). Если родительские организмы отличаются друг от друга по одной паре альтернативных признаков, скрещивание называют **моногибридным**.



Рис. 74. Некоторые альтернативные признаки гороха, которые изучал Г. Мендель

Для того чтобы предотвратить самоопыление, Г. Мендель у растений одного сорта удалял в цветках тычинки, у другого удалял пестики и проводил *гибридизацию* путём искусственного опыления. Выяснилось, что все гибридные растения первого поколения имели семена жёлтого цвета (рис. 75).



При этом неважно, использовались ли родительские растения, выросшие из жёлтых горошин, в качестве материнских или отцовских. Гибриды первого поколения в любом случае были **единообразными** по жёлтой окраске семян. При записи скрещивания в первой строке обозначаем буквой P и описываем признаки родителей, сначала ♀ (материнский), потом значок скрещивания \times , потом отцовский σ . Во второй строке обозначаем F_1 и описываем потомство.

P : ♀ жёлтые семена \times ♂ зелёные семена

F_1 : все растения имеют жёлтые семена.

Скрещивая растения, различающиеся по другим парам альтернативных признаков, например по форме плодов или окраске цветков, Г. Мендель обнаружил, что во всех случаях у гибридов первого поколения проявлялся только один из двух альтернативных признаков.

Преобладание одних признаков над другими Г. Мендель назвал **доминированием**. Преобладающие признаки стали называть **доминантными**. Признаки, не проявляющиеся у гибридов первого поколения, Г. Мендель назвал **рецессивными**. Эту закономерность называют **законом единообразия гибридов первого поколения**.

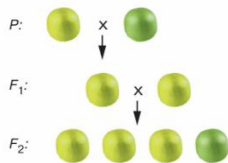


Рис. 75. Схема моногибридного скрещивания

Закон единообразия гибридов первого поколения — при скрещивании двух организмов, отличающихся друг от друга по одной паре альтернативных признаков, все гибриды первого поколения **оказываются единообразными**.

? В ЧЁМ ПРОЯВЛЯЕТСЯ ЗАКОН РАСЩЕПЛЕНИЯ?

Путём самоопыления гибридов первого поколения Г. Мендель получил второе поколение, в котором $3/4$ растений имели жёлтые семена и $1/4$ — зелёные. Появление в потомстве особей, различающихся по альтернативным признакам, называется **расщеплением**. В данном случае наблюдалось расщепление 3 : 1.

F_1 : ♀ жёлтые семена \times ♂ жёлтые семена

F_2 : 3 жёлтые семена : 1 зелёные семена.

Аналогичное расщепление было обнаружено и при исследовании других пар альтернативных признаков: во втором поколении у 75% растений проявлялись доминантные признаки, а у 25% — рецессивные. Таким образом, рецессивные признаки, которые не наблюдались в первом поколении, вновь проявлялись у $1/4$ гибридов второго поколения. Это значит, что данные признаки у гибридов F_1 были подавлены и сохранялись в скрытом состоянии, а не исчезали полностью. Основываясь на результатах этих опытов, Г. Мендель сформулировал **закон расщепления**.

Закон расщепления — в потомстве, полученном от скрещивания гибридов первого поколения, наблюдается явление расщепления в отношении 3 : 1.

Установив важнейшие закономерности наследования, Г. Мендель предположил, что существуют особые наследственные факторы, контролирующие признаки живых организмов. Однако материальная природа этих факторов долгое время оставалась невыясненной.

КЛЮЧЕВЫЕ
СЛОВА

Генетика. Наследственность. Изменчивость. Чистые линии. Альтернативные признаки. Доминантные и рецессивные признаки. Моногибридное скрещивание. Закон единообразия гибридов первого поколения. Закон расщепления.

ВЫВОДЫ

- Генетика — биологическая наука, занимающаяся изучением закономерностей наследственности и изменчивости.
- Основные закономерности наследования альтернативных признаков выявил Г. Мендель, используя гибридологический метод с последующим статистическим анализом.
- Выявленные закономерности наследования признаков Г. Мендель сформулировал в виде **законов единообразия гибридов первого поколения и расщепления**.

ДЛЯ ЛЮБОЗНАТЕЛЬНЫХ

Результаты исследований Г. Менделя были опубликованы в 1866 г. Хотя труды Общества, где была опубликована статья Менделя, поступили в 120 научных библиотек, а Мендель дополнительно разослал 40 отписок, его работа долгое время не была принята научным сообществом. Считалось, что выявленные на горохе законы не имеют всеобщего характера. И только в 1900 г., после практически одновременной публикации статей трёх ботаников — Х. Де Фриза, К. Корренса и Э. Чермака-Зейзенегга, независимо подтвердивших данные Менделя собственными опытами, произошёл мгновенный взрыв признания его работы. 1900 год считается годом рождения генетики.

Установленные Г. Менделем закономерности справедливы и для человека. Это легко обнаружить на следующих примерах. Примерно 70% людей могут свернуть высунутый язык в трубочку, а 30% людей не способны это сделать. После потребления столовой свёклы у 10% людей с мочой выделяется краситель бетанин, а у всех остальных он расщепляется. Горький вкус фенилтиомочевины ощущает 63% населения, для 37% это вещество безвкусно.

ВОПРОСЫ

1. Какие свойства живых организмов изучает генетика?
2. Что такое гибридизация? Какие организмы называются гибридами?
3. Какие группы организмов называют чистыми линиями?
4. На чём основан гибридологический метод генетики?
5. Что представляет собой моногибридное скрещивание?
6. Какие закономерности выявил Г. Мендель на основе моногибридного скрещивания?

ЗАДАНИЯ

7. Объясните суть закона расщепления.
8. Выберите пары альтернативных признаков человека. Карие глаза — голубые глаза, светлые волосы — курчавые волосы, нормальный слух — врождённая глухота, праворукость (правша) — леворукость (левша), кровь резус-положительная — кровь резус-отрицательная.



9. Исследователь скрещивал растения, имеющие красные цветы. Потомки от первой пары — все с красными цветками, среди потомков второй пары появились растения с белыми цветками. Объясните результат.
10. Предложите способ установления, какой из двух альтернативных признаков является доминантным, а какой — рецессивным.

ОБЪЯСНИТЕ

11. Почему закон единообразия соблюдается только в первом поколении при скрещивании чистых линий?
12. Почему в потомстве гибридов первого поколения появляются особи с рецессивными признаками?
13. Почему рождаются непохожие на родителей дети?

ТЕМЫ ДЛЯ ДИСКУССИЙ

14. Почему Мендель выбрал для исследования наследственности именно горох?
15. Какие методы в своих исследованиях использовал Мендель?

§ 39. ГЕНЫ И НАСЛЕДОВАНИЕ ПРИЗНАКОВ

ЭТО Я ЗНАЮ

Альтернативные признаки.
Чистые линии.



Чем определяется наследование независимых признаков?

? ЧТО ТАКОЕ АЛЛЕЛЬНЫЕ ГЕНЫ?

Предположения Г. Менделя о закономерностях наследования признаков получили научное подтверждение после того, как были открыты хромосомы.

Хромосомы — нуклеопротеидные структуры клетки, в которых сосредоточена большая часть наследственной информации и которые предназначены для её хранения, реализации и передачи.

Хромосомы чётко различимы в световом микроскопе только в период митоза или мейоза. В хромосомах находятся элементарные единицы наследственности — **гены**, которые и определяют строение биополимеров живой клетки и тем самым участвуют в формировании признаков организма.

Соматические клетки большинства организмов являются диплоидными. У них имеется двойной набор хромосом. Один набор хромосом организм получает от материнского, другой — от отцовского организма. Объединение этих наборов происходит при оплодотворении. Поэтому у каждой хромосомы и у каждого гена в соматической клетке есть гомолог. Это означает, что в соматической клетке каждый ген находится в двух экземплярах. Такие гены называют **аллельными**.

Аллельные гены — гены, находящиеся на идентичных участках гомологичных хромосом и определяющие альтернативное развитие одного и того же признака.

Учёные установили, что **аллельные гены располагаются в одинаковых участках (локусах) гомологичных хромосом**. У диплоидного организма проявление признака определяется *двумя аллельными генами*.

Исключение составляют половые клетки — *гаметы*. В результате мейоза число хромосом в них уменьшается в два раза. Поэтому каждая гамета имеет только по одному аллельному гену.

При оплодотворении гаплоидные гаметы родителей сливаются с образованием диплоидной зиготы. В зиготе хромосомы вновь становятся парными. В каждой паре гомологичных хромосом одна является материнской, а другая — отцовской. Значит, у каждого потомка развитие того или иного признака будет определяться двумя аллельными генами.

? КАК ОБОЗНАЧАЮТ ДОМИНАНТНЫЕ И РЕЦЕССИВНЫЕ ПРИЗНАКИ?

При наследовании *доминантный признак* определяется доминантным аллелем. *Рецессивный признак* определяется рецессивным аллелем.

Организмы, которые имеют одинаковые аллельные гены, называют **гомозиготными по данному признаку**.

Организмы, имеющие разные аллельные гены, называют **гетерозиготными по данному признаку**.

В записи комбинации аллельных генов диплоидных организмов всегда должно быть две буквы, обозначающие аллели одного гена. Доминантный гомозиготный набор аллелей записывают двумя прописными латинскими буквами: *AA*, *BB* и др. Рецессивный гомозиготный набор аллелей записывают двумя строчными латинскими буквами: *aa*, *vv* и др.

? КАК ОФОРМЛЯЮТ СХЕМЫ СКРЕЩИВАНИЙ?

Для записи скрещиваний применяется следующая символика:

P — родительские особи (от лат. *parentale* — родительский).

♀ — женский пол (зеркало Венеры).

♂ — мужской пол (щит и копьё Марса).

G — гаметы.

F — потомки (от лат. *filiale* — дочерний) или гибриды.

F_1, F_2, \dots, F_n — первое, второе, ... *n*-ное поколение.

Значок «×» обозначает скрещивание, у человека этот значок обозначает брак.

Прописная латинская буква — доминантный аллель.

Строчная латинская буква — рецессивный аллель.

В опыте Менделя исходные родительские растения были гомозиготными. Каждый из таких родителей способен производить только один вид гамет. Растение, имеющее два доминантных гена *AA*, образует гаметы, несущие только аллельный ген *A*. Растение с двумя рецессивными генами *aa* образует гаметы с геном *a*. Схема этого скрещивания представлена на рисунке 76.



Рис. 76. Запись скрещивания

		$F_1:$	
		♂	♀ <i>Aa</i> × ♂ <i>Aa</i>
♀	♂	(A)	(a)
	(A)	<i>AA</i> жёлтые	<i>Aa</i> жёлтые
	(a)	<i>Aa</i> жёлтые	<i>aa</i> зелёные

Рис. 77. Пример решётки Пеннета



Расщепление в потомстве гибридных растений гороха является результатом наличия у них двух аллелей гена *A*. Этот ген отвечает за развитие одного признака — окраски семян.

При составлении генотипов потомков составляют все возможные комбинации гамет. Для этого используют *решётку Пеннета* (рис. 77). В ней по горизонтали записывают гаметы одного родителя, по вертикали — гаметы другого родителя. В клетках на пересечении строк и столбцов указывают генотипы и фенотипы особей, которые возникают при слиянии соответствующих гамет.

? В ЧЁМ ПРОЯВЛЯЕТСЯ ЗАКОН НЕЗАВИСИМОГО НАСЛЕДОВАНИЯ?

После изучения закономерностей наследования отдельных пар альтернативных признаков с помощью моногибридного скрещивания Г. Мендель провёл серию опытов по гибридизации чистых линий гороха, различавшихся по двум парам признаков. Скрещивание, при котором родительские особи различаются по двум парам альтернативных признаков, называют **дигибридным**. В одном из опытов родительские особи различались по окраске семян и форме их поверхности. Одни растения имели жёлтые гладкие семена, другие — зелёные морщинистые. В первом поколении все гибридные растения имели жёлтые гладкие семена (рис. 78).

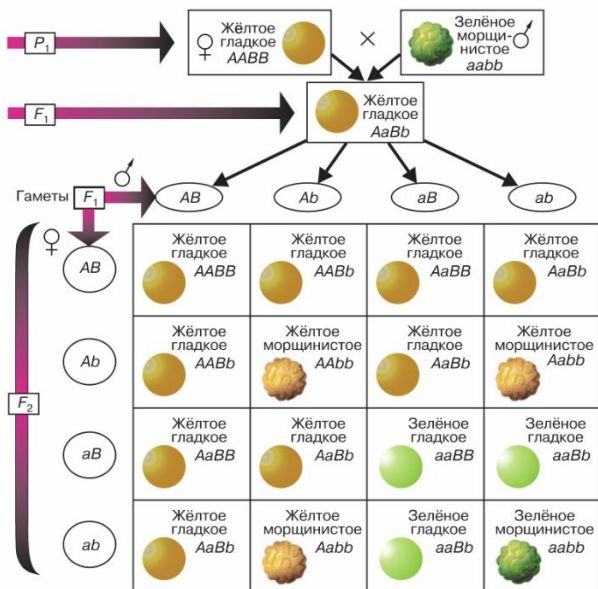


Рис. 78. Дигибридное скрещивание растений гороха, различающихся цветом и поверхностью семян: *A* — жёлтые, *a* — зелёные, *B* — гладкие, *b* — морщинистые

Это означает, что у гороха жёлтая окраска полностью доминирует над зелёной, а гладкая поверхность доминирует над морщинистой. Путём самоопыления гибридов первого поколения было получено второе поколение (см. рис. 78). В нём были все возможные сочетания признаков семян: жёлтые гладкие, жёлтые морщинистые, зелёные гладкие и зелёные морщинистые. Г. Мендель установил, что сходные по внешнему виду растения могут различаться по наследственным признакам.

Особь, не дающая расщепления признаков в следующем поколении, называют гомозиготными (от греч. *гомойос* — равный и *зигота* — оплодотворённая яйцеклетка). Особи, в потомстве которых обнаруживается расщепление, называют гетерозиготными (от греч. *гетерос* — другой).

В соответствии с законом расщепления у гибридов F_2 проявились не только доминантные, но и рецессивные признаки. Это объясняется тем, что в результате независимого распределения хромосом в мейозе гибрид $AaBb$ образует четыре типа гамет: AB , Ab , aB и ab . На основании этих опытов Г. Мендель установил, что при дигибридном скрещивании расщепление по каждой паре альтернативных признаков происходит *независимо*.

Закон независимого наследования — при скрещивании особей, различающихся по двум и более парам альтернативных признаков, гены и соответствующие им признаки наследуются независимо и комбинируются во всех возможных сочетаниях.

Этот закон применим только к случаям *независимого наследования*, когда *участвующие гены расположены в разных парах гомологичных хромосом*. Количество генов у каждого организма значительно больше числа хромосом. Например, у человека около 23 тыс. генов и 23 пары хромосом. Значит, каждая хромосома содержит множество генов. Учёные установили, что локализованные в одной хромосоме гены не будут наследоваться независимо. Это объясняется тем, что эти гены находятся в одной молекуле ДНК.

? ЧТО ТАКОЕ ФЕНОТИП И ГЕНОТИП?

Совокупность всех признаков организма называют **фенотипом**. Совокупность всех генов и всех аллелей организма составляет его **генотип**. Явление доминирования приводит к тому, что при одинаковом фенотипе особи могут обладать различными генотипами. Фенотип формируется на основе генотипа под влиянием условий внешней среды.

Все признаки организма можно разделить на качественные и количественные. Примерами качественных признаков являются цвет глаз, половые различия. Многие качественные признаки в меньшей степени, чем количественные признаки, подвержены влиянию условий среды. Например, в семье, где отец и мать имеют голубой цвет глаз, рождаются только голубоглазые дети. При этом не имеет значения, в каких условиях живёт данная семья.

Количественные признаки обычно определяются не одним, а многими генами. Одним из количественных признаков может служить рост человека. Он зависит от нескольких десятков генов. На рост сильное влияние оказывают и условия жизни: питание, физическая активность.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Ген. Аллельные гены. Дигибридное скрещивание. Гомозиготные и гетерозиготные организмы. Закон независимого расщепления. Фенотип. Генотип.

Выводы

- Наследование альтернативных признаков определяется аллельными генами, находящимися в идентичных участках гомологичных хромосом.



- Гомозиготные организмы содержат в генотипе либо доминантные, либо рецессивные аллели и не дают расщепления признаков в следующем поколении. В потомстве гетерозиготных организмов обнаруживается расщепление, так как их генотип имеет и доминантные, и рецессивные аллели.
- Закон независимого наследования: при дигибридном скрещивании особей **аллельные** гены и соответствующие им признаки наследуются независимо и комбинируются во всех возможных сочетаниях.

ДЛЯ ЛЮБОЗНАТЕЛЬНЫХ

Генная инженерия — это методы модификации генетического материала для изменения свойств живого организма. С 1970-х гг. было разработано множество методов, специально предназначенных для добавления, удаления и редактирования генов в вирусах, бактериях, растениях, грибах и животных, включая человека.

ВОПРОСЫ

1. Какие гены называют аллельными? Где они располагаются?
2. Что представляет собой дигибридное скрещивание?
3. От чего зависят результаты дигибридного скрещивания?
4. В чём состоит отличие гомозиготных особей от гетерозиготных?
5. В чём суть закона независимого наследования?
6. Как взаимосвязаны генотип и фенотип?

ЗАДАНИЯ

7. У человека карий цвет глаз полностью доминирует над голубым. Определите, возможно ли рождение голубоглазого ребёнка в семье, где оба родителя кареглазые.
8. Выпишите все типы гамет, которые образуют особи с генотипами: $AAbb$, $AaBb$, $aaBb$, $AaBbDd$.
9. У человека тёмный цвет волос полностью доминирует над светлым, а нормальный слух — над врождённой глухотой. У светловолосого мужчины, глухого с рождения, есть темноволосый сын с нормальным слухом и дочь со светлыми волосами, у которой проявилась наследственная глухота. Установите генотип матери этих детей. Какова вероятность рождения в этой семье ребёнка с фенотипом матери?
10. Определите, сколько генов, отвечающих за две пары альтернативных признаков, содержится в соматических клетках (клетках тела) и в половых.

ОБЪЯСНИТЕ

11. Почему фенотип зависит не только от генотипа, но и от условий окружающей среды?
12. Почему при образовании гамет в каждую попадает лишь один аллельный ген из пары?
13. Почему при одинаковом фенотипе особи могут обладать различными генотипами?

ТЕМЫ ДЛЯ ДИСКУССИЙ

14. Почему в реальной жизни очень часто встречаются отклонения от законов Г. Менделя?
15. Можно ли дигибридное скрещивание рассматривать как два моногибридных?

§ 40. СЦЕПЛЕННОЕ НАСЛЕДОВАНИЕ**ЭТО Я ЗНАЮ**

Аллельные гены.
Независимое наследование генов.



Как наследуются гены, лежащие в одной хромосоме?

? ЧТО ТАКОЕ СЦЕПЛЕНИЕ ГЕНОВ?

Исследования американского учёного *Томаса Ханта Моргана* и его коллег позволили установить, что расположенные в одной хромосоме гены образуют группу сцепления и наследуются совместно.

Сцепление генов — совместное наследование неаллельных генов, находящихся в одной хромосоме.

Гомологичные хромосомы каждой пары содержат гены, контролирурующие одни и те же признаки. Поэтому **количество групп сцепления равно числу пар хромосом**. Например, у человека 23 группы сцепления.

? КАКОВЫ ПРИЧИНЫ ПОЯВЛЕНИЯ ХРОМОСОМ С НОВЫМИ КОМБИНАЦИЯМИ ГЕНОВ?

Однако сцепление генов, локализованных в одной хромосоме, не бывает полным (абсолютным). Учёные выяснили, что причиной появления хромосом с новыми комбинациями родительских генов является **кроссинговер**.

Кроссинговер — обмен идентичными участками между гомологичными хромосомами в процессе мейоза.

Частота кроссинговера пропорциональна расстоянию между генами, расположенными в одной хромосоме. Чем *больше* расстояние между сцепленными генами, тем *чаще* между ними происходит кроссинговер. И наоборот, чем *ближе* друг к другу расположены гены, тем *меньше* частота кроссинговера между ними. Таким образом, частота рекомбинаций генов в одной группе сцепления соответствует расстоянию между этими генами, а процент особей, у которых осуществился кроссинговер, может служить мерой расстояния между генами в хромосоме. 1 единица соответствует 1% кроссинговера и носит название *морганиды*.

В результате кроссинговера у потомков возникают новые комбинации родительских генов. Это повышает генетическое разнообразие организмов и расширяет возможности их адаптации к различным условиям окружающей среды.



? НА ЧЁМ ОСНОВАНО ХРОМОСОМНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛА?

Исследование хромосомных наборов многих видов животных и человека показало, что у мужских и женских особей имеются различия в одной паре хромосом. В дальнейшем было установлено, что эти хромосомы и определяют пол организма, поэтому их назвали **половыми хромосомами**. Все остальные пары хромосом, одинаковые у особей мужского и женского пола, назвали **аутосомами**.

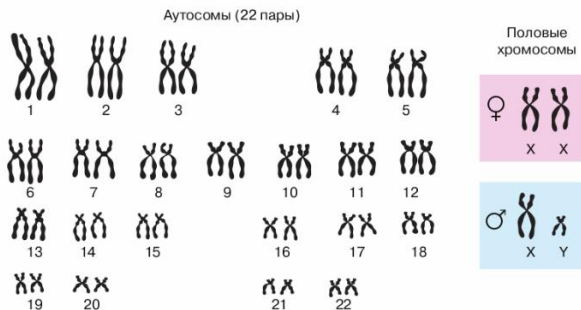


Рис. 79. Хромосомный набор человека

В соматических клетках человека содержится 23 пары хромосом. Из них 22 пары аутосом и одна пара половых хромосом (рис. 79). В клетках мужского организма половые хромосомы резко отличаются по размеру и строению. Одна из них крупная, неравноплечая, содержит большое количество генов — это **X-хромосома** (*икс*). Другая хромосома мелкая, палочковидная, содержит сравнительно мало генов. Она была названа **Y-хромосомой** (*игрек*). В клетках женского организма человека половые хромосомы одинаковые — две X-хромосомы.

Обозначив аутосомы буквой А, можно записать хромосомный набор женщины в виде: $44A + XX$, мужчины — $44A + XY$. При образовании гамет в каждую из них попадает половина аутосом и одна из половых хромосом. Значит, в женском организме образуется один тип яйцеклеток: все они имеют набор хромосом $22A + X$. У мужчин формируются два типа сперматозоидов в равном соотношении: $22A + X$ и $22A + Y$.

? ОТ ЧЕГО ЗАВИСИТ ПОЛ РЕБЁНКА?

Если яйцеклетку оплодотворяет сперматозоид, содержащий X-хромосому, из зиготы развивается женский организм. Если в оплодотворении участвует сперматозоид с Y-хромосомой, из зиготы развивается ребёнок мужского пола. Следовательно, у человека пол ребёнка зависит от типа сперматозоида отца (рис. 80). Поскольку оба типа мужских гамет образуются с одинаковой вероятностью, в потомстве наблюдается **расщепление по полу 1 : 1**.

Пол, имеющий одинаковые половые хромосомы и образующий один тип гамет, называют *гомогаметным*. Пол, формирующий два типа гамет, называют *гетерогаметным*. У человека женский пол является гомогаметным, а мужской — гетерогаметным.

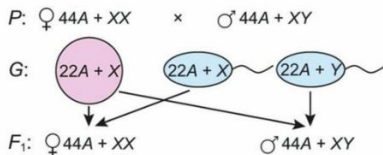


Рис. 80. Хромосомное определение пола человека

? КАКОВЫ ОСОБЕННОСТИ НАСЛЕДОВАНИЯ ПРИЗНАКОВ, СЦЕПЛЕННЫХ С ПОЛОМ?

Половые хромосомы содержат не только гены, определяющие пол организма, но и другие, не имеющие отношения к полу. Например, в X-хромосоме человека расположены гены, контролирующие свёртывание крови, способность различать основные цвета, развитие зрительного нерва. Y-хромосома этих генов *не содержит*.

Дальтонизм, или цветовая слепота, — это заболевание, при котором нарушается восприятие цвета рецепторным аппаратом сетчатки при сохранении нормальных показателей остальных функций органа зрения. Болезнь была названа в честь английского химика Дж. Дальтона, который страдал наследственной формой данного недуга и описал его в своих работах в 1794 г. Патология наиболее распространена среди лиц мужского пола (2—8%), встречается только у 0,4% женщин.

Наследственная форма заболевания обусловлена мутацией X-хромосомы. Поскольку женщины имеют две X-хромосомы, дефект в одной обычно компенсируется другой, в то время как мужчины имеют только одну X-хромосому. Это объясняет тот факт, что дальтонизм чаще встречается у мужчин, матери которых являются переносчиками патологического гена. Дальтонизм у женщин может наблюдаться только при условии наличия заболевания у отца, в то время как мать является носителем дефектного гена.

Y-хромосома человека имеет небольшие размеры и, соответственно, содержит меньше генов, чем X-хромосома. Однако, помимо генов, определяющих развитие мужских половых признаков, в ней имеются и другие. Именно в Y-хромосоме находятся гены, определяющие наличие жёстких волос на ушных раковинах, крупных зубов и некоторых других признаков. Поскольку X-хромосома не содержит таких генов, данные признаки могут проявляться лишь у мужчин.



Наследование, сцепленное с полом, — это наследование признаков, которые определяются генами, расположенными в половых хромосомах.

? В ЧЁМ ПРОЯВЛЯЕТСЯ МНОЖЕСТВЕННОЕ ДЕЙСТВИЕ ГЕНОВ?

Учёные установили, что для многих генов характерно *множественное действие*, при котором один и тот же ген может влиять на формирование ряда признаков организма. Например, у человека есть ген, определяющий рыжую окраску волос. Этот же ген обуславливает более светлую окраску кожи, а также появление веснушек.

Влияние одного гена на развитие двух и большего числа признаков называется *множественным* или *плейотропным действием*, а само явление получило название *плейотропии*.

Биохимическая природа плейотропного действия гена выяснена довольно хорошо. Один белок-фермент, образующийся под контролем одного гена, не только определяет развитие данного признака, но и воздействует на вторичные реакции, приводящие к возникновению других признаков и свойств, вызывая их изменения.

В генотипе человека известны гены, обладающие плейотропным действием. Например, известен ген, вызывающий характерную картину синдрома Марфана. Такие люди отличаются длительным ростом конечностей, особенно ног и пальцев рук. К тому же этот ген вызывает дефект в хрусталике глаза.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Сцепление генов. Кроссинговер. Половые хромосомы. Аутосомы. Наследование, сцепленное с полом.

ВЫВОДЫ

- Гены, лежащие в одной хромосоме, образуют группу сцепления и наследуют совместно. Кроссинговер может нарушить сцепление генов. **Частота кроссинговера пропорциональна расстоянию между генами, расположенными в одной хромосоме.**
- Благодаря кроссинговеру появляются хромосомы с новыми комбинациями родительских генов. Это повышает генетическое разнообразие организмов и расширяет возможности их адаптации к различным условиям окружающей среды.
- Гены, расположенные в половых хромосомах, определяют наследование признаков, сцепленных с полом.

ДЛЯ ЛЮБОЗНАТЕЛЬНЫХ

1 Известно много случаев, когда признак или свойства детерминируются двумя или более неаллельными генами, которые взаимодействуют между собой. Комплементарность — это такой тип взаимодействия неаллельных генов, когда один доминантный ген дополняет действие другого неаллельного доминантного гена и они вместе определяют новый признак, который отсутствует у родителей. Причём соответственный признак развивается только в присутствии обоих неаллельных генов. Примером комплементарного взаимодействия генов у человека может быть синтез защитного белка интерферона. Его образование в организме связано с комплементарным взаимодействием двух неаллельных генов, расположенных в разных хромосомах.

2 Около 5% ДНК находится в митохондриях. Мужские половые клетки хотя и содержат очень небольшое количество митохондрий, обеспечивающих их подвижность, но не передают их потомству. Поэтому все митохондрии плода, независимо от его пола, имеют материнское происхождение. Таким образом, женщина передаёт свой генетический материал не только через хромосомы, но и с митохондриальной ДНК (мтДНК), причём с равной вероятностью как мальчикам, так и девочкам. Такая наследственность называется митохондриальной и считается материнской.

3 При *X*-сцепленном типе наследования мутантный ген расположен в *X*-хромосоме. Если при этом мутация обладает доминантным эффектом, то больными могут быть как мужчины, так и женщины. Однако от больного отца заболевание с вероятностью 100% передаётся только девочкам, но не мальчикам, получающим от отца *Y*-хромосому. Вероятность передачи доминантной *X*-сцепленной мутации от больной матери детям составляет 50%, причём болезнь с равной вероятностью может быть унаследована как дочерью, так и сыном.

Гораздо чаще *X*-сцепленные заболевания наследуются по рецессивному типу. Отличительное свойство — в семье болеют мужчины, а мутантный аллель они наследуют от своей здоровой гетерозиготной матери. Больные мужчины могут передавать своё заболевание только через поколение и только внукам (но не внучкам) через свою здоровую, но гетерозиготную дочь.

ВОПРОСЫ

1. Что понимают под сцепленным наследованием генов?
2. В результате чего принцип сцепленного наследования генов нарушается?
3. Пол ребёнка в семье зависит от матери или отца? Почему?
4. Как называются признаки, которые контролируются генами, расположенными в половых хромосомах?
5. Каков хромосомный набор яйцеклетки человека?
6. В чём проявляется плейотропия?

ЗАДАНИЯ

7. Сформулируйте закон Моргана.
8. Сравните хромосомный набор мужчины и женщины. Выделите черты сходства и различия.
9. Вероятность кроссинговера между генами А и В — 9%, между генами В и С — 12%, между генами А и С — 19%. Определите вероятный порядок расположения генов в хромосоме, если известно, что они сцеплены.
10. Дальтонизм — рецессивный признак, сцепленный с *X*-хромосомой. В семье, где мать обладает нормальным цветоощущением, родилась дочь-дальтоник. Установите генотипы родителей. Какова вероятность рождения у них здорового сына?

ОБЪЯСНИТЕ

11. Почему у человека мужской пол гетерогаметный?
12. Почему появляются хромосомы с новыми комбинациями генов?
13. Почему женщина может быть носителем гена дальтонизма и при этом не болеть?



ТЕМЫ ДЛЯ ДИСКУССИЙ

14. Какова роль кроссинговера в проявлении изменчивости признаков?
15. Ген гемофилии (несвёртываемости крови) — рецессивный, локализованный в X-хромосоме. Может ли у здоровых родителей родиться ребёнок, больной гемофилией?

§ 41. МОДИФИКАЦИОННАЯ И НАСЛЕДСТВЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ

ЭТО Я ЗНАЮ

Что такое наследственность и изменчивость.
Как наследуются гены.



Каковы механизмы возникновения изменчивости признаков у организмов?

? КАКОВА РОЛЬ ГЕНОТИПА И УСЛОВИЙ СРЕДЫ В ФОРМИРОВАНИИ ПРИЗНАКОВ?

Учёные установили, что индивиды, имеющие одинаковый генотип, но выросшие в разных условиях, могут существенно отличаться друг от друга. Примером воздействия условий среды на формирование признаков организмов может служить индивидуальное развитие монозиготных (однойцевых) близнецов. Они идентичны по генотипу, поскольку развились из одной зиготы, давшей на этапе дробления начало двум или более зародышам. В раннем возрасте такие близнецы очень похожи друг на друга.

Однако с возрастом между монозиготными близнецами возникают различия. Они могут иметь различный рост, массу тела и густоту волос, разную степень развития скелетной мускулатуры. Появление этих различий связано с влиянием условий жизни. Например, особенностей питания, занятий спортом, характера трудовой деятельности. Поэтому фенотип организма является результатом проявления его генотипа в определённых условиях окружающей среды.

Модификационная изменчивость — изменение фенотипа под влиянием условий среды у организмов с одинаковым генотипом.

Иногда модификационную изменчивость называют ненаследственной. Это объясняется тем, что само фенотипическое изменение не наследуется, а способствует приспособлению организмов к конкретным условиям среды. Возникающие при этом изменения признаков называют модификациями. Они обусловлены тем, что факторы среды способны влиять на характер проявления генов, изменять интенсивность и ход протекания процессов обмена веществ в организме.

? КАКОВЫ ПРИЗНАКИ МОДИФИКАЦИОННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ?

Модификационная изменчивость характеризуется рядом признаков. Важной особенностью модификационной изменчивости является то, что под действием условий среды признаки организмов могут изменяться только *в определённых пределах*. Например, воздействие на человека солнечных лучей вызывает появле-

ние загара. Это пример модификации, которая проявляется в изменении фенотипа под влиянием фактора окружающей среды. Но одни люди могут загореть очень сильно, а другие такой степени загару достичь не смогут. Диапазон модификационной изменчивости признака называют его **нормой реакции**. Она определяется генотипом организма.

Модификационная изменчивость всегда направлена. Это означает, что под влиянием определённого экологического фактора окружающей среды у всех особей изменения будут происходить в одном направлении. Например, под действием солнечных лучей у людей увеличится количество меланина в клетках кожи, а не прибавится рост.

Степень выраженности модификаций пропорциональна силе и продолжительности действия вызвавшего их фактора. Например, количество меланина в коже напрямую зависит от времени, проведённого под прямыми солнечными лучами.

Модификации носят массовый характер. Это означает, что под действием изменившихся условий окружающей среды у всех особей данного вида признаки фенотипа будут изменяться в одном направлении. При этом степень этих изменений может быть различной, так как норма реакции у особей может быть разной.

Обычно модификации имеют *приспособительный характер*. Они способствуют адаптации организма к изменившимся условиям среды. Например, у человека, жившего на равнине, переезд в высокогорную местность вызывает увеличение количества эритроцитов в крови.

Значение модификационной изменчивости заключается в том, что она позволяет живым организмам в ходе онтогенеза приспосабливаться к различным внешним факторам, не изменяя при этом генотип. Способствуя адаптации особей, модификационная изменчивость обуславливает их выживание в меняющихся условиях окружающей среды.

ЧЕМ ОБУСЛОВЛЕНА КОМБИНАТИВНАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ?

Основной причиной разнообразия живых организмов является **наследственная изменчивость**. Она связана с изменением генетического материала организма. Наследственную изменчивость, обусловленную возникновением у потомства новых сочетаний родительских генов, называют **комбинативной изменчивостью**. Структура самих генов при этом не изменяется.

Комбинативная изменчивость — наследственная изменчивость, обусловленная возникновением у потомства новых комбинаций генов.

Комбинативная изменчивость основана на половом размножении, при котором появляется множество разнообразных гамет. Источниками комбинативной изменчивости являются независимое расхождение гомологичных хромосом в мейозе, случайная встреча гамет при оплодотворении, рекомбинация генов вследствие перекрёста хромосом. Все эти источники действуют независимо и одновременно, создавая огромное разнообразие новых генотипов. В результате у потомков появляются новые комбинации родительских признаков, а также новые признаки, которых не было у родителей.

Примером комбинативной изменчивости является рождение голубоглазого ребёнка у кареглазых гетерозиготных отца и матери. При этом у потомков возникают новые признаки, отличные от родительских. Однако новые комбинации генов не только легко возникают, но также и легко распадаются при передаче из поколения в поколение. Поэтому в потомстве выдающихся по качествам живых организмов появляются особи, уступающие родителям.



? ЧЕМ ОБУСЛОВЛЕНА МУТАЦИОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ?

Вторым типом наследственной изменчивости является **мутационная изменчивость**. Мутациями называют случайно возникшие наследуемые изменения генетического материала организмов. Они наследуются, если мутации локализованы в половых клетках. К мутациям относят преобразования структуры хромосом, их числа или последовательности нуклеотидов в генах.

Согласно современным представлениям, мутации возникают внезапно, проявляются индивидуально. По уровню изменения генетического материала мутации бывают **генными, хромосомными и геномными**.

Генные мутации связаны с изменением последовательности нуклеотидов в гене. Эта мутация может привести к тому, что мутантный ген перестаёт нормально функционировать. В результате не образуются соответствующие РНК и белок или синтезируется белок с другими свойствами, что проявляется в изменении признаков организма. Новые аллели обычно появляются в результате генных мутаций.

Хромосомные мутации — это мутации, при которых происходят изменения в структуре одной или нескольких хромосом (рис. 81). Появление этих мутаций связано с возникновением двух или более разрывов хромосом с последующим их соединением, но в неправильном порядке. Различают пять основных типов хромосомных мутаций: *делеция* — потеря участка хромосомы; *инверсия* — поворот части хромосомы на 180° ; *транслокация* — обмен участками негомологичных хромосом; *слияние* двух негомологичных хромосом в одну.

К изменению числа хромосом приводят геномные мутации. Наиболее распространённым типом геномных мутаций является *полиплоидия* — кратное изменение числа хромосом. Возникновение полиплоидов связано с нарушением митоза или мейоза. У диплоидных организмов гаплоидный набор (n) хромосом в клетках

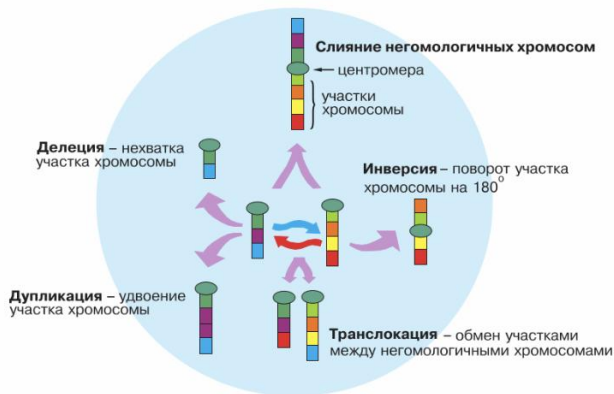


Рис. 81. Основные типы хромосомных мутаций

повторяется два раза. А у полиплоидных организмов гаплоидный набор хромосом повторяется до 10—12 раз. Известно много полиплоидных видов растений. У животных полиплоидия встречается реже. Полиплоидные виды не обнаружены у птиц и млекопитающих. Геномные мутации у человека связаны с изменением числа хромосом.

КАКОВЫ ПРИЧИНЫ МУТАЦИЙ?

В природе мутации очень редки. Поэтому их появление долго не могли объяснить. Опыты с плодовыми мушками дрозофилами впервые показали, что частота мутаций возрастает под воздействием рентгеновских лучей и различных химических веществ.

Появление мутаций вызывают мутагенные факторы, способные изменить молекулу ДНК. Мутации вызывают любые виды ионизирующих излучений. Энергия излучения может непосредственно привести к изменениям в ДНК или запустить процессы, следствием которых будут мутации. Чрезмерные дозы ультрафиолетового излучения при приёме солнечных ванн могут привести к изменениям в ДНК клеток и вызвать рак.

Рентгеновское и радиоактивное излучения чаще всего приводят к хромосомным мутациям. Это доказали цитологические обследования врачей-радиологов, рабочих на урановых рудниках и людей, подвергшихся облучению во время атомных бомбардировок.

Опыты на растениях и животных доказывают, что многие химические вещества являются мутагенными факторами. Это относится к компонентам табачного дыма, наркотикам, пестицидам. Чтобы предотвратить ущерб здоровью, поступающие в продажу новые вещества подвергаются лабораторным испытаниям. Каждый человек должен знать мутагенные вещества и избегать контактов с ними.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Ненаследственная изменчивость. Норма реакции. Модификационная изменчивость. Модификации. Наследственная изменчивость. Комбинативная изменчивость. Мутационная изменчивость. Мутации. Мутагенные факторы.

ВЫВОДЫ

- Модификационная изменчивость — ненаследственные изменения фенотипа под влиянием условий среды, имеющие массовый приспособительный характер к меняющимся условиям окружающей среды.
- Комбинативная изменчивость — наследственная изменчивость, обусловленная возникновением у потомства новых комбинаций генов в результате полового размножения.
- Мутации — стойкие изменения генотипа, способные передаваться по наследству.

ДЛЯ ЛЮБОЗНАТЕЛЬНЫХ

1 Многие сельскохозяйственные растения являются полиплоидными. Особое практическое значение имеют триплоидные растения, не имеющие семян. Большим потребительским спросом пользуются триплоидные сорта винограда, мандаринов, бананов.



- 2** Модификационной изменчивости подвержены как количественные, так и качественные признаки. Возникновение модификаций связано с тем, что такие важнейшие факторы среды, как свет, тепло, влага, химический состав и структура почвы, воздух, воздействуют на активность ферментов и в известной мере изменяют ход биохимических реакций, протекающих в развивающемся организме. Этим, в частности, объясняется появление различной окраски цветков у примулы и шерсти у гималайских кроликов.
- 3** Проявление мутации зависит от того, в каком участке гена произошло нарушение. Мутации, расположенные в регуляторных областях гена, как правило, приводят к количественным нарушениям на уровне белка, но при этом структура самого белка сохраняется нормальной. Поэтому последствия регуляторных мутаций могут быть менее драматичными по сравнению с мутациями, меняющими структуру кодируемого белка.

ВОПРОСЫ

1. Какие изменения относятся к модификационной изменчивости?
2. Что такое норма реакции? От чего она зависит у конкретной особи?
3. Что понимают под комбинативной изменчивостью?
4. Какие биологические явления лежат в основе комбинативной изменчивости?
5. Что такое мутации? Почему они возникают?
6. Каково значение мутаций для организма?

ЗАДАНИЯ

7. При исследовании генетики человека большое значение придаётся изучению однояйцевых близнецов. Особое внимание уделяется всестороннему изучению близнецов, которые вскоре после рождения оказались разлучены и выросли в разных семьях. Поясните, каковы цели данных исследований.
8. Докажите на примерах, что формирование признаков организмов зависит не только от их генотипа, но и от условий окружающей среды.
9. Сравните мутации и модификации. Выделите черты различия.
10. Охарактеризуйте основные свойства модификаций, приведите примеры.

ОБЪЯСНИТЕ

11. Почему модификационную изменчивость называют фенотипической, массовой, ненаследственной?
12. Почему комбинативная изменчивость не проявляется у организмов, размножающихся исключительно бесполом путём?
13. Почему мутации не всегда проявляются в фенотипе?

ТЕМЫ ДЛЯ ДИСКУССИЙ

14. Чем опасны для человека близкородственные браки?
15. В чём проявляется значение мутационной изменчивости для эволюции органического мира?

§ 42.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ
НАСЛЕДСТВЕННОСТИ ЧЕЛОВЕКА

ЭТО Я ЗНАЮ

Что такое мутации.
Виды мутаций.



Какими методами можно изучать наследственность человека?



В ЧЁМ ОСОБЕННОСТИ ИЗУЧЕНИЯ ГЕНЕТИКИ ЧЕЛОВЕКА?

Общие закономерности наследственности и изменчивости живых организмов универсальны. Они применимы и к человеку. Однако как объект генетических исследований человек имеет свою специфику.

Для человека характерны медленная смена поколений, небольшое количество потомков в семьях. Поэтому определить закономерности наследования конкретных признаков человека иногда довольно сложно. Эксперименты на людях невозможны. Эти особенности затрудняют изучение наследственности и изменчивости человека.

В изучении наследственности человека большое значение имеет **близнецовый метод**. В человеческих популяциях близнецы рождаются с частотой 1%. Они могут быть разнояйцевыми и однояйцевыми.

Для изучения наследственности и изменчивости человека особый интерес представляют однояйцевые (монозиготные) близнецы. Они развиваются из одной оплодотворённой яйцеклетки, которая даёт начало двум или нескольким эмбрионам. Такие близнецы имеют одинаковый генотип. Поэтому однояйцевые близнецы всегда одного пола, обладают поразительным внешним сходством, имеют во многом похожие отпечатки пальцев, кровь одной и той же группы.

Изучение однояйцевых близнецов позволяет определить роль генотипа и условий окружающей среды в развитии тех или иных признаков человека. Учёные выявили во всём мире несколько сотен пар однояйцевых близнецов, которые были разлучены в детстве и воспитывались в разных семьях.



НА ЧЁМ ОСНОВАН ГЕНЕАЛОГИЧЕСКИЙ МЕТОД ИЗУЧЕНИЯ ГЕНЕТИКИ ЧЕЛОВЕКА?

Генеалогический метод основан на построении и изучении родословных, отражающих проявление определённых признаков человека в ряду поколений (рис. 82).

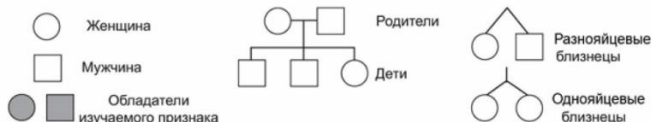


Рис. 82. Условные обозначения, используемые при составлении родословных человека

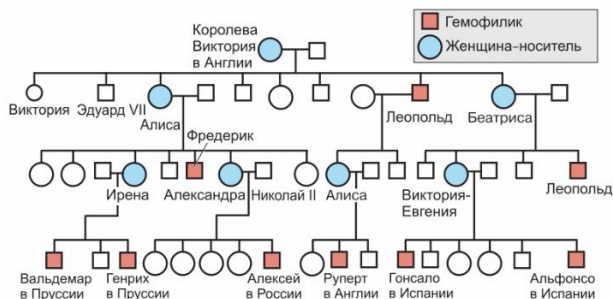


Рис. 83. Наследование гемофилии в королевских домах Европы

Использование этого метода позволяет установить, наследуется ли изучаемый признак, определить тип наследования и вероятность проявления признака в последующих поколениях. С помощью генеалогического метода определён характер наследования многих наследственных заболеваний, обусловленных генными мутациями.

Благодаря родословной было установлено наследование гена нарушения свёртываемости крови (гемофилии), который часто встречался у потомков английской королевы Виктории (рис. 83). Королева и её муж были здоровы. Никто из предков Виктории не страдал гемофилией. Учёные предполагают, что мутация могла возникнуть в гамете одного из родителей Виктории. Вследствие этого королева стала носительницей гена гемофилии и передала его многим своим потомкам. Все потомки мужского пола, получившие от Виктории X-хромосому с мутантным геном, страдали гемофилией.

❓ НА ЧЁМ ОСНОВАН ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКИЙ МЕТОД ИЗУЧЕНИЯ ГЕНЕТИКИ ЧЕЛОВЕКА?

Цитогенетический метод связан с микроскопическим изучением структуры и количества хромосом. Известно, что в соматических клетках человека содержится 46 хромосом. Из них 22 пары аутосом и одна пара половых хромосом. Каждой паре аутосом присвоен порядковый номер от 1 (самые крупные хромосомы) до 22 (самые мелкие). Половые хромосомы получили буквенные обозначения X и Y.

После дифференциального окрашивания специальными красителями в хромосомах проявляются светлые и тёмные участки. Их количество, протяжённость и последовательность расположения специфичны для каждой пары хромосом (рис. 84). Изучение осо-

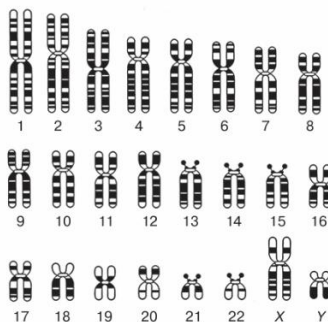


Рис. 84. Хромосомы человека после дифференциального окрашивания



Секвенирование генома — это способ получения генетической информации. Сегодня используется такой подход: выделенную ДНК случайным образом разрезают на множество мелких фрагментов, к фрагментам добавляются специальные адаптеры на концах, и затем их количество нарабатывается с помощью полимеразной цепной реакции (метод молекулярной биологии, позволяющий создать копии определённого фрагмента ДНК из исходного образца). После все эти кусочки параллельно «читаются», специальные программы «собирают» из них геном и выявляют изменения в нём относительно искусственной стандартной последовательности генома, своеобразного примера для сравнения.

В ходе секвенирования генома можно проанализировать практически все гены, межгенные участки, митохондриальную ДНК.

? ЧТО ТАКОЕ ПЕРСониФИЦИРОВАННАЯ МЕДИЦИНА?

Секвенирование генома позволило выйти на качественно новый уровень развития медицины, а именно к персонифицированной медицине, которая основывается на подборе индивидуальных лечебных, диагностических и превентивных средств, оптимально подходящих по биохимическим, физиологическим и генетическим особенностям организма. Персонифицированная медицина использует инновационные диагностические методики и таргетные препараты (препараты, прицельно воздействующие на патологический очаг без вреда для здоровых клеток организма).

Настоящим прорывом в развитии современной персонифицированной медицины явилось создание *генетического паспорта*. Методика позволяет определить не только наследственные болезни, но и предрасположенность к развитию некоторых многофакторных и онкологических заболеваний. При создании генетического паспорта возможно предсказание возраста развития заболеваний и планирование профилактических мероприятий.

Генетический паспорт позволяет определить национальное происхождение и этнический состав генов (дрейф генов), предрасположенность к определённым видам спорта, творческие способности и личностные качества, особенности реакции на лекарственные средства, привычки, усвоение пищевых нутриентов, а также индивидуальные характеристики метаболизма.

? МОЖНО ЛИ ИЗМЕНИТЬ ГЕНОМ ОРГАНИЗМА?

Редактирование генома — новый генно-инженерный метод, применяемый в генной терапии и в исследованиях по функциональной геномике. В основе метода лежит использование специфичных нуклеаз, способных вызывать сайт-специфические изменения генома (рис. 85). Включение, удаление или перемещение фрагментов ДНК в геноме организма можно проводить с помощью специфически спроектированных «молекулярных ножниц», которые, по сути, являются ферментами эндонуклеазами.

Первый метод геномного редактирования появился в 1996 г., а с открытием в 2012—2013 гг. метода генетической инженерии CRISPR/Cas появились принципиально новые возможности для манипуляций на уровне генома высших организмов. С помощью системы CRISPR/Cas можно осуществлять любые изменения генома: включать точечные мутации и новые гены в определённый участок, удалять крупные участки нуклеотидных последовательностей, исправлять или заменять отдельные участки генов. Редактирование генома может быть осуществлено на уровне эмбриона, что позволит избавить его от наследственных болезней. Однако редактирование генома человека является этической проблемой, что в значительной степени тормозит развитие этого метода.

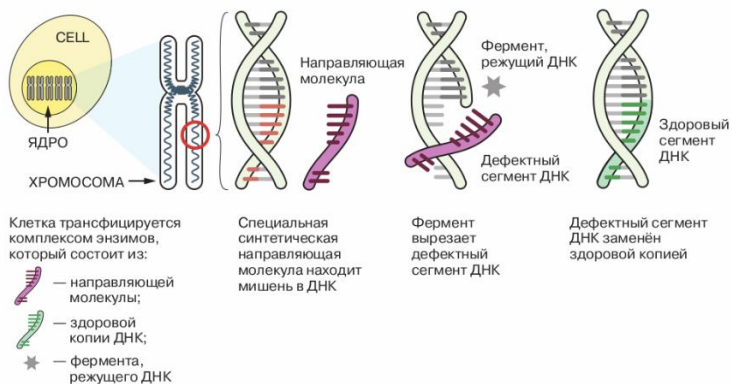


Рис. 85. Схема редактирования генома

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Генеалогический, близнецовый, цитогенетический, биохимический, молекулярно-генетический методы. Секвенирование.

ВЫВОДЫ

- Генетика человека — раздел генетики, изучающий закономерности наследования и изменчивости признаков у человека.
- Методы изучения наследственности человека: генеалогический, близнецовый, цитогенетический, биохимический, молекулярно-генетический.

ДЛЯ ЛЮБОЗНАТЕЛЬНЫХ

- 1** Сцепленный с X-хромосомой доминантный тип наследования характерен для таких болезней человека, как истончение эмали зубов, наследственная форма рахита, которая не лечится витамином D, и некоторых других.
- 2** Популяционно-статистический метод основан на изучении наследственных признаков в человеческих популяциях. Важным условием при использовании этого метода является точная статистическая обработка получаемых данных. Популяционно-статистический метод позволяет определять частоту встречаемости в популяциях определённых генов, генотипов и фенотипов, исследовать закономерности мутационного процесса, выявлять роль генотипа и условий среды в возникновении наследственных заболеваний.
- 3** Дерматоглифический метод основан на изучении кожных узоров на пальцах, ладонях и подошвах стоп человека. На этих участках тела кожа имеет сложный рельеф, определяемый генотипом. Поэтому дерматоглифические узоры индивидуальны для каждого человека и остаются неизменными в течение всей жизни. Исключением являются однояйцевые близнецы. У них дерматоглифические узоры почти совпадают.



ВОПРОСЫ

1. Какие методы используются для изучения генетики человека?
2. Что позволяет установить генеалогический метод исследования?
3. В чём суть цитогенетического метода?
4. В каком случае применяют близнецовый метод изучения генетики человека?
5. Какова роль биохимических методов изучения генетики человека?
6. Какие методы позволяют изучить структуру нуклеиновых кислот?

ЗАДАНИЯ

7. Каким образом на основании родословной, отражающей наследование определённого признака, можно установить, является ли данный признак доминантным или рецессивным?
8. Заболевание сахарный диабет при инсулинозависимой форме вызывается рецессивной мутацией и характеризуется повышением уровня глюкозы в крови вследствие нехватки инсулина. Предложите методы исследования наследственности человека, которые позволят выявить причины болезни и характер наследования признака.
9. На примере вашей семьи и семей близких родственников проанализируйте наследование некоторых признаков человека. Это может быть цвет волос или глаз, наличие или отсутствие веснушек, ямочки на подбородке, способность или неспособность сворачивать язык трубочкой. Для каждого из выбранных признаков составьте родословную и попробуйте установить особенности наследования признака.
10. В случае полного доминирования наследственная болезнь, обусловленная *доминантным* геном, будет проявляться в каждом поколении. При этом в некоторых семьях, где оба родителя больны, возможно рождение здоровых детей. Подумайте: при каких генотипах родителей и с какой вероятностью? Составьте возможные схемы скрещиваний.

ОБЪЯСНИТЕ

11. Почему цитогенетический метод позволяет выявить хромосомные и геномные мутации, а генные — нет?
12. Почему сравнительное изучение монозиготных близнецов позволяет выявить роль генотипа и условий среды в формировании конкретных признаков организма?
13. Почему рецессивными болезнями, *сцепленными с X-хромосомой*, чаще страдают мужчины?

ТЕМЫ ДЛЯ ДИСКУССИЙ

14. Составление родословных человека и анализ определения типа наследования признаков сопряжены с трудностями. Как вы думаете, какие особенности человека осложняют использование генеалогического метода?
15. Универсальны ли законы Г. Менделя и применимы ли они к человеку?

§ 43. НАСЛЕДСТВЕННЫЕ ЗАБОЛЕВАНИЯ ЧЕЛОВЕКА

ЭТО Я ЗНАЮ

Методы изучения наследственности человека.
Наследование признаков, сцепленных с полом.



Можно ли предупредить развитие наследственных заболеваний?



КАКОВЫ ОСОБЕННОСТИ ГЕННЫХ БОЛЕЗНЕЙ ЧЕЛОВЕКА?

Генные болезни человека обусловлены изменением ДНК на уровне отдельных генов. Такие мутации могут привести к изменению структуры и функций соответствующих белков, что и лежит в основе фенотипического проявления генных болезней.

В человеческих популяциях частота проявления генных болезней составляет 1—2%. Эти болезни чаще всего связаны с нарушением обмена определённых веществ — аминокислот, углеводов, липидов. Генные мутации могут быть причиной неправильного развития и функционирования тех или иных тканей и органов. Дефектными генами обусловлены *наследственная глухота, атрофия зрительного нерва, шестипалость, коротконопалость* и многие другие патологические признаки.



КАК НАСЛЕДУЮТСЯ ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ЗАБОЛЕВАНИЯ?

Некоторые генетические заболевания обусловлены мутациями в одном гене. Эти генетические заболевания обычно наследуются по одному из следующих вариантов.

Аутосомно-доминантный. Достаточно одной мутированной копии гена от одного из родителей для того, чтобы проявилось аутосомно-доминантное заболевание у ребёнка. Аутосомно-доминантное заболевание встречается в каждом поколении семьи с этим заболеванием.

Аутосомно-рецессивный. Две мутированные копии гена (по одной от каждого родителя) должны присутствовать у ребёнка, чтобы проявилось аутосомно-рецессивное заболевание. Аутосомно-рецессивное заболевание обычно не проявляется в каждом поколении семьи с этим заболеванием.

X-сцепленный доминантный тип. Связан с мутированным геном, который локализуется в X-хромосоме. У больных женщин вероятность рождения больного ребёнка составляет 50% и одинакова для дочерей и сыновей. У больного мужчины все дочери будут больны, а все сыновья будут здоровы.

X-сцепленный рецессивный тип. X-сцепленный рецессивный тип заболевания также связан с мутацией в гене, который локализуется в X-хромосоме. Мужчины более часто подвержены этому заболеванию, чем женщины, так как они имеют только одну копию X-хромосомы. В основном поражаются этим типом заболевания мужчины — родственники по материнской линии. У больного отца все сыновья будут здоровы, а все дочери будут носительницами X-сцепленного рецессивного заболевания и могут передать его своим сыновьям.

Y-сцепленный тип. Связан с мутированным геном, который локализуется в Y-хромосоме. При Y-сцепленном заболевании больны будут только мужчины, имеющий мутированный ген отец будет передавать заболевание только своим сыновьям, его дочери и их дети всегда здоровы.

Митохондриальный тип. Этот тип наследования, также известный как материнское наследование, связан с генами, локализованными в митохондриальной



ДНК. Поскольку только митохондрии яйцеклеток используются в эмбрионе, то только женщины могут передавать митохондриальные мутации своим детям. Заболевания вследствие мутаций в митохондриальной ДНК могут проявляться в каждом поколении семьи и могут затрагивать и мужчин, и женщин.

Множество других заболеваний вызваны комбинацией эффектов нескольких генов или взаимодействием генов с окружающей средой. Примерами таких заболеваний, вызванных множеством генов или взаимодействием гена и среды, могут быть болезни сердечно-сосудистой системы, диабет, шизофрения и определённые типы рака.

ЧЕМ ОБУСЛОВЛЕНА ФЕНИЛКЕТОНУРИЯ?

Одним из самых распространённых и наиболее изученных генных заболеваний является **фенилкетонурия**. Эта болезнь встречается в среднем у одного из 8 тыс. новорождённых. Фенилкетонурия обусловлена дефектом гена, который кодирует фермент, превращающий аминокислоту фенилаланин в тирозин. Накапливающиеся в организме новорождённого токсические продукты неполного превращения фенилаланина повреждают клетки нервной системы, приводя к умственной отсталости.

Постановка диагноза на самых ранних этапах жизни и вскармливание детей в течение первых трёх-четырёх лет жизни искусственными смесями и продуктами, не содержащими фенилаланин, позволяют предотвратить развитие болезни. В дальнейшем эти дети развиваются нормально, даже при переходе на обычную пищу.

С ЧЕМ СВЯЗАН АЛЬБИНИЗМ?

Генным заболеванием, связанным с нарушением аминокислотного обмена, является альбинизм. Чаще всего причиной этой болезни является снижение или полное отсутствие активности фермента тирозиназы. Этот фермент катализирует превращение тирозина в пигмент меланин.

Нарушение синтеза меланина у альбиносов является причиной молочно-белого цвета кожи и волос, отсутствия пигмента в радужке глаза. У больных снижена острота зрения, выражена светобоязнь. Их кожа, лишённая меланина, не защищена от воздействия ультрафиолетового излучения.

У альбиносов часто наблюдаются воспалительные заболевания кожи, повышена вероятность злокачественного перерождения её клеток. Лечение этой болезни ещё не разработано. Больным рекомендуется использовать различные средства защиты кожи и глаз от ультрафиолетовых лучей.

КАКОВЫ ОСОБЕННОСТИ ХРОМОСОМНЫХ БОЛЕЗНЕЙ?

Исследования хромосом человека позволили установить, что многие врождённые заболевания связаны с изменением структуры или числа хромосом в результате хромосомных или геномных мутаций. Эти заболевания называются **хромосомными болезнями**.

Так, во всех клетках организма человека с трисомической формой синдрома Дауна не 46, а 47 хромосом из-за наличия не двух, а трёх хромосом в 21-й паре. Частота этого заболевания в среднем составляет один случай на 700 новорождённых.

Для людей с синдромом Дауна (рис. 86) характерны умственная отсталость, низкий рост, уплощённое лицо, монголоидный разрез глаз, деформированные ушные раковины. Часто наблюдаются косоглазие, пороки сердечно-сосудистой системы, органов пищеварения. Вероятность рождения ребёнка с синдромом Дауна возрастает у матерей старше 35 лет. Это связано с тем, что с возрастом увеличивается вероятность неправильного расхождения хромосом во время мейоза.

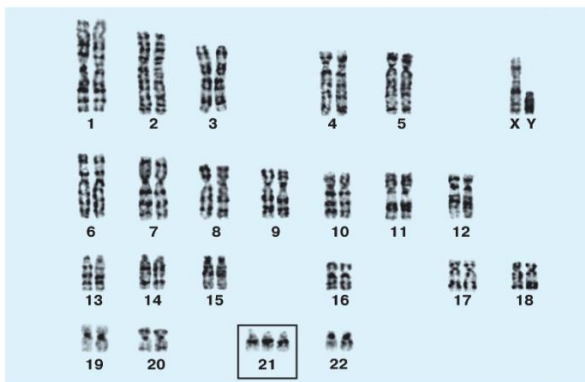


Рис. 86. Хромосомный набор мужчины с болезнью Дауна

? КАКОВЫ ОСОБЕННОСТИ ЗАБОЛЕВАНИЙ С НАСЛЕДСТВЕННОЙ ПРЕДРАСПОЛОЖЕННОСТЬЮ?

К заболеваниям с наследственной предрасположенностью относят такие заболевания, как гипертоническая болезнь, бронхиальная астма, ишемическая болезнь сердца, цирроз печени, язвенная болезнь желудка. Эти заболевания отличаются от генных и хромосомных болезней тем, что на развитие и протекание болезни значительно влияют условия окружающей среды и образ жизни человека.

Раннему проявлению болезни с наследственной предрасположенностью может способствовать сочетание неблагоприятных факторов. Например, злоупотребление алкоголем может спровоцировать развитие цирроза печени, язвы желудка. Курение табака может привести к возникновению гипертонической болезни, бронхиальной астмы.

? НА ЧЁМ ОСНОВАНА ГЕНОДИАГНОСТИКА?

Современная молекулярная биология создаёт основы для успешного решения проблемы многих наследственных заболеваний человека. Планирующие вступление в брак люди могут определить у себя наличие генов, которые могут привести к наследственным болезням их будущих детей. Такая генодиагностика помогает принять решение о создании семьи и планировать деторождение.

Сведения о мутантных генах, определяющих наследственные болезни, постоянно накапливаются в соответствующих базах данных. Это позволяет с использованием трансгенных лабораторных животных моделировать наследственные заболевания людей и на основе этого разрабатывать методы оказания помощи.

? КАКИЕ ПОДХОДЫ ИСПОЛЬЗУЮТ В ГЕНОТЕРАПИИ?

Перспективным направлением лечения наследственных заболеваний является **генотерапия**. Она основана на замене приводящего к болезни гена на нормальный.



В генотерапии используют два подхода (рис. 87). При первом подходе ДНК, несущую нормальный ген, вводят в клетки тканей определённых органов человека, страдающего наследственным заболеванием. Второй подход отличается тем, что из повреждённого органа человека хирургически извлекают небольшое количество клеток. В них вводят ДНК с нормальным геном. Получившие нормальный ген клетки размножают на питательных средах. Затем эти клетки вводят в соответствующий орган больного. Генотерапия применима только к тем органам, в которых происходит постоянное возобновление клеток. Успех лечения зависит от того, насколько эффективно будет происходить замена исходных дефектных клеток на клетки, несущие нормальный ген.

? КАКОВЫ ОСОБЕННОСТИ ДИАГНОСТИКИ И ЛЕЧЕНИЯ НАСЛЕДСТВЕННЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ?

В нашей стране создана сеть учреждений, осуществляющих **медико-генетическое консультирование** населения. Оно имеет важное значение для предупреждения рождения детей с наследственными заболеваниями. Родители будущего ребёнка, у которых есть родственники с наследственными болезнями либо которые уже имеют детей с врождённой патологией, должны обращаться в медико-генетическую консультацию в первую очередь.

Медико-генетическое консультирование также необходимо в случае, если будущая мать старше 35 лет, так как при этом существенно возрастает вероятность появления детей с наследственными аномалиями, а также семьям, в которых супруги являются кровными родственниками.

Установлено, что каждый человек является носителем хотя бы нескольких вредных рецессивных мутаций. В близкородственных браках значительно повышена вероятность гетерозиготности супругов по одним и тем же рецессивным генам. Поэтому у родителей, состоящих в кровном родстве, частота рождения детей с рецессивными наследственными болезнями во много раз выше, чем в неродственных браках.

Использование разнообразных методов позволяет врачам-генетикам определить вероятность рождения ребёнка с наследственной патологией, на ранних этапах онтогенеза выявить болезнь и вовремя назначить соответствующее лечение.

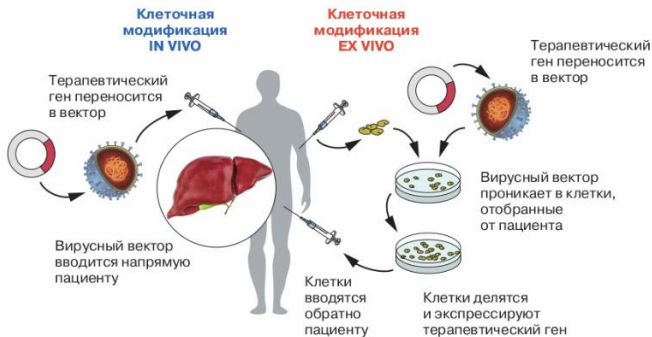


Рис. 87. Варианты применения генной терапии

КЛЮЧЕВЫЕ
СЛОВА

Генные болезни. Хромосомные болезни. Заболевания с наследственной предрасположенностью. Генотерапия. Медико-генетическое консультирование.

ВЫВОДЫ

- Генные болезни человека обусловлены изменением структуры ДНК на уровне отдельных генов. Хромосомные болезни связаны с изменением структуры или числа хромосом в результате хромосомных или геномных мутаций.
- На развитие и протекание болезней с наследственной предрасположенностью значительно влияют условия окружающей среды и образ жизни человека.
- Медико-генетическое консультирование, генодиагностика и генотерапия — современные подходы в диагностике и лечении наследственных заболеваний.

ВОПРОСЫ

1. Какие наследственные заболевания относятся к генным?
2. В чём различие между генными и хромосомными болезнями?
3. Какие наследственные заболевания человека вам известны?
4. Какие факторы могут способствовать развитию заболеваний с наследственной предрасположенностью?
5. На чём основана генотерапия?
6. Каковы цели медико-генетического консультирования?

ЗАДАНИЯ

7. К какому типу мутации относится синдром Дауна? Объясните своё решение.
8. Определите вероятность рождения детей, больных гемофилией, в семье, где мать — носитель гена данного заболевания.
9. Известно, что люди, страдающие фенилкетонурией, по ряду признаков сходны с альбиносами. Так, они обычно имеют светлую кожу и волосы, а также светлую окраску радужки глаз. Однако у больных фенилкетонурией эти признаки, как правило, выражены слабее, чем у альбиносов. Чем можно объяснить эти факты?
10. Назовите основные меры профилактики возникновения наследственных болезней человека.

ОБЪЯСНИТЕ

11. Почему рождаются дети с синдромом Дауна?
12. Почему у здоровых родителей может родиться ребёнок-альбинос?
13. Почему в семьях, где супруги являются кровными родственниками, значительно повышен риск рождения детей с наследственными аномалиями?

ТЕМЫ ДЛЯ ДИСКУССИЙ

14. У некоторых людей (моносомиков) клетки содержат только одну X-хромосому, но не встречаются люди, обладающие только Y-хромосомой. Какова причина этого явления?
15. Какие факторы могут увеличить риск проявления наследственных заболеваний человека?



§ 44. ПОПУЛЯЦИОННАЯ ГЕНЕТИКА ЧЕЛОВЕКА

ЭТО Я ЗНАЮ

Методы изучения наследственности человека.
Генные, хромосомные заболевания человека.



Какое значение имеет изучение генофонда популяций человека?

? ЧТО ИЗУЧАЕТ ПОПУЛЯЦИОННАЯ ГЕНЕТИКА ЧЕЛОВЕКА?

Популяционная генетика человека изучает распространённость наследственных заболеваний в зависимости от демографической, этнической и других особенностей популяции, а также от различных факторов среды. Необходимость выделения популяционного метода связана с тем, что распространённость наследственных заболеваний неодинакова по разным регионам мира или даже отдельной страны или территории. Например, частота фенилкетонурии в России составляет 1 : 7900 новорождённых, в Австрии — 1 : 12 000, в Финляндии — 1 : 43 000, в Японии — 1 : 100 000.

Результаты исследований показали, что некоторые генетические отклонения часто встречаются среди людей, предки которых вышли из специфической географической области. Это связано с тем, что люди в этнической группе часто имеют определённые версии генов, которые переданы от одного общего предка. Если один из этих генов содержит мутацию, обуславливающую развитие заболевания, то это специфическое отклонение будет чаще наблюдаться в этой группе людей.

Примером генетических отклонений, которые более распространены в специфических этнических группах, является *серповидноклеточная анемия*. Она чаще встречается среди африканцев, афроамериканцев и выходцев из Средиземноморья.

? КАКОВЫ ОСОБЕННОСТИ ПОПУЛЯЦИИ ЛЮДЕЙ?

Для характеристики относительно стабильных и сравнительно изолированных групп людей используют понятие **популяция** — это группа людей, занимающих определённую территорию и свободно вступающих в брак. В популяции людей важное значение имеет её определение в качестве репродуктивного сообщества людей, обладающих общим генетическим фондом. Главную роль в формировании популяции людей играет не общность территории, а связи между представителями популяции.

Демографическими показателями популяции людей служат уровень рождаемости и смертности, возрастная и половая структура, структура браков, социально-экономическое состояние, этническая структура, уровень образования. Каждый из этих факторов вносит коррективы в распределение частот аллелей в популяции (рис. 88).

Важное значение имеет размер популяции, так как в различных по величине группах отбор проявляется по-разному. В больших популяциях нежелательные аллели имеют больше шансов быть исключёнными. В маленьких популяциях даже очень редкий аллель закрепляется.

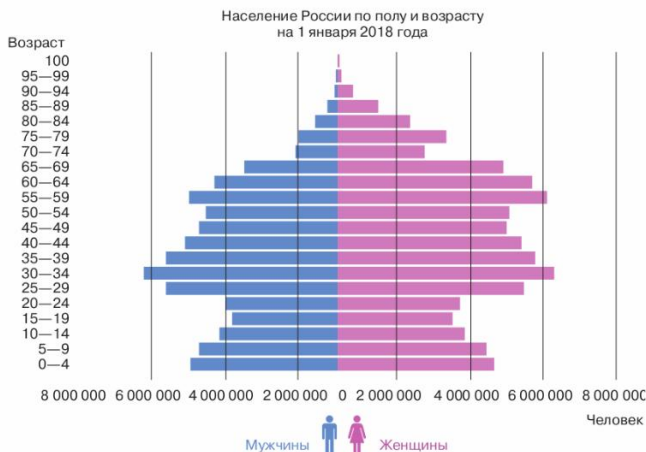


Рис. 88. Социально-демографическая структура населения России в 2018 г.

? КАКОВА ЗАКОНОМЕРНОСТЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГЕНОВ В БОЛЬШИХ ПОПУЛЯЦИЯХ?

В больших по размерам популяциях распределение аллелей отдельных генов в генотипах индивидуумов последовательных поколений подчиняется закону, сформулированному английским математиком **Харди** и немецким врачом **Вайнбергом**. В соответствии с этим законом частоты встречаемости аллелей и генотипов в популяции будут оставаться постоянными из поколения в поколение.

Закон выполняется при наличии условий: численность особой популяции достаточно велика; внутри популяции происходит свободное скрещивание случайным образом; отсутствуют мутации по данному гену; отсутствует обмен генами с другими популяциями; отсутствует естественный отбор и особи с разными генотипами одинаково плодовиты и жизнеспособны.

Закон Харди—Вайнберга — в больших популяциях при условии свободного скрещивания и при отсутствии притока мутаций и отбора устанавливается равновесие частот генотипов, которое сохраняется из поколения в поколение.

Закон Харди—Вайнберга устанавливает математическую зависимость между частотами аллелей аутосомных генов и генотипов и выражается следующими формулами:

$$p_A + q_a = 1; p_{AA}^2 + 2pq_{Aa} + q_{aa}^2 = 1,$$

где p_A — частота доминантного аллеля гена;

q_a — частота рецессивного аллеля гена;

p_{AA}^2 — частота особей, гомозиготных по доминантному аллелю;



- $2pq_{Aa}$ — частота гетерозиготных особей;
 q_{aa}^2 — частота особей, гомозиготных по рецессивному аллелю, то есть частота особей с рецессивным признаком;
 $p_{AA}^2 + 2pq_{Aa}$ — частота особей с доминантным признаком;
 $2pq_{Aa} + q_{aa}^2$ — частота особей, в генотипе которых имеется рецессивный аллель.

? КАК МОЖНО ИСПОЛЬЗОВАТЬ ЗАКОН ХАРДИ—ВАЙНБЕРГА В ГЕНЕТИЧЕСКИХ РАСЧЁТАХ?

Практическое значение закона Харди—Вайнберга состоит в том, что он позволяет рассчитать генетический состав популяции в данный момент и выявить тенденции его изменения в будущем. Это модель, используя которую генетики могут количественно определять изменения в распределении генов в популяции, вызванные мутациями, миграциями или другими причинами.

Рассмотрим пример использования закона Харди—Вайнберга в генетических расчётах. Известно, что один человек из 10 тыс. является альбиносом. При этом признак альбинизма у человека определяется одним рецессивным геном.

Вычислим, какова доля скрытых носителей этого признака в человеческой популяции. Если один человек из 10 тыс. является альбиносом, значит, частота рецессивных гомозигот составляет 0,0001. Поэтому $q^2 = 0,0001$.

Зная это, можно определить частоту аллеля альбинизма q , частоту доминантного аллеля нормальной пигментации p и частоту гетерозиготного генотипа ($2pq$). Люди с таким генотипом будут скрытыми носителями альбинизма, и фенотипически этот ген у них не будет проявляться. Несмотря на то что число альбиносов очень мало, ген альбинизма несёт около 2% людей. Это значительное количество.

? В ЧЁМ ОСОБЕННОСТИ НАСЛЕДОВАНИЯ ПРИЗНАКОВ В ИЗОЛИРОВАННЫХ ГРУППАХ ЛЮДЕЙ?

Часто образуются группы людей, лишённые возможности свободно заключать брачные союзы в пределах популяции. Изолирующими факторами могут выступать географические, социальные или религиозные факторы. При этом жители даже одного небольшого района могут образовывать совершенно изолированные группы людей, численностью до 1500 человек и меньше. В таких случаях частота внутригрупповых браков превышает 90%. При этом закрепляющиеся гены ограничиваются этой группой. Члены таких групп через четыре поколения, примерно через 100 лет, являются троюродными родственниками.

Поэтому в малочисленных популяциях закон Харди—Вайнберга не действует. В этих популяциях происходит дрейф генов — случайное изменение частоты встречаемости генов одной аллельной пары. Дрейф генов может привести популяцию в гомозиготное состояние. Высокая степень репродуктивной изоляции малочисленных человеческих популяций на протяжении многих поколений создавала благоприятные условия для сглаживания изменчивости внутри группы.

? В ЧЁМ ОСОБЕННОСТИ ПОЛОВОЙ СТРУКТУРЫ ПОПУЛЯЦИИ ЛЮДЕЙ?

Состав населения по полу обычно измеряется числом мужчин на 100 женщин. Соотношение мужских и женских зародышей при оплодотворении составляет примерно 125—130 мужских зародышей на 100 женских. Соотношение родившихся живыми мальчиков и девочек составляет 105 : 100. Однако по мере взросления соотношение полов постепенно выравнивается. В старших возрастных группах женщины начинают преобладать.

Мужчины и женщины по-разному реагируют на одни и те же события, по-разному ведут себя в схожих жизненных ситуациях. Знать половозрастную структуру изучаемой популяции необходимо для правильной интерпретации проявления наследственных задатков.

Различия по разнообразию и частоте встречаемости аллелей генов в генофондах популяций человека являются основой межпопуляционных и внутривидовых фенотипических различий людей — изменчивости. Она проявляется в неравномерном распределении по планете некоторых заболеваний, тяжести их протекания в разных человеческих популяциях, разной степени предрасположенности людей к определённым болезням, индивидуальных особенностях развития заболевания, различиях в реакции на лечебное воздействие.

**КЛЮЧЕВЫЕ
СЛОВА**

Популяционная генетика. Популяция человека. Генофонд. Закон Харди—Вайнберга. Дрейф генов.

ВЫВОДЫ

- Изучением распространённости наследственных заболеваний в зависимости от демографической, этнической особенностей популяции, различий факторов среды занимается популяционная генетика человека.
- Популяция человека — это относительно стабильная и сравнительно изолированная группа людей, занимающих определённую территорию и свободно вступающих в брак.
- В соответствии с законом Харди—Вайнберга частоты встречаемости аллелей и генотипов в больших популяциях будут оставаться постоянными из поколения в поколение при отсутствии притока мутаций и отбора.

ДЛЯ ЛЮБОЗНАТЕЛЬНЫХ

Открытие рецессивных летальных мутаций в популяциях дрозофилы положило начало учению о генетическом грузе популяций. Этот груз складывается из летальных, полудетальных и сублетальных изменений. Объём генетического груза определяется разнообразием мутаций, имеющихся в популяции. Увеличение концентрации мутаций сдерживается отбором, поэтому каждая рецессивная мутация включена в генофонд популяции на низком уровне. Однако общее число рецессивных мутаций так велико, что каждый человек несёт, например, три-четыре летальные мутации.

ВОПРОСЫ

1. Что является предметом изучения популяционной генетики человека?
2. Существует ли связь наследственной болезни человека с его этническим происхождением?
3. Что собой представляет популяция человека?
4. Что отражает математическая зависимость закона Харди—Вайнберга?
5. В чём практическое значение закона Харди—Вайнберга?
6. С чем связано снижение жизнеспособности людей в изолированных популяциях?



ЗАДАНИЯ

7. Сформулируйте закон Харди—Вайнберга.
8. Дайте обоснование утверждению: закон Харди—Вайнберга будет нарушен при половом отборе исследуемых генов, мутировании исследуемых генов, влияющих на выживаемость особей.
9. В популяции человека количество индивидуумов с карим цветом глаз составило 51%, а с голубым — 49%. Определите процент доминантных гомозигот в данной популяции.
10. Составьте задачу, иллюстрирующую действие закона Харди—Вайнберга.

ОБЪЯСНИТЕ

11. Почему закон Харди—Вайнберга справедлив, если отсутствует миграция особей за пределы популяции и внутрь данной популяции из других групп?
12. Почему закон Харди—Вайнберга описывает идеальную популяцию?
13. Объясните, как вы понимаете разницу между географической и биологической изоляцией на примере популяций какого-либо вида млекопитающих.

ТЕМЫ ДЛЯ ДИСКУССИЙ

14. Генетика и теория эволюции тесно связаны. В чём проявляется единство этих наук?
15. Чем реальная популяция отличается от идеальной? В чём плюсы и минусы моделирования в биологии?

1 ЗАДАНИЕ

СПРАВОЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Загар является типичным примером модификационной изменчивости. При одинаковых условиях у одних людей загар появляется быстро и выражен более резко, чем у других, несмотря на длительное пребывание на солнце.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Как можно доказать, что выработка меланина — модификационная, а не мутационная изменчивость?
2. С чем связана разная степень проявления загара у человека?

2 ЗАДАНИЕ

СПРАВОЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Фенилкетонурия (ФКУ) — заболевание, связанное с нарушением обмена веществ (в), — и альбинизм (а) наследуются у человека как рецессивные не сцепленные признаки, гены которых лежат в аутосомах. В семье отец — альбинос и болен ФКУ, а мать здорова, дигетерозиготна по этим генам.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Составьте схему решения задачи, определите генотипы родителей, генотипы и фенотипы возможного потомства.
2. Какова вероятность рождения детей с двумя заболеваниями: альбинизм и фенилкетонурия?
3. Какой закон наследования проявляется в данном случае? Ответ поясните.

4. Обоснуйте, нужно ли проводить генетическое обследование родителей на предмет носительства фенилкетонурии.
5. Известно, что в некоторой популяции один человек из 20 тыс. является больным фенилкетонурией. Вычислите, какова доля скрытых носителей этого признака в популяции. Будет ли проявляться этот ген у них фенотипически?

3 ЗАДАНИЕ

СПРАВОЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Причиной серповидноклеточной анемии является генная мутация, приводящая в конечном итоге к синтезу аномального гемоглобина S (HbS), который в деоксигенированном состоянии обладает свойством полимеризации и в 100 раз менее растворим, чем гемоглобин A (HbA). Вследствие этого эритроциты с деоксигемоглобином S приобретают характерную серповидную форму. В гомозиготном состоянии заболевание часто приводит к летальным последствиям. В эндемических очагах малярии гемоглобин S встречается у 40% представителей популяции (у гетерозигот); с меньшей частотой — у негров Западной Африки, а также среди популяций Северной Африки, стран Средиземноморья, Ближнего и Среднего Востока, Индии.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. В чём заключается генная мутация нормального гемоглобина, приводящая к образованию аномального гемоглобина S (HbS)?
2. Какие свойства характерны для аномальных эритроцитов, как это влияет на транспорт кислорода?
3. Почему гетерозиготное носительство этого заболевания так широко распространено в Африке?
4. В чём причина увеличения частоты распространения заболевания на территории Южной и Северной Америки? С чем связано большое количество носителей заболевания среди коренного населения Грузии, Азербайджана?
5. Учёные разрабатывают и начинают применять методы генной терапии для лечения серповидноклеточной анемии. Найдите информацию, иллюстрирующую суть разработок геннотерапевтических методов лечения этого заболевания. Изобразите их на схеме.

4 ЗАДАНИЕ

СПРАВОЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Наследование серповидноклеточной анемии происходит по аутосомно-рецессивному типу. При этом гетерозиготы наследуют дефектный ген серповидноклеточной анемии от одного из родителей, поэтому, наряду с изменёнными эритроцитами с HbS, имеют в крови и нормальные эритроциты с HbA. У гетерозиготных носителей гена серповидноклеточной анемии признаки заболевания возникают лишь в определённых условиях. Гомозиготы наследуют по одному дефектному гену от матери и от отца, поэтому в их крови присутствуют только серповидные эритроциты с гемоглобином S; заболевание развивается рано и протекает тяжело.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

Составьте схемы наследования по представленной информации.

5 ЗАДАНИЕ

СПРАВОЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Генеалогический метод (метод составления родословных) позволяет проследить наследование признаков (нормальных или патологических) в ряду поколений с указанием родственных связей между членами семьи. На рисунке 89 представлены



три родословные (№ 1, № 2, № 3) с указанием родственных связей и обозначением некоторого изучаемого наследуемого признака (в каждом варианте он свой).

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Проведите анализ родословных, определите тип наследования по обозначенному признаку (аутосомный, сцепленный с полом, рецессивный, доминантный).
2. Составьте свою задачу по одной из представленных схем.

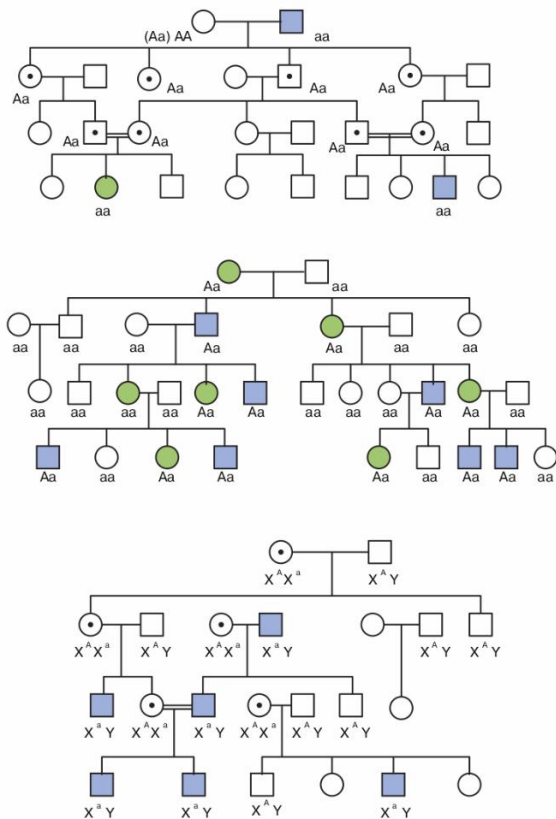


Рис. 89. Родословные № 1, № 2, № 3

Глава 10

АНТРОПОГЕНЕЗ



ВЫ УЗНАЕТЕ

- о методах изучения эволюции человека;
- о систематическом положении вида Человек разумный;
- о биологических особенностях приматов, гоминид;
- о качественных отличиях человека от животных;
- о социальных факторах эволюции.

ВЫ НАУЧИТЕСЬ

- классифицировать человека как биологический вид;
- выделять черты сходства и различия, сравнивая человека с другими представителями гоминид;
- выделять социальные факторы эволюции, играющие роль в антропогенезе.



§ 45. ЧЕЛОВЕК В СИСТЕМЕ ЖИВОТНОГО МИРА

ЭТО Я ЗНАЮ

Что такое эволюция.

Признаки хордовых, позвоночных, млекопитающих животных.



Каково местоположение Человека разумного в современной системе животного мира?

? В ЧЁМ УНИКАЛЬНОСТЬ ЧЕЛОВЕКА?

Только человеку в полной мере присущи сознание, членораздельная речь, абстрактное мышление. Развитие этих свойств человеческой психики в сочетании с трудовой деятельностью способствовало возрастанию роли социальных отношений в эволюционном развитии человека.

! Антропогенез — процесс возникновения и эволюционного развития человека.

Осознавая свою уникальность, люди с давних времён стремятся понять и объяснить своё появление на Земле. Происхождение и эволюцию человека изучает **антропология**. Учёными разрабатываются разные концепции происхождения человека. Однако у исследователей ещё нет общего мнения относительно предков современных людей.

? КАКИЕ МЕТОДЫ ИСПОЛЗУЮТ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПРОИСХОЖДЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА?

Изучение первых этапов эволюции связано с необходимостью определения возраста ископаемых останков предков человека. Для этого широко используют **радиометрические методы исследования**. Происхождение и эволюцию предков человека изучают с помощью методов палеонтологии, сравнительной морфологии и анатомии.

Данные **сравнительной анатомии** позволили установить, что переход предков человека к прямохождению обусловил изменение функций тазовой мускулатуры и повлёк за собой изменения в строении таза. Стопа постепенно утратила хватательную способность.

В антропологии широко применяют методы иммунологии, биохимии, молекулярной биологии и цитогенетики. Для определения прямого родства организмов используют **иммунологический метод**, основанный на изучении иммунных реакций антиген — антитело. Этот метод можно применять для изучения степени родства не только современного человека с человекообразными обезьянами, но и ныне живущих видов с ископаемыми. Из современных человекообразных обезьян человеку иммунологически наиболее близок шимпанзе.

Биохимическим методом определяют аминокислотный состав белков у организмов, находящихся в разной степени родства друг с другом. У близкородственных организмов гомологичные белки имеют большее сходство в аминокислотных последовательностях, чем у находящихся в более отдалённом родстве организмов (рис. 90).

Молекулярно-генетический метод основан на сопоставлении нуклеотидных последовательностей молекул ДНК организмов разной степени родства. Мера сходства двух таксонов соответствует мере их родства. Организмы, имевшие обще-

го предка в недалёком прошлом, будут более сходны друг с другом, чем имевшие его очень давно.

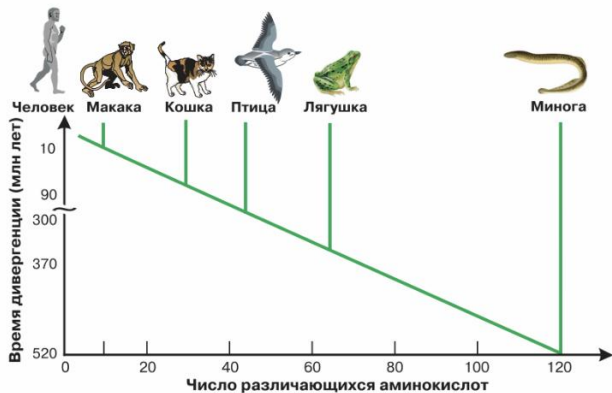


Рис. 90. Число различий аминокислотных остатков в молекулах гемоглобина разных видов позвоночных по сравнению с человеком

Если учёный располагает хорошо сохранившимся материалом ДНК ископаемых остатков того или иного вида, он может получить и проанализировать его генетическую информацию. Этим занимается наука *палеогенетика*. *Молекулярная филогенетика* занимается реконструкцией эволюционной истории организмов по последовательности их ДНК. Изобразить эволюционный путь вида от предков до современных потомков можно с помощью филогенетического дерева. Эта схема позволяет определить дивергенцию (расхождение) различных групп, степень родства, примерную хронологию событий.

Секвенирование и сравнение в процессе гибридизации молекул ДНК разных видов современных приматов, человека и доступных ископаемых предковых форм позволили определить степень их родства и примерное время расхождения соответствующих филогенетических ветвей. Гибридизация ДНК человека и шимпанзе показала, что момент дивергенции их эволюционных ветвей мог наступить 6,5—7 млн лет назад (рис. 91).

Цитогенетический метод основан на изучении хромосомного материала ныне живущих организмов. Поэтому применение данного метода ограничено современным человеком и человекообразными обезьянами. Дифференциальная окраска хромосом позволяет сопоставлять хромосомы разных видов приматов и человека.

Учёные выяснили, что кариотип человекообразных обезьян отличается по числу хромосом от кариотипа человека на одну пару: 23 пары хромосом человека и 24 пары шимпанзе. У человека и шимпанзе практически идентичны 13 пар хромосом. Приведённые данные свидетельствуют о значительной эволюционной близости человека, шимпанзе и других человекообразных обезьян.

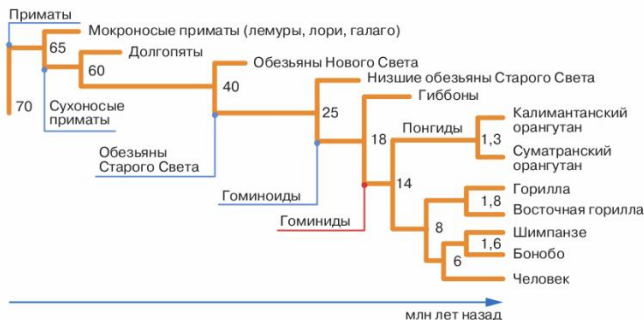


Рис. 91. Филогенетическое дерево приматов. По горизонтальной оси указано время расхождения в млн лет

? КАКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ ЗАНИМАЕТ БИОЛОГИЧЕСКИЙ ВИД *HOMO SAPIENS* В СИСТЕМЕ ЖИВОТНОГО МИРА?

Результаты исследований показывают, что все современные люди принадлежат к одному биологическому виду *Homo sapiens* — **Человек разумный**. Положение этого вида в системе животного мира представлено в таблице 11.

Таблица 11

Место биологического вида *Homo sapiens* в системе животного мира

Таксон	Признаки, на основании которых вид <i>Homo sapiens</i> относится к таксону
Царство Животные	Гетеротрофное питание; активное передвижение; резервный углевод — гликоген; отсутствие в клетках клеточной стенки и пластид; ограниченный рост и др.
Тип Хордовые	Двусторонняя симметрия тела; наличие у зародыша хорды, жаберных щелей, нервной трубки на спинной стороне тела и пищеварительной трубки на брюшной стороне тела; замкнутая кровеносная система и др.
Подтип Позвоночные	Имеются позвоночник, череп, головной и спинной мозг; есть сердце, расположенное на брюшной стороне тела, и др.
Класс Млекопитающие	Выкармливание потомства молоком (наличие молочных желёз); развитая кора больших полушарий с бороздами и извилинами; четырёхкамерное сердце; теплокровность; альвеолярные лёгкие; диафрагма; кожа имеет волосяной покров, содержит потовые и сальные железы; дифференцированные зубы; имеется ушная раковина; в среднем ухе три слуховые косточки и др.
Подкласс Настоящие звери (Живородящие)	Наличие матки и внутриутробное вынашивание зародыша; питание зародыша через плаценту и др.

Окончание табл. 11

Таксон	Признаки, на основании которых вид <i>Homo sapiens</i> относится к таксону
Отряд Приматы	Верхние конечности пятипалые, хватательного типа, большой палец противопоставлен четырём остальным; дерматоглифические узоры на пальцах, ладонях и подошвах стоп; наличие ногтей; хорошо развитые ключицы, позволяющие совершать разнообразные и сложные движения верхних конечностей; полное разделение лучевой и локтевой костей, обеспечивающее возможность вращения кисти; одна пара молочных желёз; одна смена молочных зубов на постоянные в онтогенезе; бинокулярное зрение и др.
Надсемейство Человекообразные обезьяны	Отсутствие хвоста; редкий волосной покров; плоские ноги; большое количество борозд и извилин в коре больших полушарий; четыре группы крови и др.
Семейство Гоминиды Род Человек (<i>Homo</i>) Вид Человек разумный (<i>Homo sapiens</i>)	

? КАКОВЫ БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОТРЯДА ПРИМАТЫ?

В современном животном мире наиболее близкими человеку являются два вида шимпанзе. По критериям систематики животных этих обезьян относят к отряду приматов. **Отряд Приматы** (Primates) включает более 200 видов ныне живущих полуобезьян и обезьян.

Возникновение отряда приходится на конец мезозойской и начало кайнозойской эры, 60—70 млн лет назад. Большинство приматов всеядны и способны легко переходить к использованию разных источников пищи в разные периоды года и в разных условиях. Важной адаптацией приматов стали приспособления к древесному образу жизни и передвижение по ветвям за счёт конечностей хватательного типа с противопоставленным пальцем.

У приматов локтевая кость свободно вращается вокруг лучевой. Эти особенности при освобождении рук от участия в движении послужили предпосылкой к использованию их впоследствии в трудовой деятельности. Кончики пальцев приматов расширены и уплощены. Кожа ладоней и стоп покрыта узорами из бороздок, вдоль которых расположены окончания чувствительных нервных волокон — тактильные рецепторы.

Расположение глазниц в передней части черепа и направленность глаз вперёд обеспечивают приматам бинокулярное зрение. Оно необходимо для точной оценки расстояний между предметами и перемещения в трёхмерном пространстве. У большинства приматов развито цветное зрение.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Антропогенез. Антропология. Методы изучения происхождения человека. Человек разумный. Отряд Приматы.

ВЫВОДЫ

- Антропогенез — происхождение и эволюцию человека — изучает наука антропология. Методы, используемые для изучения происхождения человека: палеонтологический, сравнительно-анатомический, биохимический, молекулярно-биологический, цитогенетический.



- Все современные люди принадлежат к одному биологическому виду *Homo sapiens* — Человек разумный.
- По особенностям строения человек относится к отряду приматов.

ДЛЯ ЛЮБОЗНАТЕЛЬНЫХ

- 1 С помощью иммунологического метода было установлено, что белки рамапитека, человекообразной обезьяны Южной Азии (абсолютный возраст 13 млн лет), более сходны с белками orangutana, чем шимпанзе и человека. Эти данные вместе с результатами морфологических и палеонтологических сопоставлений опровергли представления о том, что рамапитек является прямым предком человека, и позволили связать его с эволюционной линией orangutana. Из этого следует, что разделение человеческой линии эволюции с африканскими человекообразными обезьянами произошло значительно позже, чем 13 млн лет назад.
 - 2 Сравнение аминокислотных последовательностей белков шимпанзе и человека показало, что около 99% их белков идентичны. Из этого следует, что структурные гены человека и шимпанзе сходны в наибольшей степени.
 - 3 Большой вклад в создание учения об антропогенезе внёс *Чарлз Дарвин*. В 1871 г. была издана его книга «Происхождение человека и половой отбор». В этом труде приведены аргументы в пользу естественного происхождения людей. Ч. Дарвин обосновал значение наследственной изменчивости, борьбы за существование и естественного отбора в процессе антропогенеза.
 - 4 Такие представители приматов, как обезьяны, вполне могут общаться друг с другом на определённые темы (о погоде, пище и др.). Издавая звуки особой тональности, они прекрасно могут понимать друг друга. К тому же обезьяны способны к обучению. Были предприняты попытки научить их говорить, но речевой центр и голосовой аппарат у приматов развиты не настолько, как у человека.
- Известны случаи, когда приматов обучали жестам. К примеру, одна горилла знала около 200 слов и применяла их в нужных ситуациях. Так, она могла выразить своё недовольство или радость на языке жестов. Другой случай известен в семье зоопсихологов, которые воспитывали гориллу. Она знала более 300 знаков и спокойно могла просить еду или называть других животных. Приматы используют гораздо больше инструментов, чем любой другой отряд животных. В ход идут палки, камни и листья для различных сложных задач. Считается, что основная еда приматов — бананы. Но это не совсем так. В зависимости от подвида животные употребляют различную пищу. Более того, некоторые из приматов могут быть как всеядными, так и вегетарианцами. Точно установлено, что плотоядными являются только долгопяты, а некоторые виды лемурув, обезьян ревунов и маргышек являются вегетарианцами.
- На нашей планете можно встретить множество представителей приматов, и все они различаются как по размерам, так и по внешнему виду. Встречаются как маленькие (весом около 148 г) игрунковые обезьяны, так и большие гориллы, чей вес может превысить 225 кг.
- Приматы имеют большой мозг по сравнению с другими млекопитающими. Размеры мозга по отношению ко всему телу больше, чем, к примеру, у дельфина. Новорождённые приматы, с их незрелым мозгом, не способны выжить без помощи одного или обоих родителей или социальной группы в течение



нескольких месяцев или лет. Кроме того, как и у людей, большинство приматов рожают только одного детёныша. Все сложные формы поведения у приматов не врождённые, а усваиваются в процессе научения.

- 5** Большой вклад в развитие антропологии в нашей стране внёс профессор Московского университета Анатолий Петрович Богданов. По его инициативе было основано Общество любителей естествознания, антропологии и этнографии (1863), которое на протяжении ряда десятилетий являлось главным научным центром отечественной антропологии.

ВОПРОСЫ

1. Что является предметом изучения антропологии?
2. Перечислите группы признаков, которые используются для изучения происхождения человека.
3. По каким признакам человека относят к классу Млекопитающие?
4. Что понимают под цитогенетическими и биохимическими доказательствами происхождения человека от животных?
5. По каким признакам человек относится к отряду Приматы?
6. Какие признаки доказывают эволюционное родство человека с другими приматами?

ЗАДАНИЯ

7. Охарактеризуйте положение вида Человек разумный в системе животного мира.
8. Соберите информацию о последних достижениях в области палеогенетики человека.
9. Выясните, какие методы анализа используются иммунологами и биохимиками для изучения происхождения и эволюции человека. Представьте краткий отчёт в виде схемы.
10. Соберите иллюстративный материал, который можно использовать для построения аргументации в пользу родства человека и человекообразных обезьян.

ОБЪЯСНИТЕ

11. Почему Человек разумный относится к типу Хордовые?
12. Почему человек биосоциальный вид?
13. Как читать схему — филогенетическое дерево?

ТЕМЫ ДЛЯ ДИСКУССИЙ

14. Какие положительные и отрицательные последствия для человека вызвал переход его эволюционных предков от передвижения с использованием четырёх конечностей к прямохождению?
15. Считаете ли вы существующие ныне доказательства происхождения человека от животных достаточно убедительными?



§ 46. ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ГОМИНИД

ЭТО Я ЗНАЮ

Положение человека в системе животного мира.
Отличительные черты строения приматов.



Почему человека относят к семейству гоминид?



В ЧЁМ ОСОБЕННОСТИ ПОВЕДЕНИЯ ПРИМАТОВ?

Вес и объём головного мозга обезьян в 2 раза и более превышает эти показатели у других млекопитающих соответствующего размера. Объём головного мозга у **приматов** увеличен в основном за счёт разрастания областей, связанных со сложными формами движений и поведением.

Большинство приматов ведёт групповой образ жизни. В группы входят особи разных полов и возрастов. Это способствует развитию сложных взаимоотношений между членами группы и является предпосылкой дальнейшего развития головного мозга и интеллектуальных способностей.

Группой обезьяны легче защищаются от хищников, находят пищу, мигрируют, охраняют занимаемые территории, перенимают друг у друга полезные особенности поведения. Между членами группы возникают сложные взаимоотношения, поддержание которых требует высокой степени развитости морфологии коры полушарий головного мозга и её физиологической пластичности.

Сопоставление размеров коры полушарий головного мозга различных видов обезьян с размерами групп обнаружило прямую зависимость между этими показателями. Это можно объяснить тем, что поддержание социальных отношений с большой группой особей требует большей структурной и функциональной сложности центральной нервной системы.

Групповой образ жизни с выраженной иерархией в группе требует развития эффективной системы коммуникации. В результате у приматов сформировалась наиболее сложная по сравнению с другими млекопитающими мимическая мускулатура. С её помощью приматы способны выражать эмоции и передавать информацию друг другу.

Плодовитость приматов чрезвычайно низка. Обычно рождается один детёныш. Он беспомощен и нуждается в уходе на протяжении нескольких лет. Поэтому тесная связь между матерью и детёнышем сохраняется надолго. Это способствует проявлению ещё одной характерной особенности поведения приматов — выраженной способности к подражанию. Она обеспечивает быстрое овладение потомством навыками поведения, адекватного меняющейся ситуации, и возможность передачи социального опыта в ряду поколений.

Перечисленные черты отряда приматов стали необходимыми предпосылками к возникновению человека как социального вида при появлении комплекса благоприятных условий.



КАКОВЫ БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ГОМИНИД?

В отряде приматов наиболее эволюционно продвинуто семейство **Гоминиды**. К нему относятся современные гиббоны, орангутаны, гориллы, шимпанзе, человек. От других обезьян гоминиды отличаются наиболее сложным строением го-

ловного мозга, отсутствием хвоста. Сравнение некоторых генов гоминид позволило построить их филогенетическое дерево (см. рис. 91).

Гоминиды имеют особое строение плечевого сустава. Оно обеспечивает максимальную свободу вращения передних конечностей и передвижение за счёт перебрасывания тела в подвешенном состоянии на руках в вертикальном положении.

Находясь на земле, шимпанзе и горилла передвигаются на четырёх конечностях. С определённой целью шимпанзе способен пройти на двух ногах несколько десятков метров. Но строение таза и расположение тазовой мускулатуры вынуждают его вернуться к обычному способу передвижения.

Для гоминид характерно редкое оволосение тела, сложное поведение, позднее половое созревание и беременность, по длительности сопоставимая с беременностью у человека.

В ЧЁМ ОСОБЕННОСТИ ПОВЕДЕНИЯ ГОМИНИД?

Горилла, орангутан и особенно шимпанзе характеризуются очень сложным поведением. Они узнают свое отражение в зеркале, способны обучаться и использовать язык глухонемых при общении с экспериментатором и друг с другом, передавая ложную информацию в корыстных целях.

Гоминиды способны не только использовать простейшие орудия труда, но и изготавливать их. Они очищают от листьев и коры веточки для извлечения муравьёв и термитов из их жилищ. При передвижении по стволам, покрытым острыми шипами, человекообразные обезьяны собирают пучки мягких листьев и используют их в качестве варежек.

В сообществах крупных гоминид навыки примитивной трудовой деятельности передаются из поколения в поколение за счёт взаимного обучения. Поэтому способы использования и изготовления орудий труда одного и того же назначения в разных группах обезьян, не контактирующих друг с другом, часто различаются. Различны методы раскалывания орехов, ловли насекомых, добывания мёда диких пчёл.

Это свидетельствует о развитых негенетических механизмах передачи соответствующих поведенческих особенностей гоминид.

Ещё одна особенность, делающая поведение гоминид близким к человеческому, проявляется в том, что они способны к выражению дружеских чувств. Особенно часто это наблюдается между взрослыми самцами внутри естественной группировки. Одновременно для них характерна и необыкновенная жёсткость по отношению к представителям других групп своего вида. Тактика охраны своей кормовой территории от соседей у них проявляется в осторожности наблюдения за противником и в использовании фактора неожиданности при нападении и атаке лишь в том случае, когда они уверены в численном превосходстве и победе.

В ЧЁМ ПРИЧИНЫ ОТСУТСТВИЯ РЕЧИ У ГОМИНИД?

Сопоставление звуковой коммуникации современных гоминид и человеческой речи позволяет предполагать, что у человекообразных обезьян нет морфофизиологических предпосылок к её возникновению по многим причинам. Это высокое положение гортани, отсутствие подбородочного выступа, отсутствие в височной и теменных долях центров речи.

Главной причиной отсутствия речи у далёких родственников человека является то, что в ней нет необходимости. Для эффективного выживания в природе обезьянам нет необходимости в речевой коммуникации. Всё, что они хотят сообщить друг другу, сообщается без помощи речи. Поэтому речь у представителей отряда Приматы появилась тогда, когда реализовалось социальное направление эволюции, связанное с антропогенезом.


**КЛЮЧЕВЫЕ
СЛОВА**

Приматы. Гоминиды.

ВЫВОДЫ

- Человек и человекообразные обезьяны относятся к семейству Гоминиды — наиболее эволюционно продвинутому семейству отряда Приматы.
- Представители семейства гоминид характеризуются очень сложным поведением.

ДЛЯ ЛЮБОЗНАТЕЛЬНЫХ

- 1 Уменьшение значения обоняния у приматов сопровождается существенной редукцией лицевой части черепа и увеличением его мозгового отдела. Существует мнение, что параллельно происходило увеличение роли зрения в связи с переходом к дневному образу жизни.
- 2 Самые древние окаменелости фрагментов черепов, относящихся к эволюционной линии гоминид, были обнаружены в Восточной Африке. Их возраст около 25 млн лет.
- 3 Есть свидетельства, что гоминиды как биологическое семейство появились на нашей планете около 7 млн лет назад. В периоде около 6 млн лет назад эволюционная линия, которая привела к появлению современного человека, отделилась от остальных. Тем не менее генетически мы являемся самыми близкими родственниками с гориллами, орангутанами и шимпанзе. Все человекоподобные имеют по меньшей мере 97% генетического сходства с современным человеком.
Гоминиды являются социальными существами. Как правило, они живут в группах. Некоторые в своём быту пользуются простейшими инструментами, такими как палочки, чтобы ловить насекомых, или камни для дробления чего-либо. Также они обладают характером или личностью и более сложным способом внутривидовой коммуникации относительно многих других животных.

ВОПРОСЫ

1. Какой образ жизни характерен для большинства приматов? В чём его преимущества?
2. Как проявляется визуальная коммуникация у приматов?
3. В чём проявляется примитивная трудовая деятельность человекообразных обезьян?
4. Какие формы отношений складываются между гоминидами внутри естественной группировки?
5. В чём состоит отличие гоминид от других обезьян?
6. Какие особенности человека связаны с развитием мышления?

ЗАДАНИЯ

7. Подтвердите примерами сложность поведения человекообразных обезьян.
8. Выделите особенности строения и образа жизни приматов, которые послужили необходимыми предпосылками к возникновению человека.
9. Генетическое строение хромосом шимпанзе и человека имеет большое сходство. Назовите методы исследования, позволившие установить данный факт.
10. Найдите информацию о том, какие исследования поведения шимпанзе проводятся в настоящее время.

**ОБЪЯСНИТЕ**

11. Почему сообщества обезьян представляют собой сложную иерархическую организацию?
12. Чем различаются способы использования и изготовления орудий труда в разных группах обезьян? Подтвердите свой ответ примерами.
13. Какие структуры организма должны быть развиты для речевого общения?

ТЕМЫ ДЛЯ ДИСКУССИЙ

14. Какие факты доказывают животное происхождение человека?
15. Почему нельзя считать современных человекообразных обезьян предками человека?

§ 47. КАЧЕСТВЕННЫЕ ОТЛИЧИЯ ЧЕЛОВЕКА ОТ ЖИВОТНЫХ**ЭТО Я ЗНАЮ**

Особенности приматов.
Признаки гоминид.



Каким образом человек достиг такого высокого уровня развития, который позволяет выделить его из всех животных?

**ЧЕМ ЧЕЛОВЕК ОТЛИЧАЕТСЯ ОТ ГОМИНИД И ДРУГИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ?**

Человек имеет ряд важных отличий, связанных с прямохождением, развитием членораздельной речи, мышлением и трудовой деятельностью. Прямохождение человека обусловило ряд особенностей в строении опорно-двигательного аппарата (рис. 92). У человека большое затылочное отверстие расположено внизу черепа, в центре его основания. Это обеспечивает устойчивость черепа.

По сравнению с другими млекопитающими у человека укорочен позвоночник. Это способствует поддержанию вертикального положения тела. Позвоночник человека имеет S-образную форму из-за наличия четырёх изгибов. Они смягчают толчки и удары при движении, обеспечивают сохранение равновесия тела. Размеры позвонков у людей последовательно увеличиваются от шейного отдела к поясничному и сливаются крестцу в связи с возрастанием нагрузки на них. У человекообразных приматов позвонки примерно одинаковы по размеру.

В связи с прямохождением у человека широкая и уплощённая грудная клетка. У других млекопитающих она имеет вид конуса. Таз у людей расширен и имеет форму чаши, поддерживающей снизу внутренние органы. У большинства млекопитающих таз узкий, вытянутый по длине.

Верхние конечности человека утратили функцию опоры и используются для трудовой деятельности. В связи с этим рука человека по сравнению с другими приматами отличается небольшим размером, но большей подвижностью.

Длинные тонкие пальцы и наличие множества мелких мышц позволяют человеку манипулировать даже очень маленькими предметами. Высокая степень противопоставления большого пальца обеспечивает силу и точность захвата разных объектов.

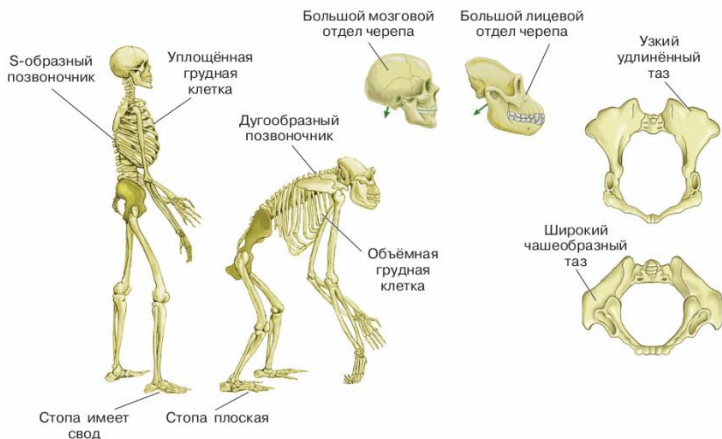


Рис. 92. Строение скелетов человека и гориллы

Нижние конечности человека длиннее верхних. Сильнее, чем у других приматов, развиты мышцы ног и спины, обеспечивающие поддержание вертикального положения тела.

Стопа человека утратила хватательную функцию — большой палец не отведён в сторону, как у прочих приматов, а расположен параллельно остальным. Кроме того, стопа человека в ходе эволюции приобрела свод, обеспечивающий амортизацию при движении.

В ЧЁМ ОСОБЕННОСТИ ГОЛОВНОГО МОЗГА ЧЕЛОВЕКА?

Параллельно с развитием мышления и речи увеличивался объём головного мозга человека. Он отличается высокой степенью развития коры больших полушарий, где сосредоточены центры речи, логического мышления, конструктивной деятельности и многие другие.

Только для людей характерно наличие второй сигнальной системы, которая обеспечивает речь и абстрактное мышление. Слово позволяет обобщать накопленные факты и передавать информацию от одного человека к другому. Благодаря речи человек использует в жизни не только свой личный опыт, но и опыт других людей.

В связи с увеличением объёма головного мозга у человека мозговой отдел черепа преобладает над лицевым в соотношении 2,5—4 : 1. У большинства приматов это соотношение близко к 1 : 1, а у прочих млекопитающих существенно преобладает лицевой отдел.

Чёткому и быстрому произношению звуков способствует то, что нижняя челюсть человека имеет форму подковы с подбородочным выступом. Это связано с развитием мускулатуры языка. Кроме того, у людей небольшие клыки, не высту-



пающие за линию других зубов, зубной ряд ровный, без промежутков, сложно устроена гортань. У человекообразных обезьян нижняя челюсть имеет форму дуги, клыки крупные, выступающие вперёд, гортань устроена сравнительно просто.

? КАКОВЫ СОЦИАЛЬНЫЕ ФАКТОРЫ ЭВОЛЮЦИИ ЧЕЛОВЕКА?

Эволюционное развитие людей привело к созданию и использованию ими орудий труда. Производство орудий труда требует точной координации движений рук. Оно должно опираться на знания о свойствах материалов и способах их обработки.

Применение искусственно созданных орудий для охоты позволило человеку добавить в рацион пищу животного происхождения. Она более калорийна, содержит больше белков, чем растительная. Благодаря труду человек стал не только лучше адаптироваться к среде обитания, но и постепенно изменять её в нужном для себя направлении.

Важным фактором в эволюции человека стало *использование огня*. Оно способствовало выживанию в холодном климате и расселению древних людей, расширению пищевого рациона. Приготовленная на огне пища легче переваривается и усваивается. При этом снижается нагрузка на жевательный аппарат и пищеварительную систему. Это обусловило относительное уменьшение объёма лицевого отдела черепа и укорочение кишечника в ходе естественного отбора.

С развитием трудовой деятельности происходило *укрепление социальных связей*. Древние люди коллективно охотились, защищались от хищников и воспитывали детей. Стадный образ жизни благодаря развитию мышления, речи и совместному труду стал общественным образом жизни.

С помощью *членораздельной речи* человек может сообщать другим людям о прошлом, настоящем и будущем, передавать им социальный опыт, узнавать об опыте многих поколений и усваивать его, получая знания о таких явлениях, с которыми он лично не встречался. Это даёт возможность человеку *прогнозировать будущее*.

В эволюции человека важное значение имеет *передача из поколения в поколение знаний, умений, традиций*, которые не наследуются. Их преемственность осуществляется только в обществе благодаря *обучению и воспитанию*. Такой негенетический способ передачи информации стал возможным в результате развития речи, а впоследствии и письменности.

Формирование социальных качеств человека происходит по законам общественно-исторического развития. Без усвоения опыта человечества, без общения с себе подобными не разовьётся человеческая личность. Биологические особенности и возможности человека, его духовные и физические способности в полной мере могут проявиться только в социальной деятельности с другими людьми, в сотрудничестве, труде и общении. **Социальная сущность** человека формируется в процессе воспитания и не наследуется.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Социальные факторы эволюции. Социальная сущность человека.

ВЫВОДЫ

- Прямохождение, членораздельная речь, абстрактное мышление и трудовая деятельность — важнейшие отличия человека от других приматов.
- В связи с прямохождением произошли значительные изменения в строении скелета человека. Увеличение объёма головного мозга человека, высокая степень развития коры больших полушарий повлияли на развитие мышления и речи.



- Создание и использование орудий труда, овладение огнём, развитие речевого общения, передача социального опыта из поколения в поколение являются социальными факторами антропогенеза.

ДЛЯ ЛЮБОЗНАТЕЛЬНЫХ

- 1 В формировании речи ребёнка важнейшим фактором является речь окружающих его взрослых людей. Если у ребёнка от рождения или в раннем возрасте развивается глухота, которая не позволяет воспринимать речь окружающих, то его речь без специального обучения не развивается, хотя речевой аппарат остаётся сохранённым.
- 2 При становлении речевой функции у человека необходимо различать развитие сенсорной речи (т. е. её понимания) и экспрессивной речи (т. е. способности говорить), причём способность понимать речь проявляется у ребёнка уже во втором полугодии жизни, а способность говорить — лишь на втором году жизни. Другими словами, ещё до того, как ребёнок начинает говорить, он уже понимает смысл слов.
- 3 Выделяют несколько видов речи. В зависимости от проявления и назначения различают внешнюю и внутреннюю речь. Внешняя речь объективирована. Она может быть слышима, произносится вслух, такой вид речи называется устной речью; а может кодироваться с помощью графических символов — это письменная речь. Устная, разговорная, речь ситуативна. В её реализации используются как языковые, так и внеязыковые средства — жесты, мимика, интонация. Письменная речь может быть обращена как к конкретному собеседнику, так и к безличному читателю. Внутренняя речь — особый вид речи, являющийся механизмом построения мысли. Она не имеет внешних проявлений, является свёрнутой по форме и часто строится по типу конспекта, когда мысль не разворачивается полностью, а намечается только то, о чём надо сказать.

ВОПРОСЫ

1. Какие черты позволяют отличить череп человека от черепа человекообразной обезьяны?
2. Какие преимущества первобытным людям могло дать использование огня?
3. Какие особенности человека связаны с развитием мышления и речи?
4. Какие изменения в скелете человека произошли в связи с прямохождением?
5. Какое значение в эволюции человека имело овладение членораздельной речью?
6. Что подразумевают под биологическими и социальными факторами эволюции человека?

ЗАДАНИЯ

7. Раскройте значение огня в антропогенезе.
8. Выделите принципиальные отличия человека от близкородственных видов.
9. Докажите или опровергните точку зрения, что современный человек как социальное существо развивается гораздо быстрее, чем как существо биологическое.
10. В природе есть общественные насекомые, например медоносные пчёлы. В чём принципиальное отличие их поведения от поведения человека?

**ОБЪЯСНИТЕ**

11. Почему развитие второй сигнальной системы характерно только для человека?
12. Почему социальные факторы играют ведущую роль в становлении современного человека?
13. Аргументируйте необходимость воспитания для развития современного человека.

ТЕМЫ ДЛЯ ДИСКУССИЙ

14. Продолжается ли эволюция человека как биологического вида?
15. В чём различие эволюции человека и других животных?

КЕЙС**Глава 10. Антропогенез****1 ЗАДАНИЕ****СПРАВОЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ**

Проанализируйте данные таблицы 12 «Средние объёмы мозгового отдела черепа у представителей приматов».

Таблица 12

Средние объёмы мозгового отдела черепа у представителей приматов

Вид примата	Объём мозгового отдела черепа, см ³
Шимпанзе	500
Орангутан	400
Горилла	650
Гиббон	150
Человек разумный	1450

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. С чем связано увеличение объёма мозгового отдела черепа у Человека разумного?
2. Во сколько раз объём мозгового отдела черепа человека больше такового у самой крупной обезьяны?
3. По каким ещё признакам череп человека отличается от черепа человекообразной обезьяны?
4. Можно ли на основе данных таблицы утверждать, что шимпанзе умнее гиббона?

2 ЗАДАНИЕ**СПРАВОЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ**

На ранних этапах эволюции человека главенствовали биологические факторы: наследственная изменчивость, борьба за существование, естественный отбор, а на поздних — главными стали социальные.



Эволюция человека началась несколько миллионов лет назад и продолжается до сих пор. Благодаря силам естественного отбора человечество приобрело характерные черты, отличающие его от остальных приматов. Важной составляющей в становлении человека как разумного вида была его способность к коллективному труду. Человек слишком слаб, чтобы охотиться на крупную и опасную добычу в одиночку. Совместная охота и способность договориться с помощью речи значительно увеличивали шансы на выживание. Появление и усовершенствование речи также способствовали более эффективной передаче навыков от старшего поколения младшему. Владение различными навыками делало группу более успешной в борьбе за существование.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

Выберите три предложения из приведённого текста, в которых даны описания социальных факторов антропогенеза.

3 ЗАДАНИЕ

СПРАВОЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Прочитайте фрагмент из книги Дж. Гудолл «Шимпанзе в природе: поведение».

...Способность понимать намерения других.

Во время одного из опытов Кёлер (Köhler, 1925, с. 145) наблюдал следующий эпизод: «Я пытался обучить Чика пользоваться составной палкой. Я стоял за решёткой вольеры, а Султан сидел рядом на корточках и внимательно наблюдал за происходящим... Когда в конце концов стало ясно, что Чика абсолютно не понимает, что от неё требуется, я отдал обе палки Султану, надеясь, что он хоть как-то прояснит ситуацию. Султан взял палки, вставил одну в другую, но не стал есть плод сам, а ленивым жестом подтолкнул его к находившейся у решётки Чике». Этот случай, по мнению Кёлера, «ясно показал, что Султан способен рассматривать задание, которое нужно выполнить, с точки зрения другого животного».

Примерно пятьдесятю годами позже Примэк придумал весьма остроумный метод изучения истинной способности шимпанзе понимать желания других (Premack, Woodruff, 1978). Самке по кличке Сара демонстрировали с помощью видеомонитора ряд коротких сцен, в которых актёр-человек пытался найти выход из различных ситуаций (например, выбраться из запертой на ключ комнаты или согреться, когда электрический обогреватель не включён в сеть). После просмотра каждого сюжета Саре давали пару фотографий, на одной из которых было показано «решение проблемы» (фотография ключа или включённого в сеть обогревателя). Сара всегда выбирала нужную фотографию, и это позволяло предположить, что она «понимала проблематичность ситуации и цель, которую преследовал актёр». В последующих тестах Саре демонстрировали ту же самую серию видеофильмов, но затем предлагали ряд альтернативных решений проблемы. Ей надо было выбрать одну из нескольких фотографий, на которых изображались целые, согнутые или сломанные ключи либо электрообогреватели, включённые в розетку, не включённые в розетку или же включённые, но с оборванным проводом. И в этом случае Сара всегда делала правильный выбор...

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Объясните суть экспериментов, описанных в тексте. Какова цель экспериментов, какие задачи ставили экспериментаторы перед животными, в чём различия в методике проведения экспериментов?
2. Как автор интерпретирует результаты исследований?

Глава 11

ЧЕЛОВЕК И ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА



ВЫ УЗНАЕТЕ

- о влиянии среды на организм человека;
- о влиянии абиотических факторов на жизнедеятельность человека;
- о зависимости здоровья и жизни человека от состояния окружающей среды;
- о здоровье человека как социальной ценности;
- о факторах, сохраняющих и укрепляющих здоровье человека.

ВЫ НАУЧИТЕСЬ

- объяснять зависимость человека от факторов природной среды;
- обосновывать принципы здорового образа жизни, необходимые для укрепления и сохранения здоровья;
- аргументировать необходимость разумного и бережного отношения человека к природной среде.



§ 48. ВЛИЯНИЕ ФАКТОРОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

ЭТО Я ЗНАЮ

Экологические факторы.
Экологические проблемы биосферы.



Какие факторы природной среды оказывают положительное влияние на здоровье человека?

? НА КАКИЕ ГРУППЫ РАЗДЕЛЯЮТ ФАКТОРЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПО ХАРАКТЕРУ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА?

По характеру воздействия на организм человека факторы окружающей среды разделяют на три группы. В первую группу объединяют вредные, губительные для здоровья человека факторы. К ним относятся ядовитые вещества, пыль, возбудители различных заболеваний, содержащиеся во вдыхаемом воздухе. Вторую группу составляют полезные факторы. К ним можно отнести вдыхание чистого, богатого кислородом воздуха.

К третьей группе относят факторы, которые могут быть как полезными, так и вредными в зависимости от использования человеком. Например, солнечные лучи необходимы для нормального развития и жизнедеятельности организма, но при неумеренном загорании они приносят вред здоровью.

? КАКОЕ ВЛИЯНИЕ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА ОКАЗЫВАЕТ СОСТАВ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА?

Среди факторов окружающей среды наибольшее влияние на организм человека оказывает атмосферный воздух. Каждую минуту взрослый человек вдыхает несколько десятков литров воздуха. Резкие изменения свойств воздуха, его загрязнение токсическими примесями, болезнетворными микроорганизмами, пылью могут способствовать развитию в организме негативных процессов, ухудшающих здоровье человека.

Повышенный уровень загрязнения атмосферного воздуха часто связан с поступлением в атмосферу таких вредных веществ, как оксиды азота, угарный газ, формальдегид, сернистый ангидрид, канцерогенные углеводороды. Загрязнение атмосферного воздуха обуславливает до 30% общей заболеваемости населения промышленных центров (рис. 93).

В последние годы значительное место в загрязнении атмосферного воздуха стали занимать предприятия биотехнологической отрасли. Воздушные выбросы таких предприятий содержат органическую пыль, представленную жизнеспособными микроорганизмами, а также антибиотиками, аминокислотами и другими промежуточными продуктами микробиологического синтеза.



Рис. 93. Поступление в атмосферу вредных веществ повышает уровень загрязнения воздуха



? КАК ВЛИЯЕТ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА СОДЕРЖАНИЕ КИСЛОРОДА И УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ?

Организм человека очень чувствителен к недостатку кислорода. Снижение его содержания в воздухе до 17% приводит к учащению пульса и дыхания. Содержание в воздухе 7—8% кислорода несовместимо с жизнью.

Физиологическим возбудителем дыхательного центра является углекислый газ. Чем больше углекислого газа во вдыхаемом воздухе, тем меньше его может выделить организм. При увеличении содержания углекислого газа во вдыхаемом воздухе до 3—4% отмечаются симптомы интоксикации. При 8% возникает тяжёлое отравление и наступает смерть.

По содержанию углекислого газа судят о чистоте воздуха в жилых и общественных помещениях. В обычных условиях при естественной вентиляции помещения содержание углекислого газа в воздухе жилых помещений не превышает 0,2%. Гигиенической нормой содержания углекислого газа в воздухе жилых помещений считается 0,1%.

? КАК ВЛИЯЕТ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА ТЕМПЕРАТУРА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА?

Атмосферный воздух нагревается от земной поверхности за счёт тепла, полученного от Солнца. Изменения температуры приводят к различным физиологическим сдвигам во многих функциональных системах организма. При повышенных температурах, составляющих +25—35 °С, окислительные процессы в организме несколько снижаются, но в дальнейшем могут возрастать. Дыхание учащается и становится поверхностным. Лёгочная вентиляция вначале возрастает, а затем остаётся без изменений.

Длительное воздействие высокой температуры приводит к нарушению водно-солевого и витаминного баланса организма. Эти изменения особенно характерны при выполнении тяжёлой физической работы, сопровождающейся потоотделением.

Под воздействием высокой температуры усиливается кровоснабжение кожи, частота сердечных сокращений возрастает. Со стороны центральной нервной системы действие высоких температур проявляется в ослаблении внимания, замедлении двигательных реакций, ухудшении координации движений. Длительное воздействие высокой температуры приводит к перегреву (гипертермии).

Под воздействием низких температур снижается температура кожи. При этом отмечается ухудшение тактильной чувствительности, понижение сократительной способности мышц. Изменяется функциональное состояние центральной нервной системы, проявляющееся ослаблением болевой чувствительности, сонливостью. Понижение температуры отдельных участков тела приводит к болевым ощущениям.

? КАКОЕ ВЛИЯНИЕ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА ОКАЗЫВАЕТ ВОДА?

Вода имеет огромное значение для жизни и здоровья человечества. Климат всех регионов земного шара во многом определяется наличием водных пространств и водяного пара в атмосфере. Организм человека содержит много воды. Все обменные реакции, пищеварение, синтез клеток проходят в водной среде. Даже небольшая потеря воды приводит к серьёзным нарушениям деятельности организма. В сутки человек должен употреблять в среднем до 2,5 л жидкости вместе с пищей.

В реки, озёра, моря и океаны планеты ежегодно сбрасывается до 1000 млрд м³ неочищенных сточных вод, которые содержат около 3000 млн т железа, 6,5 т фосфора, 2,3 млн т свинца, 7000 т ртути и множество других токсических веществ.



Рис. 94. Благоприятное влияние природы на здоровье людей

Употребление недоброкачественной питьевой воды может быть причиной инфекционных и паразитарных заболеваний. Через воду передаются холера, брюшной тиф, дизентерия, сальмонеллёз, вирусный гепатит и другие заболевания. По данным ВОЗ, количество людей в мире, имеющих хронические заболевания в связи с использованием загрязнённой воды, составляет около 2 млрд человек.

Важным способом обеспечения безопасности питьевой воды является охрана источников водоснабжения от загрязнения.

? ПОЧЕМУ ПРИРОДА НЕОБХОДИМА ЧЕЛОВЕКУ ДЛЯ СОХРАНЕНИЯ ЗДОРОВЬЯ?

В последние десятилетия изменение условий жизнедеятельности человека, ухудшение качества окружающей среды часто находятся на грани пределов его физических и психических возможностей. Человек сознательно и целенаправленно преобразует природу, подчиняя общественным нуждам. Большое влияние на природу оказывает осуществляемое человеком изменение натуральных веществ и создание новых, не встречающихся в природе соединений. За тысячелетия трудовой деятельности человек изменил области обитания многих животных, растений и микроорганизмов. Зачастую деятельность человека приводит к полному истреблению некоторых биологических видов.

Сам человек испытывает дополнительную нагрузку, реагируя на природные и антропогенные факторы среды обитания.

? ЧТО ТАКОЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ РИСК?

Увеличение биогенной нагрузки и перестройка потоков фосфора и азота влекут за собой существенные нарушения в функционировании экосистем, что нарушает круговорот органического вещества в биосфере. Техногенез, достигший к концу XX в. масштабов, соизмеримых с природными геохимическими процессами, существенно нарушает естественный круговорот веществ в биосфере. Основной причиной изменений круговоротов считают рост населения планеты и изменение технологий в сельском хозяйстве и промышленности.



В настоящее время для биосферы в целом практически невозможно количественное определение собственно природного и антропогенного круговоротов. Естественные и антропогенные потоки тесно переплелись, изменилось функционирование природных экосистем, произошло значительное замещение естественных экосистем искусственно созданными. Происходят нарушения круговорота С, N, P.

Вмешательство человека в природопользование всегда вызывает сдвиг экологического равновесия. Вероятность причинения вреда любым природным объектам ради достижения какого-либо эффекта называют **экологическим риском**.

Изменение климата может оказать негативное влияние на здоровье людей как из-за усиления теплового стресса в южных районах, так и из-за распространения многих видов заболеваний.

Для предотвращения глобальной экологической катастрофы взаимоотношения человеческого общества и природы должны перестроиться в направлении их **коэволюции**. Коэволюция общества и природы подразумевает их совместную, взаимосвязанную эволюцию.

**КЛЮЧЕВЫЕ
СЛОВА**

Факторы природной среды. Экологические риски. Коэволюция.

ВЫВОДЫ

- На организм человека влияют факторы окружающей среды, которые по характеру воздействия могут быть положительными и отрицательными.
- Для нормальной жизнедеятельности и здоровья человека огромное значение имеет качество воздуха и воды, комфортный температурный режим.
- Необходимо разумное и бережное отношение человека к окружающей природной среде. Взаимоотношения человеческого общества и природы должны идти в направлении коэволюции.

ДЛЯ ЛЮБОЗНАТЕЛЬНЫХ

- 1 Принято считать, что атмосферный воздух является чистым в бактериологическом отношении, если число бактерий в 1 м^3 воздуха летом не превышает 750, а зимой 150. Бактериальная обсеменённость в городах может достигать 30—40 тыс. в 1 м^3 воздуха, в то время как в зелёной пригородной зоне она составляет около 1 тыс. в 1 м^3 воздуха. Воздух почти стерилен над океанами и снежными вершинами гор.
- 2 Медицинская экология изучает болезни человека, связанные с загрязнением окружающей среды, способы их предупреждения и лечения.

ВОПРОСЫ

1. Каков характер воздействия факторов окружающей среды на человека?
2. Как влияют на здоровье человека загрязнители атмосферного воздуха?
3. Как влияет повышенное содержание углекислого газа в помещении на человека?
4. Как организм человека реагирует на повышение и понижение температуры окружающей среды?



- Каково значение воды для жизнедеятельности человека?
- Чем опасно для человека загрязнение питьевой воды?

ЗАДАНИЯ

- Назовите основные источники загрязнения атмосферного воздуха.
- Перечислите основные источники антропогенного загрязнения воды.
- Перечислите заболевания, которые чаще других приводят к преждевременной смерти людей в нашей стране.
- Перечислите экологические проблемы, которые можно считать глобальными для человечества.

ОБЪЯСНИТЕ

- Почему переход человека от собирательства и охоты к земледелию и скотоводству привёл к сокращению и исчезновению природных экосистем?
- Почему вдыхание угарного газа опасно для человека и может закончиться летальным исходом?
- Почему взаимоотношения человеческого общества и природы должны идти по пути коэволюции?

ТЕМЫ ДЛЯ ДИСКУССИЙ

- Какое влияние на физиологическое состояние человека оказывает климат?
- Какие экологические факторы ограничивают рост численности популяции человека в современных условиях?

§ 49. ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА КАК СОЦИАЛЬНАЯ ЦЕННОСТЬ

ЭТО Я ЗНАЮ

Человек — биосоциальный вид.
Составляющие здорового образа жизни.



Как образ жизни влияет на здоровье?



КАК ПИТАНИЕ ВЛИЯЕТ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА?

Питание является важнейшей физиологической потребностью человека. Оно во многом определяет продолжительность и качество жизни человека. Ошибки в структуре питания являются одной из причин многих заболеваний. Различают четыре формы болезненных состояний, связанных с неправильным питанием: недоедание, переизбыток, специфическая форма недостаточности, несбалансированность.

Недоедание — это состояние, обусловленное потреблением в течение продолжительного времени недостаточно калорийной пищи. Переизбытком является состояние, связанное с потреблением избыточного количества пищи. Специфической формой недостаточности питания называют состояние, вызванное недостатком в рационе одного или нескольких пищевых веществ. Несбалансированность — это состояние, обусловленное неправильным соотношением в рационе необходимых пищевых веществ.



? КАКОВЫ ОСНОВЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ПИТАНИЯ?

Пища содержит более 600 веществ, необходимых для нормальной жизнедеятельности организма человека. Здоровье человека во многом зависит от того, в каком количестве и соотношении эти вещества поступают в организм. Состав пищи должен соответствовать индивидуальным особенностям организма с учётом характера труда, половых, возрастных особенностей и климатических условий проживания. Такое питание называют рациональным. **Рациональным питанием** будет при условии энергетического баланса между потребляемой и потраченной энергией. Это означает, что энергия, расходуемая на все виды деятельности человека, должна адекватно компенсироваться энергией, поступающей с пищей.

Для оптимального функционирования организма необходимо соблюдение пропорционального поступления белков, жиров и углеводов. Доля поступающих с пищей белков должна составлять от 10 до 15%. Среди общего количества белка животный белок должен в среднем составлять 55%. Доля жиров не должна превышать 30% от калорийности суточного рациона. Животный жир должен быть ограничен до $\frac{2}{3}$ всех поступающих жиров. Доля углеводов в среднем должна составлять 58%.

Важным принципом рационального питания является правильное распределение приёмов пищи в течение суток.

? КАКОВО ЗНАЧЕНИЕ БЕЛКОВ В ПИТАНИИ ЧЕЛОВЕКА?

Из белков пищи синтезируются белки организма, гормоны, ферменты, антитела. Основным источником растительного белка являются бобовые, зерновые, орехи, семена. Источниками полноценного белка, содержащего весь состав незаменимых аминокислот, служат мясо, рыба, молочные продукты, морепродукты.

Длительный недостаток белков в рационе питания приводит к нарушению работы ферментативных систем. Это обуславливает снижение основного обмена и теплообразования, уменьшается количество белков в сыворотке крови, недостаточное поступление белка приводит к снижению защитных функций организма в связи с снижением выработки антител.

Избыточное потребление белков также оказывает отрицательное действие на организм. Избыток белка вызывает повышенные нагрузки на почки и печень.

Согласно физиологическим нормам питания в нашей стране общее количество сухого белка в рационе дошкольников должно составлять 53—69 г, школьников — 77—98 г, взрослых в зависимости от вида трудовой занятости — от 1 до 1,5 г на килограмм веса тела.

? КАКОВО ЗНАЧЕНИЕ ЖИРОВ В ПИТАНИИ ЧЕЛОВЕКА?

Жиры улучшают вкусовые свойства пищи и повышают её питательность. Жиры животного происхождения используются организмом в основном в качестве источника энергии. Растительные жиры содержат значительное количество полиненасыщенных жирных кислот, жирорастворимых витаминов. В связи с этим растительные жиры обладают высокой биологической активностью.

Избыточное поступление жиров увеличивает риск развития атеросклероза, сахарного диабета, ожирения, частоту злокачественных новообразований. Жировая ткань способна накапливать различные вредные вещества.

В физиологических нормах питания содержание жиров по отношению к белку должно составлять приблизительно 1 : 1 для детей, 1 : 1,2 для взрослых. При этом не менее 20% жиров должно поступать за счёт растительных масел. Жиры долж-



ны обеспечить в среднем 30% энергетической ценности рациона. Средняя суточная потребность взрослого человека в жирах составляет 80—100 г, в том числе растительного масла — 25 г. Недостаточное поступление жиров может привести к ослаблению иммунных механизмов, заболеваниям кожи, органов зрения, нарушению деятельности центральной нервной системы.

? КАКОВО ЗНАЧЕНИЕ УГЛЕВОДОВ В ПИТАНИИ ЧЕЛОВЕКА?

Углеводы являются основной составной частью рациона человека. За счёт углеводов обеспечивается от 50 до 60% потребности организма в энергии. Суточная потребность в углеводах составляет 3,5—4,5 г на 1 кг веса. Избыточное потребление углеводов способствует поддержанию воспалительных процессов, развитию кариеса зубов, аллергизации организма. Потребление углеводов должно быть сбалансировано с потреблением белков и жиров. Выяснено, что оптимальным для питания практически здорового человека является соотношение белков, жиров и углеводов в рационе, близкое к 1 : 1 : 4.

? КАКОВО ЗНАЧЕНИЕ ВИТАМИНОВ В ПИТАНИИ ЧЕЛОВЕКА?

Витамины являются незаменимыми пищевыми веществами, отличающимися высокой биологической активностью и имеющими важное значение для жизнедеятельности человека.

Норма потребления витаминов зависит от пола, возраста, массы тела, степени тяжести труда, физиологического состояния, климатических условий. По данным медицинских исследований, в нашей стране отмечается существенный дефицит витаминов в питании населения.

У 90% россиян отмечен дефицит витамина С. Этот витамин не синтезируется в организме человека и должен поступать с пищей. Потребность в витамине С возрастает при интенсивных физических нагрузках, при воздействии низких и высоких температур, при наличии заболеваний, особенно инфекционных. Источниками витамина С являются в основном фрукты, ягоды, овощи.

У 40—50% жителей нашей страны отмечается дефицит витаминов группы В. Витамин В₁ — тиамин — поступает в организм преимущественно с зерновыми, бобовыми, орехами. Много этого витамина в дрожжах, свинине. В организме тиамин участвует в передаче нервных импульсов.

Витамин В₂ — рибофлавин — в организме участвует в ферментации, окислительно-восстановительных процессах обмена углеводов и белков. Этот витамин в организме не синтезируется и нуждается в систематическом поступлении с пищей. Его источниками являются дрожжи, яйца, молоко, печень, мясо, рыба.

Витамин В₆ — пиридоксин — в организме участвует в обмене белков, способствует расщеплению аминокислот. Недостаточное поступление этого витамина приводит к нарушению процессов возбуждения и торможения в коре головного мозга. Много витамина В₆ содержится в яичном желтке, рыбе, зелёном перце, овсяной крупе, вишне, шпинате.

Витамин В₁₂ — кобаламин — участвует в обеспечении нормального гомеостаза за счёт активации созревания красных кровяных телец. Вместе с фолиевой кислотой этот витамин участвует в синтезе гемоглобина.

? КАКОЕ ВЛИЯНИЕ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА ОКАЗЫВАЮТ ВРЕДНЫЕ ПРИВЫЧКИ?

Многочисленные медицинские исследования показали, что курение табака, употребление алкоголя и наркотических веществ наносят непоправимый вред здоровью человека. В состав табака входит около 300 веществ, большинство из кото-

рых вредны. Из них наиболее опасным является никотин, относящийся к нейротропным ядам. Компонентами табачного дыма, попадающими в лёгкие, являются многие канцерогенные вещества. Курение табака является одной из причин различных нервных расстройств у подростков. Курение служит главной причиной хронического бронхита, эмфиземы и рака лёгких, а также одним из факторов риска, способствующих возникновению инфаркта миокарда и ряда нарушений при беременности и у новорождённых.

Развитию многих физических и психических заболеваний способствует употребление алкоголя. Алкоголь является наркотическим ядом, который действует на центральную нервную систему, вызывая повышенное возбуждение и нарушая процессы торможения. Употребление алкоголя даже в малых дозах вредно действует на сердечно-сосудистую систему. Основной мишенью разрушающего действия алкоголя является печень. Потребление алкоголя увеличивает риск заболевания и смерти от цирроза печени и панкреатита, а также рака полости рта, гортани, пищевода, желудка, прямой кишки, лёгких, печени.

Ещё более разрушительное действие на организм оказывают наркотические и токсические вещества. Они вызывают сильнейшую зависимость, приводящую к истощению здоровья человека и разрушению его личности.

? ПОЧЕМУ ЗДОРОВЬЕ ЯВЛЯЕТСЯ ВАЖНЫМ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИМ ФАКТОРОМ?

В течение всей своей жизни человек находится под постоянным воздействием природных и социальных факторов. Всемирной организацией здравоохранения выделено более 200 факторов, которые оказывают наиболее значительное влияние

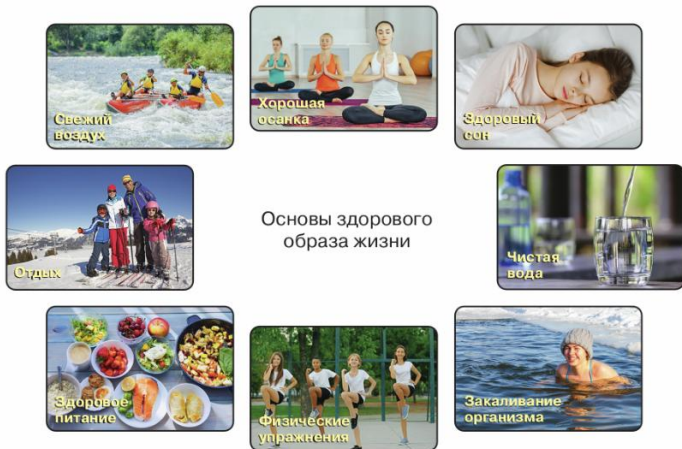


Рис. 95. Основы здорового образа жизни



на современного человека. Среди них наиболее важное значение в развитии самых распространенных болезней имеют гиподинамия, неправильное питание, вредные привычки, неблагоприятная экологическая обстановка.

Здоровый образ жизни основан на соблюдении рационального режима дня, достаточной физической активности, отказе от вредных привычек, закаливании (рис. 95). Ведение здорового образа жизни способствует увеличению продолжительности активной жизни на 7—10 лет.

Здоровье является естественным состоянием организма, позволяющим человеку полностью реализовывать свои способности, без ограничения осуществлять трудовую деятельность при максимальном сохранении продолжительности активной жизни. Поэтому здоровье людей является важнейшим социальным и экономическим фактором. Здоровье — это не только отсутствие болезней, но и физическое, психическое, социальное благополучие.

Физическое здоровье подразумевает отсутствие у человека не только заболеваний, но и любых функциональных нарушений, которые рассматриваются как предпосылки к формированию хронического заболевания.

Психическое здоровье подразумевает мышление и поведение, основанное на понимании человеком неразрывного единства с окружающим миром, что позволяет формировать благоприятный фон для его жизнедеятельности. Духовность и нравственность — это внутреннее состояние человека, которое обеспечивает устойчивость организма. Психическое здоровье во многом определяет и физическое здоровье.

Социальное здоровье — это хорошее самочувствие человека в обществе, коллективе, семье в реальных жизненных обстоятельствах. Социальное здоровье проявляется в удовлетворённости жизнью и уверенности в будущем.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Рациональное питание. Здоровье. Физическое здоровье. Психическое здоровье. Социальное здоровье. Здоровый образ жизни.

ВЫВОДЫ

- Рациональное, полноценное, сбалансированное питание благоприятно влияет на продолжительность и качество жизни человека.
- Курение табака, употребление алкоголя и наркотических веществ наносят непоправимый вред здоровью человека. Вредные привычки вызывают сильнейшую зависимость, приводят к истощению здоровья человека.
- Здоровье — это не только отсутствие болезней, но и физическое, психическое, социальное благополучие. Сохранению здоровья, снижению риска заболеваний, увеличению продолжительности активной жизнедеятельности способствует здоровый образ жизни.

ВОПРОСЫ

1. Каковы последствия неправильного питания для организма?
2. Какое питание называют рациональным?
3. Что значит сбалансированное питание?
4. Как вредные привычки влияют на организм человека?
5. Как вы понимаете определение понятия «здоровье»?
6. Какие состояния благополучия человека входят в понятие здоровья?

**ЗАДАНИЯ**

- Перечислите факторы, отрицательно влияющие на здоровье современного человека.
- Приведите пример рационального меню школьника на день. Объясните свой выбор.
- Поясните, каковы социальные последствия вредных привычек.
- Докажите, что здоровье является одной из основных жизненных ценностей.

ОБЪЯСНИТЕ

- Почему здоровье человека считают неперенным условием его эффективной жизнедеятельности?
- Почему здоровье каждого человека является не только индивидуальной, но и общественной ценностью?
- Почему рациональное питание является важным фактором сохранения и укрепления здоровья?

ТЕМЫ ДЛЯ ДИСКУССИЙ

- В чём принципиальное различие взаимодействия животных и человека со средой обитания?
- Какую роль играет образ жизни человека в профилактике неинфекционных заболеваний?

КЕЙС**Глава 11. Человек и окружающая среда****ЗАДАНИЕ****СПРАВОЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ**

Среди факторов окружающей среды выделяют те, которые в современную эпоху не оказывают существенного влияния на демографию человека, и которые способны понизить численность населения.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

Используя перечисленные ниже факторы, заполните таблицу 13 «Факторы среды и демография человеческого общества».

Факторы: температура воздуха, высота снежного покрова, ветер, хищники, паразиты, конкуренты, убежища, пищевые ресурсы, вода, осадки, природные катаклизмы, дикие животные, вирусы, болезнетворные бактерии.

Таблица 13

Факторы среды и демография человеческого общества

Факторы среды, не влияющие на демографию людей в современную эпоху	Факторы среды, продолжающие влиять на демографию современных людей

Предложите дополнительные факторы и запишите их в таблицу.



ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

А

Автоматия сердца 16
 Адаптация 187
 Аллельные гены 208
 Аллергия 79
 Альвеолы 97
 Альдостерон 149
 Альтернативные признаки 207
 Ангиопластика 23
 Андрогены 158
 Анемия 55
 Антигены 62
 Антитела 62
 Антропогенез 242
 Антропология 245
 Аортокоронарное шунтирование 23
 Аппендикс 68
 Артериальная гипертензия 23
 Артериальное давление 13
 Артерии 25
 Атеросклероз коронарных сосудов 23
 Аутоиммунитет 79
 Аутоиммунные заболевания 79

Б

Базофилы 51
 Беременность 167
 Биологический ритм 197
 Ботулизм 138
 Бронхи 91
 Бронхиальное дерево 97
 Бронхиолы 97

В

Вазопрессин 149
 Вакцина 74
 Вены 25
 Волосы 176
 Воспаление 64
 Выделение 145

Г

Гастрит 138
 Гемоглобин 47
 Гемофилия 55
 Ген 211

Генетика 207

Генные болезни 233
 Генотерапия 233
 Генотип 211
 Генотип 211
 Генотип 211
 Генотип 211
 Генотип 211
 Генотип 211
 Гетерозиготные организмы 209
 Гипертоническая болезнь 23
 Гиподерма 172
 Гипоксия 195
 Глотка 114
 Голосовые связки 91
 Гомеостаз 41
 Гоминиды 249
 Гомозиготные организмы 209
 Гормоны 161
 Горлань 91
 Грипп 84

Д

Двенадцатиперстная кишка 126
 Дерма 172
 Дефекация 126
 Дигибридное скрещивание 211
 Доминантные и рецессивные признаки 207
 Донор 55
 Дрейф генов 237
 Дыхание 88
 Дыхательные движения 97
 Дыхательный ацинус 97
 Дыхательный центр головного мозга 101

Ж

Желудок 120
 Желудочки 9
 Желудочный сок 120
 Желчь 120
 Жизненная ёмкость лёгких 97

З

Закон единообразия гибридов первого поколения 206
 Закон независимого расщепления 211
 Закон Харди—Вайнберга 235
 Здоровье 266
 Зубы 114

**И**

Изменчивость 204
Иммунизация 64
Иммунитет 62
Иммунодефицит 76
Инфаркт миокарда 23
Инфекционные болезни 60
Ишемическая болезнь сердца 23

К

Капилляры 25
Кератин 172
Кишечные ворсинки 126
Клапаны сердца 9
Комбинативная изменчивость 219
Коронавирус 84
Костный мозг 68
Козволюция 261
Кровь 42
Кроссинговер 213
Круги кровообращения 34

- малый 34
- большой 34

Л

Лёгкие 97
Лёгочная плевра 97
Лейкоциты 47
Лимфа 39
Лимфатическая система 39
Лимфатический сосуд 39
Лимфатический узел 39
Лимфоидные бляшки 68
Лимфоциты 51

М

Матка 161
Маточные трубы 161
Медико-генетическое консультирование 232
Меланин 172
Меланоциты 172
Менструация 167
Миндалины 68
Миокард 9
Модификации 221
Моногибридное скрещивание 207
Моноциты 51
Мочевой пузырь 149
Мочевыделительная система 145
Мочекаменная болезнь 152

Мочеточники 149
Мутагенные факторы 221
Мутации 221

Н

Надпочечник 145
Наследственность 204
Наследование, сцепленное с полом 216
Невесомость 195
Нейтрофилы 51
Нервная регуляция дыхания 101
Нефрон 145
Ногти 176
Норма реакции 221
Носоглотка 91

О

Обморожение 181
Ожог 181
Ооцит 161
Острые респираторные вирусные инфекции 84

П

Перикард 9
Перистальтика 120
Печень 120
Пиелонефрит 152
Пищеварение 110
Пищеварительная система 114
Пищеварительный тракт 114
Пищевод 120
Плазма крови 42
Плацента 167
Пневмония 105
Поджелудочная железа 126
Поллюция 167
Половые железы 158
Половые признаки 167
Потовые железы 172
Почечная лоханка 145
Почка 145
Предсердия 9
Приматы 248
Пульс 14

Р

Рациональное питание 266
Регуляция тонуса кровеносных сосудов 28
Режим питания 199



Репродукция 158
 Реципиент 55
 Роды 167
 Ротовая полость 114
 Ротоглотка 91

С

Сальные железы 172
 Свёртывание крови 55
 Секвенирование 227
 Селезёнка 68
 Семенная жидкость 158
 Семенники 158
 Семьявыносящие пути 158
 Сердечная недостаточность 23
 Сердечный цикл 11
 Сердце 6
 Сосуды 28
 Социальная адаптация 187
 Социальные факторы эволюции 253
 Сперматогенез 158
 Сперматозоид 158
 Суточные ритмы 199
 Сцепление генов 213
 Сыворотка 74

Т

Терморегуляция 176
 Тимус 68
 Толстый кишечник 126
 Тонкий кишечник 126
 Трансплантация сердца 23
 Трахея 91
 Тромбоциты 47

Ф

Факторы природной среды 261
 Фенотип 211
 Физиологическая адаптация 184
 Фильтрация 145
 Флюорография 105

Х

Хромосомы 208

Ц

Цистит 152
 Цитокины 68

Ч

Чистая линия 207

Э

Экологические факторы 187
 Электрокардиограмма 16
 Эмфизема 105
 Эндокард 9
 Эозинофилы 51
 Эпидермис 172
 Эпикард 9
 Эритроциты 47

Я

Язык 114
 Яичники 161



ОГЛАВЛЕНИЕ

ГЛАВА 1. КРОВЕНОСНАЯ СИСТЕМА	5
§ 1. Строение сердца	6
§ 2. Работа сердца	11
§ 3. Профилактика и лечение нарушений работы сердца	19
§ 4. Кровеносные сосуды	25
§ 5. Круги кровообращения и первая помощь при кровотечениях	30
§ 6. Лимфатическая система	36
§ 7. Роль крови в поддержании постоянства внутренней среды организма	40
§ 8. Эритроциты и тромбоциты в составе крови	43
§ 9. Лейкоциты в составе крови	48
§ 10. Группы крови	52
Кейс к главе 1	56
ГЛАВА 2. ИММУННАЯ СИСТЕМА	59
§ 11. Механизмы защиты организма от инфекций	60
§ 12. Органы иммунной системы	65
§ 13. Врождённый и приобретённый иммунитет	69
§ 14. Неинфекционный иммунитет	76
§ 15. Инфекционные заболевания и их профилактика	80
Кейс к главе 2	85
ГЛАВА 3. ДЫХАТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА	87
§ 16. Дыхание и дыхательные пути	88
§ 17. Лёгкие и дыхательные движения	92
§ 18. Газообмен и регуляция дыхания	98
§ 19. Гигиена дыхания и профилактика заболеваний органов дыхания	102
Кейс к главе 3	107
ГЛАВА 4. ПИЩЕВАРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА	109
§ 20. Строение и функции пищеварительной системы	110
§ 21. Пищеварение в желудке и деятельность печени	116
§ 22. Пищеварение и всасывание питательных веществ в кишечнике	122
§ 23. Регуляция пищеварения	128
§ 24. Гигиена питания и профилактика заболеваний органов пищеварения	132
Кейс к главе 4	140
ГЛАВА 5. МОЧЕВЫДЕЛИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА	141
§ 25. Строение и функции мочевыделительной системы	142
§ 26. Вторичное всасывание и регуляция работы мочевыделительной системы	146
§ 27. Профилактика заболеваний органов мочевыделительной системы	150
Кейс к главе 5	153
ГЛАВА 6. РЕПРОДУКТИВНАЯ СИСТЕМА	155
§ 28. Мужская половая система	156
§ 29. Женская половая система	159



§ 30. Воспроизведение и развитие человека	163
Кейс к главе 6	168
ГЛАВА 7. КОЖА И ЕЁ ПРОИЗВОДНЫЕ	169
§ 31. Строение и функции кожи	170
§ 32. Производные кожи	174
§ 33. Гигиена кожи и профилактика кожных заболеваний	177
Кейс к главе 7	182
ГЛАВА 8. АДАПТАЦИИ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА	183
§ 34. Приспособление организма человека к меняющимся условиям среды. . .	184
§ 35. Адаптации человека к условиям низких и высоких температур.	188
§ 36. Адаптации человека к недостатку кислорода, условиям высокогорья, морскому климату и невесомости	193
§ 37. Ритмические процессы жизнедеятельности	196
Кейс к главе 8	201
ГЛАВА 9. ГЕНЕТИКА ЧЕЛОВЕКА	203
§ 38. Закономерности наследования признаков	204
§ 39. Гены и наследование признаков.	208
§ 40. Сцепленное наследование	213
§ 41. Модификационная и наследственная изменчивость	218
§ 42. Методы исследования наследственности человека	223
§ 43. Наследственные заболевания человека	229
§ 44. Популяционная генетика человека	234
Кейс к главе 9	238
ГЛАВА 10. АНТРОПОГЕНЕЗ	241
§ 45. Человек в системе животного мира	242
§ 46. Отличительные особенности гоминид	248
§ 47. Качественные отличия человека от животных	251
Кейс к главе 10	255
ГЛАВА 11. ЧЕЛОВЕК И ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА	257
§ 48. Влияние факторов окружающей среды на организм человека	258
§ 49. Здоровье человека как социальная ценность	262
Кейс к главе 11	267
ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ	268