

БИЛИЧ Г. Л., ЗИГАЛОВА Е. Ю.



АТЛАС **АНАТОМИЯ И** **ФИЗИОЛОГИЯ** **ЧЕЛОВЕКА**

Полное
практическое
пособие

Все уровни и системы
+85 подробных иллюстраций

Annotation

Полный атлас представляет самые необходимые сведения о строении тела человека по всем системам и органам. Он подготовлен ведущими учеными, которые в соавторстве с М. Р. Сапиным создают современные анатомические атласы-бестселлеры. Этот надежный и простой справочник описывает все системы и органы человека, а также доступно объясняет особенности их функционирования. Подробные таблицы и 85 детальных иллюстраций позволят быстро и успешно освоить анатомию и физиологию.

Атлас разработан на основе самых современных научных данных по анатомии человека в помощь студентам всех педагогических, биологических и медицинских специальностей. Как понятный медицинский справочник он также пригодится всем людям, заботящимся о своем здоровье.

- [Г. Л. Билич, Е. Ю. Зигалова](#)
 -
 - [Введение](#)
 - [Человек: общие данные](#)
 -
 - [Клетка](#)
 -
 - [Химический состав клетки](#)
 - [Строение клетки человека](#)
 - [Мембранные органеллы. Транспорт через мембраны](#)
 - [Клеточный цикл](#)
 - [Цитозоль. Рибосомы и синтез белка](#)
 - [Ткани](#)
 -
 - [Эпителиальные ткани](#)
 - [Соединительные и опорные ткани](#)
 - [Кровь](#)
 -
 - [Собственно соединительные ткани](#)
 -
 - [Жировая ткань](#)

- [Хрящевая ткань](#)
 - [Мышечная ткань](#)
 - [Нервная ткань](#)
 - [Органы, системы и аппараты органов](#)
 - [Особенности строения, роста и развития человека](#)
 - [Опорно-двигательный аппарат](#)
 - [Система скелета](#)
 - [Система соединений костей](#)
 - [Строение скелета](#)
 -
 - [Осевой скелет](#)
 - [Соединения позвоночного столба](#)
 - [Череп](#)
 -
 - [Череп как целое](#)
 - [Возрастные особенности строения черепа](#)
 - [Кости и соединения костей конечностей](#)
 - [Миология \(учение о мышцах\)](#)
 -
 - [Строение мышц](#)
 - [Элементы биомеханики](#)
 - [Мышцы спины](#)
 - [Мышцы шеи](#)
 - [Мышцы груди](#)
 - [Мышцы живота](#)
 - [Мышцы головы](#)
 - [Мышцы верхней конечности](#)
 - [Мышцы нижней конечности](#)
 - [Функция опорно-двигательного аппарата](#)
 - [Работоспособность, работа, утомление и отдых](#)
 - [Физическая активность](#)
 - [Внутренние органы](#)
 -
 - [Пищеварительная система](#)
 -
 - [Полость рта](#)
 -
 - [Язык](#)
 - [Зубы](#)

- [Железы рта](#)
 - [Глотка](#)
 - [Пищевод](#)
 - [Желудок](#)
 - [Тонкая кишка](#)
 - [Толстая кишка](#)
 - [Печень](#)
 - [Желчный пузырь](#)
 - [Поджелудочная железа](#)
- [Функции пищеварительной системы](#)
 -
 - [Пища](#)
 -
 - [Белки](#)
 - [Жиры \(липиды\)](#)
 - [Углеводы](#)
 - [Балластные вещества](#)
 - [Свободные радикалы](#)
 - [Витамины](#)
 -
 - [Жирорастворимые витамины](#)
 - [Водорастворимые витамины](#)
 - [Витамины группы В](#)
 - [Витаминоподобные вещества](#)
 - [Потребность в витаминах](#)
 - [Минеральные вещества](#)
 - [Вода](#)
 - [Пищеварение](#)
 -
 - [Пищеварение в полости рта](#)
 - [Пищеварение в желудке](#)
 - [Пищеварение в тонкой кишке](#)
 - [Пищеварение в толстой кишке](#)
- [Дыхательная система](#)
 -
 - [Полость носа](#)
 - [Гортань](#)
 - [Трахея](#)
 - [Бронхи](#)

- [Легкие](#)
- [Плевра](#)
- [Функция дыхательной системы](#)
 -
 - [Газообмен в легких и тканях](#)
- [Мочеполовой аппарат](#)
 -
 - [Мочевые органы](#)
 - [Почки](#)
 - [Мочеточники](#)
 - [Мочевой пузырь](#)
 - [Функция почек](#)
 - [Физические и химические свойства мочи](#)
 - [Мужские половые органы](#)
 -
 - [Внутренние мужские половые органы](#)
 -
 - [Семявыносящий проток](#)
 - [Простата](#)
 - [Семенной канатик](#)
 - [Наружные мужские половые органы](#)
 - [Мошонка](#)
 - [Половой член](#)
 - [Мужской мочеиспускательный канал](#)
 - [Женские половые органы](#)
 -
 - [Внутренние женские половые органы \(см. рис. 49\)](#)
 - [Яичник](#)
 - [Маточная труба](#)
 - [Матка](#)
 - [Влагалище](#)
 - [Наружные женские половые органы](#)
 -
 - [Половые губы](#)
 - [Клитор](#)
 - [Преддверие влагалища](#)
 - [Овариально-менструальный цикл](#)
 - [Половое созревание](#)
 - [Биологическая и социальная сущность пола человека](#)

- [Половой цикл человека](#)
 - [Полость живота. Брюшина](#)
 - [Сердечно-сосудистая система](#)
 -
 - [Сердце](#)
 - [Функции сердца](#)
 - [Кровоснабжение организма](#)
 - [Функция сердечно-сосудистой системы](#)
 -
 - [Регуляция функций сердечно-сосудистой системы](#)
 - [Лимфатическая система](#)
 - [Лимфоидная система \(органы кроветворения и иммунной системы\)](#)
 - [Иммунитет](#)
 - [Лимфоидные органы](#)
 -
 - [Костный мозг](#)
 - [Тимус](#)
 - [Лимфоидная _____ ткань _____ стенок _____ органов пищеварительной и дыхательной систем](#)
 - [Лимфоидные узелки и лимфатические узлы](#)
 - [Селезенка](#)
 - [Эндокринная система](#)
 - [Эндокринные железы](#)
 -
 - [Гипофиз](#)
 - [Щитовидная железа](#)
 - [Паращитовидные железы](#)
 - [Панкреатические островки](#)
 - [Шишковидное тело \(эпифиз\)](#)
 - [Эндокринная часть половых желез](#)
- [Нервная система](#)
 -
 - [Центральная нервная система](#)
 - [Спинной мозг](#)
 - [Головной мозг](#)
 - [Проводящие пути головного и спинного мозга](#)
 - [Оболочки спинного и головного мозга](#)
 - [Периферическая нервная система](#)

- - [Черепные нервы](#)
 - [Спинномозговые нервы](#)
 - [Автономный отдел периферической нервной системы \(вегетативная нервная система\)](#)
 - [Высшая нервная деятельность](#)
 -
 - [Особенности высшей нервной деятельности человека](#)
 - [Типы нервной деятельности](#)
 - [Интегративная функция нервной системы](#)
 -
 - [Ритмы мозга](#)
 - [Сон и бодрствование](#)
 - [Сознание и мышление](#)
 - [Членораздельная речь](#)
 - [Научение и память](#)
 - [Поведение](#)
 - [Мотивация](#)
 - [Интеллект](#)
 - [Органы чувств](#)
 -
 - [Орган зрения](#)
 -
 - [Глазное яблоко](#)
 - [Вспомогательные органы глаза](#)
 - [Ухо](#)
 - [Орган обоняния](#)
 - [Орган вкуса](#)
 - [Общий покров](#)
 -
 - [Кожная чувствительность](#)
 - [Рекомендуемая литература](#)
 - [notes](#)
 - [1](#)
 - [2](#)
 - [3](#)
 - [4](#)
-

Г. Л. Билич, Е. Ю. Зигалова
Атлас: анатомия и физиология человека.
Полное практическое пособие

Билич Габриэль Лазаревич – доктор медицинских наук, профессор, академик РАЕН, автор 323 научных работ, 11 учебников, 14 учебных пособий и 8 монографий, академик Международной академии наук, директор Северо-Западного филиала Восточно-Европейского института психоанализа.

Введение

Биология – это совокупность наук о живой природе о строении, развитии и многообразии живых существ, их взаимоотношениях и связях с внешней средой. Будучи единой, биология включает в себя два основных раздела: морфологию и физиологию. Морфология изучает форму и строение живых существ; физиология – наука о жизнедеятельности организмов, процессах, протекающих в их структурных элементах, о регуляции функций. Строение всех структур неразрывно связано с их функцией. К числу морфологических дисциплин относится и анатомия (в широком смысле) человека – наука о форме и строении, происхождении и развитии человеческого организма, его систем и органов, включая их микроскопическое и ультрамикроскопическое строение. Современная анатомия является функциональной.

Невозможно понять анатомию человека, не зная его происхождения как вида антропогенеза (от греч. *anthropos* – «человек», *genesis* – «происхождение»), исторического эволюционного развития организмов филогенеза (от греч. *phylon* – «род») и процесса его индивидуального развития, начиная с оплодотворения и кончая смертью – онтогенеза (от греч. *onthos* – «сущее»).

Человек как биологическое существо принадлежит к животному миру. Поэтому анатомия изучает строение человека с учетом биологических закономерностей, присущих всем живым организмам, в первую очередь высшим позвоночным, а также возрастных, половых и индивидуальных особенностей. Человек отличается от животных не только по целому ряду анатомических признаков, но и качественно (это главное!) благодаря развитию мышления, сознания, членораздельной речи интеллекту, своей социальной сущности. Человек – единственное существо, обладающее свободой выбора.

Анатомия и физиология традиционно (и заслуженно) являются одними из фундаментальных дисциплин в системе медицинского образования. Следует подчеркнуть, что эти дисциплины являются единственными, которые знакомят будущую медицинскую сестру со строением тела человека и закономерностями его жизнедеятельности.

Анатомия и физиология человека служит фундаментом ряда теоретических и клинических дисциплин: гистологии, цитологии, эмбриологии, патологической анатомии и патологической физиологии,

терапии, хирургии, невропатологии и др. Именно анатомия и физиология лежат в основе сестринского дела.

Анатомия и физиология раскрывают важнейшие общебиологические закономерности, развивают мировоззрение медицинской сестры, ее мышление, вооружают знанием строения тела человека, раскрывают его связи с окружающей средой, а также позволяют понять формообразующую роль функции, связь биологических и социальных факторов.

Подготовка современной медицинской сестры, сестры милосердия должна начинаться с изучения строения и функционирования тела здорового («усредненного») человека. Без этого невозможно познать сущность человека как биологического существа, объяснить особенности его психики, поведения и повседневно заниматься предупреждением заболеваний и активно участвовать в лечении. В основе преподавания курса «Анатомии и физиологии» лежит принцип целостности, который предполагает изучение строения тела человека на всех уровнях (ультраструктурном, микро– и макроскопическом, популяционном и видовом) с учетом единства и взаимозависимости структуры и функции. Настоящий учебник написан с учетом специфики подготовки медицинской сестры, в том числе с высшим образованием.

Сегодня большинство людей очень мало знают о своем теле, построенном по божественному образу и подобию, о том, как оно функционирует, о сути здоровья и принципах его сохранения. Эта книга должна стать настольной для каждого человека, который заботится о себе и о своем здоровье – главной ценности в жизни.

Авторы

Человек: общие данные

В процессе изучения человека его структуры условно подразделяют на клетки, ткани, органы, системы и аппараты органов, которые и формируют организм. Однако следует предостеречь читателя от буквального понимания этого деления. Организм един, он может существовать лишь благодаря своей целостности, но в нем выделяют ряд иерархических уровней: клеточный, тканевый, органнй, системный, организменный.

Клетка

Клетка является основной элементарной единицей всего живого, поэтому ей присущи все свойства живых организмов: высокоупорядоченное строение, получение энергии извне и ее использование для выполнения работы и поддержания упорядоченности, обмен веществ, активная реакция на раздражения, рост, развитие, размножение, удвоение и передача биологической информации потомкам, регенерация (восстановление поврежденных структур), адаптация к окружающей среде.

Немецкий ученый **Т. Шванн** в середине XIX века создал клеточную теорию, основные положения которой свидетельствовали о том, что все ткани и органы состоят из клеток; клетки растений и животных принципиально сходны между собой, все они возникают одинаково; деятельность организмов – сумма жизнедеятельности отдельных клеток. Большое влияние на дальнейшее развитие клеточной теории и вообще на учение о клетке оказал великий немецкий ученый Р. Вирхов. Он не только свел воедино все многочисленные разрозненные факты, но и убедительно показал, что клетки являются постоянной структурой и возникают только путем размножения.

Клеточная теория в современной интерпретации включает в себя следующие главные положения: клетка является универсальной элементарной единицей живого; клетки всех организмов принципиально сходны по своему строению, функции и химическому составу; клетки размножаются только путем деления исходной клетки; многоклеточные организмы являются сложными клеточными ансамблями, образующими целостные системы. Благодаря современным методам исследования были выявлены два основных типа клеток: более сложно организованные, высокодифференцированные *эукариотические клетки* (растения, животные и некоторые простейшие, водоросли, грибы и лишайники) и менее сложно организованные *прокариотические клетки* (сине-зеленые водоросли, актиномицеты, бактерии, спирохеты, микоплазмы, риккетсии, хламидии). В отличие от прокариотической эукариотическая клетка имеет ядро, ограниченное двойной ядерной мембраной, и большое количество мембранных органелл.

ВНИМАНИЕ

Клетка является основной структурной и функциональной единицей живых организмов, осуществляющей рост, развитие, обмен веществ и энергии, хранящей, перерабатывающей и реализующей генетическую информацию.

С точки зрения морфологии клетка представляет собой сложную систему биополимеров, отделенную от внешней среды плазматической мембраной (плазмолеммой) и состоящую из ядра и цитоплазмы, в которой располагаются органеллы и включения (гранулы) (рис. 1). Клетки разнообразны по своей форме, строению, химическому составу и характеру обмена веществ. Все клетки гомологичны, т. е. имеют ряд общих структурных признаков, от которых зависит выполнение основных функций. Клеткам присуще единство строения, метаболизма (обмена веществ) и химического состава. Вместе с тем различные клетки имеют и специфические структуры. Это связано с выполнением ими специальных функций.

Химический состав клетки

В состав клетки входит более 100 химических элементов, на долю четырех из них приходится около 98 % массы, это *органогены*: кислород (65–75 %), углерод (15–18 %), водород (8–10 %) и азот (1,5–3,0 %). Остальные элементы подразделяются на три группы: макроэлементы – их содержание в организме превышает 0,01 %; микроэлементы (0,00001–0,01 %) и ультрамикроэлементы (менее 0,00001). К макроэлементам относятся сера, фосфор, хлор, калий, натрий, магний, кальций. К микроэлементам – железо, цинк, медь, йод, фтор, алюминий, медь, марганец, кобальт и др. К ультрамикроэлементам – селен, ванадий, кремний, никель, литий, серебро и др. Несмотря на очень малое содержание, микроэлементы и ультрамикроэлементы играют очень важную роль. Они влияют, главным образом, на обмен веществ. Без них невозможна нормальная жизнедеятельность каждой клетки и организма как целого.

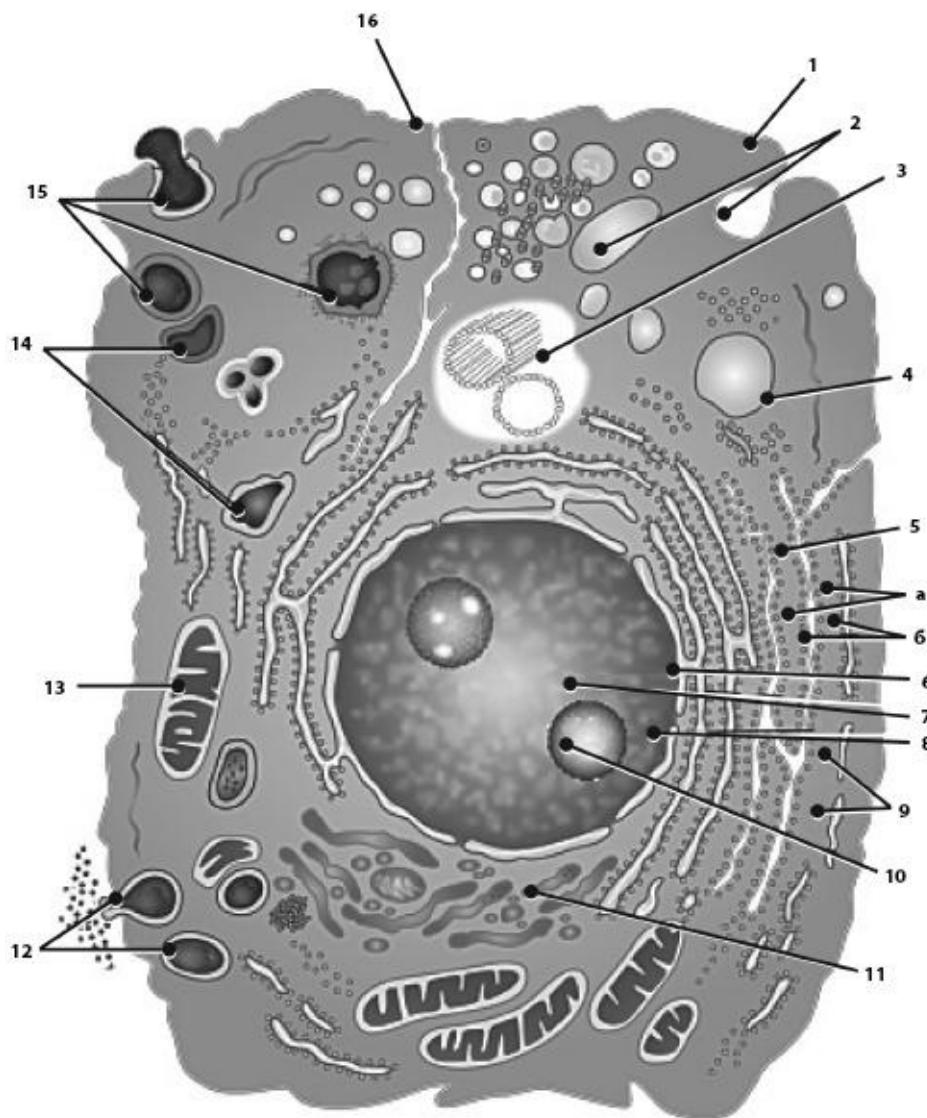


Рис. 1. Ультрамикроскопическое строение клетки. 1 – цитолемма (плазматическая мембрана); 2 – пиноцитозные пузырьки; 3 – центросома клеточный центр (цитоцентр); 4 – гиалоплазма; 5 – эндоплазматическая сеть: а – мембрана зернистой сети; б – рибосомы; 6 – связь перинуклеарного пространства с полостями эндоплазматической сети; 7 – ядро; 8 – ядерные поры; 9 – незернистая (гладкая) эндоплазматическая сеть; 10 – ядрышко; 11 – внутренний сетчатый аппарат (комплекс Гольджи); 12 – секреторные вакуоли; 13 – митохондрия; 14 – липосомы; 15 – три последовательные стадии фагоцитоза; 16 – связь клеточной оболочки (цитолеммы) с мембранами эндоплазматической сети

Клетка состоит из неорганических и органических веществ. Среди неорганических наибольшее количество воды. Относительное количество

воды в клетке составляет от 70 до 80 %. Вода – универсальный растворитель, в ней происходит все биохимические реакции в клетке. При участии воды осуществляется терморегуляция. Вещества, растворяющиеся в воде (соли, основания, кислоты, белки, углеводы, спирты и др.), называются гидрофильными. Гидрофобные вещества (жиры и жироподобные) не растворяются в воде. Другие неорганические вещества (соли, кислоты, основания, положительные и отрицательные ионы) составляют от 1,0 до 1,5 %.

Среди органических веществ преобладают белки (10–20 %), жиры, или липиды (1–5 %), углеводы (0,2–2,0 %), нуклеиновые кислоты (1–2 %). Содержание низкомолекулярных веществ не превышает 0,5 %.

Молекула **белка** является полимером, который состоит из большого количества повторяющихся единиц мономеров. Мономеры белка аминокислоты (их 20) соединены между собой пептидными связями, образуя полипептидную цепь (первичную структуру белка). Она закручивается в спираль, образуя, в свою очередь, вторичную структуру белка. Благодаря определенной пространственной ориентации полипептидной цепи возникает третичная структура белка, которая определяет специфичность и биологическую активность молекулы белка. Несколько третичных структур, объединяясь между собой, образуют четвертичную структуру.

Белки выполняют важнейшие функции. *Ферменты* – биологические катализаторы, увеличивающие скорость химических реакций в клетке в сотни тысяч миллионы раз, являются белками. Белки, входя в состав всех клеточных структур, выполняют пластическую (строительную) функцию. Движения клеток также осуществляют белки. Они обеспечивают транспорт веществ в клетку, из клетки и внутри клетки. Важной является защитная функция белков (антитела). Белки являются одним из источников энергии.

Углеводы подразделяются на моносахариды и полисахариды. Последние построены из моносахаридов, являющихся, подобно аминокислотам, мономерами. Среди моносахаридов в клетке наиболее важны глюкоза, фруктоза (содержит шесть атомов углерода) и пентоза (пять атомов углерода). Пентозы входят в состав нуклеиновых кислот. Моносахариды хорошо растворяются в воде. Полисахариды плохо растворяются в воде (в животных клетках гликоген, в растительных – крахмал и целлюлоза). Углеводы являются источником энергии, сложные углеводы, соединенные с белками (гликопротеиды), жирами (гликолипиды), участвуют в образовании клеточных поверхностей и

взаимодействиях клеток.

К **липидам** относятся жиры и жироподобные вещества. Молекулы жиров построены из глицерина и жирных кислот. К жироподобным веществам относятся холестерин, некоторые гормоны, лецитин. Липиды, являющиеся основным компонентом клеточных мембран (они описаны ниже), выполняют тем самым строительную функцию. Липиды – важнейшие источники энергии. Так, если при полном окислении 1 г белка или углеводов освобождается 17,6 кДж энергии, то при полном окислении 1 г жира – 38,9 кДж. Липиды осуществляют терморегуляцию, защищают органы (жировые капсулы).

Нуклеиновые кислоты являются полимерными молекулами, образованными мономерами нуклеотидами. Нуклеотид состоит из пуринового или пиримидинового основания, сахара (пентозы) и остатка фосфорной кислоты. Во всех клетках существует два типа нуклеиновых кислот: дезоксирибонуклеиновая (ДНК) и рибонуклеиновая (РНК), которые отличаются по составу оснований и сахаров (табл. 1, рис. 2).

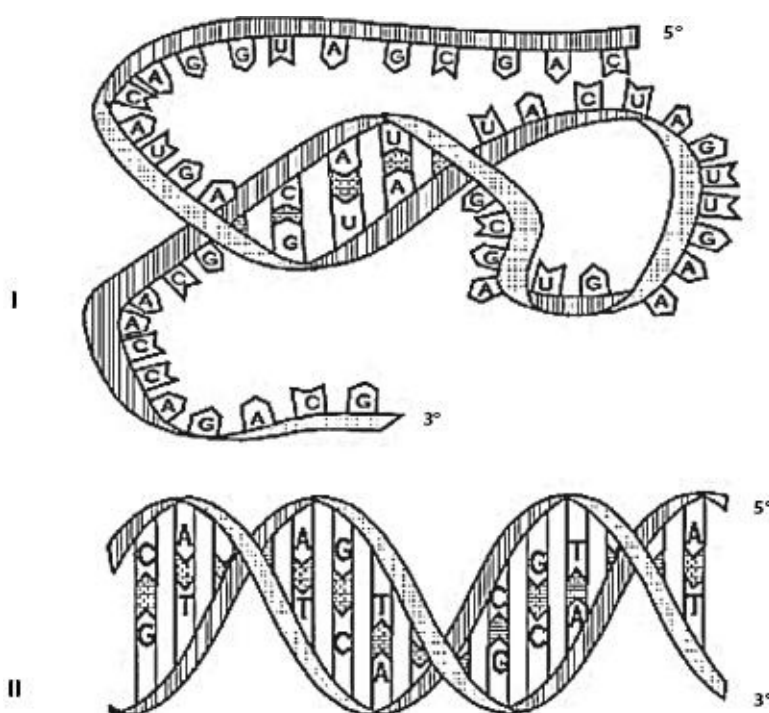


Рис. 2. Пространственная структура нуклеиновых кислот (по Б. Албертсу и соавт, с изм.). I – РНК; II – ДНК; ленты – сахарофосфатные остовы; А, С, G, Т, U – азотистые основания, решетки между ними – водородные связи

Молекула ДНК состоит из двух полинуклеотидных цепей,

закрученных одна вокруг другой в виде двойной спирали. Азотистые основания обеих цепей соединены между собой комплементарно водородными связями. **Аденин соединяется только с тиминном, а цитозин – с гуанином** (А – Т, Г – Ц). В ДНК записана генетическая информация, которая определяет специфичность синтезируемых клеткой белков, т. е. последовательность аминокислот в полипептидной цепи. ДНК передает по наследству все свойства клетки. ДНК содержится в ядре и митохондриях.

Молекула РНК образована одной полинуклеотидной цепью. В клетках существует три типа РНК. Информационная, или мессенджер РНК тРНК (от англ. messenger – «посредник»), которая переносит информацию о нуклеотидной последовательности ДНК в рибосомы (см. ниже).

Транспортная РНК (тРНК), которая переносит аминокислоты в рибосомы. Рибосомальная РНК (рРНК), которая участвует в образовании рибосом. РНК содержится в ядре, рибосомах, цитоплазме, митохондриях, хлоропластах.

Таблица 1

Состав нуклеиновых кислот

Кислота	Сахар	Азотистые основания	
		<i>пуриновые</i>	<i>пиримидиновые</i>
РНК	Рибоза	Аденин (А) Гуанин (Г)	Цитозин (Ц) Урацил (У)
ДНК	Дезоксирибоза	Аденин (А) Гуанин (Г)	Цитозин (Ц) Тимин (Т)

Строение клетки человека

Для всех клеток типично наличие цитоплазмы и ядра (см. рис. 1). Цитоплазма включает в себя гиалоплазму, органеллы общего назначения, имеющиеся во всех клетках, и органеллы специального назначения, которые есть лишь в определенных клетках и выполняют специальные функции. В клетках встречаются также временные клеточные структуры включения.

Размеры клеток человека варьируют от нескольких микрометров^[1] (например, малый лимфоцит) до 200 мкм (яйцеклетка). В организме человека встречаются клетки различной формы: овоидные, шаровидные, веретеновидные, плоские, кубические, призматические, полигональные, пирамидальные, звездчатые, чешуйчатые, отросчатые, амебовидные.

Снаружи каждая клетка покрыта **плазматической мембраной (плазмолеммой)** толщиной 9–10 нм, ограничивающей клетку от внеклеточной среды. Она выполняет следующие функции: транспортную, защитную, разграничительную, рецепторную восприятия сигналов внешней (для клетки) среды, участие в иммунных процессах, обеспечение поверхностных свойств клетки.

Будучи очень тонкой, плазмолемма не видна в световом микроскопе. В электронном микроскопе, если срез проходит под прямым углом к плоскости мембраны, последняя представляет собой трехслойную структуру, наружная поверхность которой покрыта тонкофибриллярным гликокаликсом толщиной от 75 до 2000 Å, совокупность молекул, связанных с белками плазмолеммы.



Рис. 3. Строение клеточной мембраны, схема (по А. Хэму и Д. Кормаку). 1 – углеводные цепи; 2 – гликолипид; 3 – гликопротеид; 4 – углеводородный «хвост»; 5 – полярная «головка»; 6 – белок; 7 – холестерин; 8 – микроканальцы

Плазмолемма, как и другие мембранные структуры, состоит из двух слоев амфипатических^[2] молекул липидов (билипидный слой, или бислой). Их гидрофильные «головки» направлены к наружной и внутренней сторонам мембраны, а гидрофобные «хвосты» обращены друг к другу. В билипидный слой погружены молекулы белка. Некоторые из них (интегральные, или внутренние трансмембранные белки) проходят через всю толщу мембраны, другие (периферические, или внешние) лежат во внутреннем или наружном монослое мембраны. Некоторые интегральные белки связаны нековалентными связями с белками цитоплазмы (рис. 3). Подобно липидам, белковые молекулы также являются амфипатическими их гидрофобные участки окружены аналогичными «хвостами» липидов, а гидрофильные обращены наружу или внутрь клетки или в одну сторону.

ВНИМАНИЕ

Белки осуществляют большую часть мембранных функций: многие мембранные белки являются рецепторами, другие ферментами, третьи переносчиками.

Плазмолемма образует ряд специфических структур. Это межклеточные соединения, микроворсинки, реснички, клеточные инвагинации и отростки.

Микроворсинки – это лишённые органелл пальцевидные выросты клетки, покрытые плазмолеммой, длиной 1–2 мкм и диаметром до 0,1 мкм. Некоторые эпителиальные клетки (например, кишечные) имеют очень большое количество микроворсинок, образуя так называемую щеточную каемку. Наряду с обычными микроворсинками на поверхности некоторых клеток имеются крупные микроворсинки стереоцилии (например, волосковые сенсорные клетки органов слуха и равновесия эпителиоциты протока придатка яичка и др.).

Реснички и жгутики выполняют функцию движения. До 250 ресничек длиной 5–15 мкм диаметром 0,15–0,25 мкм покрывают апикальную поверхность эпителиальных клеток верхних дыхательных путей, маточных труб, семявыводящих канальцев. **Ресничка** представляет собой вырост клетки, окруженный плазмолеммой. В центре реснички проходит осевая нить, или аксонема, образованная 9 периферическими дуплетами микротрубочек, окружающих одну центральную пару. Периферические дуплеты, состоящие из двух микротрубочек, окружают центральную капсулу. Периферические дуплеты заканчиваются в базальном тельце (кинетосоме), которое образовано из 9 триплетами микротрубочек. На уровне плазмолеммы апикальной части клетки триплеты переходят в дуплеты, здесь же начинается и центральная пара микротрубочек. **Жгутики** эукариотических клеток напоминают реснички. Реснички совершают координированные колебательные движения.

Клеточный центр, образованный двумя **центриолями** (диплосома), находится вблизи ядра, расположенными под углом друг к другу (рис. 4). Каждая центриоль представляет собой цилиндр, стенка которого состоит из 9 триплетов микротрубочек длиной около 0,5 мкм и диаметром около 0,25 мкм. Триплеты, расположенные по отношению друг к другу под углом около 50°, состоят из трех микротрубочек. Центриоли удваиваются в клеточном цикле. Не исключено, что, подобно митохондриям, центриоли содержат собственную ДНК. Центриоли участвуют в образовании базальных телец ресничек и жгутиков и в образовании митотического

веретена.

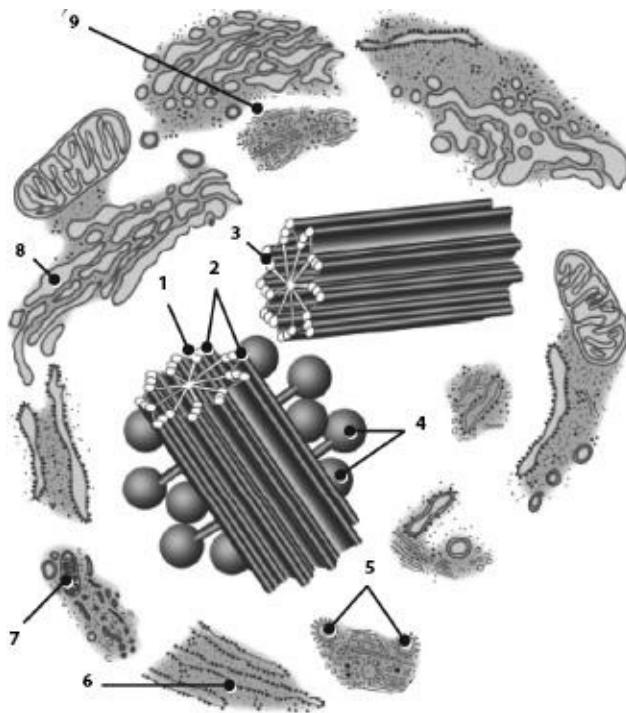


Рис. 4. Клеточный центр и другие структуры цитоплазмы (по Р. Крстичу, с изм.). 1 – центросфера; 2 – центриоль на поперечном срезе (триплеты микротрубочек, радиальные спицы, центральная структура «колеса телеги»); 3 – центриоль (продольный разрез); 4 – сателлиты; 5 – окаймленные пузырьки; 6 – зернистая эндоплазматическая сеть; 7 – митохондрия; 8 – внутренний сетчатый аппарат (комплекс Гольджи); 9 – микротрубочки

Микротрубочки, имеющиеся в цитоплазме всех эукариотических клеток, образованы белком тубулином. Микротрубочки образуют клеточный скелет (цитоскелет) и участвуют в транспорте веществ внутри клетки. **Цитоскелет** клетки представляет собой трехмерную сеть, в которой различные органеллы и растворимые белки связаны с микротрубочками. Главную роль в образовании цитоскелета играют микротрубочки, помимо них принимают участие актиновые, миозиновые и промежуточные филаменты.

Мембранные органеллы. Транспорт через мембраны

Для клеток человека характерно наличие огромного количества

внутриклеточных мембран, образующих несколько компартментов (от англ. compartment – «отделение, купе»), отличающихся друг от друга строением и функцией: цитозоль, ядро, эндоплазматический ретикулум, комплекс Гольджи, митохондрии, лизосомы, пероксисомы. Благодаря наличию этих элементов в клетке одновременно протекает большое количество различных биохимических реакций.

Все мембранные органеллы построены из элементарных мембран, принцип строения которых аналогичен описанному выше строению плазмолеммы. Поглощение клетками макромолекул и частиц происходит путем эндоцитоза (от греч. endon – «внутри», kytos – «клетка»), выделение – путем экзоцитоза (от греч. eho – «вне», kytos – «клетка»).

Одной из важнейших функций плазмолеммы является транспорт. Напомним, что обращенные друг к другу гидрофобные «хвосты» липидов препятствуют проникновению полярных водорастворимых молекул. Различают два вида транспорта: пассивный и активный. Первый не требует затрат энергии, второй энергозависимый. Как правило, внутренняя (цитоплазматическая) поверхность мембраны несет отрицательный заряд, что облегчает проникновение в клетку положительно заряженных ионов. Вода поступает в клетку путем **осмоса** (от греч. osmos – «толчок, давление»), который представляет собой медленное проникновение воды через полупроницаемую мембрану, разделяющую два раствора различной концентрации. В результате концентрация этих двух растворов выравнивается.

Диффузия (от лат. diffusion – «распространение, растекание») – это переход ионов или молекул, вызванный их броуновским движением через мембраны из зоны, где эти вещества находятся в более высокой концентрации, в зону с более низкой концентрацией до тех пор, пока концентрации по обе стороны мембраны выравниваются. Специфические транспортные белки, встроенные в мембрану, переносят через нее небольшие полярные молекулы, причем каждый белок осуществляет транспорт одного класса молекул или только одного соединения. Некоторые трансмембранные белки образуют каналы. **Активный транспорт** осуществляют белки-переносчики, при этом расходуется энергия, получаемая вследствие гидролиза АТФ (аденозинтрифосфатной кислоты) или протонного потенциала. Активный транспорт происходит против градиента концентрации. Для осуществления биохимических реакций необходимо поступление веществ в клетку путем *эндоцитоза* и выведение продуктов обмена *экзоцитоза*.

Эндоцитоз. Существует несколько способов эндоцитоза. Поступление

жидких коллоидных частиц называется пиноцитозом, а крупных твердых частиц – фагоцитозом. Для того чтобы внешние молекулы поступили в клетку, они должны быть сначала связаны рецепторами гликокаликса. Цитолемма начинает впячиваться, затем ее края сближаются и смыкаются, отщепляя пузырек, несущий в себе захваченные молекулы. Образуется эндреома, которая погружается в цитоплазму и встречается с лизосомами. Их мембраны сливаются. В возникшей вторичной лизосоме вещества, поступившие в клетку, подвергаются расщеплению.

Экзоцитоз обеспечивает выведение крупномолекулярных соединений. Сначала они сегрегируются в комплексе Гольджи в виде транспортных пузырьков и направляются к клеточной поверхности. Мембрана пузырька встраивается в цитолемму, и содержимое пузырька оказывается за пределами клетки.

Известны две разновидности **эндоцитоза**: **фагоцитоз** – поглощение частиц (от греч. phagos – «пожирающий» и kytos – «клетка») и **пиноцитоз** – поглощение растворенных веществ (от греч. Pipo – «пью»). Фагоцитированная частичка, заключенная в мембрану, называется фагосомой. В процессе эндо- и экзоцитоза транспортируемые вещества заключены в мембранные пузырьки.

Эндоплазматическая сеть, или эндоплазматический ретикулум (ЭР), представляет собой единую непрерывную полость, ограниченную мембраной, образующей множество инвагинаций и складок (см. рис. 1). Поэтому на электронограммах эндоплазматическая сеть выглядит в виде множества трубочек, плоских или округлых цистерн, мембранных пузырьков. Различают два типа ЭР: гранулярный и агранулярный. Обращенная к цитозолю сторона первого покрыта рибосомами, второго лишена их. Функция гранулярного ЭР: синтез белков рибосомами и транспорт белков, гладкого синтез и обмен углеводов и липидов (стероидных гормонов, гликогена, холестерина) и обезвреживание (гепатоциты), синтез хлоридов, из которых в желудке образуется соляная кислота. Будучи депо ионов кальция, гладкий ЭР участвует в мышечном сокращении; отграничивает будущие тромбоциты в мегакариоцитах. Одной из важнейших функций ЭР является синтез мембранных белков и липидов для всех клеточных органелл.

Комплекс, или аппарат Гольджи (КГ), представляет собой совокупность цистерн, пузырьков, пластинок, трубочек, мешочков, ограниченных мембраной, в которых накапливаются и упаковываются синтезированные продукты (см. рис. 1). Эти продукты с помощью элементов комплекса выводятся из клетки, кроме того, в них происходит

синтез полисахаридов, образование белково-углеводных комплексов и модификация переносимых молекул. В световом микроскопе КГ выглядит в виде сеточки или системы канальцев и вакуолей. КГ имеется во всех клетках человека, кроме эритроцитов и роговых чешуек эпидермиса. В большинстве клеток КГ расположен вокруг или вблизи ядра. В КГ выявляются три мембранных элемента: уплощенные мешочки (цистерны), пузырьки и вакуоли. КГ – трехмерная структура чашеобразной формы, состоящая из нескольких (от одной до нескольких сот) диктиосом (от греч. *dyktion* – «сеть»). Каждая диктиосома содержит 4–8 (в среднем 6) лежащих параллельно уплощенных цистерн, пронизанных порами с расширенными концами, от которых отщепляются вакуоли, содержащие синтезированные вещества. Цистерны ассоциированы со множеством мембранных пузырьков, а также с более крупными секреторными гранулами. Элементы комплекса Гольджи связаны между собой каналами.

Мембраны комплекса Гольджи образуются и поддерживаются гранулярным эндоплазматическим ретикулумом, в котором синтезируются мембранные компоненты. Они переносятся транспортными пузырьками, отпочковывающимися от ЭР, и сливаются с КГ, от которого постоянно отпочковываются секреторные пузырьки, а мембраны цистерн постоянно обновляются. Они поставляют гликокаликс и синтезированные вещества к плазмолемме, таким образом обеспечивается и обновление плазмолеммы. Одной из важнейших функций КГ является сортировка белков.

Лизосомы – мембранные органеллы, содержащие около 50 видов различных гидролитических ферментов, которые синтезируются на рибосомах гранулярного эндоплазматического ретикулума, откуда переносятся транспортными пузырьками в КГ, где они видоизменяются. От поверхности КГ отпочковываются первичные лизосомы. Все лизосомы клетки формируют единое лизосомное пространство, в котором постоянно поддерживается кислая среда рН колеблется в пределах 3,5–5,0. Мембраны лизосом устойчивы к заключенным в них ферментам и предохраняют цитоплазму от их действия.

Различают четыре функциональные формы лизосом. *Первичные лизосомы*, отпочковавшиеся от комплекса Гольджи, сливаясь с фагосомой, образуют *вторичную лизосому* (фаголизосому), в которой происходит переваривание поглощенных веществ до мономеров. Последние транспортируются через лизосомальную мембрану в цитозоль. Непереваренные вещества остаются в лизосоме, в результате чего образуется *остаточное тельце*. Кроме того, лизосомы переваривают поврежденные структуры собственной клетки (*аутолизосома*).

Пероксисомы представляют собой пузырьки диаметром от 0,2 до 0,5 мкм, окруженные мембранами, содержащие окислительные ферменты (около 40 % всех белков составляет каталаза), производящие и разрушающие перекись водорода. Они используют молекулярный кислород.

Митохондрии, являющиеся «энергетическими станциями клетки», участвуют в процессах клеточного дыхания и преобразования энергии в форму, доступную для использования клеткой. В световом микроскопе митохондрии выглядят в виде округлых, удлинённых или палочковидных структур длиной 0,3–5,0 мкм и шириной 0,2–1,0 мкм. Количество, размеры и расположение митохондрий зависят от функции клетки, ее потребности в энергии. Так, в каждой печеночной клетке их количество достигает 2500. С помощью электронной микроскопии установлено, что митохондрии являются органеллами с двойными мембранами (рис. 5). Между наружной и внутренней митохондриальными мембранами расположено межмембранное пространство. Внутренняя мембрана образует многочисленные складки, или кристы, благодаря которым внутренней мембраны резко возрастает. На внутренней поверхности крист лежит множество электронноплотных субмитохондриальных элементарных частиц (до 4000 на 1 мкм² мембраны), имеющих форму гриба. В пространстве, ограниченном внутренней митохондриальной мембраной, находится мелкозернистый матрикс.

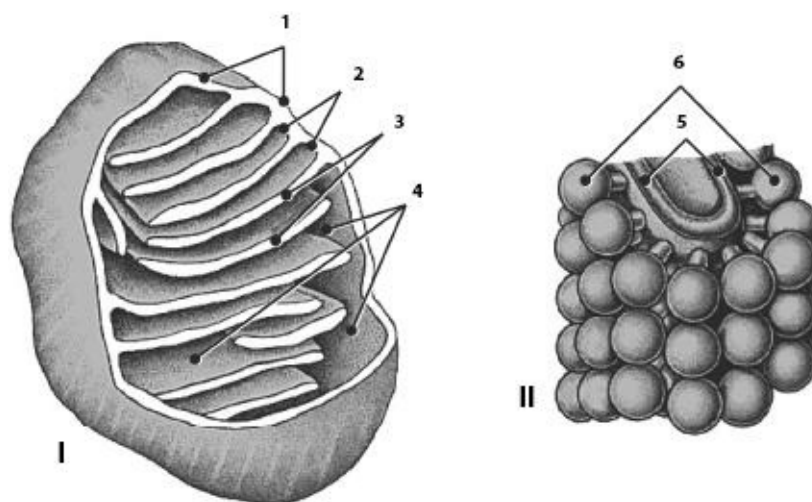


Рис. 5. Митохондрия (по Б. Албертсу и др.; по К. де Дюву, с изм.). I – общая схема строения: 1 – наружная мембрана; 2 – внутренняя мембрана; 3 – кристы; 4 – матрикс; II – схема строения кристы: 5 – складка внутренней мембраны; 6 – грибовидные тельца

Митохондрии содержат собственную ДНК, РНК и рибосомы, которые находятся в матриксе. Таким образом, митохондрии снабжены собственной генетической системой, необходимой для их самовоспроизведения и синтеза белков. Следует подчеркнуть, что митохондриальные ДНК, РНК и рибосомы отличаются от таковых собственной клетки и весьма сходны с прокариотическими.

ВНИМАНИЕ

У млекопитающих, в том числе и человека, митохондриальный геном наследуется от матери.

Митохондрии размножаются путем деления уже существующих независимо от деления других митохондрий и самой клетки.

В клетках постоянно происходит **метаболизм** (от греч. *metabole* – «перемена, превращение»), или обмен веществ, который представляет собой совокупность процессов **ассимиляции** (реакции биосинтеза сложных биологических молекул из более простых) и **диссимиляции** (реакции расщепления). В результате диссимиляции освобождается энергия, заключенная в химических связях веществ. Эта энергия используется клеткой для осуществления различной работы, в том числе и ассимиляции. Напомним, что энергия не возникает и не уничтожается, она лишь переходит из одного вида в другой, пригодный для выполнения работы. Клетка использует энергию, заключенную в химических связях аминокислот, моносахаридов и жирных кислот. Они образуются в результате пищеварения из белков, углеводов и жиров и поступают в клетку.

Рассмотрим энергетический обмен на примере расщепления глюкозы. Глюкоза транспортируется через плазматическую мембрану, и в цитоплазме происходит ее бескислородное расщепление, или гликолиз. **Гликолиз** – это многоступенчатый ферментативный процесс, в результате которого из одной молекулы глюкозы образуются две молекулы пировиноградной кислоты и две молекулы АТФ (с учетом двух молекул АТФ, затрачиваемых для осуществления реакций). Пировиноградная кислота подвергается дальнейшему окислению (аэробному при участии кислорода) в митохондриях, в которых имеются цепи ферментов, катализирующие реакции синтеза АТФ (аденозинтрифосфат). АТФ является универсальным переносчиком и основным аккумулятором энергии в клетке. Энергия заключена в высокоэнергетических связях между остатками фосфорной

кислоты.

При отщеплении от АТФ одной фосфатной группы образуются АДФ (аденозиндифосфатная кислота) и фосфат и выделяется свободная энергия, которая используется клеткой для осуществления работы. В митохондриях АДФ, соединяясь с остатком фосфорной кислоты, превращается в АТФ. В результате гликолиза освобождается лишь около 5 % энергии, остальная освобождается в митохондриях в процессе аэробного окисления и запасается в АТФ. В расчете на одну молекулу глюкозы образуется 36 молекул АТФ.

Ядро – основная клеточная структура, имеется во всех клетках человека, кроме эритроцитов и тромбоцитов. В большинстве клеток его форма шаровидная или овоидная, однако встречаются и другие формы ядра (кольцевидное, палочковидное, веретеновидное, четковидное, бобовидное, сегментированное, полиморфное и др.). Размеры ядер колеблются в широких пределах от 3 до 25 мкм. Наиболее крупное ядро имеет яйцеклетка. Большинство клеток человека одноядерные, однако имеются двухъядерные (например, некоторые нейроны, гепатоциты, кардиомиоциты), а некоторые структуры многоядерные (мышечные волокна миосимпласты).

В ядре различают следующие структуры: ядерную оболочку, хроматин, ядрышко и нуклеоплазму. Ядро окружено ядерной оболочкой, состоящей из внутренней и наружной ядерных мембран толщиной 8 нм каждая, разделенных перинуклеарным пространством (или цистерной ядерной оболочки) шириной 20–50 нм. Обе являются элементарными клеточными мембранами. К наружной, переходящей в гранулярный эндоплазматический ретикулум, прикреплены рибосомы. Перинуклеарное пространство составляет единую полость с эндоплазматическим ретикуломом (см. рис. 1).

Ядерная оболочка пронизана множеством расположенных упорядоченно ядерных пор округлой формы диаметром 50–70 нм, которые в общей сложности занимают до 25 % поверхности ядра. Через ядерные поры осуществляется избирательный транспорт крупных частиц, а также обмен веществ между ядром и цитозолем.

В живых клетках кариоплазма (нуклеоплазма) гомогенна (кроме ядрышка). После фиксации и обработки тканей для световой или электронной микроскопии в ней становятся видными два типа хроматина (от греч. *chroma* – «краска»); хорошо окрашивающийся гетерохроматин (неактивный) и светлый эухроматин (активный).

В делящемся ядре хроматин спирализуется, образуя хромосомы.

Хроматин неделящегося ядра и хромосомы делящегося образованы дезоксирибонуклеиновой кислотой (ДНК), связанной с РНК и белками (гистонами и негистоновыми). Следует подчеркнуть химическое тождество хроматина и хромосом.

В соматических клетках имеются по две копии каждой хромосомы, их называют гомологичными. Они одинаковы по длине, форме, строению, расположению полос и несут одни и те же гены, которые локализованы одинаково. Нормальный **кариотип** человека (от греч. *karyon* – «ядро ореха», *typos* – «образец») включает 22 пары аутосом и одну пару половых хромосом (XX женщины или XY мужчины) (рис. 6).

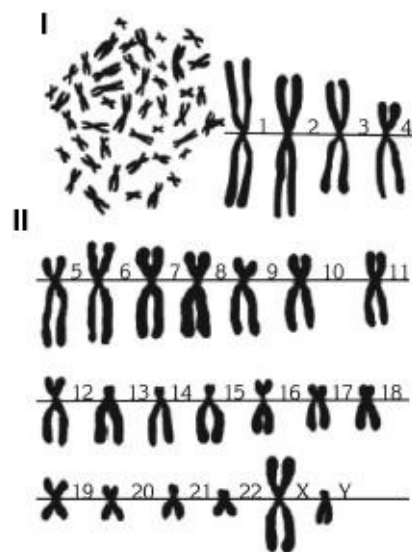


Рис. 6. Кариотип человека (здорового мужчины). I – кариотип, общий вид; II – метафазные хромосомы

Ген участок ДНК, характеризующийся определенной последовательностью нуклеотидов, ответственный за синтез специфического белка. **Ген является элементарной единицей наследственности.**

Ядрышко (одно или несколько) выявляется во всех неделящихся ядрах в виде плотного интенсивно окрашивающего округлого однородного базофильного тельца, величина которого пропорциональна интенсивности белкового синтеза. В ядрышке образуются рибосомы. Ядерный сок – не окрашивающаяся электронносветлая часть ядра – коллоидный раствор белков, окружающий хроматин и ядрышко.

Клеточный цикл

Центральная догма современной биологии характеризует жизнь следующим образом.

Иными словами, наследственная информация, заключенная в ДНК, передается по наследству благодаря репликации (удвоению) ДНК. Генетическая информация, записанная в виде последовательности нуклеотидов ДНК, в процессе транскрипции переписывается в нуклеотидную последовательность РНК, которая, в свою очередь, определяет последовательность аминокислот соответствующей белковой молекулы.

Клеточный цикл представляет собой совокупность процессов, происходящих в клетке при подготовке ее к делению и во время собственно деления. Клеточный цикл (*рис. 7*) подразделяется на митоз и интерфазу, которая представляет собой промежуток времени между окончанием одного митоза и началом следующего. В **интерфазе** совершается главное событие репликация ДНК. **Репликация** (от лат. *replicatio* – «повторение») – это процесс передачи хранящейся в родительской ДНК генетической информации дочерней путем точного ее воспроизведения. При этом каждая родительская цепь ДНК является матрицей для синтеза дочерней. Перед началом удвоения две цепи ДНК начинают раскручиваться и расходиться. Вдоль каждой цепи комплементарно строится новая цепь, при этом напротив тимина родительской цепи к синтезируемой новой цепи добавляется аденин, напротив гуанина – цитозин, и оба основания соединяются водородными связями. Процесс заканчивается образованием двух идентичных двухцепочечных молекул ДНК, обе они идентичны материнской. В результате полуконсервативной репликации каждая из двух дочерних молекул ДНК состоит из одной старой и одной новой цепи. В интерфазе наиболее интенсивно синтезируется также РНК и белки, связанные с ДНК, и удваиваются центриоли. К концу интерфазы хроматин конденсирован, ядрышко хорошо видно, ядерная оболочка не повреждена, органеллы не изменены.

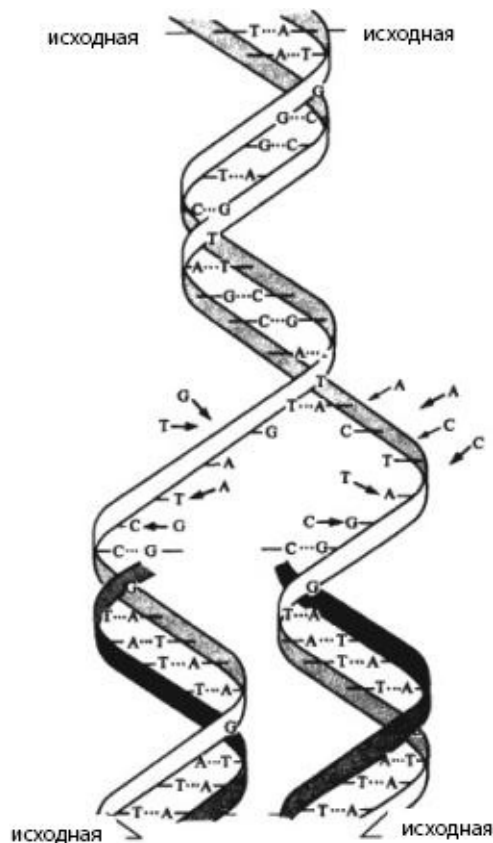


Рис. 7. Структура и репликация ДНК, схема

Митоз (от греч. *mitos* – «нить») животных клеток впервые был описан В. Флеммингом в 1882 г.

ВНИМАНИЕ

Митоз обеспечивает генетическую стабильность, образование новых клеток, увеличение их числа в организме и, следовательно, рост организма, а также процессы регенерации.

Клетка вступает в митоз, имея удвоенное (в интерфазе) число хромосом (46×2), т. е. в ядре находятся 46 d-хромосом, каждая из которых состоит из двух хроматид (s-хромосом). Митоз подразделяется на профазу, метафазу, анафазу и телофазу (рис. 8).

В *профазе* хромосомы становятся различимыми под микроскопом. В конце профазы обе пары центриолей начинают расходиться к полюсам клетки. Одновременно возникает двухполюсное митотическое веретено, состоящее из микротрубочек. В *метафазе* разрушается ядерная оболочка, хромосомы выстраиваются в ряд по экватору веретена, а их центромеры прикрепляются к микротрубочкам веретена. Метафазная хромосома

состоит из двух соединенных центромерой сестринских хроматид, каждая из которых содержит одну молекулу ДНК, уложенную в виде суперспирали.

В *анафазе* сестринские хроматиды разделяются и становятся отдельными s-хромосомами, которые расходятся к полюсам с одинаковой скоростью (около 1 мкм/мин).

В *телофазе* разделившиеся группы хромосом подходят к полюсам, разрыхляются, деконденсируются, переходя в хроматин, становятся активными. Примерно в середине телофазы начинается образование ядрышка, к концу телофазы восстанавливается ядерная оболочка в каждой дочерней клетке. Еще в конце анафазы плазматическая мембрана как бы инвагинируется, образуя борозду деления, которая углубляется. Дочерние клетки расходятся.

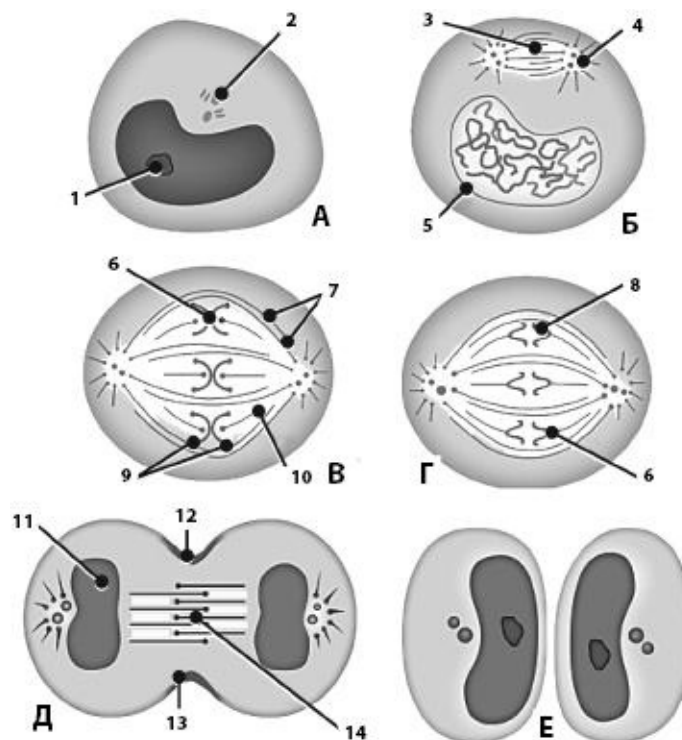


Рис. 8. Стадии митоза. Показаны конденсация хроматина с образованием хромосом, образование веретена деления и равномерное распределение хромосом и центриол по двум дочерним клеткам (по А. Хэму и Д. Кормаку, с изменениями). А – интерфаза; Б – профаза; В – метафаза; Г – анафаза; Д – телофаза; Е – поздняя телофаза; 1 – ядрышко, 2 – центриолы; 3 – веретено деления; 4 – звезда; 5 – ядерная оболочка; 6 – кинетохор; 7 – непрерывные микротрубочки; 8, 9 – хромосомы; 10 – хромосомные микротрубочки; 11 – формирование ядра; 12 – борозда дробления; 13 – пучок актиновых нитей;

Мейоз. В жизненном цикле человека и других организмов, размножающихся половым путем, имеются два поколения постоянно чередующихся клеток: диплоидных (соматических) и гаплоидных (половых). Мейоз (от греч. meiosis – «уменьшение»), впервые открытый у животных В. Флеммингом в 1882 г., – это вид деления ядер (и клеток), приводящего к образованию из одной материнской клетки четырех дочерних клеток с уменьшением в два раза количества хромосом (рис. 9). В результате мейоза образуются гаплоидные клетки, имеющие одиночный набор хромосом. При мейозе происходит одна репликация ДНК, за которой следуют два митотических деления ядер и клеток (мейоз I и II).

Перед началом мейоза в *интерфазе* ДНК материнской клетки удваивается, но хромосомы остаются связанными своими центромерами, так что в ядре имеется по четыре набора каждой хромосомы; кроме того, в интерфазе увеличивается масса клетки и количество ее органелл. В каждом делении мейоза выделяются те же фазы, что и в митозе.

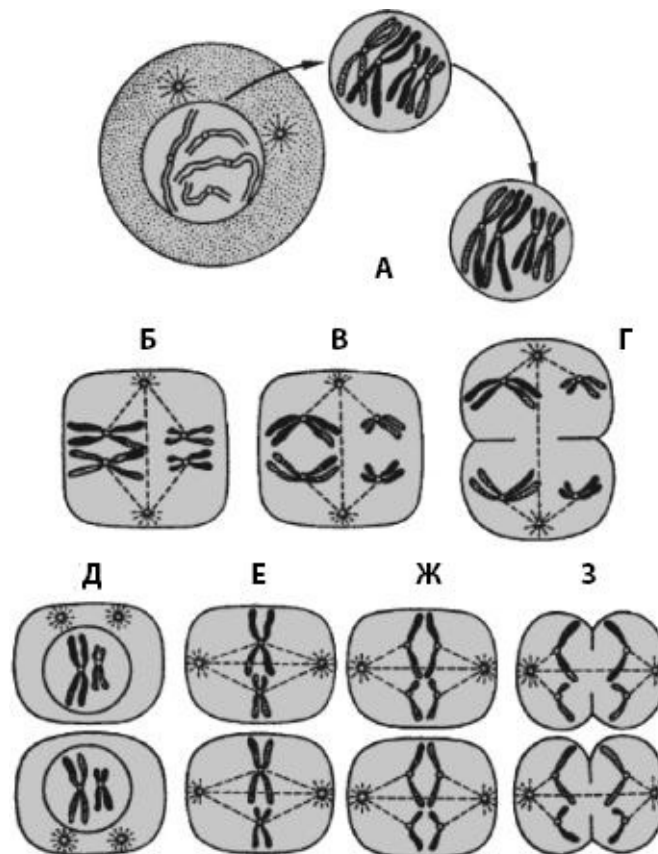


Рис. 9. Основные стадии мейоза (по Мамонтову). А – протофаза I; Б

– метафаза I; В – анафаза I; Г – телофаза I; Д – профза II; Е – метафаза II, Ж – анафаза II, З – телофаза II

В мейозе I наиболее длительна *профаза*, во время которой происходит важнейшее событие *кроссинговер* (от англ. crossing-over – «перекрест») – перекрест гомологичных участков гомологичных хромосом с их последующим разрывом и присоединением участков хроматид к другой гомологичной хромосоме (см. рис. 9).

Кроссинговер обеспечивает различные генетические комбинации. До кроссинговера каждая хромосома была либо материнской, либо отцовской, после него каждая хромосома содержит гены, происходящие как из отцовской, так и из материнской хромосомы, т. е. происходит генетическая рекомбинация.

Метафаза I напоминает аналогичную стадию митоза, хромосомы устанавливаются в экваториальной плоскости. В *анафазе I* гомологичные хромосомы отделяются друг от друга и расходятся к полюсам. В *телофазе I* наборы гомологичных хромосом находятся у полюсов, хотя их число уменьшилось вдвое, но каждая из них состоит уже из двух генетически различных хроматид. Формируются ядерная оболочка и ядрышко, образуются борозда деления, которая углубляется, и две клетки, каждая из которых содержит гаплоидный набор удвоенных хромосом, полностью разделяются.

Интерфаза II очень короткая, и, что самое главное, в *ней не происходит удвоение ДНК*. Фазы мейоза II не отличаются от описанных стадий митоза. Важным отличием является то, что в *профазе II*, которая происходит очень быстро, клетка содержит одиночный (гаплоидный) набор удвоенных хромосом, т. е. в каждой дочерней клетке по 46 хромосом. В результате мейоза II образуются четыре клетки, каждая из которых несет одиночный (гаплоидный) набор хромосом.

При мейотическом делении из каждой предшественницы половых клеток у женщин образуются одна яйцеклетка и три полярных тельца, которые рассасываются; у мужчин четыре сперматозоида. Во время образования половых клеток благодаря кроссинговеру создается множество различных сочетаний генов. При оплодотворении яйцеклетки сперматозоидом в зиготе восстанавливается диплоидный набор хромосом.

В зависимости от того, как распределился генетический материал во время образования яйцеклетки и сперматозоида, число возможных сочетаний генов в оплодотворенной яйцеклетке огромно. Вот почему

каждый человек уникален. Оплодотворение приводит к тому, что каждый ген в зиготе представлен двумя экземплярами (аллелями) от отца и матери. Поэтому физические и психические особенности будущего ребенка будут зависеть от взаимодействия этих генов.

Цитозоль. Рибосомы и синтез белка

Цитозоль, представляющий собой часть цитоплазмы, окружающей органеллы, занимает 53–55 % общего объема клетки. В цитозоле содержится огромное количество ферментов, катализирующих различные реакции промежуточного обмена, а также белки цитоскелета. На расположенных в цитозоле рибосомах синтезируются многие белки. Рибосомы, осуществляющие синтез белка, присутствуют во всех клетках человека, кроме зрелых эритроцитов. Рибосомы расположены поодиночке (монорибосомы) или группами в виде розеток, спиралей, завитков (полирибосомы, или полисомы). Рибосомы и полисомы могут свободно располагаться в цитоплазме, или, это называлось ранее, прикрепляться к мембранам гранулярного эндоплазматического ретикулума. Свободные рибосомы синтезируют белок, необходимый для жизнедеятельности самой клетки, прикрепленные белок, подлежащий выведению из клетки.

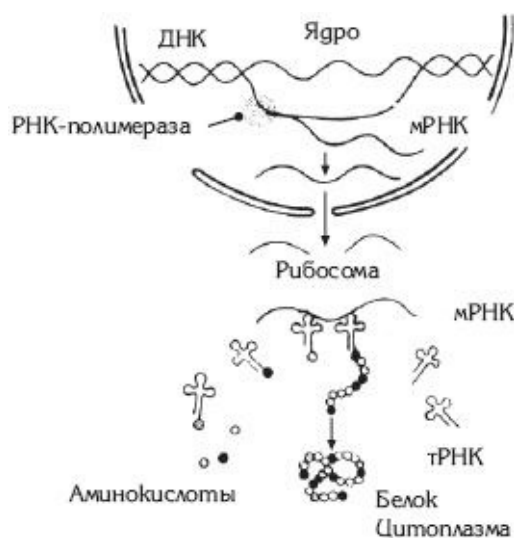


Рис. 10. Общая схема белкового синтеза в клетке

Синтез белка (трансляция) связан с процессом **транскрипции** переписывания информации, хранящейся в ДНК. Информация о структуре белка, заключенная в ДНК, «переписывается» на информационную, или мессенджер (от англ. messenger – «посредник») РНК (мРНК).

Триплетный генетический код, расшифрованный в 60-х годах **М. Ниренбергом, С. Очоа, Х. Кораной**, основан на **триплетах, или кодонах** три нуклеотида, определяют присоединение к полипептидной цепи одной аминокислоты. Небольшие транспортные РНК (тРНК) выполняют двойную функцию: они присоединяют молекулу аминокислоты, транспортируют ее в рибосому и узнают триплет, соответствующий этой аминокислоте в молекуле мРНК. Антикодон тРНК узнает кодон мРНК и спаривается с ним.

Реакции синтеза белка осуществляют рибосомы, которые считывают информацию, заложенную в мРНК, продвигаясь вдоль нее. Синтез белка начинается с того, что малая субъединица рибосомы связывается с инициаторной тРНК, несущей молекулу метионина. Этот комплекс присоединяется к инициаторному кодону мРНК, после этого к малой присоединяется большая субъединица рибосомы. К рибосоме подходит следующая тРНК и образуется первая пептидная связь. Перемещаясь по цепи мРНК, рибосома присоединяет следующие аминокислоты, которые связываются между собой, а молекулы тРНК отделяются, чтобы вскоре присоединить новую аминокислоту. При достижении рибосомой стоп-кодона синтез прекращается, и полипептидная цепь отделяется от рибосомы (*рис. 10*).

Ткани

Ткань – это исторически сложившаяся общность клеток и межклеточного вещества, объединенных единством происхождения, строения и функций. В организме человека выделяют четыре типа тканей: эпителиальные, соединительные, мышечные и нервную.

Эпителиальные ткани

Эпителиальные ткани покрывают поверхность тела и выстилают слизистые оболочки, отделяя организм от внешней среды (покровный эпителий), а также образуют железы (железистый эпителий). Кроме того, выделяют сенсорный эпителий, клетки которого изменены для восприятия специфических раздражений в органах слуха, равновесия и вкуса.

В зависимости от отношения к базальной мембране^[3] покровный эпителий подразделяют на *однослойный*, все клетки которого лежат на базальной мембране, однако не обязательно все достигают поверхности; и *многослойный*, в котором лишь клетки нижнего слоя лежат на базальной мембране. *Однослойный* эпителий, в свою очередь, подразделяется на *однорядный* (плоский, кубический, цилиндрический) и *многорядный*. В однорядном эпителии ядра всех клеток эпителиального пласта расположены на одном уровне, в многорядном – на различных уровнях. Клетки многорядного эпителия могут быть снабжены микроворсинками, стереоцилиями или ресничками. В зависимости от формы клеток и их ороговения различают *многослойный плоский неороговевающий эпителий* и *аналогичный ороговевающий эпителий*, а также редко встречающийся у человека *многослойный кубический* и *многослойный призматический столбчатый эпителий* (рис. 11).

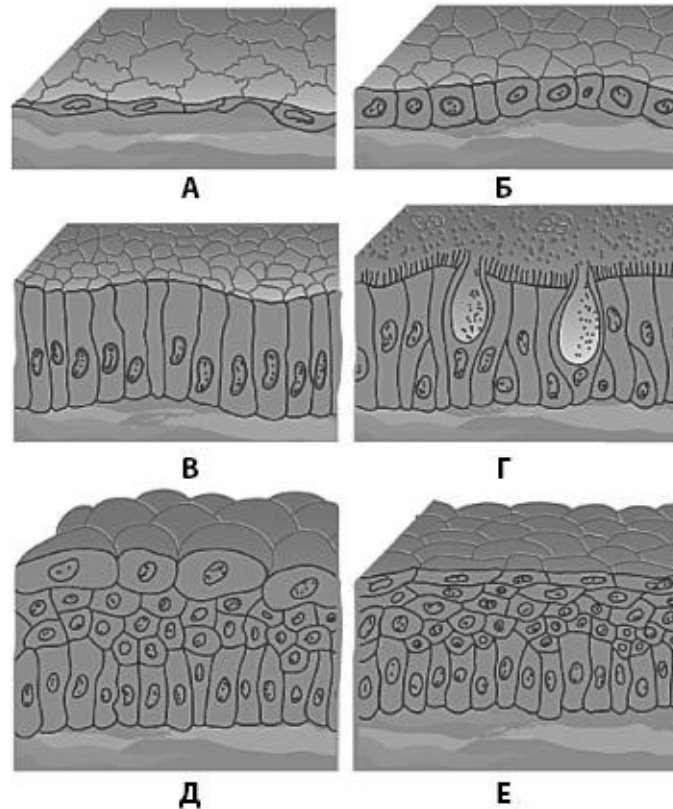


Рис. 11. Строение покровного эпителия. А – простой сквамозный (плоский) эпителий (мезотелий); Б – простой кубический эпителий; В – простой столбчатый эпителий; Г – реснитчатый эпителий; Д – переходный эпителий; Е – неороговевающий многослойный (плоский) сквамозный эпителий

Клетки эпителия, или **эпителиоциты**, отличаются большим разнообразием форм и размеров. В зависимости от формы клеток различают следующие виды эпителиоцитов: плоские (эндотелиоциты и мезотелиоциты), кубические, столбчатые (микроворсинчатые, реснитчатые). Кроме того, имеются пигментированные эпителиоциты. *Железистый эпителий* состоит из железистых эпителиоцитов (гладулоцитов).

Строение клеток различных видов эпителия неодинаковы. Однако все они имеют и общие структурные особенности. Эпителиоциты полярны, их апикальные части отличаются от базальных; за редким исключением они образуют пласт, который располагается на базальной мембране и лишен кровеносных сосудов. В клетках представлены все описанные выше органеллы общего назначения, их развитие зависит от выполняемой клеткой функции. Так, клетки, секретирующие белок, богаты элементами

гранулярного эндоплазматического ретикулума. Клетки, продуцирующие стероиды, – элементами гладкого эндоплазматического ретикулума, и в тех и в других хорошо развит комплекс Гольджи. Всасывающие клетки покрыты множеством микроворсинок, а эпителиоциты, покрывающие слизистую оболочку дыхательных путей, – ресничками.

Железа представляет собой орган, паренхима которого сформирована из высокодифференцированных железистых клеток (гландулоцитов). Железы подразделяются на *экзокринные*, имеющие выводные протоки; *эндокринные*, не имеющие выводных протоков и выделяющие синтезируемые ими продукты непосредственно в межклеточные пространства, откуда они поступают в кровь и лимфу; и *смешанные*, состоящие из экзо– и эндокринных отделов (например, поджелудочная железа) (рис. 12). В организме человека имеется множество одноклеточных желез бокаловидных клеток, лежащих среди других эпителиальных клеток, покрывающих слизистые оболочки полых органов пищеварительной, дыхательной и половой систем. Они вырабатывают слизь.

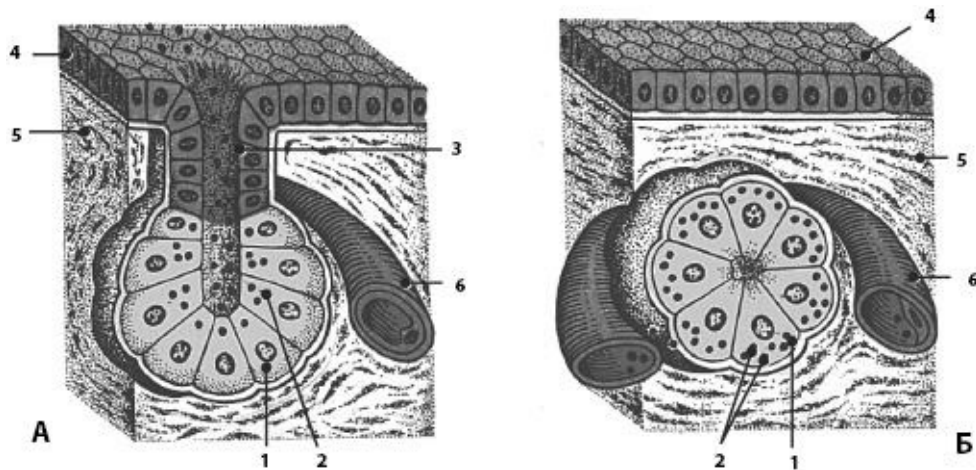


Рис. 12. Схема строения экзокринных и эндокринных желез. А – экзокринная железа, Б – эндокринная железа; 1 – начальный отдел; 2 – секреторные гранулы; 3 – выводной проток экзокринной железы; 4 – покровный эпителий; 5 – соединительная ткань; 6 – кровеносный сосуд

Экзокринная железа состоит из секреторного отдела, сформированного лежащими на базальной мембране железистыми клетками экзокриноцитами, которые вырабатывают различные секреты, и протоков. В зависимости от строения начального (секреторного) отдела различают трубчатые (напоминают трубку): ацинозные (напоминают

грушу или удлинённую виноградину) и альвеолярные (напоминают шарик), а также трубчато-ацинозные и трубчато-альвеолярные железы, секреторные отделы которых имеют и ту и другую форму. В зависимости от строения протоков железы подразделяются на простые, имеющие один проток, и сложные, в главные выводные протоки которых вливается множество протоков, в каждый из них, в свою очередь, открывается несколько секреторных отделов. Железы вырабатывают различные секреты: белковый (серозные железы), слизь (слизистые) и смешанный.

Соединительные и опорные ткани

Соединительные ткани представляют обширную группу, включающую собственно соединительные ткани (рыхлая волокнистая и плотная волокнистая неоформленная и оформленная), ткани со специальными свойствами (ретикулярная, пигментная, жировая), твердые скелетные (костная, хрящевая) и жидкие (кровь и лимфа). Соединительные ткани выполняют опорную, механическую (плотная волокнистая соединительная ткань, хрящ, кость), трофическую (питательную), защитную (фагоцитоз и выработка антител) функции (рыхлая волокнистая и ретикулярная соединительная ткань, кровь и лимфа). В отличие от других тканей соединительные сформированы из многочисленных клеток и межклеточного вещества, состоящего из гликозаминогликанов, часть которых, связываясь с белками, образует протеогликаны, и различных волокон (коллагеновых, эластических, ретикулярных). Межклеточное вещество кости твердое, крови и лимфы – жидкое. Учитывая, что многие клетки крови являются одновременно и клетками соединительной ткани, а другие – их предшественниками, считаем целесообразным начать описание соединительных тканей с крови.

Кровь

Кровь состоит из клеток, взвешенных в жидком межклеточном веществе сложного состава (плазма). Кровь выполняет следующие функции: транспортную, трофическую (питательную), защитную, гемостатическую (кровоостанавливающую). Кроме того, кровь участвует в сохранении постоянного состава и свойств внутренней среды организма гомеостаза (от греч. *homoios* – «одинаковый» и *stasis* – «состояние, неподвижность»). Общее количество крови у взрослого человека 4–6 л, что

составляет 6–8 % массы его тела (у мужчин в среднем около 5,4 л, у женщин – около 4,5 л).

Плазма – это жидкая часть крови, в которой содержится до 91 % воды, 6,5–8,0 % белков, около 2 % низкомолекулярных соединений, рН плазмы колеблется в пределах от 7,37 до 7,43, а удельный вес 1,025–1,029. Плазма богата как электролитами, так и неэлектролитами.

Белки плазмы крови (6,5–8,0 г/л, альбумины и глобулины) выполняют трофическую, транспортную, защитную, буферную функции; они также участвуют в свертывании крови и создании коллоидно-осмотического давления. На долю плазмы приходится около 54 % объема крови, на долю форменных элементов – около 44 %. В крови содержатся безъядерные клетки эритроциты $(4,0–5,0) \cdot 10^{12}/л$, лейкоциты $(4,0–6,0) \cdot 10^9/л$, среди которых выделяют зернистые, или гранулоциты (нейтрофильные, ацидофильные и базофильные), а также незернистые, или агранулоциты (моноциты). В крови имеются также кровяные пластинки (тромбоциты), число которых составляет $(180,0–320,0) \cdot 10^9$ в литре и лимфоциты, являющиеся структурными элементами лимфоидной системы (рис. 13).

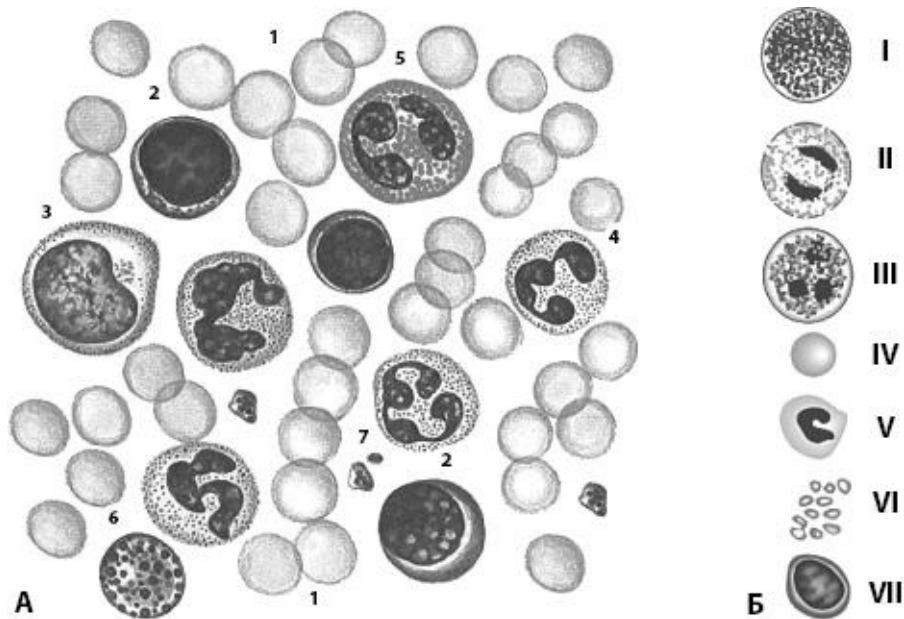


Рис. 13. Кровь. А – мазок периферической крови взрослого человека (общий вид): 1 – эритроциты; 2 – лимфоциты; 3 – моноцит; 4 – нейтрофильные гранулоциты; 5 – эозинофильные гранулоциты; 6 – базофильные гранулоциты; 7 – тромбоциты; Б – клетки крови: I – базофильный гранулоцит; II – ацидофильный гранулоцит; III – сегментоядерный нейтрофильный гранулоцит; IV – эритроцит; V – моноцит; VI – тромбоциты; VII – лимфоцит

Эритроциты (от греч. Erythros – «красный»), или красные кровяные тельца, имеют форму двояковогнутых дисков диаметром от 7 до 10 мкм, они содержат гемоглобин, осуществляющий перенос O_2 и CO_2 . Содержание эритроцитов составляет: м. $4 \cdot 10^{12}$ – $5,6 \cdot 10^{12}$ /л, ж. $3,4 \cdot 10^{12}$ – $5,0 \cdot 10^{12}$ /л. Общее количество эритроцитов у мужчин достигает $25 \cdot 10^{12}$, у женщин – $18 \cdot 10^{12}$ клеток, а общая площадь поверхности всех эритроцитов около 3800 м^2 . Эритроцит – единственная клетка в теле человека, которая не содержит ядра. Клетка покрыта плазмолеммой толщиной около 7 нм, в которую встроены антигены систем АВО и резус (группы крови и резус-фактор), мембранные ферменты. Длительность жизни эритроцитов – около 120 дней, после чего они разрушаются и поглощаются макрофагоцитами в селезенке, костном мозге и печени.

Лейкоциты (от греч. leukos – «белый») представляют собой ядросодержащие клетки, обладающие амебоидной подвижностью. В отличие от эритроцитов, которые выполняют присущие им функции в просвете кровеносных сосудов, лейкоциты осуществляют свои в тканях, куда они мигрируют посредством диапедеза (от греч. dia – «сквозь», pedesis – «прыжок»). Содержание лейкоцитов составляет: у мужчин – $4,3 \cdot 10^9$ – $11,3 \cdot 10^9$ /л, у женщин – $3,2 \cdot 10^9$ – $10,2 \cdot 10^9$ /л.

К зернистым лейкоцитам (гранулоцитам) относятся нейтрофильные, или полиморфноядерные, которые составляют от 47 до 72 % всех лейкоцитов, содержание их составляет $2,0$ – $5,5 \cdot 10^9$ /л, 2000–5500 в 1 мкл крови, а общее их количество в крови взрослого человека колеблется в пределах $3 \cdot 10^{12}$. Время циркуляции в крови не превышает 8–12 ч, затем посредством диапедеза они мигрируют в соединительную ткань. *Зрелый нейтрофильный гранулоцит* представляет собой сферическую клетку диаметром 10–12 мкм с дольчатым ядром. В ядрах нейтрофильных гранулоцитов женщин имеются тельца полового хроматина (тельца Барра)^[4] диаметром до 1,5–2,0 мкм. Цитоплазма гранулоцита богата гранулами двух типов: нейтрофильными и азурофильными. Мелкие преобладающие специфические нейтрофильные гранулы в световом микроскопе выглядят лиловыми. Они богаты щелочной фосфатазой и бактерицидным веществом. Более крупные красновато-фиолетовые азурофильные гранулы составляют 20–30 % всех гранул. Оба типа гранул участвуют в фагоцитозе и инактивации фагоцитированного материала.

Осуществляя фагоцитоз продуктов распада и микроорганизмов,

нейтрофильные гранулоциты погибают, а освобождающиеся при этом лизосомальные ферменты разрушают окружающие ткани, способствуя формированию гноя. В состав гноя обычно входят разрушенные нейтрофильные гранулоциты и продукты распада ткани. Количество нейтрофильных гранулоцитов резко возрастает при острых воспалительных и инфекционных заболеваниях.

Эозинофильные (ацидофильные) гранулоциты составляют 0,5–5,0 % циркулирующих лейкоцитов. В 1 мкл крови их число колеблется в пределах от 20 до 300 ($0,02–0,3 \cdot 10^9/\text{л}$). Они циркулируют в крови не более 8 дней, после чего покидают кровеносное русло через мелкие вены и проникают в рыхлую соединительную ткань. Особенно много их в слизистой оболочке кишечника и дыхательных путей. Диаметр эозинофильных гранулоцитов 10–15 мкм. Их двухлопастное ядро напоминает по форме гантель. В цитоплазме имеется множество крупных эозинофильных (красных или оранжевых) светопреломляющих несколько удлиненных гранул, которые представляют собой лизосомы. Эозинофильные гранулоциты осуществляют фагоцитоз, однако менее активно, чем нейтрофильные. Их подвижность также менее выражена. Эозинофильные гранулоциты участвуют в иммунных реакциях. Количество эозинофильных гранулоцитов в циркулирующей крови (эозинофилия) увеличивается при паразитарных заболеваниях, аллергических и аутоиммунных процессах.

Количество **базофильных гранулоцитов** в циркулирующей крови невелико – около 0,5 % всех лейкоцитов (0–60 клеток в 1 мкл крови, $0–0,65 \cdot 10^9/\text{л}$), а время их циркуляции не превышает 12–15 ч. Диаметр клетки 10–12 мкм, в световом микроскопе в клетке видно множество крупных темно-синих округлых или овальных гранул. Количество их столь велико, что они маскируют крупное ядро. Гранулы содержат гистамин и гепарин. Базофильные гранулоциты также осуществляют фагоцитоз и участвуют в аллергических реакциях.

В крови постоянно присутствуют также лимфоциты, которые являются структурными элементами лимфоидной (иммунной) системы. **Лимфоциты** содержатся в большом количестве в крови (19–37 % всех лейкоцитов, 1200–3000 в 1 мкл, $1,2–3,0 \cdot 10^9/\text{л}$), преобладают в лимфе и ответственны за иммунитет. В организме взрослого человека их число достигает $6–10^{12}$. Все лимфоциты имеют сферическую форму, но отличаются друг от друга своими размерами. Диаметр большей части лимфоцитов около 8 мкм (малые лимфоциты). Лимфоциты

подразделяются на две категории: тимусзависимые (Т-лимфоциты), которые осуществляют в основном клеточный иммунитет, и бурсозависимые (В-лимфоциты), осуществляющие гуморальный иммунитет. Морфологически они не отличаются друг от друга.

Моноциты составляют от 3 до 11 % циркулирующих лейкоцитов крови (90–600 в 1 мкл, $0,09–0,6 \cdot 10^9/\text{л}$). Время их пребывания в кровеносной системе 2–3 дня, после чего они мигрируют в ткани, где превращаются в макрофаги и выполняют свою главную функцию – защиту организма. Моноцит – клетка овальной формы, диаметром около 15 мкм. Крупное почкообразное богатое хроматином ядро окружено большим количеством голубоватой цитоплазмы, в которой присутствуют мелкие азурофильные гранулы (первичные лизосомы). В клетке имеется умеренное количество органелл.

Тромбоциты, или кровяные пластинки, уплощенные овальные двояковыпуклые безъядерные фрагменты крупных клеток мегакариоцитов диаметром 2–4 и толщиной 0,5–0,75 мкм. Количество их достигает 180–320 тыс. в 1 мкл крови ($180,0 \cdot 10^9–320,0 \cdot 10^9/\text{л}$). Время их циркуляции в крови не превышает семи дней, после чего они попадают в селезенку и легкие, где разрушаются. Тромбоциты участвуют в свертывании крови, остановке кровотечений и в защите организма благодаря способности фагоцитировать вирусы, иммунные комплексы и неорганические частички. При повреждении стенок мелких кровеносных сосудов кровотечение прекращается в течение 1–3 мин (первичный гематиз), при ранении более крупного кровеносного сосуда тромбоциты прилипают к ним и реагируют, в результате чего из них высвобождаются биологически активные вещества, которые вызывают сужение сосудов. Под действием одного из них белок плазмы протромбин, образующийся в печени, превращается в тромбин, который вызывает переход плазменного белка фибриногена, также образующегося в печени, в фибрин. Последний и формирует основную часть тромба.

Собственно соединительные ткани

Рыхлая волокнистая соединительная ткань (РВСТ) располагается преимущественно по ходу кровеносных и лимфатических сосудов, нервов, покрывает мышцы, образует строму (каркас) большинства внутренних органов, собственную пластинку слизистой оболочки, подсерозную основу, адвентициальную оболочку. РВСТ состоит из многочисленных

собственных и пришлых клеток (фибробласты, фиброциты, ретикулярные, перициты, макрофагоциты, тканевые базофилы, плазмоциты, жировые, пигментные, лимфоциты, гранулярные лейкоциты), которые располагаются в межклеточном веществе. Последнее продуцируется в основном фибробластами и представлено коллагеновыми, эластическими, ретикулярными волокнами и основным веществом. По мере старения фибробласты превращаются в многоотростчатые фиброциты, которые образуют трехмерную сеть, в пространствах которой располагаются различные клетки. Тучные клетки лежат вблизи капилляров, перициты окружают капилляры, будучи внедрены в их базальную мембрану. Наряду с клетками, синтезирующими компоненты межклеточного вещества, в РВСТ присутствуют и клетки, разрушающие его фиброкласты, которые по своей структуре весьма напоминают фибробласты; они фагоцитируют коллаген и богаты лизосомами. **Коллаген** образован тремя полипептидными α -цепями, которые, скручиваясь, образуют молекулу тропоколлагена. Коллаген имеет спиральное строение, что обеспечивает создание весьма прочных малорастяжимых структур. Коллагеновые волокна толщиной 1–20 мкм – это изогнутые тяжи, состоящие из фибрилл с поперечной исчерченностью. **Эластические волокна** толщиной от 3 до 10 мкм образованы белком эластином, который также синтезируется фибробластами. В отличие от коллагеновых эластические волокна способны растягиваться в 1,5 раза, после чего возвращаются в исходное состояние. Эластические волокна анастомозируют и переплетаются между собой, образуя сети, окончатые пластины и мембраны. Тонкие (от 100 нм до 1,0 мкм), разветвленные, малорастяжимые **ретикулярные волокна**, переплетаясь между собой, образуют мелкопетлистую сеть, в ячейках которой расположены клетки. Ретикулярные волокна образуют каркасы лимфоидных органов (органов кроветворения и иммунной системы), печени, поджелудочной железы и других паренхиматозных органов, окружают капилляры, кровеносные и лимфатические сосуды, а также связаны с ретикулярными клетками.

Макрофаг (макрофагоцит). В 1882 г. И. И. Мечников впервые описал фагоцитоз. После 2–3 суток циркуляции моноцит покидает кровеносное русло. За сутки у человека обменивается $0,5\text{--}1,0 \cdot 10^9$ моноцитов, причем количество их в циркулирующей крови примерно в 20 раз меньше, чем в тканях. В 70-х годах XX века сформировалось представление о системе мононуклеарных фагоцитов (СМФ), включающей группу клеток, объединенных общностью происхождения из моноцитов крови (которые, в свою очередь, имеют общего предшественника стволовую кроветворную

клетку), строения и функции активный фагоцитоз и пиноцитоз.

Основной особенностью макрофагов является большое количество различных функциональных форм лизосом. Макрофаги секретируют большое количество различных биологически активных веществ. Зрелые макрофаги не способны делиться. В то же время СМФ является саморегулируемой системой. В ответ на раздражение периферического звена (тканевые макрофаги), усиливается деление (пролиферация) клеток-предшественниц моноцитов в костном мозге, увеличивается количество моноцитов костного мозга и крови, они мигрируют в ткани и превращение в макрофаги.

ВНИМАНИЕ

Основные функции макрофагов – это участие в естественном, специфическом, противоопухолевом иммунитете и секреция различных биологически активных веществ.

Плазматические клетки (П. кл.) вырабатывают антитела (иммуноглобулины), чем определяется их важнейшая роль в защите организма. Следует обратить внимание на происхождение П. кл. из В-лимфоцитов. Плазмциты – белоксинтезирующие клетки, богатые элементами зернистого ЭР, располагающиеся вблизи мелких кровеносных сосудов в лимфоидных органах, в слизистой оболочке пищеварительной и дыхательной систем и т. д.

Тучные клетки содержат множество крупных (до 2 мкм) мембранных гранул, содержащих биологически активные вещества, влияющие на кровеносные сосуды.

Ретикулярная клетка (Р. кл.) – удлинённая клетка, её многочисленные отростки соединяются с отростками других Р. кл., формируя сеть. Ретикулярные волокна располагаются в углублениях, образованных плазмолеммой клетки и ограниченных ею. При неблагоприятных условиях (инфекция, внедрение инородных частиц и т. д.) Р. кл. округляются, отделяются от ретикулярных волокон и становятся способными к фагоцитозу. Ретикулярные клетки образуют строму органов иммунной системы и кроветворения.

Жировые клетки (ж. кл.). Различают два типа жировой ткани: белую и бурую, которые сформированы соответственно белыми или бурыми ж. кл. Зрелая однокапельная ж. кл. белой жировой ткани крупная (50–120 мкм в диаметре), шаровидная клетка, почти полностью занятая каплей жира. Эти клетки осуществляют синтез и внутриклеточное накопление липидов в

качестве резервного материала. Ядро ж. кл. оттеснено к периферии, а цитоплазма ее располагается в виде ободка жировой капли. Ж. кл. поглощают жирные кислоты и синтезируют из них жиры.

Перициты окружают кровеносные капилляры, располагаясь снаружи от эндотелия. Перициты – это отростчатые клетки, соприкасающиеся отростками с каждой эндотелиальной клеткой. Они передают последним нервное возбуждение, что способствует накоплению или потере клеткой жидкости. Это приводит к расширению или сужению просвета капилляра.

Пигментные клетки (п. кл.), содержащие пигмент меланин, залегают в эпидермисе, особенно наружных половых органов, в радужке и собственно сосудистой оболочке глазного яблока, в мягкой мозговой оболочке. Цитоплазма заполнена черно-коричневыми гранулами пигмента меланина, содержащими зрелый пигмент, которые проникают и в отростки п. кл. На 1 мм² поверхности кожи приходится 1200–1500 П. кл. У представителей черной и желтой рас количество их значительно больше. «Цвет» глаз зависит от генетически детерминированного количества п. кл. в радужке. Большое количество тесно расположенных клеток обуславливает черный или темно-карий цвет глаз. Чем меньше п. кл., тем светлее радужка.

В соединительной ткани находятся также моноциты, лимфоциты, зернистые лейкоциты.

Плотная волокнистая соединительная ткань (ПВСТ) характеризуется сильным развитием волокон межклеточного вещества, имеющих либо упорядоченное направление (оформленная ткань), либо переплетающихся в разных направлениях (неоформленная ткань). ПВСТ выполняет в основном опорную функцию. В межклеточном веществе преобладают пучки коллагеновых волокон. Количество клеток (фибробластов) незначительное. Плотная оформленная волокнистая соединительная ткань формирует сухожилия, связки, фасции, пластины. Эластическая плотная оформленная соединительная ткань образует стенку артерий эластического типа, эластический конус гортани и ее голосовые связки, желтые связки, выйную связку копытных. Главными элементами ее являются тесно прилежащие друг к другу эластические волокна, между которыми залегают малочисленные фиброциты.

Ткани со специальными свойствами расположены лишь в определенных органах и участках тела и характеризуются особыми чертами строения и своеобразной функцией (жировая, ретикулярная, пигментная).

Жировая ткань

Жировая ткань выполняет трофическую, депонирующую, формообразующую и терморегулирующую функции. Жировая ткань подразделяется на два типа: белую, образованную однокапельными жировыми клетками, и бурую, образованную многокапельными. Группы жировых клеток объединены в дольки, отделенные друг от друга перегородками рыхлой волокнистой неоформленной соединительной ткани, в которой проходят сосуды и нервы. В свою очередь, каждая жировая клетка окутана сетью коллагеновых и ретикулярных волокон, в петлях которой проходят многочисленные капилляры и залегают соединительнотканые (в том числе тучные) клетки. У человека преобладает **белая жировая ткань**, часть ее окружает органы, сохраняя их положение (например, почки, лимфатические узлы, глазное яблоко и др.); заполняет пространства еще не функционирующих органов (например, молочная железа); замещает красный костный мозг в эпифазах длинных трубчатых костей. При похудении жировая ткань, выполняющая указанные функции, меняется относительно мало. Большая часть жировой ткани является резервной (подкожная основа, сальники, брыжейки, жировые подвески толстой кишки, субсерозная основа). Количество **бурой жировой ткани** у человека невелико (имеется главным образом у новорожденного ребенка); она расположена в области шеи, в подмышечной ямке, в окружности подключичной артерии, под кожей спины и боковых поверхностей туловища, в средостении и брыжейках. Подобно белой, бурая жировая ткань также сформирована дольками, образованными многокапельными жировыми клетками. Бурый цвет обусловлен множеством кровеносных капилляров, обилием митохондрий и лизосом. Главная функция бурой жировой ткани – теплопродукция. Бурая жировая ткань поддерживает температуру тела животных во время зимней спячки и температуру новорожденных детей.

Хрящевая ткань

К опорным соединительным тканям относятся хрящевая и костная ткани. **Хрящевая ткань**, содержащая 70–80 % воды, 10–15 % органических и 4–7 % неорганических веществ, состоит из хрящевых клеток (хондробластов и хондроцитов) и хрящевого матрикса

(межклеточного вещества), находящегося в состоянии геля, в котором имеются соединительнотканые волокна. *Хондробласты* – малые клетки – способные делиться, синтезирующие компоненты матрикса, *хондроциты*, зрелые клетки, которые не делятся, но активно вырабатывают компоненты матрикса. Различают три типа хрящевой ткани. **Гиалиновый хрящ**, в матриксе которого располагаются коллагеновые волокна. Из него построены суставные, реберные, эпифазарные хрящи и ряд хрящей гортани. **Волокнистый хрящ**, в матриксе которого содержится большое количество коллагеновых волокон, придающих хрящу повышенную прочность (из волокнистого хряща построены фиброзные кольца межпозвоночных дисков, суставные диски и мениски, этим хрящом покрыты суставные поверхности в височно-нижнечелюстном и грудино-ключичном суставах). **Эластический хрящ**, в матриксе которого имеются многочисленные сложно переплетающиеся между собой эластические волокна. Он желтоватого цвета, отличается упругостью. Из эластического хряща построены клиновидные и рожковидные хрящи гортани, голосовые отростки черпаловидных хрящей, надгортанник, хрящ ушной раковины, хрящевая часть слуховой трубы и наружного слухового прохода. В отличие от гиалинового эластический хрящ не окостеневаает. Хрящи лишены кровеносных сосудов, их питание осуществляется за счет диффузии из окружающих тканей. Хрящ как орган построен из хрящевой ткани, покрытой надхрящницей.

Костная ткань, отличающаяся особыми механическими свойствами, состоит из костных клеток, замурованных в костный матрикс, содержащий коллагеновые волокна и пропитанный неорганическими соединениями. Количество воды в кости достигает 50 %. В сухом остатке костной ткани содержится около 33 % органических веществ и 67 % неорганических соединений. Различают костные клетки двух типов: остеобласты и остециты. *Остеобласты* – это многоугольные, кубические, отростчатые молодые клетки, богатые элементами зернистой эндоплазматической сети, рибосомами, хорошо развитым комплексом Гольджи. Их многочисленные отростки контактируют между собой и с отростками остеоцитов. Остеобласты синтезируют органические компоненты межклеточного матрикса и выделяют их из клетки через всю поверхность в различных направлениях, что и приводит к образованию пещер (лакун), в которых они залегают, превращаясь в остециты. Органический матрикс кости импрегнируется кристаллами гидроксиапатита $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ и аморфным фосфатом кальция $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, которые поступают в костную

ткань из крови через тканевую жидкость. Кристаллы гидроксиапатита окутывают коллагеновые фибриллы и аморфное вещество, а также расположены внутри фибрилл.

Остеоциты – зрелые, многоотростчатые веретенообразные клетки с крупным округлым ядром и малым количеством органелл. Остеоциты располагаются между костными пластинками в лакунах, однако тела клеток не соприкасаются непосредственно с кальцинированным матриксом, будучи окаймленными тонким слоем (1–2 мкм) неминерализованной ткани. Очень длинные (до 50 мкм) отростки остеоцитов проходят в канальцах, причем они отделены от кальцифицированного матрикса пространством шириной около 0,1 мкм, в котором циркулирует тканевая жидкость, осуществляющая питание клеток. Расстояние между каждым остеоцитом и ближайшим капилляром не превышает 0,1–0,2 мм.

В костной ткани имеется еще одна категория клеток – *остеокласты*, которые не являются костными, а имеют моноцитарное происхождение и относятся к системе макрофагов. Остеокласты – это крупные многоядерные (5–100 ядер) клетки размерами до 190 мкм, которые разрушают кость и хрящ.

Различают два типа костной ткани ретикулофиброзную (грубоволокнистую) и пластинчатую. Первая имеется у зародыша человека; у взрослого она располагается в зонах прикрепления сухожилий к костям, в швах черепа после их заращения.

Пластинчатая кость наиболее распространена в организме. Она образована костными пластинками толщиной от 4 до 15 мкм, которые состоят из остеоцитов и тонковолокнистого костного матрикса. Волокна, образующие пластинки, лежат параллельно друг другу и ориентированы в определенном направлении. При этом волокна соседних пластинок разнонаправлены и перекрещиваются почти под прямым углом, что обеспечивает большую прочность кости. В зависимости от расположения костных пластинок различают плотное (компактное) и губчатое костное вещество (трабекулярная кость) (рис. 14 А). В компактном веществе костные пластинки располагаются в определенном порядке, образуя сложные системы – остеоны. *Остеон* – структурная единица кости. Он состоит из 5–20 цилиндрических пластинок, вставленных одна в другую (рис. 14Б). В центре каждого остеона расположен центральный канал (Гаверсов), в котором проходят кровеносные сосуды. Диаметр остеона – 0,3–0,4 мм. Каналы остеонов сообщаются между собой с помощью коротких поперечных каналов.

Между остеонами залегают интерстициальные (вставочные, промежуточные) пластинки, снаружи от них находятся наружные окружающие (генеральные) пластинки, внутри внутренние окружающие (генеральные) пластинки. На границе с костномозговой полостью имеется небольшое количество губчатого костного вещества. Губчатое костное вещество состоит из костных пластинок и перекладин (трабекул), перекрещивающихся между собой и образующих множество ячеек. Направление перекладин совпадает с кривыми сжатия и растяжения, образуя конструкции сводчатых арок. Такое расположение костных трабекул под углом друг к другу обеспечивает равномерную передачу давления или тяги мышц на кость.

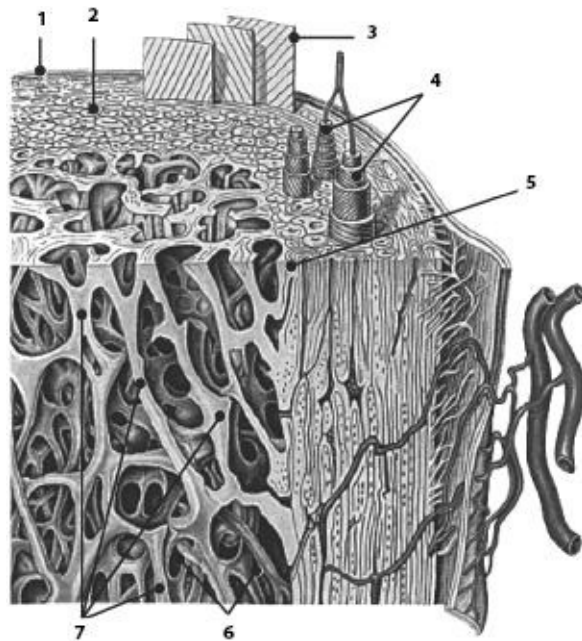


Рис. 14 А. Строение трубчатой кости (по В. Баргману). 1 – надкостница; 2 – компактное вещество кости; 3 – слой наружных окружающих пластинок; 4 – остеоны; 5 – слой внутренних окружающих пластинок; 6 – костномозговая полость; 7 – костные перекладины губчатой кости



Рис. 14 Б. Строение остеона. 1 – центральный канал (канал остеона); 2 – пластинки остеона; 3 – костная клетка (остеоцит)

Мышечная ткань

Мышечная ткань осуществляет функцию движения, она способна сокращаться. Существуют две разновидности мышечной ткани: неисчерченная (гладкая) и исчерченная (скелетная и сердечная) поперечнополосатая.

Гладкая мышечная ткань состоит из веретенообразных клеток гладких миоцитов длиной до 500 мкм и толщиной 5–8 мкм, которые располагаются в стенках кровеносных и лимфатических сосудов, внутренних органов. Гладкая мышечная ткань описана в разделе «Внутренние органы» (см. с. 126).

Поперечнополосатая (скелетная) мышечная ткань образована цилиндрическими мышечными волокнами длиной от 1 до 40 мм и толщиной до 0,1 мкм, каждое из которых представляет собой комплекс, состоящий из миосимпласта и миосателлитоцитов, покрытых общей базальной мембраной. Под плазмолеммой миосимпласта располагается множество эллипсоидных ядер. Примерно две трети сухой массы миосимпласта приходится на цилиндрические миофибриллы, проходящие через цитоплазму (саркоплазму).

Между миофибриллами залегают многочисленные митохондрии. Миофибриллы отличаются поперечной исчерченностью (рис. 15): темные полосы (диск А) чередуются со светлыми (диск I). Диск А разделен светлой зоной (полоса Н), диск I темной линией Z (телофрагма). Волокна содержат сократительные элементы миофиламенты, среди которых различают толстые (миозиновые), занимающие диск А, и тонкие (актиновые), лежащие в диске I и прикрепляющиеся к телофрагмам, причем концы их проникают в диск А между толстыми филаментами. Участок миофибриллы, расположенный между двумя телофрагмами, представляет собой саркомер – сократительную единицу. На границе между дисками А и I сарколемма впячивается, образуя Т-трубочки, которые разветвляются внутри волокна. В поперечнополосатых мышечных волокнах хорошо развита незернистая цитоплазматическая сеть саркоплазматическая сеть, которая окутывает саркомеры; сети, окружающие саркомеры, сообщаются между собой. Каналы этой сети образуют на границах саркомеров расширенные конечные цистерны, которые, располагаясь параллельно Т-трубочкам, соприкасаются с ними.

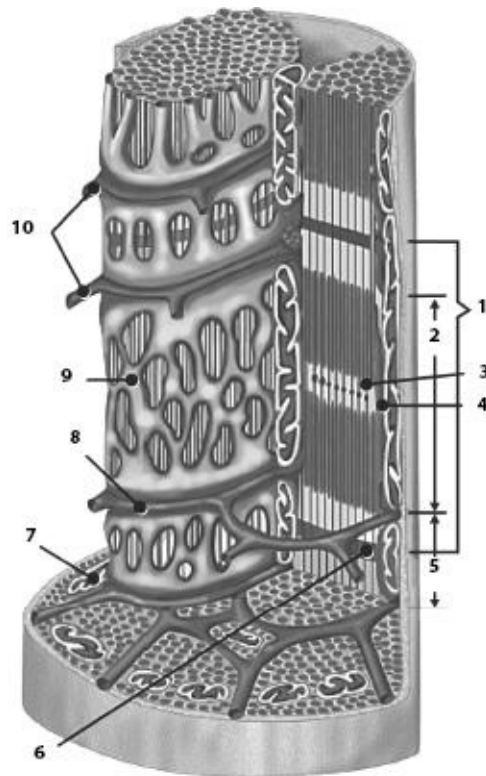


Рис. 15. Схема строения двух миофибрилл мышечного волокна (по В.Г. Елисееву и др.). 1 – саркомер; 2 – полоска А (диск А) 3 – полоска Н; 4 – линия М (мезофрагма) в середине диска А; 5 – полоска I (диск I); 6 –

линия (телофрагма) в середине диска I; 7 – митохондрия; 8 – конечная цистерна; 9 – саркоплазматический ретикулум; 10 – поперечные трубочки

Каждое мышечное волокно иннервируется аксоном или его ветвью. Двигательный аксон несет импульс к сокращению мышцы, при этом он контактирует с сарколеммой, образуя синапсоподобное нервно-мышечное окончание. Нервный импульс передается по T-трубочкам, а с них – на конечные цистерны саркоплазматической сети, вызывая изменение проницаемости последних, что ведет к выходу ионов кальция в цитоплазму. Это приводит к взаимодействию актина с миозином и мышечному сокращению. Мышечные волокна обильно кровоснабжаются.

ВНИМАНИЕ

Согласно теории Х. Хэкли и Т. Хэнсона мышечное сокращение – это результат скольжения тонких (актиновых) филаментов относительно толстых (миозиновых), в результате чего длина диска А не изменяется, в то время как диск I уменьшается в размерах и исчезает.

Источником движущейся силы мышечного сокращения является освобождение энергии в результате гидролиза АТФ. Скелетные мышцы иннервируются спинномозговыми и черепными нервами.

Исчерченная сердечная мышечная ткань, которая по своему строению и функции отличается от скелетной, состоит из сердечных миоцитов (кардиомиоцитов), образующих соединяющиеся друг с другом комплексы. Она описана в разделе «Сердце» (см. стр. XX).

Нервная ткань

Нервная ткань образует центральную нервную систему (головной и спинной мозг) и периферическую нервы с их концевыми приборами, нервные узлы (ганглии). Нервная ткань состоит из нейронов и нейроглии, которая образована глиоцитами. **Нейрон** с отходящими от него отростками является структурно-функциональной единицей нервной системы. Основная функция нейрона – получение, переработка, проведение и передача информации, закодированной в виде электрических или химических сигналов. В нейроне различают его тело (перикарион), где информация обрабатывается, и отходящие от тела отростки, проводящие информацию иногда на дальние расстояния. Один или несколько

отростков, по которым нервный импульс приносится к телу нейрона, называется *дендритом*. Единственный отросток, по которому нервный импульс направляется от нервной клетки, – *аксон*. Нервная клетка динамически поляризована, т. е. способна пропускать нервный импульс только в одном направлении от дендрита к телу и от тела к аксону. В зависимости от количества отростков различают униполярные, или одноотростчатые (они имеются в эмбриональном периоде), биполярные, или двухотростчатые и мультиполярные, или многоотростчатые, нейроны. Последние преобладают.

Как правило, нейроны – одноядерные клетки; два ядра имеют некоторые нейроны ганглиев вегетативной нервной системы. Сферическое ядро диаметром около 18 мкм в большинстве нейронов расположено центрально (*рис. 16*). Основными особенностями строения нейронов является наличие многочисленных *нейрофибрилл* и скоплений хроматофильного вещества (вещество Ниссля), богатого РНК, которое представляет собой группы параллельных цистерн зернистого эндоплазматического ретикулама и полирибосомы. Вещество Нисселя и свободные рибосомы располагаются по всей цитоплазме клетки и в дендритах, они отсутствуют в аксоне. Нейрофибриллы формируют в перикарионе густую трехмерную сеть и проникают в отростки. Нейрофибриллы обеспечивают прочность перикариона и отростков и осуществляют химическую интеграцию клетки. Макромолекулы, синтезируемые в перикарионе, направляются в самые отдаленные участки отростков. Нейроны, которые передают возбуждение от точки восприятия раздражения в центральную нервную систему и далее к рабочему органу, связаны между собой с помощью множества межклеточных контактов *синапсов* (от греч. *synapsis* – «связь»), передающими нервный импульс от одного нейрона к другому. В *синапсах* происходит преобразование электрических сигналов в химические и обратное химических в электрические. Различают синапсы аксосоматические, в которых окончания аксона одного нейрона образуют контакты с телом другого, аксодендритические аксоны вступают в контакт с дендритами, а также аксоаксональные и дендродендритические, когда контактируют одноименные отростки. Это создает возможность для проведения возбуждения по одной из множества цепочек нейронов благодаря наличию физиологических контактов в определенных синапсах и физиологическому разъединению в других.

Синапсы, в которых передача осуществляется с помощью биологически активных веществ, называются химическими, а вещества,

осуществляющие передачу, нейромедиаторами (от лат. mediator – «посредник»). Роль медиаторов выполняют норадреналин, ацетилхолин, серотонин, дофамин и др. Медиатор поступает в синапс по пресинаптическому окончанию, которое ограничено пресинаптической мембраной (пресинаптическая часть) и воспринимается постсинаптической мембраной (постсинаптическая часть). Между обеими мембранами расположена синаптическая щель. В пресинаптическом окончании множество митохондрий и пресинаптических пузырьков, содержащих медиатор. Нервный импульс, поступающий в пресинаптическое окончание, вызывает освобождение в синаптическую щель молекул медиатора, которые, действуя на постсинаптическую мембрану, вызывает образование в ней нервного импульса.

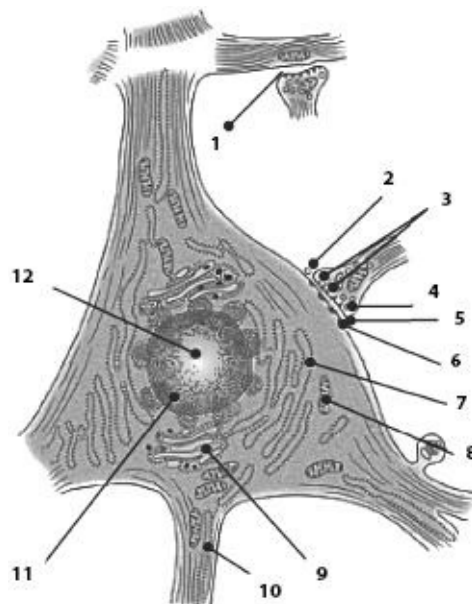


Рис. 16. Строение нервной клетки. 1 – аксонодендритический синапс, 2 – аксоносоматический синапс; 3 – пресинаптические пузырьки; 4 – пресинаптическая мембрана; 5 – синаптическая щель; 6 – постсинаптическая мембрана; 7 – эндоплазматическая сеть; 8 – митохондрия; 9 – внутренний сетчатый аппарат (комплекс Гольджи); 10 – нейрофибриллы; 11 – ядро; 12 – ядрышко

В нервной ткани наряду с нейронами имеется **нейроглия**, в которой представлены два типа клеток: микроглия и макроглия. Микроглия выполняет опорную, разграничительную, секреторную и трофическую функции. Среди элементов макроглии различают: эпендимоциты (выстилающие спинномозговой канал и желудочки мозга); астроциты

(проплазматические и волокнистые), которые образуют поддерживающую сеть и пограничные мембраны между капиллярами и нейронами; олигодендроциты, образующие оболочки нервных волокон и окружают тела нейронов. Клетки микроглии имеют моноцитарное происхождение и способны к фагоцитозу. Клетки глии преобладают. Так, количество глиальных клеток в головном мозге примерно в 10 раз больше количества нейронов.

Нервные волокна представляют собой один или несколько отростков нервных клеток вместе с покрывающими их оболочками невролеммами. При этом отросток нейрона (аксон или дендрит) называется осевым цилиндром. Они подразделяются на миелиновые и безмиелиновые волокна. *Безмиелиновые нервные волокна* образованы одними или несколькими осевыми цилиндрами, каждый из которых погружен в тело шванновской клетки (олигодендроцит), прогибая ее плазмолемму так, что между ней и плазмолеммой осевого цилиндра остается пространство (рис. 17А). Соприкасающиеся участки плазмолеммы шванновской клетки над осевым цилиндром образуют мезаксон. Скорость проведения нервного импульса по безмиелиновому волокну менее 1 м/сек. Безмиелиновые волокна находятся главным образом в вегетативной нервной системе.

Миелиновые нервные волокна образованы одним осевым цилиндром, окруженным муфтой из шванновских клеток. Миелиновый слой представляет собой многократно спирально закрученную вокруг осевого цилиндра шванновскую клетку. В связи с тугой укладкой каждый виток состоит из двух слоев плазмолеммы шванновской клетки, между которыми расположена очень тонкая прослойка цитоплазмы. Снаружи располагается цитоплазма шванновской клетки, содержащая органеллы и ядро, покрытая плазмолеммой. Скорость проведения импульса по миелиновому волокну – 70–100 м/сек. Для того чтобы понять происхождение миелиновой оболочки, следует рассмотреть образование миелинового волокна: инвагинация одного осевого цилиндра в цитолемму шванновской клетки (прогибание цитолеммы последней, образование мезаксона, наматывание шванновской клетки вокруг аксона и спиральное закручивание мезаксона) (рис. 17 Б, В).

Нервная ткань обеспечивает анализ и синтез сигналов (импульсов), поступающих в мозг. Она устанавливает взаимосвязь организма с внешней средой и участвует в координации функции внутри организма, обеспечивая его целостность (вместе с гуморальной системой кровью, лимфой).

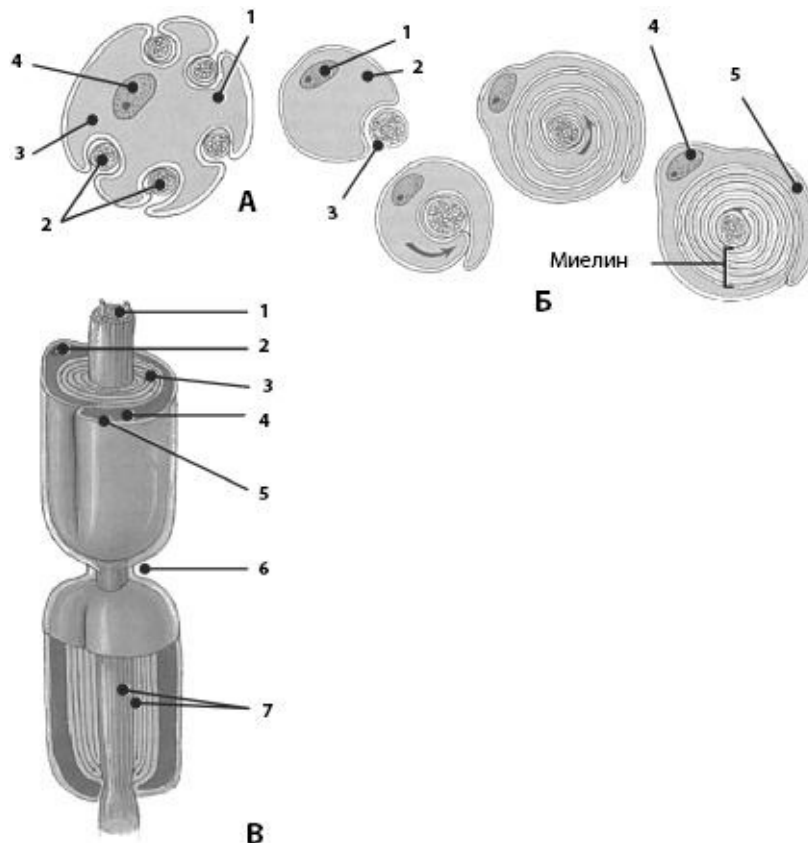


Рис. 17. Строение нервных волокон, схема. А – безмиелиновые волокна: 1 – шванновская клетка, 2 – нервные волокна, 3 – цитоплазма, 4 – ядро Б – образование миелина: 1 – ядро, 2 – цитоплазма, 3 – аксон, 4 – ядро шванновской клетки, 5 – плазматическая мембрана шванновской клетки В – строение миелинового волокна: 1 – нейрофибриллы, 2 – ядро шванновской клетки, 3 – миелин, 4 – цитоплазма шванновской клетки, 5 – плазматическая мембрана шванновской клетки, 6 – перехват Ранвье (граница между двумя шванновскими клетками), 7 – аксон

Нейроны воспринимают, проводят и передают информацию, закодированную в виде электрических и химических сигналов. Заряженные молекулы или атомы называют ионами. Натрий, калий, кальций и магний положительные ионы; хлор, фосфат, остатки некоторых кислот (например, угольной), крупные ионы белков отрицательные. Во внеклеточной жидкости положительные и отрицательные ионы находятся в равных соотношениях. Внутри клеток преобладают отрицательно заряженные ионы, чем обусловлен общий отрицательный заряд клетки. Калий – внутриклеточный ион, его концентрация в нервных и мышечных клетках в 20–100 раз выше, чем вне клетки, натрий – внеклеточный ион, его внутриклеточная концентрация в клетке в 5–15 раз ниже внеклеточной.

И наоборот, внутриклеточная концентрация Cl^- в 20–100 раз ниже внеклеточной.

По обе стороны мембраны нервных и мышечных клеток, между внеклеточной и внутриклеточной жидкостями существует *мембранный потенциал* – разность потенциалов, его величина 80 мВ. Это связано с избирательной проницаемостью плазматической мембраны для различных ионов. K^+ легко диффундирует через мембрану. В связи с его высоким содержанием в клетке он выходит из нее, вынося положительный заряд. Возникает мембранный потенциал. Мембранный потенциал клетки, находящейся в состоянии покоя, называется *потенциалом покоя* (рис. 18).

Когда нервная или мышечная клетка активизируется, в ней возникает *потенциал действия* – быстрый сдвиг мембранного потенциала в положительную сторону. При этом в определенном участке мембраны в ответ на раздражение клетка начинает терять свой отрицательный заряд и Na^+ устремляется в клетку, в результате чего на 1/1000 с на этом участке возникает деполяризация, внутри клетки генерируется положительный заряд – *потенциал действия*, или нервный импульс (см. рис. 18). Таким образом, *потенциал действия* – это проникновение потока ионов Na^+ через мембрану в клетку, K^+ , содержащийся в большом количестве внутри клетки и обладающий высокой проницаемостью, начинает покидать клетку. Это приводит к восстановлению в ней отрицательного заряда. Движение ионов, возникающее вблизи деполяризованного участка, приводит к деполяризации следующего участка мембраны, поэтому нервный импульс распространяется по нейрону.

В зависимости от функции выделяют три основных типа нейронов:

1. *Чувствительные, рецепторные, или афферентные, нейроны* (лат. afferens – «приносящий»). Как правило, эти клетки имеют два вида отростков. Дендрит следует на периферию и заканчивается чувствительными окончаниями рецепторами, которые воспринимают внешнее раздражение и трансформируют его энергию в энергию нервного импульса; второй единственный аксон направляется в головной или спинной мозг. В зависимости от локализации различают несколько типов рецепторов: 1) *экстерорецепторы*, воспринимающие раздражения внешней среды, расположены в коже, слизистых оболочках и органах чувств; 2) *интерорецепторы*, получающие раздражение главным образом при изменениях химического состава внутренней среды и давления, расположены в сосудах, тканях и органах; 3) *проприорецепторы*, заложенные в мышцах, сухожилиях, связках, фасциях, надкостнице,

суставных капсулах. В зависимости от характера раздражения выделяют *терморецепторы*, *механорецепторы* и *ноцирецепторы*. Первые воспринимают изменения температуры, вторые – различные виды механических воздействий (прикосновение к коже, ее сдавление), третьи – болевые раздражения.

2. *Эфферентные*. Тела эфферентных (*эффекторных*, *двигательных* или *секреторных*) нейронов (*лат. efferens* – «выносящий») находятся в центральной нервной системе (или в симпатических и парасимпатических узлах). Их аксоны идут к рабочим органам (мышцам или железам). Различают два вида рабочих, или исполнительных, органов: анимальные поперечнополосатые (скелетные) мышцы и вегетативные гладкие мышцы и железы. Соответственно этому имеются нервные окончания аксонов эфферентных нейронов двух типов: двигательные и секреторные. Первые оканчиваются на мышечных волокнах, образуя бляшки, которые в поперечнополосатых мышцах представляют аксомышечные синапсы. Нервные окончания гладкой мышечной ткани образуют вздутия, в которых также содержатся синаптические пузырьки. Секреторные окончания контактируют с железистыми клетками. Аксоны двигательных нейронов разветвляются, и каждый из них иннервирует большое количество мышечных волокон. Окончание одного двигательного нейрона и иннервируемое им поперечнополосатое мышечное волокно образуют двигательную единицу.

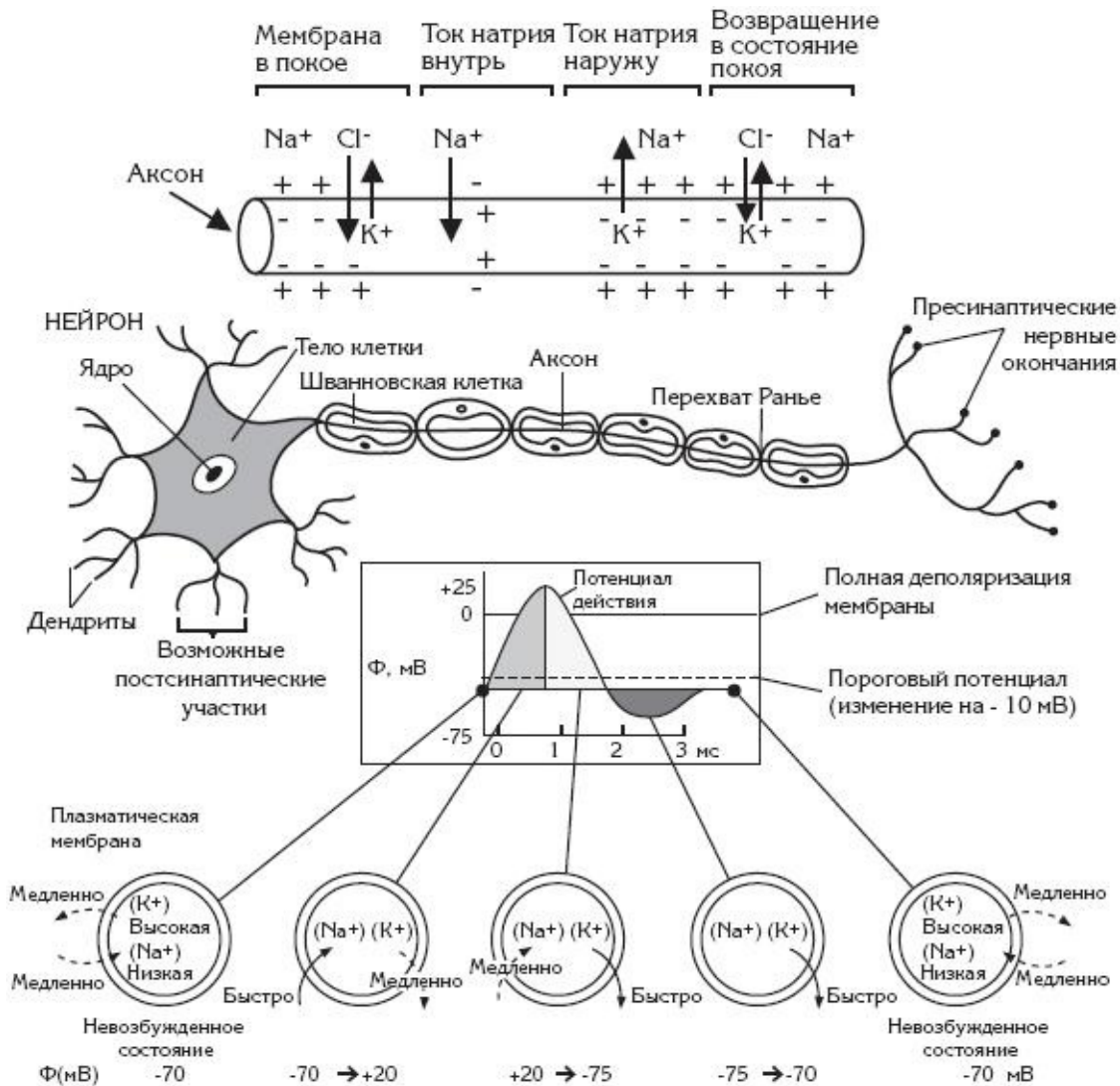


Рис. 18. Ионные токи через мембрану аксона при прохождении потенциала действия: развитие потенциала действия, сопровождающееся изменением электрического напряжения (от -70 до +40 мВ), обусловлено восстановлением равновесия между положительными и отрицательными ионами по обе стороны мембраны, проницаемость которой на короткое время увеличивается (по Стернбергу и соавт., с изм.)

3. *Вставочные нейроны* передают возбуждение с афферентного на эфферентный нейрон.

Нервная, мышечная ткани и железистый эпителий относятся к **возбудимым тканям**, которые в ответ на воздействие раздражителя переходят из состояния покоя в состояние возбуждения. При этом возбуждение, возникающее в одном участке мышечного или нервного волокна, быстро передается на соседние участки этого волокна, а также с

нервного волокна на другие через синапс или с нервного волокна на иннервируемую ими структуру. **Возбудимость** – это способность клеток воспринимать изменения внешней среды и отвечать на них реакцией возбуждения. **Проводимость** – способность тканей проводить возбуждение. Мышечные ткани обладают **сократимостью**, т. е. способностью отвечать сокращением на раздражение.

Органы, системы и аппараты органов

Орган отличается свойственной лишь ему формой и строением, приспособленными к выполнению определенной функции. Каждый орган содержит все виды тканей, однако одна из них является основной, «рабочей», выполняющей главную функцию органа. Так, например, в печени, легких, почках, железах эпителиальная. Это паренхима органа. В кости основная ткань соединительная (костная), в мозге – нервная. Соединительная ткань выполняет в каждом органе опорную, механическую, трофическую функции, образует соединительнотканый каркас органа, его строю. Мышечная ткань участвует в образовании стенок кровеносных, лимфатических сосудов, пищеварительной системы, воздухоносных и мочевыводящих путей. Нервная ткань представлена в виде нервов (и их разветвлений), иннервирующих орган, нервных узлов, лежащих в стенках органов или возле них.

Органы анатомически и функционально объединяются в **системы органов**. Система – это ряд органов, имеющих общий план строения, единство происхождения и выполняющих одну большую функцию (например, пищеварения, дыхания). В организме человека выделяют следующие системы органов: скелета, соединения костей, мышечную, пищеварительную, дыхательную, мочевую, половые (мужскую и женскую), нервную, лимфоидную и эндокринную, сердечно-сосудистую.

ВНИМАНИЕ

Некоторые системы объединяются по функциональному принципу в аппараты: они зачастую имеют различное строение и происхождение, могут быть не связаны анатомически, но их объединяет участие в выполнении общей функции (например, опорно-двигательный), либо эти органы различны по своим функциональным задачам, но связаны единым происхождением (например, мочеполовой аппарат).

В организме человека выделяют **сому** (от греч. soma – «тело»), включающую кости, соединения костей, кожу, мышцы, образующие вместилища, полости и **внутренности**, расположенные внутри полостей. К соме и внутренностям подходят и разветвляются в них кровеносные сосуды и нервы.

Основные принципы строения тела человека – это полярность (различное строение и функция полюсов), сегментарность (более четко сохранилась у человека лишь в области туловища), двусторонняя симметрия (сходство сторон, однако, не абсолютное) и корреляция (соотношение между отдельными частями).

Анатомия человека традиционно называется нормальной анатомией. Каждый человек неповторим и отличается от другого только ему присущими особенностями, и вместе с тем все люди принадлежат к одному виду и обладают одинаковым планом строения.

ВНИМАНИЕ

Понятие «норма» отражает здоровое, реальное состояние человека. Нормальным следует считать такое строение (состояние) организма, органа, при котором функция их не нарушается.

Норма характеризуется наличием индивидуальной изменчивости (варианты нормы). Приведем пример. Положение слепой кишки у взрослого человека варьирует, – она лежит на различной высоте между двумя полярными типами в правой подвздошной ямке или под печенью. Все это варианты нормы. А вот обратное расположение внутренностей, при котором слепая кишка и печень расположены слева, а желудок, селезенка и сигмовидная ободочная кишка справа, – является аномалией. Аномалии – это отклонение от общей закономерности, выходящие за границы нормы.

Особенности строения, роста и развития человека

В индивидуальном развитии человека различают два основных периода: внутриутробный, или пренатальный, и внеутробный, или постнатальный.

Приводим общепринятую в настоящее время периодизацию второго (внеутробного) периода жизни человека (табл. 2).

Таблица 2

Периоды жизни человека

Периоды	Возраст
Эмбриональный	0–8 недель
Переходный	8–16 недель
Плодный (фетальный)	4–10 месяцев
Новорожденный	1–10 дней
Грудной возраст	10 дней–1 год
Раннее детство	1–3 года
Первое детство	4–7 лет
Второе детство	8–12 лет (мальчики); 8–11 лет (девочки)
Подростковый возраст	13–16 лет (мальчики); 12–15 лет (девочки)
Юношеский возраст	17–21 (юноши); 16–20 (девушки)
Зрелый возраст, I период	22–35 (мужчины); 21–35 (женщины)
Зрелый возраст, II период	36–60 (мужчины); 36–55 (женщины)
Пожилой возраст	61–74 (мужчины); 56–74 (женщины)
Старческий возраст	75–90 лет (мужчины и женщины)
Долгожители	90 лет и выше

Большинство антропометрических показателей имеют значительные индивидуальные колебания. Приводим усредненные показатели (табл. 3).

Таблица 3

Антропометрические показатели

Показатели	Новорожденные		Взрослые	
	м	ж	м	ж
Длина тела, см	50,81±2,5	50,0±2,5	174,5±6,6	162,6±6,1
Масса тела, кг	3,5±0,59	3,4±0,59	71,7±10,0	56,7±8,6
Площадь поверхности тела, см	2200	2200	18 000	16 000

При оценке площади поверхности отдельных участков тела взрослого человека можно применять «правило девятки», согласно которому голова и шея составляют 9 % площади поверхности тела; верхние конечности (каждая 9 %) – 18 %, нижние (каждая 18 %) – 36 %; передняя часть туловища – 18 %; задняя часть – 18 %; промежность 1 %; ладонь и пальцы – 1 %.

Развитие человека происходит в течение всей его жизни начиная от образования зиготы и кончая смертью. Рост же (увеличение массы) заканчивается к 20–25 годам. Рост и развитие человека имеют целый ряд закономерностей.

1. Генетическая детерминированность. Рост и развитие зависят от генома человека, однако взаимодействие совокупности генов друг с другом и с различными факторами внешней среды может в той или иной мере влиять на фенотип.

2. Стадийность. Рост и развитие индивидуума протекают стадийно. При этом последовательность стадий также детерминирована. Однако временные границы между отдельными стадиями варьируют. Активность процесса различная в разных стадиях, что дает основание говорить о цикличности. В каждой стадии в организме происходят количественные и качественные изменения, что обуславливает необратимость процесса.

3. Каждый период онтогенеза человека проявляется характерными физиологическими особенностями. Длина тела и его масса являются интегральными показателями, позволяющими судить о физическом развитии человека. Рост человека продолжается в течение первых 20 лет его жизни. Как правило, увеличение длины тела у мужчин заканчивается в возрасте 18–20 лет, у женщин 16–20 лет. Впоследствии до 60–65 лет длина тела не изменяется, а после этого в связи с укорочением (уплощением) межпозвоночных дисков, изменением осанки тела и уплощением сводов стопы длина тела уменьшается примерно на 1–1,5 мм в год. В конце первого лунного месяца беременности длина зародыша составляет около 10 мм, в конце второго – 20–30 мм, а масса тела – 35 г, в конце шестого – длина тела 30 см, а масса – 600–700 г, в конце девятого

длина 47 см, масса 2000–2500 г. В течение первого года жизни ребенка происходит наибольший прирост длины тела (на 21–25 см), в периоды раннего и первого детства скорость роста быстро уменьшается, в начале периода второго детства скорость роста стабилизируется (4,5–5,5 см в год), а в конце резко возрастает. В подростковом возрасте годовая прибавка длины тела у мальчиков составляет в среднем 5,8 см, у девочек 5,0–5,7 см. При этом у девочек наибольшее ускорение роста имеет место в возрасте от 10 до 13 лет, а у мальчиков в подростковом, после чего оно замедляется.

Масса тела увеличивается до 20–25 лет. Масса тела удваивается к 6 месяцам, утраивается к году и увеличивается примерно в 4 раза к двум годам. Увеличение длины и массы тела идет примерно одинаковыми темпами. Максимальная годовая прибавка массы тела имеет место в подростковом возрасте, при этом максимум у девочек приходится на 13-й, у мальчиков на 15-й год жизни. Обычно стабильная масса тела сохраняется до 40–46 лет. Следует стремиться к тому, чтобы в течение всей жизни масса тела человека сохранялась в пределах цифр 19–20-летнего возраста.

За последние 100–150 лет наблюдается **акселерация** – ускорение морфофункционального развития и созревания всего организма детей и подростков, которая в большей степени проявляется в экономически развитых странах. У мужчин акселерация выражена в большей степени. Так, масса тела новорожденных детей возросла в среднем на 100–300 г, годовалых на 1500–2000 г, длина тела на 5 см. Длина тела детей в периодах второго детства и в подростковом увеличилась на 10–15 см, а взрослых мужчин – на 6–8 см. Сократился период увеличения длины тела человека в конце прошлого века – рост продолжался до 23–26 лет, в настоящее время у мужчин до 18–19, у женщин до 16–17 лет. Ускорились прорезывание молочных и постоянных зубов, психическое развитие, половое созревание. Средний возраст начала менструаций у девочек уменьшился с 16,5 лет в начале XIX века до 12–13 лет в настоящее время, а наступление менопаузы – с 43–45 лет в начале XX века до 48–50 лет. Комплекс изменений у взрослого человека называют «секулярным трендом» (вековая традиция).

У новорожденного голова округлая, большая (1/4 всей длины тела, у взрослого 1/8), грудь и шея короткие, живот длинный, ноги короткие, руки длинные. Окружность головы на 1–2 см больше окружности груди, мозговой отдел черепа относительно больше лицевого. Форма грудной клетки бочкообразная. Позвоночник лишен изгибов, лишь незначительно выражен крестцовый мыс. Таз весьма подвижен и кости, составляющие тазовую кость, не сращены между собой. Внутренние органы относительно крупнее, чем у взрослого человека. Так, например, масса печени

новорожденного ребенка составляет 1/20 массы тела, в то время как у взрослого 1/50; длина кишечника в 2 раза больше длины тела, у взрослого – в 4–4,5 раза; масса мозга составляет 13–14 % массы тела, у взрослого – лишь около 2 %. Велики надпочечники и вилочковая железа. Физическое развитие ребенка происходит не постепенно, а скачкообразно. Периоды роста не соответствуют описанным периодам жизни человека (табл. 4).

Таблица 4

Периоды роста человека (по Г. Фанкони и А. Вальгреву, 1960, с изменениями)

Период	Возраст, годы	Характеристика
Грудной	1-й	Длина головы в 4 раза меньше длины тела
Первое округление (первый рост в ширину)	2–4	Длина головы в 5 раз меньше длины тела
Первое вытягивание (в длину)	5–7	Длина головы в 6 раз меньше длины тела
Второе округление (второй рост в ширину)	8–10	Длина головы в 6,5 раз меньше длины тела
Второе вытягивание (в длину)	11–15	Длина головы в 7 раз меньше длины тела
Созревание	16–20	Длина головы в 8 раз меньше длины тела
Зрелый возраст	20–24	То же

В грудном возрасте тело ребенка наиболее быстро растет. Примерно с шести месяцев начинается прорезывание молочных зубов. За первый год жизни ряд органов и систем достигает величины взрослого (глаз, внутреннее ухо, центральная нервная система). В течение первых лет жизни и в подростковом возрасте (мальчики – 13–16 лет, девочки – 12–15), когда происходит половое созревание, быстро растут и развиваются опорно-двигательный аппарат, пищеварительная, дыхательная системы, мочеполовой аппарат.

В периоде раннего детства прорезываются все молочные зубы и происходит первое «округление», т. е. увеличение массы тела опережает рост тела в длину, быстро прогрессирует психическое развитие ребенка и, что самое главное, речь, память, ребенок начинает ориентироваться в пространстве. В течение второго-третьего года развивается воля («*первый возраст упрямства*»). В периоде первого детства рост в длину превалирует над увеличением массы тела. В конце периода начинается прорезывание

постоянных зубов. В связи с быстрым развитием мозга, масса которого к концу периода достигает уже 1100–1200 г, быстро развиваются умственные способности, казуальное мышление, длительно сохраняется способность узнавания, ориентация во времени, в днях недели. В раннем и в первом детстве половые отличия (кроме первичных половых признаков) почти не выражены.

В периоде второго детства вновь преобладает рост в ширину, однако в это время начинается половое созревание, более раннее у девочек, что связано с усилением секреции женских половых гормонов, у них в 8–9 лет расширяется таз и округляются бедра, увеличивается секреция сальных желез и оволосение лобка. В том же возрасте (10–11 лет) у мальчиков начинается рост гортани, яичек и полового члена, который к 12 годам увеличивается на 0,5–0,7 см. К концу периода усиливается рост тела в длину, темпы которого больше у девочек. В 10 лет происходит первый перекрест – длина и масса тела девочек превышает таковую мальчиков. Прогрессирует психическое развитие детей. Развивается ориентация в отношении месяцев года и календарных лет.

В подростковом периоде быстро растут и развиваются половые органы, развиваются вторичные половые признаки. У девочек увеличивается количество волос на коже половой области, появляются волосы в подмышечных впадинах, увеличиваются размеры половых органов, молочных желез; щелочная реакция влагалищного секрета становится кислой, появляются менструации, меняется форма таза. У мальчиков быстро увеличиваются яички и половой член, вначале оволосение лобка развивается по женскому типу, набухают грудные железы, к концу периода (15–16 лет) начинается рост волос на теле, лице, в подмышечных впадинах, на лобке по мужскому типу, пигментируется кожа мошонки, еще больше увеличиваются половые органы, возникают первые эякуляции. В подростковом возрасте рост тела в длину превалирует над ростом в ширину. В 13–14 лет происходит второй перекрест кривых роста мальчиков и девочек – после чего мальчики растут быстрее, чем девочки. В подростковом возрасте развивается механическая и словесно-логическая память.

Юношеский возраст совпадает с периодом созревания. В юношеском возрасте рост и развитие организма в основном завершаются, и практически достигают морфофункциональной зрелости все аппараты и системы органов.

Строение тела в **зрелом возрасте** изменяется мало, а в **пожилом и старческом** прослеживаются характерные для этих возрастов

перестройки, которые изучает специальная наука **геронтология** (от греч. *geron* – «старик»). Временные границы старения варьируют в широких пределах у различных индивидуумов. В **старческом возрасте** происходит снижение адаптационных возможностей организма, изменяются морфофункциональные показатели всех аппаратов и систем органов, в этом важнейшая роль принадлежит лимфоидной, нервной и кровеносной системам.

Старение – генетически детерминированный процесс. Следует особо подчеркнуть, что **активный образ жизни, регулярные занятия физической культурой замедляют процесс старения, однако это возможно в пределах, обусловленных наследственными факторами.**

Половые признаки отличают мужчину от женщины. Они делятся на первичные (половые органы) и вторичные (например развитие волос на лобке, развитие молочных желез, изменение голоса и др.). Об этом подробно в разделе «Мочеполовой аппарат» (см. с. 192).

В табл. 5 приведены пропорции тела у людей разных типов телосложения.

Таблица 5

Характеристика пропорций тела человека (по П. Н. Башкирову)

Типы	Относительные размеры частей тела к длине тела, %				
	Длина		Ширина		
	<i>туловища</i>	<i>ноги</i>	<i>руки</i>	<i>плеч</i>	<i>таза</i>
Долихоморфный	29,5	55,0	46,5	21,5	16,0
Мезоморфный	31,0	53,0	44,5	23,0	16,5
Брахиморфный	33,5	51,0	42,5	24,5	17,5

Уже при первом взгляде на человека видны особенности его индивидуального строения. В анатомии имеется понятие о типах телосложения. Телосложение определяется генетическими (наследственными факторами, влиянием внешней среды, социальными условиями). Выделяют **три типа** телосложения человека: мезоморфный, брахиморфный и долихоморфный.

К **мезоморфному** (от греч. *mesos* – «средний», *morphe* – «вид, форма») типу телосложения (нормостеники) были отнесены те люди, чьи анатомические особенности приближаются к усредненным параметрам нормы (с учетом возраста, пола и т. д.) Лица **брахиморфного** телосложения (от греч. *brachys* – «короткий»), или **гиперстеники**, отличаются преобладанием поперечных размеров, упитанностью, имеют

не очень высокий рост. Сердце относительно больших размеров, расположено поперечно благодаря высоко стоящей диафрагме. Это приводит к укорочению легких, петли тонкой кишки расположены преимущественно горизонтально. Лица **долихоморфного** типа телосложения (от греч. *dolichos* – «длинный») (астеники) отличаются стройностью, легкостью, преобладанием продольных размеров над поперечными, относительно более длинными конечностями, слабым развитием мышц и жира, узкими костями. Их внутренности опущены, диафрагма ниже, поэтому легкие длиннее, а сердце расположено почти вертикально.

Нормальная анатомия рассматривает расположение частей тела и органов человека, который стоит с опущенными супинированными верхними конечностями (ладони обращены вперед). В каждой части тела выделяют области.

В качестве ориентиров в анатомии служат линии и плоскости. Для определения положения органов используют три взаимоперпендикулярные плоскости: *сагиттальную* (от греч. *sagitta* – «стрела»), вертикально рассекающую тело спереди назад; *фронтальную* (от лат. *frons* – «лоб») плоскость, перпендикулярную к первой, вертикальную, ориентированную справа налево соответственно плоскости лба; *горизонтальную* плоскость, перпендикулярную первым двум. В теле человека условно можно провести множество таких плоскостей. Сагиттальную плоскость, которая делит тело пополам на правую и левую половины, называют *срединной* (рис. 19). Для обозначения расположения органов по отношению к горизонтальной плоскости применяют термины «верхний» (краниальный, от лат. *cranium* – череп), «нижний» (каудальный от лат. *cauda* – «хвост»); по отношению к фронтальной плоскости «передний» (вентральный от лат. *venter* – «живот»), «задний» (дорсальный от лат. *dorsum* – «спина»). Выделяют также понятия «боковой» (латеральный), расположенный на удалении от срединной сагиттальной плоскости, и «средний» (медиальный), лежащий ближе к срединной плоскости. Для обозначения частей применяются термины «проксимальный» (расположенный ближе к началу конечности) и «дистальный» (находящийся дальше от туловища). Кроме того, в анатомии употребляются такие общие прилагательные, как «правый», «левый», «большой», «малый», «поверхностный», «глубокий».

При изучении анатомии у живого человека органы проецируют на поверхность тела, для определения границ используют ряд вертикальных линий. Это передняя и задняя срединные, первая проходит по середине передней поверхности тела человека, разделяя его на две симметричные

половины правую и левую, вторая – вдоль вершин остистых отростков позвонков; правая и левая грудинные, проведенные вдоль соответствующих краев грудины; среднеключичные, проведенные через середины ключиц; подмышечные: передние, задние, проведенные через соответствующие края и середину подмышечной ямки; лопаточные проведенные через нижние углы лопаток; околопозвоночные, проведенные вдоль позвоночного столба через реберно-поперечные суставы.

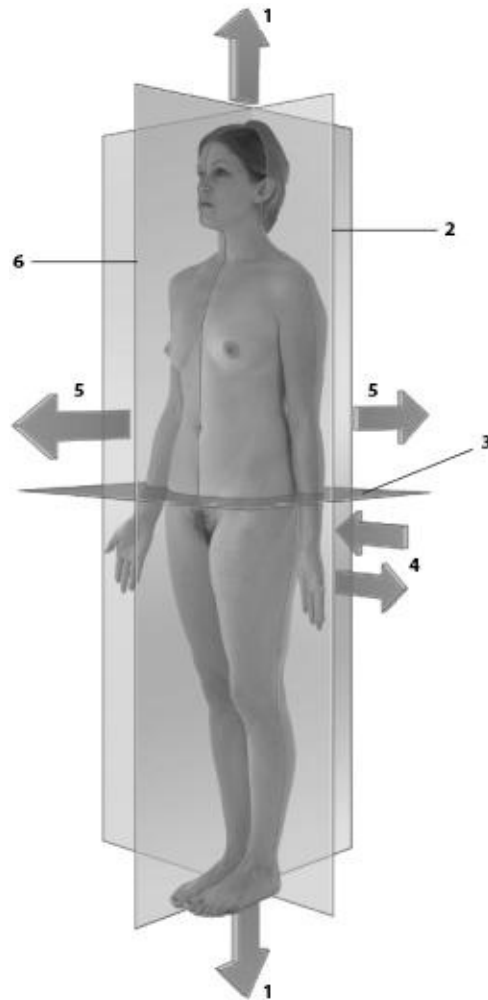


Рис. 19. Оси и плоскости в теле человека, схема. 1 – вертикальная (продольная) ось; 2 – фронтальная плоскость; 3 – горизонтальная плоскость; 4 – поперечная ось; 5 – сагиттальная ось; 6 – сагиттальная плоскость

Опорно-двигательный аппарат

Система скелета

Одной из важнейших функций организма человека является передвижение в пространстве. Ее выполняет опорно-двигательный аппарат, состоящий из двух частей: пассивной и активной. К первой относятся кости, соединяющиеся между собой различным образом, ко второй – мышцы. **Скелет** (от греч. *skeleton* – «высохший, высушенный») представляет собой комплекс костей, выполняющих множество функций: опорную, защитную, локомоторную, формообразующую, преодоление силы тяжести. Форма тела человека обусловлена скелетом, имеющим билатеральную симметрию и сегментарное строение (*рис. 20*). Общая масса скелета составляет от 1/7 до 1/5 массы тела человека. В состав скелета человека входит более 200 костей, 33–34 кости скелета непарные, это позвонки, крестец, копчик, некоторые кости черепа и грудины, остальные кости парные. Скелет условно подразделяют на две части: осевой и добавочный. К осевому скелету относятся позвоночный столб (26 костей), череп (29 костей), грудная клетка (25 костей); к добавочному – кости верхних (64) и нижних (62) конечностей. Кости скелета являются рычагами, приводимыми в движение мышцами. В результате этого части тела изменяют положение по отношению друг к другу и передвигают тело в пространстве. К костям прикрепляются связки, мышцы, сухожилия, фасции. Скелет образует вместилища для органов, защищая их от внешних воздействий: в полости черепа расположен головной мозг, в позвоночном канале – спинной, в грудной клетке – сердце и крупные сосуды, легкие, пищевод и др., в полости таза – мочеполовые органы.

Кости участвуют в минеральном обмене, они являются депо кальция, фосфора и т. д. Живая кость содержит витамин А, Д, С и др. Жизнедеятельность кости зависит от функций гипофиза, щитовидной и паращитовидной желез, надпочечников и гонад.

Скелет образован разновидностями соединительной ткани – костной и хрящевой. Кость и хрящ тесно связаны между собой общностью строения, происхождения и функции. Развитие большинства костей предваряется хрящом, и их рост обеспечивается за счет деления клеток (пролиферации) хряща (кости конечностей, позвонки, основания черепа), небольшое количество костей не связано с хрящом и не развивается из него (кости крыши черепа, нижняя челюсть, ключица). Ряд хрящей не связан с костью, и в течение жизни человека не заменяются (хрящи ушных раковин,

воздухоносных путей). Некоторые хрящи связаны с костью функционально (суставные хрящи, мениски).

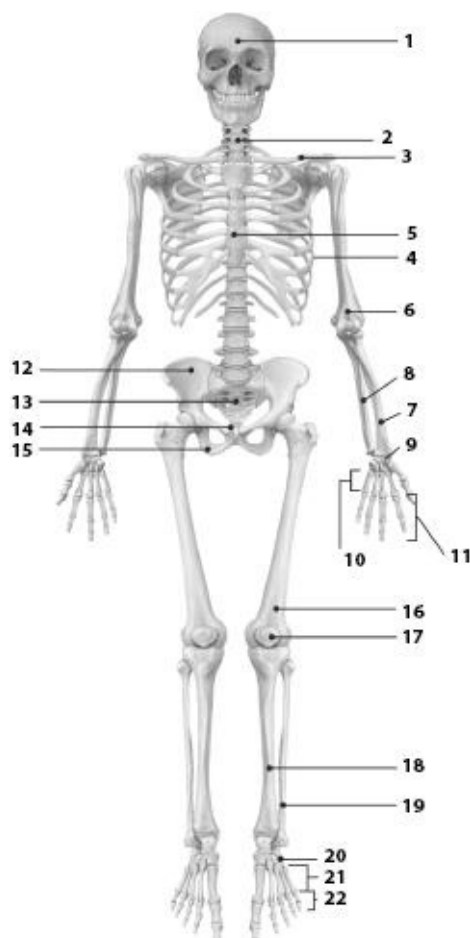


Рис. 20. Скелет человека, вид спереди. 1 – череп; 2 – позвоночный столб; 3 – ключица; 4 – ребро; 5 – грудина; 6 – плечевая кость; 7 – лучевая кость; 8 – локтевая кость; 9 – кости запястья; 10 – пястные кости; 11 – фаланги пальцев кисти; 12 – подвздошная кость; 13 – крестец; 14 – лобковая кость; 15 – седалищная кость; 16 – бедренная кость; 17 – надколенник; 18 – большеберцовая кость; 19 – малоберцовая кость; 20 – кости предплюсны; 21 – плюсневые кости; 22 – фаланги пальцев стоп

ВНИМАНИЕ

У зародыша человека и других позвоночных животных хрящевой скелет составляет около 50 % массы всего тела. Однако постепенно хрящ заменяется костью, у взрослого человека масса хряща достигает около 2 % массы тела.

Это суставные хрящи, межпозвоночные диски, хрящи носа и уха, гортани, трахеи, бронхов и ребер. Хрящи выполняют следующие функции: покрывают сочленовые поверхности, обладающие благодаря этому высокой устойчивостью к износу; суставные хрящи и межпозвоночные диски, являющиеся объектами приложения сил сжатия и растяжения, осуществляют их передачу и амортизацию; хрящи воздухоносных путей и наружного уха формируют стенки полостей; к другим хрящам прикрепляются мышцы, связки, сухожилия.

Кость как орган снаружи, кроме сочленовных поверхностей, покрыта надкостницей, представляющей собой прочную соединительнотканную пластинку, богатую кровеносными и лимфатическими сосудами и нервами. Надкостница прочно сращена с костью при помощи прободящих волокон, проникающих в глубь кости. Наружный слой надкостницы волокнистый, внутренний остеогенный (костеобразующий) прилежит непосредственно к костной ткани. В нем расположены тонкие веретенообразные «покоящиеся» остеогенные клетки, за счет которых происходит развитие, рост в толщину и регенерация костей после повреждения. Сопrotивление свежей кости на разрыв такое же, как меди, и в девять раз больше, чем свинца. Кость выдерживает сжатие 10 кг/мм^2 (аналогично чугуну). А предел прочности, например, ребер на излом – 110 кг/см^2 .

На поверхностях каждой кости имеются выпуклости, углубления, ямки, борозды, отверстия, шероховатости, отростки. Здесь начинаются или прикрепляются мышцы и их сухожилия, фасции, связки, проходят сосуды и нервы. На участках, к которым прилегают нервы или кровеносные сосуды, имеются борозды, каналы, щели или вырезки. На поверхности каждой кости, особенно с внутренней ее стороны, видны точечные отверстия, уходящие в глубь кости, питательные отверстия.

Кости отличаются друг от друга, при этом их форма и выполняемая функция взаимосвязаны и взаимообусловлены (рис. 21).

В трубчатой кости различают ее удлинненную среднюю часть – *тело (диафиз)*, обычно цилиндрической или близкой к трехгранной формы и утолщенные концы – *эпифизы*. На них располагаются служащие для соединения с другими костями суставные поверхности, покрытые суставным хрящом. Участок кости, расположенный между диафизом и эпифизом, называется *метафизом*. В детском и юношеском возрасте рост костей в длину происходит за счет гиалинового эпифизарного (метаэпифизарного) хряща, который находится между диафизом и

эпифизом трубчатой кости. Среди трубчатых костей выделяются длинные трубчатые кости (например, плечевая, бедренная, кости предплечья и голени) и короткие (кости пясти, плюсны, фаланги пальцев). Диафизы построены из компактной, эпифизы – из губчатой кости, покрытой тонким слоем компактной.

Губчатые кости состоят из губчатого вещества, покрытого слоем компактного. К губчатым также следует отнести кости, развивающиеся в сухожилиях, – сесамовидные (например, надколенник). Губчатые кости, имеющие форму неправильного куба или многогранника, располагаются в местах, где большая нагрузка сочетается с большой подвижностью. **Плоские кости** участвуют в образовании полостей, поясов конечностей, выполняют функцию защиты (кости крыши черепа, грудина). К их поверхности прикрепляются мышцы. **Смешанные кости** имеют сложную форму. Они состоят из нескольких частей, имеющих различное строение, очертания и происхождение, например позвонки, кости основания черепа. **Воздухоносные кости** имеют в своем теле полость, выстланную слизистой оболочкой и заполненную воздухом. Например, некоторые кости черепа: лобная, клиновидная, решетчатая, верхняя челюсть.

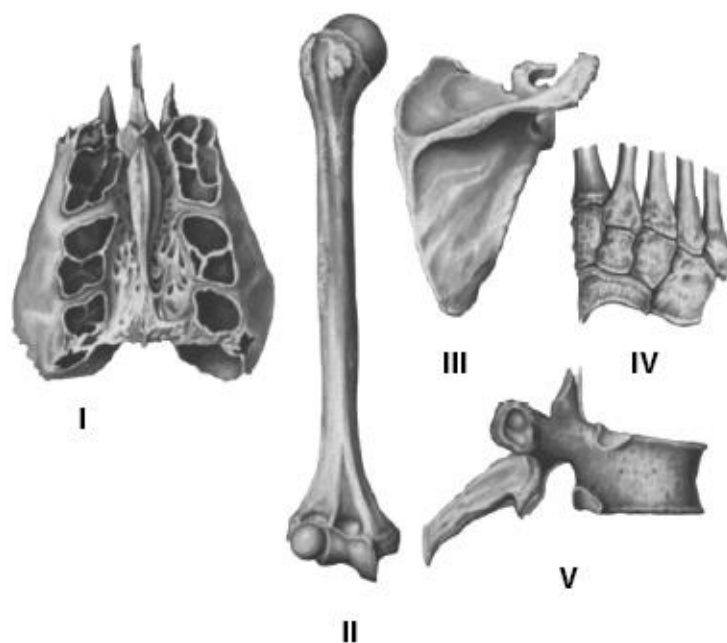


Рис. 21. Различные виды костей. I – воздухоносная кость (решетчатая кость); II – длинная (трубчатая) кость; III – плоская кость; IV – губчатые (короткие) кости; V – смешанная кость

Внутри костей в костномозговых полостях и ячейках губчатого

вещества, выстланных эндостом (слоем плоских остеогенных клеток, лежащих на тонкой соединительнотканной пластинке), находится костный мозг. Во внутриутробном периоде и у новорожденных во всех костномозговых полостях находится красный костный мозг, он выполняет кроветворную и защитную функции. У взрослого человека красный костный мозг содержится только в ячейках губчатого вещества плоских костей (грудина, крылья подвздошных костей), в губчатых костях и эпифизах трубчатых костей. В костномозговых полостях диафизов находится желтый костный мозг.

Кость живого человека – динамическая структура, в которой происходит постоянный обмен веществ, анаболические и катаболические процессы, разрушение старых и создание новых костных трабекул и остеонов. П.Ф. Лесгафт сформулировал ряд важных общих принципов организации костей: 1) костная ткань образуется в местах наибольшего сжатия или натяжения; 2) степень развития костей пропорциональна (интенсивности деятельности связанных с ними мышц; 3) трубчатое и арочное строение кости обеспечивает наибольшую прочность при минимальной затрате костного материала; 4) внешняя форма костей зависит от давления на них окружающих тканей и органов (в первую очередь мышц) и меняется при уменьшении или увеличении нагрузки; 5) перестройка формы кости происходит под влиянием внешних (для костей) сил. Кости приспособляются к изменяющимся условиям жизнедеятельности организма, под влиянием которых происходит перестройка их макро– и микроскопического строения. В зависимости от характера выполняемой работы меняются форма, ширина и длина костей, толщина компактного слоя, размеры костномозговой полости и т. д. Существенна формообразовательная роль физкультуры и спорта. Все это подтверждает правильность положения П.Ф. Лесгафта о том, что рост и прочность костей определяются интенсивностью деятельности мышц, окружающих кость.

Система соединений костей

Скелет вместе с мышцами выполняет функции опоры и движения благодаря тому, что все кости соединены между собой и образуют подвижные костные рычаги. При этом кости образуют пассивную, а мышцы – активную часть опорно-двигательного аппарата. Характер соединений зависит от функции того или иного звена. В теле человека все соединения костей делятся на три большие группы: непрерывные, полусуставы, или симфизы, и прерывные, или синовиальные (суставы, табл. 6).

Непрерывные – это соединения костей с помощью различных видов соединительной ткани. При этом отсутствует щель или полость между соединяющимися костями. Непрерывные соединения весьма прочны, однако их подвижность ограничена или вообще отсутствует. В зависимости от характера ткани, соединяющей кости, различают фиброзные, хрящевые и костные соединения.

Симфизы (от греч. symphysis – «срастание») также представляют собой хрящевые соединения, лишённые суставной капсулы. В толще хряща имеется небольшая щелевидная полость, синовиальная оболочка отсутствует. К ним относятся межпозвоночные симфизы, лобковый и симфиз рукоятки грудины.

Суставы, или синовиальные соединения, представляют собой прерывные соединения костей, в которых между соединяющимися костями всегда имеется суставная щель. Каждый сустав имеет следующие анатомические элементы: суставные поверхности костей, покрытые суставным хрящом, суставную капсулу, суставную полость, синовиальную жидкость. *Суставные поверхности* покрыты, как правило, гиалиновым хрящом. Толщина хряща колеблется в пределах от 0,2 до 6,0 мм и находится в прямой зависимости от функциональной нагрузки, испытываемой суставом. Чем больше нагрузка, тем толще хрящ. Суставной хрящ лишен кровеносных сосудов и надхрящницы. Основную роль в питании суставного хряща играет синовиальная жидкость.

Суставная капсула, прикрепляющаяся вблизи краев суставных поверхностей сочленяющихся костей или отступая на некоторое расстояние от них, прочно срастается с надкостницей, образуя замкнутую суставную полость. Капсула состоит из двух слоев. Наружный слой представлен толстой прочной фиброзной мембраной. Внутренний слой

образован тонкой гладкой блестящей синовиальной мембраной, которая выстилает изнутри фиброзную мембрану, сумки и продолжается на поверхности кости, не покрытые суставным хрящом. Синовиальная мембрана имеет множество небольших выростов, обращенных в полость сустава, синовиальные ворсинки, очень богатые кровеносными сосудами. Через ворсинки осуществляются ультрафильтрация из кровеносного русла в полость сустава и всасывание веществ из нее.

В норме у живого человека *суставная полость* представляет собой узкую щель, расположенную между покрытыми хрящом суставными поверхностями и ограниченную синовиальной мембраной.

Таблица 6

Соединения костей

Тип	Характеристика	Движения	Примеры
<i>Непрерывные соединения Фиброзные (синдесмозы)</i>			
Связки, мембраны	Соединения с помощью соединительной ткани, волокна которой срастаются с надкостницей	Подвижные	Связки (межкостистые, желтые межпоперечные, надкостистые и др.), межкостные перепонки предплечья и голени
Швы	Соединения с помощью тонкой соединительнотканной прослойки между костями	Малоподвижные	Соединения костей черепа
Зубчатый	Зазубренные края одной кости внедряются в промежутки между зубцами другой	Неподвижный	Венечный, сагиттальный, лямбдовидный
Плоский	Ровный край одной кости соединяется с ровным краем другой кости	Неподвижные	Лобно-носовой, лобно-слезный, слезно-верхнечелюстной, срединный и поперечный небные клиновидно-теменной и др.
Чешуйчатый	Косо срезанный край одной кости накладывается на такой же край другой кости, подобно чешуе	Неподвижные	Височно-теменной
Вколачивание	Соединения корня зуба со стенками костной зубной альвеолы с помощью периодонта	Неподвижные	Зубо-альвеолярные соединения

<i>Хрящевые (синхондрозы)</i>	Соединения с помощью хряща, упругие	Малоподвижные	Соединения диафизов длинных трубчатых костей с эпифизами, синхондрозы черепа (клиновидно-затылочный, клиновидно-каменисто-затылочный, клиновидно-решетчатый). Синхондроз мечевидного отростка грудины
<i>Костные (синостозы)</i>	Соединения с помощью костной ткани вследствие окостенения фиброзных или хрящевых соединений	Неподвижные	На месте бывших синхондрозов
<i>Полусуставы (симфизы)</i>	Соединения с помощью хряща или соединительной ткани, в которых имеется небольшая щель	Малоподвижные	Межпозвоночные, лобковый симфизы
<i>Прерывные (синовиальные) соединения (суставы)</i>			
	Наличие суставной полости с синовиальной жидкостью, суставной сумки, суставных поверхностей, покрытых хрящом	Движения вокруг 1–3 осей	
Простой	Две суставные поверхности		Плечевой, запястно-пястные, пястно-фаланговые, межфаланговые кисти и стопы, крестцово-подвздошный, тазобедренный, пяточнукубовидный, предплюсне-плюсневые, плюснефаланговые

Сложный	Три и более суставных поверхностей		Локтевой, лучезапястный, голеностопный, таранно-пяточно-ладьевидный, клино-ладьевидный
Комбинированный	Два анатомически изолированных сустава действуют совместно		Правый и левый височно-нижнечелюстные, атланта-затылочный латеральный, атланта-осевые, реберно-позвоночные, проксимальный и дистальный лучелоктевые
Комплексный	Наличие диска или мениска, который расположен между сочленяющимися поверхностями и делит полость сустава на две части		Коленный, груднично-ключичный, височно-нижнечелюстной

Суставные поверхности редко полностью соответствуют друг другу по форме. Для достижения конгруэнтности (от лат. congruens – «согласный между собою, соответствующий») в суставах имеется ряд вспомогательных образований хрящевых дисков, менисков, губ, например, в височно-нижнечелюстном суставе имеется хрящевой диск, в коленном суставе – мениски.

Движения в суставах совершаются вокруг фронтальной, сагиттальной и продольной осей вращения. Вокруг фронтальной оси выполняются сгибание и разгибание, при котором угол между сочленяющимися костями уменьшается или увеличивается. Вокруг сагиттальной оси осуществляется приведение, при котором одна из сочленяющихся костей приближается в срединной плоскости, и отведение, при котором кость удаляется от нее. При вращении кость вращается вокруг своей продольной оси в ту или иную сторону. Круговое движение – это последовательное движение вокруг всех осей, при котором свободный конец движущейся кости или конечности (например, кисть руки) описывает окружность. Форма сочленяющихся поверхностей обуславливает количество осей, вокруг которых может совершаться движение. В зависимости от этого суставы делятся на одно-, дву- и многоосные. К *одноосным* относятся цилиндрические (срединный атланта-осевой), блоковидные (голеностопный), винтообразный (плечелоктевой). *Двуосные* суставы: эллипсоидный (лучезапястный), седловидный (запястно-пястный большого

пальца кисти), мышечковый (коленный). Многоосными являются шаровидный (плечевой), чашеобразный (тазобедренный), плоские (предплюсне-плюсневые).

Строение скелета

Скелет человека, как и других высших позвоночных животных, состоит из осевого скелета (позвоночный столб, кости грудной клетки и череп) и добавленного (кости верхней и нижней конечностей). Скелет человека существенно отличается от скелета других млекопитающих. В первую очередь это относится к черепу, вмещающему головной мозг, органы чувств и частям скелета, связанным с трудовой деятельностью и прямохождением. Это относится к свободным верхним конечностям, осуществляющим трудовые процессы, костям нижних конечностей, служащим опорой при прямохождении, особенно стопе и тазу. У человека совершенно иные пропорции тела. Скелет человека имеет ряд характерных особенностей, наиболее важными из которых являются вертикально расположенный позвоночный столб с изгибами, состоящий из постепенно увеличивающихся в размерах сверху вниз позвонков; уплощенная широкая грудная клетка; череп с округлой выпуклой крышей, которая возвышается над остальной частью, в черепе заметно преобладает мозговая часть.

Осевой скелет

Скелет туловища, являющийся частью осевого скелета, образован позвоночным столбом, или позвоночником, состоящим из 33–34 позвонков, грудной клеткой, которая сформирована 12 парами ребер с соответствующими грудными позвонками и грудиной.

Позвоночный столб. Наличие позвоночного столба служит важнейшим отличительным признаком всех позвоночных животных. Позвоночник связывает части тела, выполняет защитную и опорную функции для спинного мозга и выходящих из позвоночного канала корешков спинномозговых нервов. Верхний конец позвоночника поддерживает голову. Скелет свободных верхней и нижней конечностей прикрепляется к позвоночному скелету посредством поясов. Позвоночник передает тяжесть тела человека поясу нижних конечностей. Положение и форма позвоночника человека обуславливают возможность прямохождения. Позвоночник человека сохранил свою сегментарность. Позвоночный столб выдерживает значительную часть тяжести человеческого тела.

В строении позвонков четко выражена одна из важных

закономерностей морфофизиологии костной системы: там, где при незначительном объеме необходимо обеспечить прочность конструкции, сохраняя ее легкость, имеется губчатое вещество, строго определенное расположение переключателей которого согласно линиям сил сжатия и растяжения обеспечивает прочность позвонка. Кроме того, прочность позвоночного столба как целого зависит и от мощного связочного аппарата. Будучи весьма прочным, позвоночный столб удивительно подвижен.

Позвоночный столб представляет длинный изогнутый столб, состоящий из ряда лежащих один на другом позвонков (рис. 22); наиболее типично следующее их количество: шейных (С) 7, грудных (Т) 12, поясничных (L) 5, крестцовых (S) 5, копчиковых (Co) 4. У новорожденного ребенка число отдельных позвонков 33 или 34. У взрослого человека позвонки нижнего отдела срастаются, образуя крестец и копчик. Позвонки разных отделов отличаются по форме и величине. Однако все они имеют и множество общих признаков, они гомологичны. Каждый позвонок состоит из расположенных спереди тела и сзади дуги (рис. 23). Дуга и тело позвонка ограничивают широкое *позвоночное отверстие*. Позвоночные отверстия всех позвонков образуют длинный *позвоночный канал*, в котором залегает спинной мозг, надежно защищенный стенками канала.

Между телами позвонков находятся межпозвоночные диски, построенные из волокнистого хряща. От дуги позвонка отходят семь отростков. Назад направляется непарный *остистый отросток*. Вершины многих остистых отростков легко прощупываются у человека по средней линии спины.

Во фронтальной плоскости справа и слева располагаются парные *поперечные отростки*, вверх и вниз от дуги направлены парные *верхние и нижние суставные отростки*. Основание суставных отростков ограничивает *верхнюю и нижнюю позвоночные вырезки*. При соединении позвонков друг с другом нижняя вырезка вышележащего позвонка и верхняя нижележащего образуют справа и слева *межпозвоночные отверстия*, через которые проходят спинномозговые нервы и кровеносные сосуды.

Число шейных позвонков у человека, как почти у всех млекопитающих, семь. Так, например, и длинная шея жирафа, и короткая шея крысы содержат по семь позвонков. Шейные позвонки человека отличаются от других своими малыми размерами и наличием небольшого округлого *поперечного отверстия* в каждом из поперечных отростков.

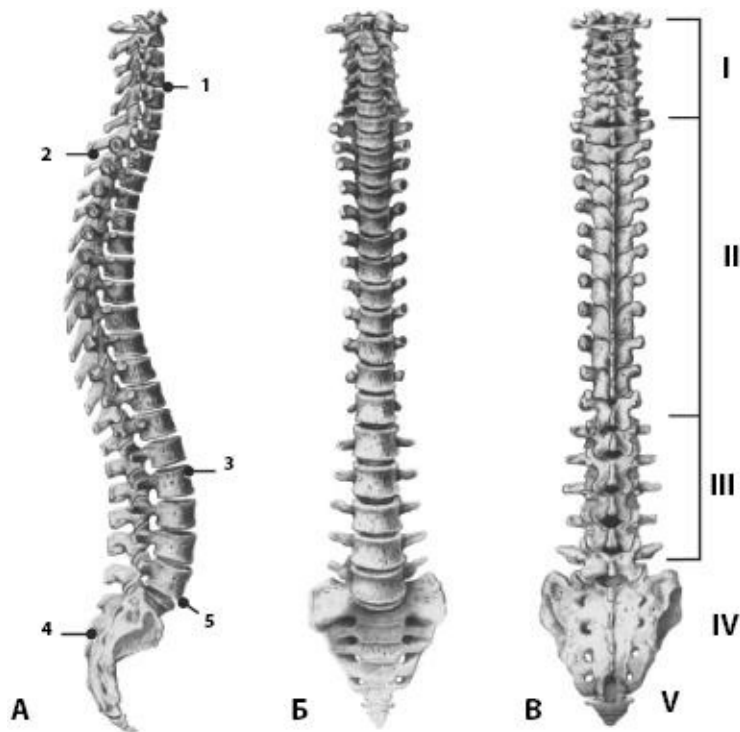


Рис. 22. Позвоночный столб. А – вид сбоку; Б – вид спереди; В – вид сзади; Отделы: I – шейный; II – грудной; III – поясничный; IV – крестцовый; V – копчиковый; 1, 3 – шейный и поясничный лордозы; 2, 4 – грудной и крестцовый кифозы; 5 – мыс

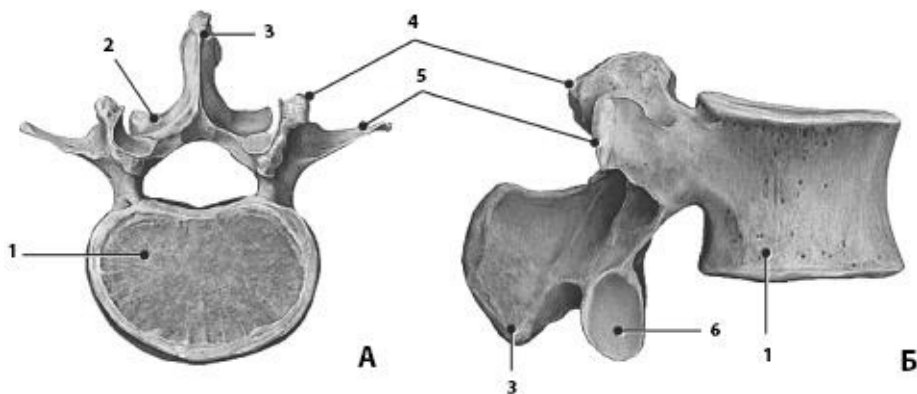


Рис. 23. Позвонки. А – вид сверху; Б – вид сбоку. 1 – тело; 2 – позвоночное отверстие; 3 – остистый отросток; 4 – верхний суставной отросток; 5 – поперечный отросток; 6 – нижний суставной отросток

ВНИМАНИЕ

Благодаря прямохождению человека значительно изменились I и II шейные позвонки. Они сочленяются с черепом

и несут на себе его тяжесть.

Первый шейный позвонок, или *атлант*, лишен остистого отростка. Средняя часть тела, отделившись от атланта, приросла к телу II позвонка, образовав его зуб. Сохранились остатки тела – *латеральные массы*, от которых отходят *задняя* и *передняя дуги позвонка*. Атлант лишен и суставных отростков. Вместо них на верхней и нижней поверхностях латеральных масс находятся *суставные поверхности*. Верхние служат для сочленения с черепом, нижние – с осевым (вторым шейным) позвонком (*рис. 24*).

Второй шейный позвонок *осевой*. Андрей Везалий назвал его эпистрофеем, т. е. вращательным, так как при поворотах головы атлант вместе с черепом вращается вокруг цилиндрического зуба, который отличает II позвонок от других. Латерально по бокам от зуба на верхней поверхности позвонка расположены две *суставные поверхности*, обращенные вверх и вбок, сочленяющиеся с атлантом (*рис. 25*). Седьмой шейный позвонок (*выступающий*) имеет длинный остистый отросток, который прощупывается под кожей на нижней границе шеи.

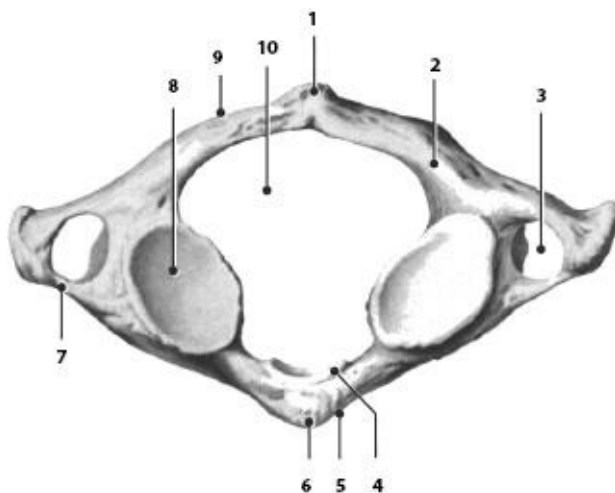


Рис. 24. Первый шейный позвонок, или атлант, вид сверху. 1 – задний бугорок; 2 – борозда позвоночной артерии; 3 – отверстие поперечного отростка; 4 – ямка зуба; 5 – передняя дуга; 6 – передний бугорок; 7 – поперечный отросток; 8 – верхняя суставная ямка; 9 – задняя дуга; 10 – позвоночное отверстие

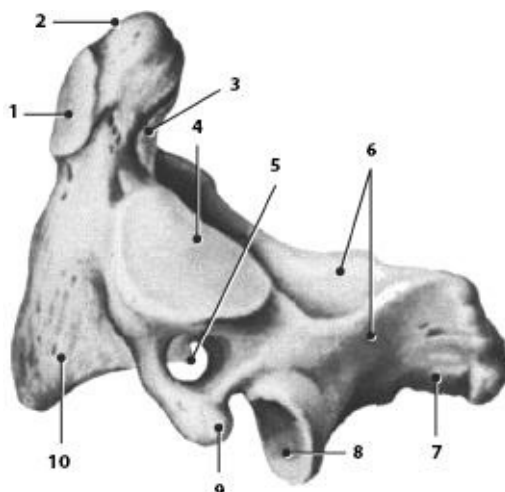


Рис. 25. Второй шейный позвонок, или осевой позвонок, вид сбоку. 1 – передняя суставная поверхность; 2 – зуб; 3 – задняя суставная поверхность; 4 – верхняя суставная поверхность; 5 – отверстие поперечного отростка; 6 – дуга позвонка; 7 – остистый отросток; 8 – нижний суставной отросток; 9 – поперечный отросток; 10 – тело позвонка

Двенадцать **грудных позвонков** соединяются с ребрами. Это накладывает отпечаток на их строение. На боковых поверхностях тел имеются реберные ямки для сочленения с головками ребер. На утолщенных концах поперечных отростков 10 верхних грудных позвонков имеются *реберные ямки*, с которыми сочленяются соответствующие им по счету ребра.

Пять **поясничных позвонков** отличаются друг от друга крупными размерами тел, высота и ширина которых постепенно увеличивается от I до V позвонка, отсутствием реберных ямок. Строение поясничных позвонков обеспечивает большую подвижность этой части позвоночника.

Пять **крестцовых позвонков** у взрослого человека, срастаясь, образуют массивный *крестец* треугольной формы (см. рис. 22). В нем выделяют направленное вверх *основание*, *верхушку*, обращенную вниз и вперед, переднюю *тазовую поверхность* и заднюю *дорсальную поверхность*.

От основания крестца вверх отходят *суставные отростки*, которые сочленяются с нижними суставными отростками V поясничного позвонка. В области соединения образуется закругленный угол, *мыс*, направленный вперед. Передняя поверхность крестца вогнутая, в ней различают среднюю часть, образованную телами, граница между которыми хорошо видна благодаря *поперечным линиям*. Два ряда круглых *передних крестцовых отверстий* (по четыре с каждой стороны) отделяют среднюю часть от

латеральной. Задняя поверхность выпуклая, на ней расположены пять продольных гребней, образовавшихся благодаря слиянию отростков крестцовых позвонков (срединный, 2 медиальных и два латеральных) и четыре пары *задних крестцовых отверстий*, сообщающихся с тазовым и *крестцовым каналом*, который является нижней частью позвоночного канала.

На латеральных частях крестца находятся *ушковидные поверхности* для сочленения с тазовыми костями. Книзу крестец суживается, и его канал заканчивается *крестцовой щелью*. В крестцовом канале находятся терминальная нить спинного мозга и корешки поясничных и крестцовых спинномозговых нервов. *Копчик*, являющийся гомологом хвостового скелета животных, обычно срастается с верхушкой крестца. У взрослого человека копчик образован 2–5 (чаще 4) рудиментарными копчиковыми позвонками.

Скелет грудной клетки представлены 12 парами ребер, грудиной и 12 грудными позвонками (см. рис. 20). Передне- и заднебоковые отделы грудной клетки образованы ребрами. Величина, положение и форма ребер различны. Число их (12 пар) соответствует числу грудных позвонков. I–VII ребра называются истинными, каждое из них достигает грудины посредством своего хряща; VIII–X ложными, концы их хрящей срастаются между собой и с хрящами нижних ребер, образуя реберную дугу; XI–XII колеблющиеся, их передние концы не доходят до грудины и теряются в верхних отделах передней брюшной стенки.

Ребро представляет собой длинную плоскую костную пластинку, переходящую спереди в реберный хрящ. Ее поверхность дугообразно изогнута и скручена вокруг оси так, что передние концы ребер направлены вниз и медиально. Костная часть ребра состоит из *головки*, на которой находится *суставная поверхность* для сочленения с телами позвонков, *шейки* и *тела*. На телах 10 верхних ребер имеется *бугорок ребра*, снабженный суставной поверхностью для сочленения с поперечным отростком позвонка; кпереди от бугорка ребро изгибается, образуя угол ребра. На внутренней поверхности каждого ребра по его нижнему краю проходит борозда ребра, в которой располагаются межреберный нерв, артерии и вены.

Грудина – плоская кость, в которой различают три части: широкую рукоятку сверху, удлиненное *тело* и *мечевидный отросток*. На середине верхнего края рукоятки грудины находится *яремная вырезка*, которая легко прощупывается у живого человека. По бокам от нее имеются *ключичные вырезки* для соединения с ключицами, на боковых сторонах рукоятки –

реберные вырезки для прикрепления хрящей I и верхнего края хрящей II ребер. Тело грудины несколько расширяется книзу, на его передней поверхности видны четыре шероховатые линии – следы сращения четырех отдельных сегментов грудины, по краям – *реберные вырезки* для хрящей II–VII ребер. К мечевидному отростку ребра не прикрепляются.

Соединения позвоночного столба

Позвонки связаны между собой с помощью различного вида соединений (табл. 10). Между телами позвонков имеются *межпозвоночные диски*, толщина которых в грудном отделе – 3–4 мм, в шейном – 5–6 мм, в поясничном – 10–12 мм. Диск состоит из расположенного в центре студенистого ядра (остаток хорды), окруженного фиброзным кольцом. Благодаря такому строению диски прочные, упругие, а соединенные ими позвонки обладают подвижностью. *Передняя и задняя продольные связки*, образованные плотной волокнистой оформленной соединительной тканью, укрепляют соединения тел позвонков.

Суставные отростки позвонков сочленены между собой дугоотростчатыми суставами, остистые и поперечные *отростки* – *межостистыми и межпоперечными связками*. *Пояснично-крестцовый сустав* укреплен связками. Крестец соединен с копчиком с помощью межпозвоночного диска, а также ряда связок.

Соединения между черепом и позвоночным столбом хорошо развиты у человека в связи с прямохождением. Оба *атлантозатылочных сустава*, укрепленные мощными передней, задней и латеральными атлантозатылочными связками, поддерживают череп, позволяют совершать кивательные движения и боковые наклоны головы, оба сустава образуют комбинированный сустав, в котором мышелки затылочной кости сочленяются с верхними суставными поверхностями атланта. *Срединный и два боковых атлантовых сустава* образуют комбинированный сустав, в котором осуществляются вращательные движения головы.

Длина позвоночного столба новорожденного ребенка составляет 40 % длины всего тела. В первые два года длина его увеличивается почти в 2 раза, до 15–16 лет рост медленный, после чего темпы роста ускоряются, развитие позвоночника завершается примерно к 23–25 годам. У взрослого человека позвоночный столб примерно в 3,5 раза длиннее (60–70 см), чем у новорожденного. Часть позвоночника, расположенная над крестцом, постепенно утолщается книзу, крестцово-копчиковая резко утончается.

Межпозвоночные диски у детей толще, чем у взрослых; с возрастом их толщина уменьшается, они становятся менее эластичными, студенистое ядро уменьшается, периферические зоны фиброзного кольца частично замещаются хрящом и даже окостеневают.

Позвоночник человека имеет изгибы. Выпуклости позвоночного столба, обращенные вперед, называются лордозами, назад – кифозами. Шейный лордоз переходит в грудной кифоз, который, в свою очередь, сменяется поясничным лордозом, а затем – крестцово-копчиковым кифозом. Функциональная роль изгибов очень велика. Благодаря им удары, толчки и сотрясения, передающиеся позвоночнику при различных движениях, падении, ослабляются, не достигают черепа и, главное, мозга. Кривизна отличает позвоночник человека от позвоночника животных и связана с вертикальным положением тела, прямохождением.

Позвоночный столб человеческого зародыша и плода имеет форму дуги, обращенной выпуклостью кзади. У новорожденного ребенка позвоночник почти прямой, кривизны развиваются постепенно в связи с тягой мышц. Когда ребенок начинает держать голову, возникает шейный лордоз (около 3 мес.), когда ребенок садится – грудной кифоз (около 6 мес.), когда ребенок начинает стоять – поясничный лордоз (9–12 мес.), а вместе с ним и крестцовый кифоз. При этом у него перемещается назад центр тяжести. Развитие изгибов заканчивается к 6–7 годам. Центр тяжести тела определяется на уровне II крестцового позвонка. Отвесная линия этого центра проходит на 5 см кзади от поперечной линии, соединяющей тазобедренные суставы, и на 3 см впереди от поперечной оси голеностопных суставов.

Позвоночный столб человека обладает большой подвижностью. Этому способствуют упругие межпозвоночные диски, строение позвонков, их суставных отростков, связочного аппарата и мышц, а также большое число соединений, движения в которых на протяжении всего позвоночника как бы суммируются.

ВНИМАНИЕ

Движения позвоночного столба осуществляются вокруг трех осей: поперечной оси – сгибание позвоночника вперед (флексия) и разгибание назад (экстензия), амплитуда этих движений 170–245°; сагиттальной оси – боковое сгибание вправо и влево, общий размах движений около 165°; продольной оси (вертикальной) – вращательные движения (ротация), общий размах около 120°; и круговое движение.

В шейном и поясничном отделах размах движений наибольший. Объем движений в шейном отделе: сгибание – 70–79°, разгибание – 95–105°, вращение – 80–85°. В грудном отделе подвижность ограничена наличием ребер и грудины, тонкостью межпозвоночных дисков и направленными вертикально вниз остистыми отростками. Сгибание – до 35°, разгибание – до 50°, вращение – до 20°. В поясничном отделе толстые межпозвоночные диски способствуют бóльшей подвижности (сгибание – до 60°, разгибание – до 40–45°), строение суставных отростков ограничивает ротацию и боковые движения.

Грудная клетка образована соединенными между собой грудными позвонками, ребрами, грудиной (см. рис. 20). Грудная клетка имеет четыре стенки: передняя образована грудиной и реберными хрящами, боковые ребрами, задняя – грудными позвонками и задними концами ребер. Ребра сочленяются с позвонками с помощью реберно-позвоночных суставов, образованных суставами головки ребра с реберной ямкой грудного позвонка (кроме I, XI и XII) и *реберно-поперечными* суставами. Хрящи II–VII ребер сочленяются с грудиной образуя *грудинно-реберные* суставы, хрящ I ребра срастается с грудиной, образуя синхондроз; хрящи VIII–X ребер срастаются между собой и с хрящами VII ребер межхрящевыми суставами и образуют *реберную дугу*. Благодаря таким соединениям грудная клетка обладает подвижностью. При вдохе и выдохе происходит вращение задних концов ребер в реберно-позвоночных суставах, одновременно смещаются и ребра и грудина. При вдохе передние концы ребер и грудина поднимаются, межреберные промежутки расширяются, размеры грудной полости увеличиваются. При выдохе происходит опускание ребер и грудины, уменьшение межреберных промежутков и объема грудной полости. В течение года ребра человека совершают более 5 млн движений.

Грудная клетка человека по форме напоминает бочку неправильной формы, она расширена в поперечном направлении и уплощена в переднезаднем. Через верхнюю апертуру грудной клетки, которая ограничена I грудным позвонком, первой парой ребер и верхним краем грудины, проходят трахея, пищевод, крупные кровеносные и лимфатические сосуды, нервы. Нижняя апертура грудной клетки, ограниченная XII грудным позвонком, нижними ребрами, реберными хрящами и нижним концом грудины, у человека и других млекопитающих закрыта диафрагмой. Грудная клетка спереди несколько короче, чем сзади, а грудина короче грудного отдела позвоночника. Промежутки между двумя ребрами на всем протяжении между позвоночником и грудиной

называются межреберными пространствами, в них залегают межреберные мышцы, сосуды и нервы. У человеческого плода грудная клетка сжата с боков, переднезадний размер больше поперечного, у новорожденного ребенка она по форме напоминает колокол. На первом году жизни поперечный размер несколько увеличивается. До семилетнего возраста грудная клетка удлиненная. К 15 годам ее поперечный размер резко увеличивается, и она медленно растет, достигая окончательной формы к 17–20 годам. После 70–80 лет грудная уплощена в переднезаднем направлении и удлинена у женщин меньше, чем у мужчин. Физическая активность предотвращает возрастные изменения грудной клетки у людей старшего возраста.

Череп

Череп, выполняющий опорную и защитную функции для головного мозга, органов чувств, начальных отделов пищеварительной и дыхательной систем, условно подразделяется на мозговой череп и лицевой череп. Мозговой череп является вместилищем для головного мозга, его объем 1400–1500 см³. С ним неразрывно связан другой лицевой череп, являющийся скелетом для начальных отделов пищеварительного и дыхательного путей, органов чувств. У человека разумного мозговой череп располагается над лицевым, у других животных – позади лицевого. Череп человека состоит из 23 костей, из них 8 парных и 7 непарных (рис. 26). **Мозговой** череп взрослого человека составляют следующие кости: лобная, затылочная, клиновидная, решетчатая, две височные и две теменные. **Лицевой череп** образован большей частью парными костями: верхними челюстями, небными, скуловыми, носовыми, слезными, нижними носовыми раковинами, а также непарными: сошником, нижней челюстью. К лицевому черепу относится и подъязычная кость. Основную массу скелета лицевого черепа образуют челюсти: две верхние и нижняя; другие мелкие кости участвуют в формировании стенок глазниц, носовой и ротовой полостей и вместе с челюстями определяют конфигурацию лицевого черепа.

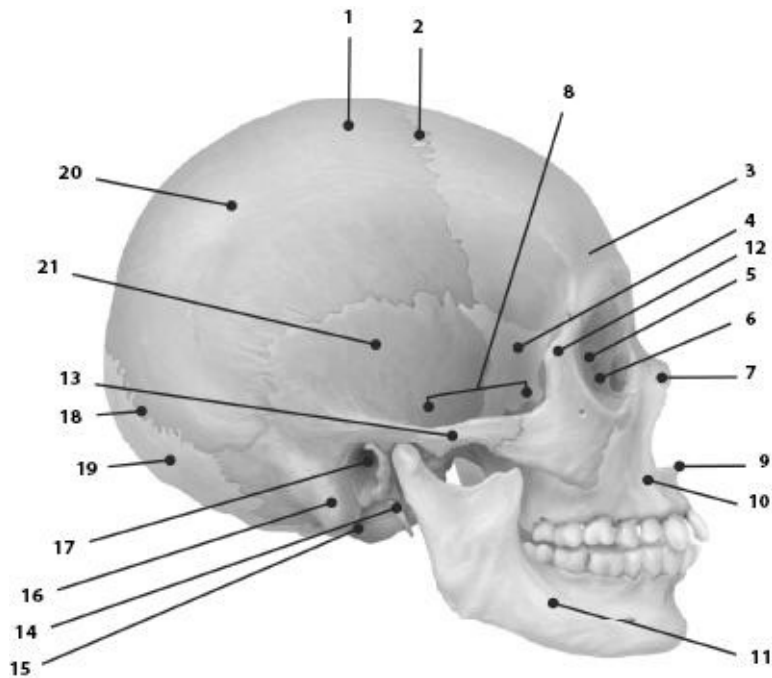


Рис. 26 А. Череп человека, вид сбоку. 1 – теменная кость; 2 – венечный шов; 3 – лобный бугор; 4 – височная поверхность большого крыла клиновидной кости; 5 – глазничная пластинка решетчатой кости; 6 – слезная кость; 7 – носовая кость; 8 – височная ямка; 9 – передняя носовая ость; 10 – тело верхнечелюстной кости; 11 – нижняя челюсть; 12 – скуловая кость; 13 – скуловая дуга; 14 – шиловидный отросток; 15 – мышцелковый отросток нижней челюсти; 16 – сосцевидный отросток; 17 – наружный слуховой проход; 18 – ламбдовидный шов; 19 – чешуя затылочной кости; 20 – верхняя височная линия; 21 – чешуйчатая часть височной кости

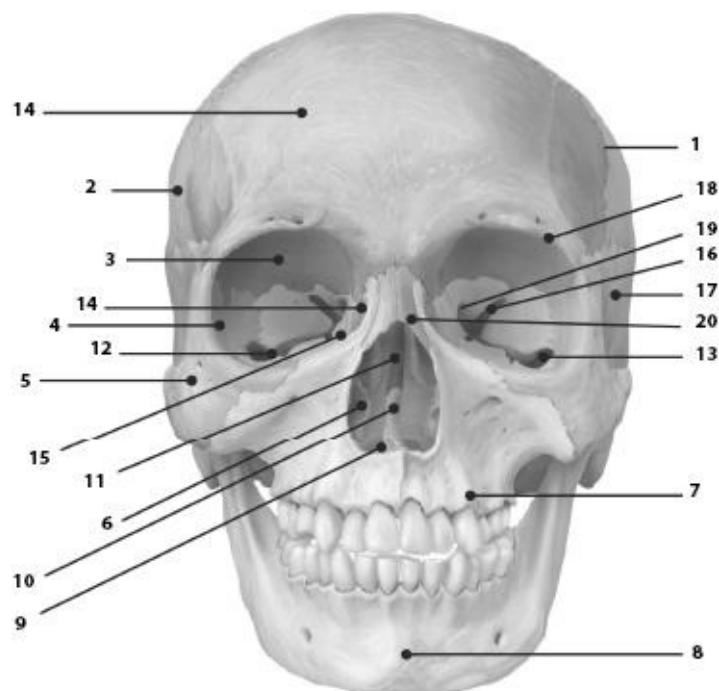


Рис. 26 Б. Череп человека, вид спереди. 1 – венечный шов; 2 – теменная кость; 3 – глазничная часть лобной кости; 4 – глазничная поверхность большого крыла клиновидной кости; 5 – скуловая кость; 6 – нижняя носовая раковина; 7 – верхнечелюстная кость; 8 – подбородочный выступ нижней челюсти; 9 – полость носа; 10 – сошник; 11 – перпендикулярная пластинка решетчатой кости; 12 – глазничная поверхность верхнечелюстной кости; 13 – нижняя глазничная щель; 14 – слезная кость; 15 – глазничная пластина решетчатой кости; 16 – верхняя глазничная щель; 17 – чешуйчатая часть височной кости; 18 – скуловой отросток лобной кости; 19 – зрительный канал; 20 – носовая кость; 21 – лобный бугор

Семь костей черепа *воздухоносные*, они имеют внутри полости, заполненные воздухом и сообщающиеся с полостью носа. Это лобная, клиновидная, решетчатая, парные височная и верхняя челюсть. Пневматизация костей уменьшает массу черепа при сохранении его прочности. Особое место занимает подъязычная кость, расположенная в передней области шеи и соединенная с костями черепа связками и мышцами. Кости крыши черепа человека плоские, они состоят из более толстой наружной и тонкой внутренней пластинок компактного костного вещества; между ними заключено губчатое вещество (диплое), в ячейках которого находится красный костный мозг и многочисленные кровеносные сосуды, преобладают вены. Ямки и возвышения на внутренней

поверхности костей связаны с давлением мозга, ямки соответствуют мозговым извилинам, а возвышения между ними бороздам.

Лобная кость взрослого человека непарная, воздухоносная, состоит из вертикальной *лобной чешуи*, двух горизонтальных *глазничных частей*, которые, переходя друг в друга, образуют *надглазничные края*, и *носовой части*, расположенной между глазничными (см. рис. 26). Лобная чешуя представляет собой выпуклую пластинку, на наружной поверхности которой расположены лобные бугры. Лобный бугор – характерная особенность черепа человека разумного. Широкая чешуя лобной кости расположена вертикально. Чешуя отделена от глазничных частей парным надглазничным краем. Выше надглазничных краев находятся *надбровные дуги*, которые, сходясь в медиальном направлении, образуют над корнем носа площадку – *глабеллу*.

Клиновидная кость, расположенная в центре основания черепа, участвует в образовании боковых стенок свода черепа, различных полостей и ямок мозгового и лицевого черепа. Клиновидная кость состоит из *тела* кубовидной формы, от которого отходят три пары отростков: в стороны – *большие крылья*, вверх и латерально – *малые крылья*, вниз свешиваются *клиновидные отростки*. На верхней поверхности тела находится углубление, называемое *турецким седлом*, в его центре находится *гипофизарная ямка*, в которой помещается гипофиз – одна из важнейших желез внутренней секреции. Внутри тела клиновидной кости находится воздухоносная полость – *клиновидная пазуха*, которая сообщается с полостью носа. Между малыми и большими крыльями расположена широкая *верхняя глазничная щель*, ведущая из полости черепа в глазницу.

Затылочная кость входит в состав задней стенки и основания мозгового черепа. Она состоит из четырех частей, расположенных вокруг *большого (затылочного) отверстия*: *базиллярной части* впереди, двух *латеральных* и *чешуи* сзади. Широкая чешуя затылочной кости образует изгиб в том месте, где основание черепа сзади переходит в его крышу. Здесь находится *наружный затылочный выступ*. Наружный рельеф чешуи затылочной кости обусловлен преимущественно прикрепляющимися к ней мышцами и связками. Ее внутренний рельеф связан с формой мозга. На внутренней поверхности чешуи видны четыре большие ямки, отделенные одна от другой гребнями, образующими *крестообразное возвышение*. В двух верхних ямках лежат затылочные доли полушарий большого мозга, а в двух нижних – полушария мозжечка. На наружной поверхности латеральных частей затылочной кости по краям большого (затылочного) отверстия возвышаются парные овальные *затылочные мышечки*,

сочленяющиеся с первым шейным позвонком. Базилярная часть затылочной кости представляет собой костный выступ, направленный вперед и несколько вверх, на целом черепе соединяющийся с телом клиновидной кости. Возле большого (затылочного) отверстия эта часть широкая и тонкая, кпереди она сужается и утолщается. Вместе с телом клиновидной кости у взрослого она образует наклоненную в сторону большого (затылочного) отверстия площадку – *скат*, на котором лежат продолговатый мозг и мост.

Решетчатая кость лежит впереди тела клиновидной кости и является наиболее хрупкой из всех костей черепа. Решетчатая кость входит в состав переднего отдела основания мозгового и, главным образом, лицевого черепа, участвуя в образовании стенок глазниц и носовой полости. *Решетчатый лабиринт* построен из множества воздухоносных *решетчатых ячеек*, сообщающихся между собой и открывающихся медиально в носовую полость. От медиальной поверхности лабиринта отходят две тонкие, изогнутые вниз пластинки – *верхняя и средняя носовые раковины*, нижние края которых свободны.

Парная **височная кость** – самая сложная кость мозгового черепа, является костнымместилищем для органов слуха и равновесия, которые залегают в ее полостях и каналах. Височная кость образует сустав с нижней челюстью и, соединяясь со скуловой костью, формирует скуловую дугу. Височная кость состоит из трех частей: *чешуйчатой, барабанной и пирамиды* (каменистой части), располагающихся вокруг *наружного слухового прохода*, который образован преимущественно барабанной частью. Внутри пирамиды залегают *барабанная полость*, отделенная у живого человека от наружного слухового прохода барабанной перепонкой. В полости находятся слуховые косточки. В *лабиринтной* (медиальной) *стенке* имеются два небольших отверстия, выше расположено *окно преддверия*, кзади от него – *окно улитки*. Первое ведет в *костный лабиринт*, находящийся в наиболее плотной каменистой части и содержащий органы слуха и равновесия. В костном лабиринте различают три отдела: *преддверие, улитку*, которая находится впереди от преддверия, и *три полукружные канала*, расположенные кзади от преддверия. Окно улитки ведет в нижнюю часть улитки. С барабанной полостью сообщаются воздухоносные *ячейки сосцевидного отростка* височной кости. Самая маленькая *барабанная часть* представляет собой изогнутую в виде желоба пластинку, которая, срастаясь с чешуйчатой частью и с сосцевидным отростком, ограничивает спереди, снизу и сзади *наружное слуховое отверстие*, продолжающееся в *наружный слуховой проход*, который у

живого человека отделен барабанной перепонкой от барабанной полости. *Чешуйчатая часть* представляет собой выпуклую пластинку, скошенный свободный верхний край которой накладывается, наподобие чешуи, на соответствующий край теменной кости, образуя чешуйчатый шов.

От нижней части наружной поверхности чешуи отходит направляющийся вперед *скуловой отросток*, у основания которого расположены *суставной бугорок* и овальная глубокая *нижнечелюстная ямка*, куда входит мышцелковый отросток нижней челюсти, образуя височно-нижнечелюстной сустав. Верхний край чешуи височной кости образует выпуклую дугу, а сама чешуя высокая. Такая форма чешуи височной кости связана со значительной высотой мозгового черепа человека разумного.

Кости лицевого черепа отличаются от аналогичных костей приматов. Это связано существенно с развитием головного мозга, характером пищи и членораздельной речью. Поэтому челюсти человеку значительно меньше.

Верхняя челюсть – парная воздухоносная кость, которая состоит из *тела*, содержащего *верхнечелюстную (гайморову) пазуху* и четырех отростков: *лобного, скулового, небного и альвеолярного*. Последний представляет собой толстую пластинку, выпуклую кпереди и вогнутую сзади, отходящую от тела верхней челюсти вниз. Нижний свободный край отростка – *альвеолярная дуга* несет *зубные альвеолы*, отделенные друг от друга *межалвеолярными перегородками*. На наружной поверхности альвеолам соответствуют *альвеолярные возвышения*, наиболее выраженные спереди. Небный отросток, соединяясь с одноименным отростком противоположной кости срединным швом, участвует в образовании твердого неба.

Парная **небная кость**, примыкающая сзади к верхней челюсти, участвует в образовании полости носа, полости рта, глазницы и крыловидно-небной ямки. Небная кость состоит из соединенных под прямым углом *горизонтальной и перпендикулярной пластинок*. Четырехугольные горизонтальные пластинки обеих небных костей, соединяясь между собой, образуют заднюю часть твердого неба (передняя сформирована небными отростками верхней челюсти). Короткое твердое небо является одной из отличительных особенностей черепа человека.

Парная **нижняя носовая раковина** отделяет средний носовой ход от нижнего. Парная, очень тонкая и хрупкая **слезная кость** участвует в образовании медиальной стенки глазницы. Парная **скуловая кость** играет важную роль в создании рельефа лица, она укрепляет лицевой череп.

Сошник образует большую часть носовой перегородки. Свободный край сошника разделяет хоаны (задние отверстия полости носа).

Нижняя челюсть подковообразной формы – единственная подвижная кость черепа, к которой прикрепляются жевательные мышцы. Нижняя челюсть состоит из *тела* и *двух ветвей*, соединенных с телом под углом 110–130°. По средней линии виден обращенный кпереди *подбородочный выступ*, являющийся отличительной чертой челюсти человека разумного. На задней поверхности челюсти по средней линии у человека имеется *подбородочная ость*, к которой прикрепляются мышцы. Верхний край тела нижней челюсти образует *альвеолярную дугу*, несущую 16 *зубных альвеол*, разделенных *межалвеолярными перегородками*. На наружной поверхности альвеолам соответствуют *альвеолярные возвышения*. Передний отдел альвеолярной дуги закруглен, а сама альвеолярная часть утоньшена, что является одной из отличительных особенностей нижней челюсти человека. *Ветви нижней челюсти* направляются вверх и оканчиваются двумя отростками: передним *венечным* и задним *мышцелковым*, разделенными *вырезкой нижней челюсти*. К первому прикрепляется височная мышца, второй несет на себе *головку*, участвующую в образовании височно-нижнечелюстного сустава.

Подъязычная кость дугообразной формы, расположенная между гортанью и нижней челюстью, состоит из *тела* и двух пар *рогов больших и малых*. От последних к шиловидным отросткам соответствующих височных костей тянутся связки, которые как бы подвешивают кость к черепу.

Соединения костей черепа – преимущественно фиброзные *швы*. В области лицевого черепа швы ровные, гладкие, плоские (гармоничные); в мозговом – зубчатые, между теменной и чешуей височной кости – чешуйчатые. *Сагиттальный шов* соединяет обе теменные кости, *лямбдовидный шов* – последние с затылочной, а венечный теменные с лобной костью. На основании черепа у ребенка имеются *синхондрозы*, например *клиновидно-затылочный*, *клиновидно-каменистый*, *каменисто-затылочный*, которые с возрастом окостеневают, превращаясь в синостозы. Нижняя челюсть образует с черепом *двухосный комплексный комбинированный височно-нижнечелюстной сустав*, где имеется суставной диск, в котором совершается опускание и поднятие нижней челюсти, ее смещение вперед и назад, а также боковые движения. Сустав укреплен связками.

Череп как целое

Отдельные кости черепа, соединяясь между собой, образуют сложный и весьма совершенный череп человека разумного, структура которого идеально соответствует выполняемой функции (см. рис. 26). Свод черепа образован чешуей лобной и височной костей, латеральными частями больших крыльев клиновидной кости, теменными костями, верхней частью чешуи затылочной кости. Прочие кости и части костей формируют основание черепа, которое прочно соединено с костями лицевого черепа.

ВНИМАНИЕ

При изучении в отдельности свода и основания черепа трудно составить представление о целом черепе. Еще в середине XIX века К. Бэр предложил рассматривать целый череп с различных точек зрения в пяти нормах: вертикальная норма – вид сверху, затылочная – сзади, лицевая – спереди, латеральная – сбоку и базилярная – наружное основание черепа снизу.

Вертикальная норма образована теменными костями, частями чешуи затылочной и лобной костей. Очертание крыши черепа у взрослого человека овальное (у новорожденного пятиугольное), при этом длина черепа больше его ширины. В вертикальной норме видны швы черепа: по срединной линии проходит *сагиттальный шов*, образующийся при соединении сагиттальных краев теменных костей. Перпендикулярно к нему проходит *венечный шов* во фронтальной плоскости, соединяющий лобную чешую с теменными костями. Благодаря соединению теменных костей с затылочной чешуей формируется *лямбдовидный шов*. На верхнебоковой поверхности с каждой стороны видны *теменные бугры*. **Затылочная норма** образована большей частью затылочной и прилегающими к ней частями теменных и височных костей. В центре затылочной нормы виден *наружный затылочный выступ*, от которого вниз отходят *наружный затылочный гребень* и две горизонтальные шероховатые *выпуклые линии: верхняя и нижняя*. Латерально по бокам расположены *затылочно-сосцевидный* и *теменно-сосцевидный* швы и *затылочные углы* теменных костей.

При изучении черепа в **латеральной норме** видны кости: лобная, теменная, височная, затылочная и клиновидная, а также *скуловая дуга*, образованная височным отростком скуловой кости и скуловым отростком височной кости, верхняя и нижняя челюсти, *височная, подвисочная* и

крыловидно-небная ямки.

Лицевая норма образована лобной областью, глазницами, грушевидной апертурой и полостью носа, верхней и нижней челюстями с зубами, скуловыми костями. В верхнем отделе виден выпуклый лоб, образованный чешуей лобной кости, на которой по бокам расположены лобные бугры. Надбровные дуги проходят над глазницами, а над корнем носа имеется маленькая площадка – глабелла.

На лицевом черепе имеется ряд важнейших образований. Парная **глазница** представляет собой полость, напоминающую по форме четырехгранную пирамиду с закругленными углами, основание которой обращено вперед и образует вход в глазницу, а вершукша направлена назад и медиально; в ней проходит зрительный канал. В полости глазницы расположено глазное яблоко и ряд его вспомогательных органов. Вход в глазницу ограничен над- и подглазничными краями. У латерального края верхней стенки глазницы расположена ямка слезной железы. Через *верхнюю глазничную щель* глазница сообщается со средней черепной ямкой, через *нижнюю глазничную щель* – с крыловидно-небной и подвисочной ямками.

Полость носа, занимающая центральное положение в лицевом черепе, открывается кпереди *грушевидной апертурой*, ограниченной носовыми вырезками верхних челюстей и нижними краями носовых костей. На ее нижнем крае выступает *передняя носовая ость*, продолжающаяся кзади в *костную перегородку носа* (образована сошником и перпендикулярной пластинкой решетчатой кости), которая делит полость носа на две половины. Через парные *хоаны*, отделенные одна от другой задним краем и крыльями сошника, полость носа сообщается с полостью глотки. На латеральной стенке видны три носовые раковины, выступающие в полость носа: *нижняя* самостоятельная, *средняя* и *верхняя* отростки лабиринтов решетчатой кости.

Раковины делят боковой отдел полости носа на *три носовых хода*: *нижний*, *средний* и *верхний*. Самый длинный и широкий нижний носовой ход расположен между дном полости носа и нижней носовой раковиной, в него открывается носослезный канал; *средний носовой ход* находится между нижней и средней носовыми раковинами, в него открываются передние и средние ячейки решетчатой кости, лобная и верхнечелюстная (гайморова) пазухи. Позади средней носовой раковины расположено *клиновидно-небное отверстие*, ведущее в крыловидно-небную ямку. В слабо развитый *верхний носовой ход*, расположенный между средней и верхней носовыми раковинами, открываются задние ячейки решетчатой

кости. Над верхней носовой раковиной открывается *апертура клиновидной пазухи*. Между перегородкой носа (медиально) и носовыми раковинами (латерально) сагиттально расположен узкий общий носовой ход.

Костное небо, отделяющее полость носа от полости рта, образовано небными отростками обеих верхних челюстей и горизонтальными пластинками небных костей. С боков костное небо переходит в альвеолярные отростки обеих верхних челюстей, формирующие верхнюю альвеолярную дугу.

Полость рта спереди и с боков ограничена верхней и нижней альвеолярными дугами с зубами, частично телом и ветвью нижней челюсти, а сверху – твердым небом.

Височная ямка ограничена сверху и сзади височной линией, снизу – нижним краем скуловой дуги, спереди – скуловой костью. Единственная медиальная стенка ямки образована теменной костью, чешуйчатой частью и височной поверхностью большого крыла клиновидной кости. В ямке залегает одноименная мышца. Височная ямка книзу переходит в **подвисочную ямку**, их разделяет *подвисочный гребень большого крыла клиновидной кости*. В ямке залегают нижняя часть височной мышцы и наружная крыловидная мышца, сосуды и нервы. Узкая воронкообразная **крыловидно-небная ямка** внизу переходит в *большой небный канал*. Крыловидно-небная ямка сообщается с подвисочной. В крыловидно-небной ямке расположен одноименный вегетативный узел.

Наружное основание черепа (базиллярная норма) образовано нижними поверхностями мозгового и лицевого черепа и простирается от зубов верхней челюсти впереди до верхней выйной линии сзади, от нижнего края одной скуловой дуги до противоположной (рис. 27А). В базиллярной норме выделяют три отдела: передний, ограниченный сзади задним краем костного неба; средний, ограниченный сзади горизонтальной линией, проходящей через передний край большого затылочного отверстия, и задний. *Передний отдел* сформирован описанным выше костным небом и верхней альвеолярной дугой, образованной альвеолярными отростками верхних челюстей. *Средний* сформирован височными костями и базиллярной частью затылочной кости, которая соединяется с телом клиновидной кости. В центре *заднего отдела* основания черепа, сформированного затылочной костью и частями височных костей, расположено *большое (затылочное) отверстие* с лежащими по бокам от него затылочными мышцами. Сосцевидный отросток человека развит хорошо в связи с функцией грудино-ключично-сосцевидной мышцы.

Внутренняя (мозговая) поверхность черепа. На внутренней поверхности свода черепа видны швы (сагиттальный, венечный, ламбдовидный, чешуйчатый), пальцевидные вдавления, являющиеся отпечатками извилин большого мозга. Сложный рельеф **внутреннего основания черепа** обусловлен строением нижней поверхности мозга (рис. 27Б). На внутреннем основании различают переднюю, среднюю и заднюю черепные ямки. В *передней черепной ямке* лежат лобные доли полушарий большого мозга. Ямка образована внутренней поверхностью глазничных частей лобной кости, решетчатой пластинкой одноименной кости, частью тела и малыми крыльями клиновидной кости. Задние края малых крыльев отделяют переднюю от средней черепной ямки, в которой располагаются височные доли больших полушарий головного мозга, а в гипофизарной ямке турецкого седла гипофиз. Глубокая *средняя черепная ямка* образована телом и большими крыльями клиновидной кости, передними поверхностями пирамид и чешуйчатыми частями височных костей. С обеих сторон между малым, большими крыльями и телом клиновидной кости расположена суживающаяся в латеральном направлении *верхняя глазничная щель*, через которую проходят в глазницу глазодвигательный нерв, блоковой, отводящий и глазной нервы. Самая глубокая *задняя черепная ямка*, отделенная от средней верхними краями пирамид височных костей, образована, главным образом, затылочной костью, а также задними поверхностями пирамид, частью тела клиновидной кости. В центре задней черепной ямки видно *большое (затылочное) отверстие*, впереди него – *скат*, образованный сросшимися телами клиновидной и затылочной костей, на котором лежат мозговой (варолиев) мост и продолговатый мозг. Через *яремное отверстие* проходят языкоглоточный, блуждающий и добавочный нервы, внутренняя яремная вена. На задней поверхности пирамиды находится *внутреннее слуховое отверстие*, ведущее во внутренний слуховой проход, в глубине которого начинается лицевой канал. В этот канал входит лицевой нерв. Из внутреннего слухового отверстия выходит преддверно-улитковый нерв (VIII пара). Заднюю черепную ямку заполняют полушария мозжечка.

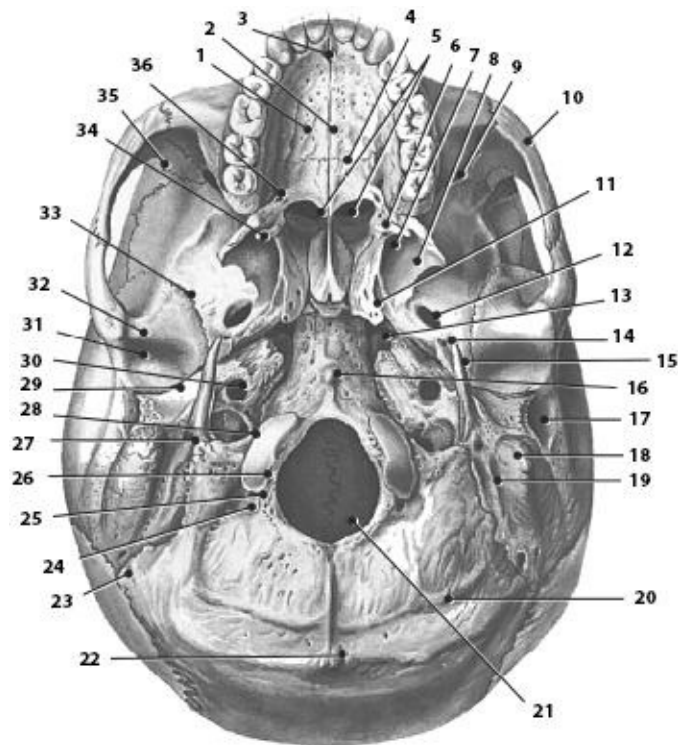


Рис. 27 А. Наружное основание черепа. 1 – небный отросток верхней челюсти; 2 – срединный небный шов; 3 – резцовые отверстия; 4 – поперечный небный шов; 5 – хоаны; 6 – крыло сошника; 7 – крыловидная ямка; 8 – латеральная пластинка крыловидного отростка; 9 – нижняя глазничная щель; 10 – скуловая дуга; 11 – крыловидный отросток; 12 – овальное отверстие; 13 – рваное отверстие; 14 – остистое отверстие; 15 – шиловидный отросток; 16 – глоточный бугорок; 17 – наружный слуховой проход; 18 – сосцевидный отросток; 19 – сосцевидная вырезка; 20 – нижняя выйная линия; 21 – большое (затылочное) отверстие; 22 – наружный затылочный выступ; 23 – затылочный сосцевидный шов; 24 – мышелковая ямка; 25 – мышелковый канал; 26 – затылочный мышцелок; 27 – шилососцевидное отверстие; 28 – яремное отверстие; 29 – каменисто-барабанная щель; 30 – наружное сонное отверстие; 31 – нижнечелюстная ямка; 32 – суставный бугорок; 33 – клиновидно-чешуйчатый шов; 34 – крыловидный крючок; 35 – скуловерхнечелюстной шов; 36 – большое небное отверстие

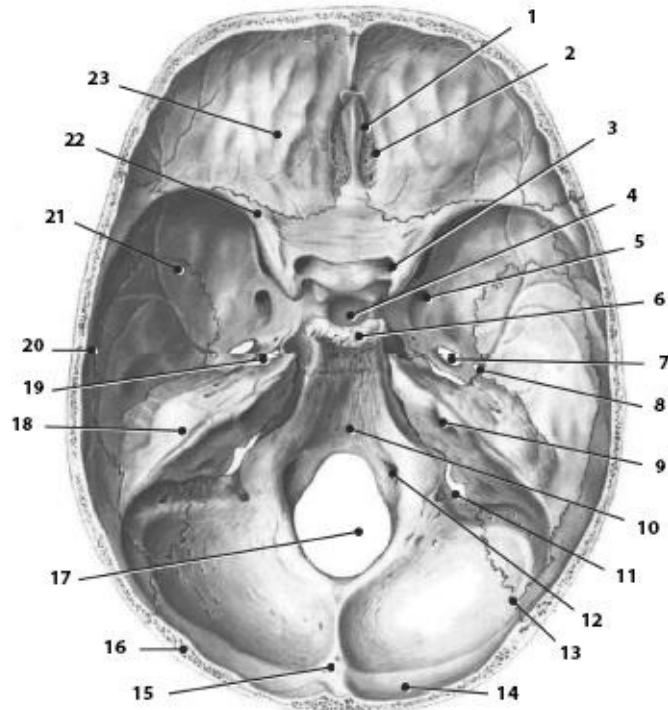


Рис. 27 Б. Внутреннее основание черепа. 1 – петушинный гребень; 2 – решетчатая пластинка; 3 – зрительный канал; 4 – гипофизарная ямка; 5 – круглое отверстие; 6 – спинка седла; 7 – овальное отверстие; 8 – остистое отверстие; 9 – внутреннее слуховое отверстие; 10 – скат; 11 – яремное отверстие; 12 – подъязычный канал; 13 – ламбдовидный шов; 14 – борозда поперечного синуса; 15 – внутренний затылочный выступ; 16 – затылочная чешуя; 17 – большое (затылочное) отверстие; 18 – пирамида (каменистая часть) височной кости; 19 – рваное отверстие; 20 – чешуйчатая часть височной кости; 21 – большое крыло клиновидной кости; 22 – малое крыло клиновидной кости; 23 – глазничная часть лобной кости

Возрастные особенности строения черепа

Череп претерпевает существенные изменения в онтогенезе. У **новорожденного ребенка** между костями черепа не существует швов, пространства заполнены соединительной тканью. В участках, где сходятся несколько костей, имеется шесть родничков, закрытых соединительнотканными пластинками: два непарных (передний и задний) и два парных (клиновидный и сосцевидный). Самый крупный *передний родничок* имеет ромбовидную форму, он расположен на стыке правой и левой половин лобной и теменной костей. *Задний родничок* помещается

там, где сходятся теменные и затылочные кости. *Клиновидный родничок* находится сбоку в углу, образованном лобной, теменной и большим крылом клиновидной кости. *Сосцевидный родничок* расположен в том месте, где сходятся затылочная, теменная кости и сосцевидный отросток височной кости.

ВНИМАНИЕ

Благодаря наличию родничков череп новорожденного очень эластичен, его форма может изменяться во время прохождения головки плода через родовые пути в процессе родов. Возможно также наложение краев костей крыши черепа один на другой, что приводит к уменьшению его размеров и облегчает рождение ребенка.

Формирование швов заканчивается в основном на третьем-пятом годах жизни, к этому времени закрываются роднички. На втором-третьем месяцах после рождения закрываются задний и сосцевидный роднички, к полутора годам – передний, лишь к трем годам окончательно исчезает клиновидный родничок.

Объем полости мозгового черепа новорожденного в среднем составляет 350–375 см³. В первые 6 месяцев жизни ребенка он удваивается, к двум годам утраивается, у взрослого он в 4 раза больше, чем объем полости мозгового черепа новорожденного. У новорожденного отсутствует глабелла, она образуется к 15-летнему возрасту. Соотношение мозгового и лицевого черепа у взрослого и новорожденного различны. Лицо новорожденного ребенка короткое и широкое. В латеральной норме соотношение площадей лицевого черепа к мозговому у новорожденного равно 1:8, у двухлетнего ребенка – 1:6, у пятилетнего – 1:4, у десятилетнего – 1:3, у взрослой женщины – 1:2,5; у взрослого мужчины — 1:2.

После рождения рост черепа происходит неравномерно. В постнатальном онтогенезе выделяют три периода роста и развития черепа.

1. *Период энергичного роста* – от рождения до семи лет. В течение первого года жизни череп растет более или менее равномерно. От года до трех лет череп особенно активно растет сзади, это связано с переходом ребенка на втором году жизни к прямохождению. На втором-третьем годах жизни в связи с окончанием прорезывания молочных зубов и усилением функции жевательных мышц значительно усиливается рост лицевого черепа в высоту и ширину. С трех до семи лет продолжается рост всего черепа, особенно его основания. К семи годам рост основания черепа в

длину в основном заканчивается, и он достигает почти такой же величины, как у взрослого человека.

2. *Период замедленного роста* от 7 до 12–13 лет (начало полового созревания). В это время в основном растет свод мозгового черепа, объем полости последнего достигает 1200–1300 см³.

3. В *третьем периоде*, после 13 лет, активно растут лобный отдел мозгового и лицевой череп. Проявляются половые особенности черепа: у мужчин лицевой череп растет в длину сильнее, чем у женщин, лицо удлиняется. Если до периода половой зрелости у мальчиков и девочек лица округлые, то после наступления половой зрелости у мужчин, как правило, лицо вытягивается в длину, у женщин сохраняет округлость. Мужской череп в связи с большими общими размерами тела больше, чем женский. Вместимость черепа у мужчин в среднем 1559 см³, у женщин – 1347 см³, но относительная вместимость черепа на 1 см длины тела у женщин больше, чем у мужчин. Мозговой череп относительно сильнее развит у женщин, а лицевой – у мужчин. Как правило, мужской череп отличается выраженным рельефом в связи с более сильным развитием прикрепленных к нему мышц, у женщин рельеф черепа сглажен.

Заращение швов между костями черепа начинается в возрасте 20–30 лет, причем у мужчин несколько раньше, чем у женщин, этот процесс начинается с внутренней поверхности. Сагиттальный шов зарастает в возрасте 22–35 лет, венечный – в 24–41 год, ламбдовидный – в 26–42 года, сосцевидно-затылочный – в 30–81 год, чешуйчатый шов, как правило, не зарастает.

Целесообразно выделить также и *четвертый период преобразования черепа в пожилом и старческом возрасте*. В связи с выпадением зубов альвеолярные отростки верхней и альвеолярная часть нижней челюстей уменьшаются, жевательная функция ослабевает, мышцы частично атрофируются, изменяется рельеф челюстей, они становятся менее массивными, рельеф черепа сглаживается, частично рассасывается губчатое вещество, уменьшается их эластичность, череп становится более хрупким и легким. Основная роль в развитии и формировании черепа принадлежит головному мозгу, а также мягким тканям лица и в первую очередь жевательным мышцам.

Здоровые зубы – путь к сохранению формы и рельефа черепа.

Кости и соединения костей конечностей

Функция конечностей человека четко разграничена: верхние являются органом труда, нижние – опоры и передвижения. Это накладывает существенный отпечаток на их строение. Конечности – это система рычагов, имеющих сходный план строения. Конечности состоят из поясов и свободных частей конечностей, которые образованы тремя сегментами: верхний (проксимальный) имеет одну кость, средний – две и нижний – множество костей. Функция руки как органа труда привела к значительным ее отличиям от нижней, специфичным только для человека. Во-первых, наличие ключицы, соединяющей свободную верхнюю конечность с костями туловища, дает возможность производить более обширные движения. Характер соединения свободной верхней конечности, особенно в области предплечья и кисти, приспособлен к выполнению многообразных различных сложных трудовых процессов. Скелет нижней конечности органа опоры и перемещения тела в пространстве состоит из более толстых и массивных костей, соединенных между собой менее подвижными сочленениями, чем у верхних конечностей.

Кости верхней конечности (см. рис. 24). **Пояс верхней конечности** сформирован с каждой стороны двумя костями лопаткой и ключицей, которые прикреплены к грудной клетке с помощью мышц и связок, а спереди посредством ключицы сочленяются с грудиной. **Ключица** – парная S-образно изогнутая трубчатая кость, в которой различают *тело* и два конца: *грудинный* и *акромиальный*. На обоих концах имеются суставные поверхности: *грудинная суставная поверхность ключицы* – для сочленения с ключичной вырезкой грудины, в результате чего образуется плоский многоосный грудино-ключичный сустав, в котором имеется суставной диск; *акромиальная суставная поверхность* – для сочленения с ключичной суставной поверхностью акромиального отростка лопатки. В результате чего образуется плоский многоосный акромиально-ключичный сустав, в котором осуществляются движения ключицы: ее поднятие и опускание, движения вперед и назад, вращение с акромиальным отростком лопатки. Ключица легко прощупывается у живого человека. Функциональная роль ключицы очень важна: она как бы отодвигает плечевой сустав от грудной клетки, обуславливая свободу движений руки. **Лопатка** – плоская кость треугольной формы, прилегающая к задней поверхности грудной клетки своей *реберной поверхностью*. Ее задняя поверхность разделена *остью лопатки* на две ямки – *надостную* и *подостную*. Ость продолжается латерально и кпереди в *акромион*, на котором имеется *суставная поверхность* для сочленения с ключицей. *Верхний край лопатки* переходит в *клювовидный отросток*, у основания

которого имеется глубокая *вырезка лопатки*. *Латеральный угол* заканчивается утолщением с углубленной *суставной впадиной*, которая отделена от кости незначительно выраженной шейкой лопатки.

Кости свободной части верхней конечности. Скелет свободной части верхней конечности состоит из трех сегментов: проксимального (плечевая кость), среднего (две кости предплечья лучевая и локтевая) и дистального (27 костей, которые, в свою очередь, подразделяются на три части: кости запястья, пясти и фаланги пальцев). **Плечевая кость** – длинная трубчатая кость, состоящая из цилиндрического *тела*, которое внизу приобретает трехгранную форму, вверху имеет шаровидную *головку*, сочленяющуюся с *суставной впадиной лопатки*. Образуется шаровидный плечевой сустав (многоосный) – наиболее свободный сустав человека, в котором происходит сгибание и разгибание руки, ее отведение и приведение, вращение внутрь и наружу, круговое движение.

В суставе имеется *суставная губа*, которая углубляет суставную впадину лопатки. Узкая *анатомическая шейка* отделяет головку от *тела*. Непосредственно под анатомической шейкой расположены *большой* (латерально) и *малый* (медиально) *бугорки*, к которым прикрепляются мышцы, ниже бугорков – *хирургическая шейка*, названная так, потому что в этом участке кость при травмах чаще всего ломается. Внизу плечевая кость заканчивается сложно устроенным *мыщелком*. На мыщелке имеются две суставные поверхности для сочленения с обеими костями предплечья: блок плечевой кости и головка мыщелка. Над ними располагаются две ямки: спереди – *венечная* и *лучевая*, сзади – *ямка локтевого отростка*. По бокам от мыщелка находятся два *надмыщелка* – *медиальный* и *латеральный*.

Локтевая кость длинная, трубчатая, ее *тело* напоминает трехгранную призму. Более массивный верхний эпифиз имеет два отростка – *локтевой* (сзади) и *венечный* (спереди), разделенные *блоковидной вырезкой*, сочленяющейся с блоком плечевой кости, образуя блоковидный одноосный плечелоктевой сустав (компонент локтевого сустава), в котором осуществляется сгибание и разгибание предплечья. Латеральная сторона венечного отростка несет на себе лучевую вырезку, которая образует с суставной окружностью головки лучевой кости *проксимальный лучелоктевой сустав* (цилиндрический, комбинированный) (компонент локтевого сустава), где осуществляется вращение лучевой кости (пронация и супинация предплечья). На *головке локтевой кости* имеется суставная окружность для сочленения с локтевой вырезкой лучевой кости, в результате чего образуется одноосный *дистальный лучелоктевой сустав*

(цилиндрический одноосный), в котором происходит вращение лучевой кости (пронация и супинация предплечья).

Движения в проксимальной и дистальной лучелоктевых суставах происходит одновременно. От медиальной стороны головки локтевой кости отходит шиловидный отросток. Между ним и локтевой вырезкой лучевой кости располагается суставной диск, который отделяет дистальный лучелоктевой сустав от лучезапястного.

Лучевая кость – также длинная трубчатая кость. На ее верхнем эпифизе головке имеется суставная ямка для сочленения с головкой мышечка плечевой кости, в результате чего образуется многоостный плечелучевой сустав (часть локтевого сустава), в котором происходит вращение лучевой кости пронация и супинация предплечья, его сгибание и разгибание. На головке расположена суставная окружность для сочленения с лучевой вырезкой локтевой кости (проксимальный лучелоктевой сустав). Головка отделена от тела узкой шейкой. Дистальный эпифиз несет на себе запястную суставную поверхность для сочленения с верхним (проксимальным) рядом костей запястья (образуется лучезапястный сустав) и оканчивается латерально расположенным шиловидным отростком. На медиальном крае дистального эпифиза имеется локтевая вырезка, участвующая в образовании дистального лучелоктевого сустава.

Сложный локтевой сустав состоит из трех суставов: плечелоктевого, плечелучевого и проксимального лучелоктевого, имеющих общую суставную капсулу, укрепленную связками. В локтевом суставе осуществляются сгибание и разгибание, пронация и супинация предплечья. Диафизы костей предплечья соединяются между собой межкостной перепонкой предплечья.

Кисть делится на три отдела: запястье, пясть и пальцы (рис. 28). Восемь костей запястья располагаются в два ряда. В проксимальном лежат (начиная от лучевого края) ладьевидная, полулунная, трехгранная, гороховидная (сесамовидная кость); в дистальном кость-трапеция (большая многоугольная), трапециевидная, головчатая и крючковидная. Проксимальный ряд запястья костей сочленяется с запястной суставной поверхностью лучевой кости, образуя эллипсоидный сложный двухосный лучезапястный сустав, в котором происходит сгибание, разгибание, приведение и отведение кисти. Суставы кисти укреплены большим количеством прочных связок.

Кости запястья сочленяются между собой, дистальный ряд – с основаниями пястных костей. Особенно важен седловидный запястно-

пястный сустав большого пальца. В нем совершаются разнообразные движения: сгибание и разгибание, приведение и отведение, большую роль в трудовой деятельности человека играет противопоставление большого пальца остальным. Подвижность в этом суставе – важная отличительная особенность кисти человека разумного. Кости запястья образуют костный свод, обращенный выпуклостью к тылу кисти, а вогнутостью – в сторону ладони. Благодаря этому формируется борозда запястья, в которой проходят сухожилия сгибателей пальцев. Кости, расположенные в дистальном ряду запястья (кость-трапеция, трапециевидная, головчатая и крючковидная), соединяясь между собой и со второй-пятой пястными костями, образуют суставы, укрепленные связками, и формируют твердую основу кисти, которая отличается большой прочностью.

Пять костей **пясти**, каждая из которых представляет собой короткую трубчатую кость, имеющую основание, тело и головку, сочленяющуюся с проксимальной фалангой соответствующего пальца, образуя эллипсоидные двухосные *пястно-фаланговые суставы*, в которых происходит сгибание, разгибание, приведение и отведение пальца. Скелет **пальцев** образован фалангами, которых на втором-пятом пальцах по три (проксимальная, средняя и дистальная), на большом – две (проксимальная и дистальная). Фаланги – это короткие трубчатые кости, которые несут на себе суставные поверхности. Суставные поверхности проксимально лежащих фаланг сочленяется с головками соответствующих дистально лежащих фаланг, образуя блоковидные одноосные *межфаланговые суставы*, в которых осуществляется сгибание и разгибание фаланг.

Кости нижней конечности (см. рис. 20). Нижняя конечность человека является органом опоры и передвижения, и ее строение наилучшим образом приспособлено к выполнению этих важных функций. Нижняя конечность человека состоит из пояса (это тазовые кости, между которыми сзади как бы вклинивается крестец, а спереди они соединяются) и свободной части нижней конечности. Таким образом, образуется прочный таз, имеющий арочное строение, несущий на себе тяжесть туловища и передающий ее массивным костям свободной нижней конечности.



Рис. 28. Кости кисти, правой, ладонная поверхность. 1 – локтевая кость; 2 – головка локтевой кости; 3 – шиловидный отросток локтевой кости; 4 – полулунная кость; 5 – трехгранная кость; 6 – гороховидная кость; 7 – крючковидная кость; 8 – крючок крючковидной кости; 9 – кости запястья; 10 – основание пястной кости; 11 – тело пястной кости; 12 – головка пястной кости; 13 – пястные кости (I–V); 14 – основание фаланги; 15 – тело фаланги; 16 – головка фаланги; 16 кости пальцев, фаланги; 18 – бугристость дистальной фаланги; 19 – дистальная фаланга (II); 20 – средняя фаланга (II) 21 – проксимальная фаланга (II); 22 – дистальная фаланга (I); 23 – проксимальная фаланга (I); 24 – сесамовидные кости; 25 – пястная кость (I); 26 – трапецевидная кость; 27 – кость-трапеция; 28 – бугорок кости-трапеции; 29 – бугорок ладьевидной кости; 30 – головчатая кость; 31 – ладьевидная кость; 32 – лучевая кость.

Кости пояса нижней конечности. Тазовая кость – парная плоская кость, образована *подвздошной, лобковой и седалищной костями*, срастающимися между собой в области *вертлужной впадины* глубокой ямки, сочленяющейся с головкой бедренной кости. Подвздошная кость расположена над впадиной, лобковая – кпереди и книзу, седалищная – книзу и сзади от нее. Седалищная и лобковая кости ограничивают *запирательное отверстие овальной формы*, больших размеров, затянутое

соединительнотканной *запирательной мембраной*. У новорожденного ребенка вертлужная впадина уплощена (больше у девочек), кости в этом месте соединены между собой прослойками хряща. Хрящевая пластинка между седалищной и лобковой костями исчезает примерно в шестилетнем возрасте. Окончательное сращение трех костей происходит в 12 лет у девочек и в 13–16 лет у мальчиков. С возрастом впадина углубляется.

Подвздошная кость состоит из массивного *тела* и тонкого *крыла*, оканчивающегося *подвздошным гребнем*, к которому прикрепляются широкие мышцы живота. Подвздошный гребень спереди и сзади заканчивается выступами: передний – *верхняя передняя подвздошная ость*, которая легко прощупывается, под ней расположена *нижняя подвздошная ость*; сзади также имеются два выступа – *верхняя и нижняя задние подвздошные ости*. Вогнутая внутренняя поверхность крыла подвздошной кости формирует *подвздошную ямку*. На *ягодичной поверхности* подвздошной кости имеются три шероховатые *ягодичные линии* (*передняя, задняя и нижняя*), к которым прикрепляются ягодичные мышцы. *Крестцово-тазовая поверхность* несет на себе ушковидную поверхность, сочленяющуюся с одноименной поверхностью крестца, плоский неподвижный *крестцово-подвздошный сустав*, укрепленный множеством связок. **Седалищная кость** имеет *тело*, которое участвует в формировании вертлужной впадины, а ее *ветвь* участвует в ограничении запирательного отверстия и заканчивается мощным *седалищным бугром*, сзади и выше которого располагается *малая седалищная вырезка*.

Лобковая кость также имеет *тело*, участвующее в формировании вертлужной впадины, и две *ветви*, *верхнюю* и *нижнюю*, соединяющиеся между собой под углом. На медиальной поверхности угла имеется *симфизимальная поверхность*, которая, соединяясь с такой же поверхностью противоположной кости, образует *лобковый симфиз*, замыкающий таз.

Таз. *Передняя стенка* таза короткая, это *лобковый симфиз*, образованный обращенными друг к другу симфизимальными поверхностями лобковых костей, покрытыми хрящом и соединенными между собой межлобковым диском, в котором находится щель, и задняя поверхность лобковых костей. *Задняя стенка* таза длинная, она сформирована крестцом и копчиком; *боковые стенки* образованы внутренними поверхностями тазовых костей и *связками* (*крестцово-бугорной* и *крестцово-остистой*). Расположенное на боковой стенке *запиральное отверстие* закрыто одноименной мембраной. *Пограничная линия*, образованная *дугообразной линией* (правой и левой) подвздошных костей и *гребнями лобковых*, сзади – *мысом крестца*, спереди – *верхним краем лобкового симфиза*, разделяет

таз на большой и малый. Большой таз образован крыльями подвздошных костей и телом V поясничного позвонка. *Малый таз* ограничен ветвями лобковых и седалищных костей, седалищными буграми, крестцово-бугорными связками, крестцом и копчиком.

У женщин таз шире и короче, а все его размеры больше, чем у мужчин. Кости женского таза тоньше, чем мужского. Крестец мужчины более узкий и вогнутый, а мыс выдается вперед, у женщин крестец широкий и уплощенный, а мыс выражен в меньшей степени. Угол, под которым соединяются нижние ветви лобковых костей (*подлобковый угол*), у мужчин острый (около 70–75°), у женщин приближается к прямому или даже тупому (90–100°). Седалищные бугры и крылья подвздошных костей у женщин расположены дальше друг от друга. Расстояние между обеими верхними передними подвздошными костями у женщин составляет 25–27 см, у мужчин – 22–23 см. *Нижняя апертура* женского таза шире, она имеет форму поперечного овала (у мужчин – продольного овала), а объем таза больше. Наклон таза (угол между плоскостью пограничной линии и горизонтальной) также больше у женщин (55–60°), чем у мужчин (50–55°).

Итак, половые отличия женского таза сводятся в основном к его большим размерам, объему и увеличению нижней апертуры. Это связано с функцией, выполняемой женщиной: таз являетсяместилищем развивающегося в матке плода, который во время родов покидает полость таза через нижнюю апертуру. В акушерской практике большой значение имеют размеры входа в малый таз и выхода из него. *Истинная конъюгата* – расстояние между лобковым симфизом и мысом равен 10,5–11 см; *поперечный диаметр* – расстояние между наиболее удаленными точками входа в малый таз составляет 13 см. *Косой диаметр* – расстояние между крестцово-подвздошным суставом с одной стороны и подвздошно-лобковым возвышением с другой, равен 12 см. *Прямой диаметр* выхода из малого таза – расстояние между верхушкой копчика и нижним краем симфиза 9–11 см. *Поперечный размер выхода* – расстояние между внутренними краями седалищных бугров, равен 10,5–11 см. *Межсосный размер* – расстояние между передними верхними подвздошными осями 25–27 см. *Межгребневой размер* – расстояние между наиболее удаленными точками подвздошных гребней 30–31 см.

Таз новорожденного ребенка воронкообразной формы и отличается от таза взрослого. Его переднезадний диаметр больше поперечного, слабо выражен мыс, верхняя апертура округлой формы, подвздошная кость расположена более вертикально. После рождения постепенно изменяются форма и величина таза. Седалищные бугры отодвигаются латерально,

запирательные отверстия увеличиваются и располагаются косо, малый таз принимает цилиндрическую форму. К концу второго года жизни поперечный диаметр верхней апертуры увеличивается. Быстрый рост таза происходит в предпубертатном периоде. В 8–10 лет начинают проявляться половые различия таза.

Кости свободной части нижней конечности. Скелет свободной части нижней конечности гомологичен со скелетом свободной части верхней конечности и также состоит из трех сегментов: проксимального (бедро), среднего (две кости голени: большеберцовая и малоберцовая). В области коленного сустава имеется крупная сесамовидная кость надколенник. Дистальный сегмент свободной нижней конечности стопы состоит из 26 костей и также подразделяется на три части: предплюсну, плюсну и фаланги пальцев.

Бедренная кость – наиболее крупная, массивная трубчатая кость. Очень важно наличие корреляций между ее длиной и ростом человека. Шаровидная *головка* бедренной кости сочленяется с вертлужной впадиной тазовой кости, образуя многоосный шаровидный *тазобедренный сустав*. Для достижения соответствия суставных поверхностей по краю вертлужной ямки имеется суставная губа. Внутрисуставная *связка головки бедренной кости* препятствует чрезмерному приведению бедра и его вращению кнаружи. Множество прочных связок укрепляют капсулу сустава, благодаря чему этот сустав, будучи достаточно подвижным, весьма стабилен. Это очень важно, так как тазобедренные суставы передают тяжесть тела туловища на нижние конечности. Длинная *шейка бедренной кости*, соединяющая головку с телом кости, расположена под углом к последнему. У мужчин этот угол тупой (около 130°), у женщин – почти прямой. Тотчас под шейкой латерально расположен *большой вертел*, с медиальной стороны находится *малый вертел*. Оба вертела соединены спереди *межвертельной линией*, сзади – *межвертельным гребнем*. Изогнутое вперед тело бедренной кости цилиндрической формы, спереди его рельеф гладкий, сзади имеется *шероховатая линия*.

К описанным буграм, линиям, гребням прикрепляются мышцы, их тяга и обуславливает появление на кости данных структур. Внизу две *губы шероховатой линии* расходятся, образуя треугольную *подколенную поверхность*. Сложно устроен *нижний эпифиз бедренной кости*. На нем выделяются два мощных *мыщелка*: *медиальный* и *латеральный*, разделенные глубокой *межмыщелковой ямкой*, переходящей впереди в *надколенную поверхность*. К ней прилежит **надколенник**, который представляет собой сесамовидную кость, лежащую в толще сухожилия

четырёхглавой мышцы бедра и легко прощупывающуюся у живого человека.

Большеберцовая кость – единственная из двух костей голени, которая сочленяется с бедренной. Это обусловило ее большую массивность. Мощный, широкий *верхний эпифиз* имеет два *мыщелка: медиальный и латеральный*, несущие на своих проксимальных концах слегка вогнутую *суставную поверхность*, разделенную *межмыщелковым возвышением*. Мыщелки и надколенниковая суставная поверхность бедренной кости, верхняя суставная поверхность большеберцовой кости и суставная поверхность надколенника, сочленяясь между собой, образуют мышцелковый сложный комплексный двухосный коленный сустав.

Суставная поверхность большеберцовой кости не соответствуют по своей глубине мыщелкам бедра, для создания конгруэнтности между ними имеются два *хрящевых мениска* (латеральный и медиальный). Коленный сустав укреплен многочисленными связками, среди них важную роль играют две внутрисуставные *крестообразные связки*. Благодаря мощным связкам коленный сустав человека весьма устойчив. Он играет, пожалуй, основную роль в поддержании тела в вертикальном положении и прямохождении. Будучи весьма устойчивым, коленный сустав достаточно подвижен, в нем осуществляются в основном сгибание и разгибание голени. На латеральной поверхности одноименного мыщелка большеберцовой кости имеется *малоберцовая суставная поверхность*.

Тело большеберцовой кости трехгранной формы. Острый передний край возле верхнего эпифиза переходит в выраженную *бугристость большеберцовой кости*, к которой прикрепляется сухожилие четырехглавой мышцы бедра. К краю прикрепляется *межкостная перепонка голени*, соединяющая большеберцовую и малоберцовую кости. *Медиальный край* разграничивает *медиальную и заднюю поверхности*. *Дистальный эпифиз* большеберцовой кости примерно четырехугольной формы несет на себе *нижнюю суставную поверхность* для сочленения с таранной костью стопы. Медиальный конец его оттянут и образует *медиальную лодыжку*.

Малоберцовая кость – тонкая длинная трубчатая кость. Верхний эпифиз головка несет на себе суставную поверхность для сочленения с малоберцовой суставной поверхностью большеберцовой кости, в результате чего образуется малоподвижный *межберцовый сустав*. Нижние эпифизы костей голени соединяются между собой малоподвижным межберцовым синдесмозом, укрепленный *межберцовыми связками*. Посредством *шейки* головка переходит в трехгранное *тело*, которое внизу оканчивается утолщенной латеральной лодыжкой, снабженной *суставной*

поверхностью.

Кости (скелет) стопы. В стопе различают предплюсну, плюсну и пальцы (рис. 29). Стопа человека выполняет строго специализированную функцию передвижения и опоры. С этим связано ее строение по типу прочной и упругой сводчатой арки с короткими пальцами. *Основные особенности стопы человека – это наличие сводов, прочность, пронированное положение, укрепление медиального края, укорочение пальцев, укрепление и приведение первого пальца, который не противопоставляется остальным, и расширение его дистальной фаланги.* Кости предплюсны, испытывающие большую нагрузку, массивные, прочные.

Кости **предплюсны** включают в себя семь коротких костей, расположенных в два ряда. В проксимальном (заднем) – таранная и пяточная кости, в дистальном (переднем) латерально располагается кубовидная кость, медиально – узкая ладьевидная и впереди нее – *три клиновидные кости: медиальная, промежуточная и латеральная.* Нижняя суставная поверхность большеберцовой кости и суставные поверхности обеих лодыжек образуют вилку, которая охватывает блок таранной кости сверху и с боков, в результате чего образуется блоковидный сложный одноосный *голеностопный сустав*, играющий важную роль в динамике и статике человека. Поэтому сустав укреплен мощными связками основная из них *дельтовидная связка.* В голеностопном суставе совершается сгибание и разгибание стопы. Наиболее крупная пяточная кость сочленяется с таранной костью вверху и кубовидной спереди. Ладьевидная, кубовидная и три клиновидные кости соединяются между собой, а первые две, кроме того, – с пяточной и таранной; клиновидные и кубовидная – с плюсневыми костями. Малоподвижные *межплюсневые суставы* укреплены мощными связками.

Кости **плюсны** – это пять коротких трубчатых костей, которые своими основаниями сочленяются с клиновидными и кубовидной костями, а головками – с основаниями соответствующих проксимальных фаланг (*плюснефаланговые суставы*). Скелет **пальцев** образован фалангами – короткими трубчатыми костями. Количество их соответствует фалангам пальцев кисти, однако они отличаются небольшими размерами. Каждая проксимальная фаланга своим основанием сочленяется с соответствующей плюсневой костью, а головкой – со средней фалангой. Средние фаланги сочленяются с основаниями дистальных фаланг (*межфаланговые суставы*). Кости медиального края предплюсны лежат выше, чем кости латерального края, благодаря чему формируются своды стопы.



Рис. 29. Кости стопы, правой, вид сверху. 1 – бугор пяточной кости; 2 – тело таранной кости; 3 – шейка таранной кости; 4 – головка таранной кости; 5 – таранная кость; 6 – ладьевидная кость; 7 – промежуточная клиновидная кость; 8 – медиальная клиновидная кость; 9 – основание плюсневой кости; 10 – тело плюсневой кости; 11 – головка плюсневой кости; 12 – плюсневая кость (I); 13 – основание фаланги; 14 – тело фаланги; 15 – головка фаланги; 16 – проксимальная фаланга (I); 17 – дистальная фаланга (I); 18 – дистальная фаланга (V); 19 – средняя фаланга (V); 20 – проксимальная фаланга (V); 21 – латеральная клиновидная кость; 22 – бугористость пятой (V) плюсневой кости; 23 – клубовидная кость; 24 – пяточная кость; 25 – задний отросток таранной кости

Стопа – орган опоры и передвижения – несет на себе всю тяжесть человеческого тела. Это накладывает существенный отпечаток на ее строение и характер соединения костей. Лишь у человека имеется сводчатая стопа. Она представлена пятью продольными и одним поперечным сводами (дугами), которые обращены выпуклостью кверху. Своды образованы сочленяющимися между собой костями предплюсны и

плюсны. Каждый *продольный свод* начинается от одной и той же точки пяточной кости (ее бугра), включает в себя кость предплюсны и соответствующую плюсневую кость и заканчивается на головке соответствующей плюсневой кости. В образовании первого свода медиального участвует и опора таранной кости. Стопа в целом имеет три точки опоры: пяточный бугор и головки первой и пятой плюсневых костей. Продольные своды имеют неодинаковую высоту. Наиболее высокий второй свод (вторая дуга). В результате формируется поперечный свод стопы. В его образовании принимают участие ладьевидная, клиновидные и кубовидные кости. Конструкция стопы в виде сводчатой арки у живого человека поддерживается благодаря форме костей, прочности связок (пассивные «затяжки» стопы), тону мышц (активные «затяжки»).

В соединениях костей особенно ярко проявляется взаимозависимость структуры и функции. С помощью специальных упражнений можно добиться изумительной гибкости позвоночника, увеличить объем движений во всех суставах.

При нормальной форме стопы тело человека опирается на наружный продольный свод, в то время как внутренний выполняет форму рессоры. При стоянии каждая нога опирается на три точки: пяточный бугор, головки I и V плюсневых костей. Расслабление активных и пассивных «затяжек» стопы приводит к тому, что ее своды расслабляются, стопа опускается и уплощается, развивается плоскостопие. А между тем именно благодаря сводам тяжесть тела равномерно распределяется на всю стопу, сотрясения при движении уменьшаются. Сводчатое строение стопы обуславливает ее адаптацию к ходьбе и бегу по неровной поверхности.

При плоскостопии своды стопы опускаются, выпрямляются, вся подошва опирается на поверхность пола. Это приводит к нарушению опорной функции стопы, ухудшению ее кровоснабжения, изменению статики всего тела. Развитию плоскостопия способствует постоянный перенос тяжестей, ношение обуви на твердой подошве, на высоких каблуках и валяной обуви.

Для предотвращения развития плоскостопия у детей необходимо следить за их походкой и корректировать ее. Не следует слишком разводить стопы при ходьбе. Эффективными профилактическими мероприятиями являются: ходьба босиком по песку, рыхлой почве, по траве, регулярные физические упражнения (ходьба на носках и пятках, на внутреннем и наружном краях стопы, прыжки, приседания, игра в футбол и волейбол), ежедневные прохладные водные ванны утром, днем и вечером.

ВНИМАНИЕ

Очень важна адекватная обувь. Она должна отвечать следующим, основным, требованиям: строго соответствовать размеру; иметь широкий носок, мягкую эластическую подошву, каблук высотой 1–2 см; специальную стельку-супинатор; обеспечивать нормальную температуру и влажность стопы.

Школьники должны в школе переобувать обувь. Это относится не только к детям и подросткам, но и ко взрослым. Особенно к женщинам. Необходимо учитывать, что женская стопа подвержена серьезным изменениям. При беременности расслабляются активные и пассивные затяжки стопы, стопа уплощается. У большинства женщин развивается плоскостопие, которое прогрессирует при увеличении массы тела. Постоянное ношение туфель на высоких каблуках также способствует нарушению формы стопы. Очень опасно для стопы длительное пребывание в теплой или резиновой обуви в помещении.

Миология (учение о мышцах)

И.М. Сеченов в книге «Рефлексы головного мозга» пишет: «Все бесконечное разнообразие внешних проявлений мозговой деятельности сводится окончательно к одному лишь явлению мышечному движению». Скелетные мышцы приводят в движение кости, активно изменяют положение тела человека, участвуют в образовании стенок ротовой, грудной, брюшной полостей, таза, входят в состав стенок глотки, верхней части пищевода, гортани, осуществляют движения глазного яблока и слуховых косточек, дыхательные и глотательные движения. Скелетные мышцы удерживают тело человека в равновесии, перемещают его в пространстве. Общая масса скелетных мышц взрослого человека составляет до 40 % массы тела, новорожденного 20–22 %; после 75–80 лет в связи с уменьшением физической активности масса мышц значительно уменьшается (25–30 %). У человека около 400 поперечнополосатых мышц, сокращающихся произвольно под воздействием импульсов, поступающих по нервам из центральной нервной системы.

Строение мышц

Мышца как орган состоит из пучков поперечнополосатых мышечных волокон, каждый из которых покрыт соединительнотканной оболочкой (эндомизий). Пучки волокон различной величины отделены друг от друга прослойками соединительной ткани, которые образуют внутренний перимизий. Мышца в целом покрыта наружным перимизием (эпимизий), который переходит на сухожилие (эпителиндий). Из эпимизия в мышцу проникают кровеносные сосуды, которые разветвляются во внутреннем перимизий и эндомизий. В последнем располагаются капилляры и нервные волокна.

В мышцах располагаются чувствительные нервные окончания, воспринимающие «мышечное чувство» – информацию о тоне мышечных волокон, степени их сокращения, а в сухожилиях – «сухожильное чувство» и передающее ее по нервам в мозг. Эти рецепторы образуют нервно-мышечные и нервно-сухожильные веретена, окруженные соединительнотканной капсулой. Двигательные окончания аксонов образуют моторные бляшки (аксомышечные синапсы).

Мышечные пучки формируют *брюшко*, переходящее в сухожильную

часть. Проксимальный отдел мышцы ее *головка* начинаются от кости; дистальный конец «хвост» (*сухожилие*) прикрепляется к другой кости. Начало мышцы находится проксимальнее, чем ее прикрепления, которое располагается дистальнее. Начало сокращающейся мышцы остается неподвижным, это ее фиксированная точка. На другой кости, к которой прикрепляется мышца, находится подвижная точка. При сокращении мышцы она изменяет свое положение. При некоторых движениях положение фиксированной и подвижной точек меняется. Сухожилия различных мышц отличаются друг от друга. Так, мышцы конечностей имеют узкие и длинные сухожилия. Широкое и плоское сухожилие (*апоневроз*) характерно для мышц, участвующих в формировании стенок полостей тела. Брюшко некоторых мышц разделено *промежуточным сухожилием*, например двубрюшной мышцы. На некоторых мышцах имеются сухожильные перемычки (например, прямая мышца живота).

Будучи относительно тонким, сухожилие мало растяжимо, обладает значительной прочностью и выдерживает огромные нагрузки. Так, например, сухожилие четырехглавой мышцы бедра способно выдержать растяжение силой в 600 кг, ахиллово сухожилие – в 400 кг.

В зависимости от расположения мышц, их формы, направления мышечных волокон, отношения к суставам выделяют поверхностные и глубокие, медиальные и латеральные, наружные и внутренние. Форма мышц связана с их функцией. На конечностях чаще всего встречаются мышцы веретенообразной формы, так как они прикрепляются к длинным костям, выполняющим роль рычагов (например, двуглавая мышца плеча). Мышцы в форме пластин участвуют в образовании стенок туловища (например, косые и поперечные мышцы живота). В веретенообразных мышцах пучки волокон ориентированы параллельно длинной оси мышцы. Мышцы, в которых сухожилие расположено посередине, двуперистые. Пучки многоперистых мышц (например, дельтовидная) переплетаются между собой и с нескольких сторон переходят в сухожилие.

Некоторые мышцы имеют по несколько головок или хвостов. Каждая головка начинается от отдельной кости или от разных точек одной кости, головки сливаются, образуя общее брюшко и сухожилие. В зависимости от количества головок мышца называется двух-, трех-, четырехглавой. В ряде случаев мышца имеет одно брюшко, от которого отходит несколько сухожилий, прикрепляющихся к различным костям (сгибатели и разгибатели пальцев кисти и стопы). Пучки некоторых мышц расположены циркулярно (например, круговая мышца рта). Эти мышцы – сжиматели, они окружают ротовое, заднепроходное и другие естественные отверстия

тела человека. Классификация мышц зависит от их формы (веретенообразные, квадратные, треугольные, лентовидные, круговые), количества головок (одно-, двух-, трех-, четырехглавые), количества брюшек (одно- и двухбрюшные), направлению мышечных пучков (одно-, двух- и многоперистые), функции (сгибатель, разгибатель, вращатель, подниматель, сжиматель, абдуктор, аддуктор, напрягатель), расположения (поверхностная, глубокая, медиальная, латеральная).

Односуставная мышца прикрепляется к смежным костям и действует на один сустав. Дву- и многосуставные мышцы длиннее, чаще всего располагаются более поверхностно и перекидываются через два и большее число суставов. Некоторые мышцы прикрепляются к костям, не сочленяющимся между собой при помощи суставов, и поэтому не действуют на суставы (например, челюстно-подъязычная); другие не прикрепляются к костям (мимические мышцы, мышцы дна полости рта, промежности).

Мышцы снабжены многочисленными вспомогательными аппаратами. К ним относятся фасции, фиброзные влагалища сухожилий, синовиальные влагалища и синовиальные сумки, блоки мышц. *Фасция* – это плотная соединительнотканная оболочка мышцы, которая образует ее чехол. Фасции отграничивают мышцы друг от друга, выполняют механическую функцию, создавая опору для брюшка при сокращении, ослабляют трение мышц. Каждая группа мышц или группа сходных по функции мышц окружены своей собственной фасцией. Если мышцы лежат в несколько слоев, то между соседними мышцами располагаются листки фасции: между поверхностными – поверхностный, между глубокими – глубокий. Поверхностная фасция отделяет мышцы от подкожной клетчатки. Она целиком окутывает все мышцы какой-либо области (например, конечности). Мышечные перегородки разделяют группы мышц, выполняющих различную функцию.

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

Элементы биомеханики

При сокращении концы мышцы, прикрепленные к костям,

приближаются друг к другу. Кости, соединенные суставами, действуют как рычаги. В биомеханике выделяют два типа рычагов: *рычаг первого рода*, когда точки приложения действующих на него сил (сопротивления и приложения силы) находятся по разные стороны от точки опоры; *рычаг второго рода*, в котором обе силы прилагаются по одну сторону от точки опоры. Изменяя положение костных рычагов, мышцы действуют на суставы. При этом каждая мышца влияет на сустав только в одном направлении.

В одноосном суставе (цилиндрический, блоковидный) имеется две действующие на него мышцы, являющиеся антагонистами: одна мышца – сгибатель, другая – разгибатель. В то же время на каждый сустав в одном направлении действуют, как правило, две и более мышцы, являющиеся синергистами.

У двусосного сустава (эллипсоидный, мыщелковый, седловидный) мышцы группируются соответственно двум его осям, вокруг которых совершаются движения. К шаровидному суставу, имеющему три оси движения (многоосный сустав), мышцы прилегают со всех сторон. Так, например, в плечевом суставе имеются мышцы сгибатели и разгибатели (движения вокруг фронтальной оси), отводящие и приводящие (сагиттальная ось) и вращатели вокруг продольной оси: вовнутрь (пронаторы) и кнаружи (супинаторы).

ВНИМАНИЕ

Точка приложения равнодействующих всех сил по отношению к телу человека – это центр тяжести. Общий центр тяжести у мужчины расположен на уровне II крестцового позвонка, у женщины несколько ниже, у детей выше; у новорожденного на уровне VI грудного, у двухлетнего – на уровне I поясничного, у пятилетнего – III поясничного позвонка.

Скелетные мышцы человека подразделяются на мышцы головы, туловища, конечностей (*рис. 30, 31*).

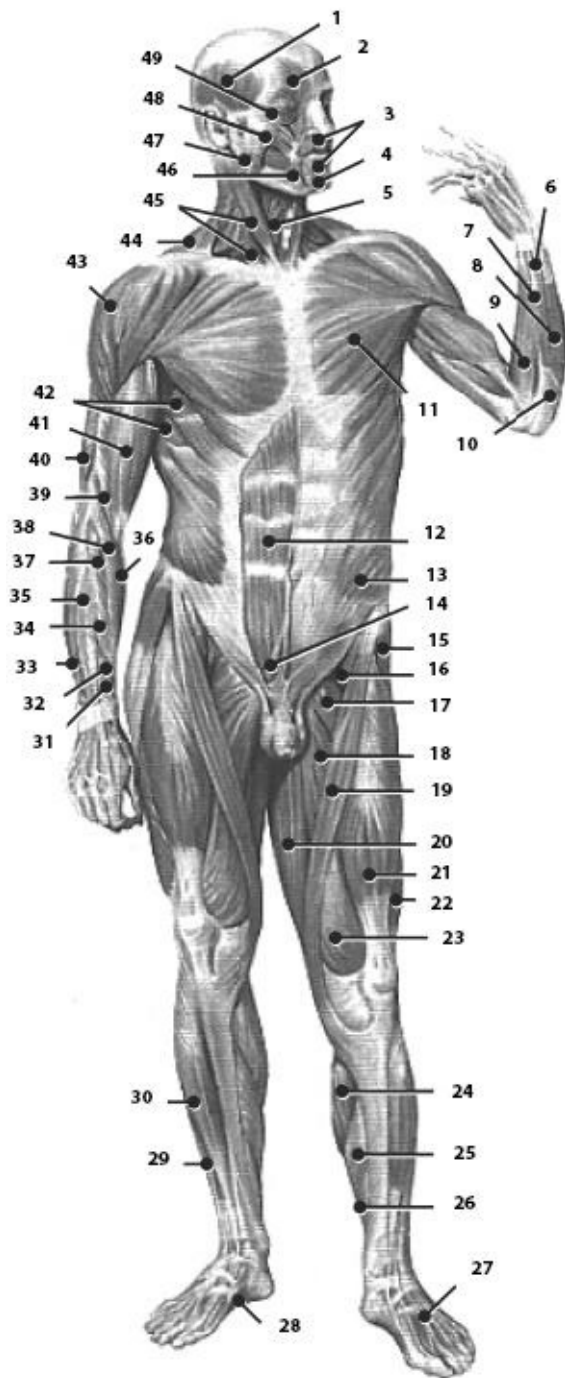


Рис. 30. Мышцы тела человека, вид спереди. 1 – височная мышца; 2 – лобное брюшко (затылочно-лобная мышца); 3 – круговая мышца рта; 4 – подбородочная мышца; 5 – грудино-подъязычная мышца; 6 – локтевой разгибатель запястья; 7 – разгибатель мизинца; 8 – разгибатель пальцев; 9 – локтевой сгибатель запястья; 10 – локтевая мышца; 11 – большая грудная мышца; 12 – прямая мышца живота; 13 – наружная косая мышца живота; 14 – пирамидальная мышца; 15 – напрягатель широкой фасции бедра; 16 –

подвздошно-поясничная мышца; 17 – гребенчатая мышца; 18 – длинная приводящая мышца; 19 – портняжная мышца; 20 – тонкая мышца; 21 – прямая мышца бедра; 22 – латеральная широкая мышца; 23 – медиальная широкая мышца; 24 – икроножная мышца; 25 – камбаловидная мышца; 26 – длинный сгибатель пальцев; 27 – длинный разгибатель пальцев (сухожилие); 28 – мышца, отводящая большой палец стопы; 29 – длинный разгибатель пальцев, 30 – передняя большеберцовая мышца; 31 – короткий разгибатель большого пальца кисти; 32 – длинная мышца, отводящая большой палец кисти; 33 – короткий лучевой разгибатель запястья; 35 – разгибатель пальцев; 36 – лучевой сгибатель запястья; 37 – длинный лучевой разгибатель запястья; 38 – плечелучевая мышца; 39 – плечевая мышца; 40 – трехглавая мышца плеча; 41 – двуглавая мышца плеча; 42 – передняя зубчатая мышца; 43 – дельтовидная мышца; 44 – трапециевидная мышца; 45 – грудино-ключично-сосцевидная мышца; 46 – мышца, опускающая угол рта; 47 – жевательная мышца; 48 – большая скуловая мышца; 49 – круговая мышца глаза

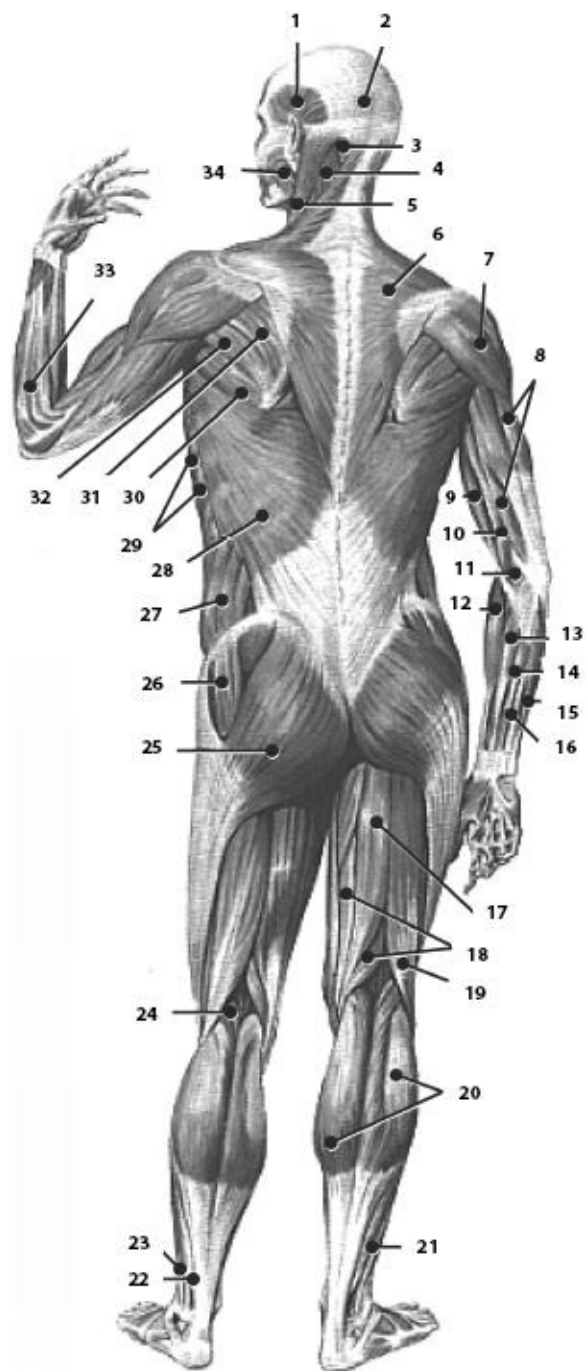


Рис. 31. Мышцы тела человека, вид сзади. 1 – височная мышца, 2 – затылочное брюшко (затылочно-лобная мышца); 3 – полуостистая мышца головы; 4 – ременная мышца головы; 5 – грудино-ключично-сосцевидная мышца; 6 – трапецевидная мышца; 7 – дельтовидная мышца; 8 – трехглавая мышца плеча; 9 – двуглавая мышца плеча; 10 – плечевая мышца; 11 – круглый пронатор; 12 – плечелучевая мышца; 13 – лучевой сгибатель запястья; 14 – длинная ладонная мышца; 15 – локтевой сгибатель запястья; 16 – поверхностный сгибатель пальцев (сухожилие); 17 – полусухожильная

мышца; 18 – полуперепончатая мышца; 19 – двуглавая мышца бедра; 20 – икроножная мышца; 21 – камбаловидная мышца; 22 – длинная малоберцовая мышца (сухожилие); 23 – короткая малоберцовая мышца; 24 – подошвенная мышца; 25 – большая ягодичная мышца; 26 – средняя ягодичная мышца; 27 – наружная косая мышца живота; 28 – широчайшая мышца спины; 29 – передняя зубчатая мышца; 30 – большая круглая мышца; 31 – подостная мышца; 32 – малая круглая мышца; 33 – плече-лучевая мышца; 34 – жевательная мышца

Мышцы спины

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

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

Глубокие мышцы. К глубоким относятся ременная мышца головы и шеи, мышца, выпрямляющая позвоночник (особо развиты у человека разумного и являются одним из важнейших анатомических факторов прямохождения), а также поперечно-остистая, межкостистые и межпоперечные мышцы. Эти мышцы разгибают позвоночник и удерживают тело человека в вертикальном положении.

Подзатылочные мышцы. Четыре подзатылочные мышцы (большая и малая задние, прямые, верхняя и нижняя косые) осуществляют движения головы.

Мышцы шеи

Область шеи наверху ограничена линией, идущей по нижнему краю тела и ветви нижней челюсти до височно-нижнечелюстного сустава и вершины сосцевидного отростка височной кости, верхней вейной линии,

наружному затылочному выступу: внизу яремной вырезкой грудины, верхними краями ключицы и далее линией, соединяющей последние с остистым отростком VII шейного позвонка. Шея разделена позвоночником на два отдела: меньший задний (мышцы этого отдела приведены выше в разделе «Мышцы спины») и передний – собственно область шеи. Движения шеи чаще всего комбинированные, их совершает большое количество мышц, которые подразделяются на две большие группы: мышцы, лежащие поверх гортани и кровеносных сосудов, и глубокие мышцы.

Мышцы, лежащие поверх гортани и кровеносных сосудов, подразделяются на три группы: поверхностные, надподъязычные и подподъязычные. Последние две группы осуществляют движения подъязычной кости. К **поверхностным мышцам** относятся тонкая плоская широкая подкожная мышца и грудино-ключично-сосцевидная, наиболее развитая у человека в связи с прямохождением. При двустороннем сокращении они запрокидывают голову, при одностороннем – наклоняют ее. **Надподъязычные мышцы** расположены между нижней челюстью и подъязычной костью. Это двубрюшная, шилоподъязычная, челюстно-подъязычная и подбородочно-подъязычная. Они поднимают подъязычную кость. **Подподъязычные мышцы** расположены под кожей впереди гортани, трахеи и щитовидной железы. Это грудино-подъязычная, грудино-щитовидная, лопаточно-подъязычная и щитоподъязычная. Они опускают подъязычную кость и осуществляют движения гортани.

Глубокие мышцы расположены на шейном отделе позвоночника (спереди и сбоку). К ним относятся передняя, средняя и задняя лестничные мышцы, которые поднимают I и II ребра; длинные мышцы головы и шеи, а также передняя и латеральная прямые мышцы головы. Все они участвуют в движениях головы и шеи.

Мышцы груди

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

Поверхностные мышцы – большая и малая грудные, подключичная и передняя зубчатая прикрепляются к лопатке, ключице и плечевой кости и

участвуют в их движениях.

К **глубоким мышцам груди** (аутохтонным) относятся наружные и внутренние межреберные, подреберные, поднимающие ребра, и поперечная мышца груди. Они расположены целиком на груди и осуществляют движения ребер. В осуществлении усиленного вдоха участвуют также диафрагма, лестничные, грудино-ключично-сосцевидная, большая и малая грудные и другие мышцы; при усиленном выдохе – подреберные, поперечная груди, мышцы живота.

Мышцы живота

Область живота ограничена сверху линией, проходящей через основание мечевидного отростка и реберные дуги, внизу – подвздошными гребнями, паховыми складками и впереди – верхними ветвями лобковых костей между лобковыми бугорками, с боков – задними подмышечными линиями. Под диафрагмой расположена брюшная полость, в которой залегают брюшные органы. Передняя боковая стенка брюшной полости образована тремя широкими мышцами живота, их сухожильными растяжениями и прямыми мышцами живота, задняя – поясничным отделом позвоночника, большой поясничной и квадратной мышцей поясницы, нижняя – подвздошными костями, мышцами диафрагмы таза и мочеполовой диафрагмы. Выделяют собственно брюшную полость и полость таза. Стенками последней служат сзади передняя поверхность крестца с грушевидными мышцами, спереди и с боков – тазовые кости с внутренними запирательными мышцами, снизу – диафрагма таза и мочеполовая диафрагма. Брюшная полость выстлана изнутри париетальным листком брюшины, который переходит на внутренности, образуя висцеральный листок (брюшина подробно описана ниже). Непосредственно под брюшиной расположена подбрюшинная фасция, выстилающая всю брюшную полость.

В связи с прямохождением брюшная стенка человека не несет тяжести внутренностей. Она лишена костного скелета, мощные мышцы, образующие брюшную пресс, компенсируют это. Мышцы живота расположены послойно. Различают три группы: **мышцы боковых стенок** (наружная и внутренняя косые, поперечная), **мышцы передней стенки** (прямая, пирамидальная) и **мышцы задней стенки** (квадратная мышца поясницы). Мышцы и фасции боковых и передней стенок живота формируют *брюшную пресс*, предохраняют внутренности, оказывают на

них давление и удерживают в определенном положении, а также участвуют в движениях позвоночного столба и ребер. Мышцы боковых стенок переходят в обширные *апоневрозы*. В результате перекреста волокон апоневрозов с обеих сторон образуется *белая линия живота*, расположенная по его средней линии от мечевидного отростка грудины до лобкового симфиза. Почти на середине ее находится *пупочное кольцо*.

Нижний край *апоневроза наружной косой мышцы живота* перекидывается между верхней передней подвздошной костью и лобковым бугорком, подворачиваясь внутрь в виде желоба. Этот край называется *паховой* (пупартовой) *связкой*. Парный щелевидный паховый канал длиной 4–5 см, расположенный в паховой области, в толще широких мышц живота через переднюю брюшную стенку направлен косо сверху вниз и медиально от *глубокого пахового кольца* к *поверхностному паховому кольцу*. У мужчины в нем проходит семенной канатик, у женщины – круглая связка матки. Паховый канал важен с клинической точки зрения, так как через него выступает мешок брюшины, содержащий участок сальника или петлю кишки, в результате чего образуется *паховая грыжа*.

Диафрагма служит верхней стенкой брюшной полости, диафрагма – главная дыхательная мышца, вместе с мышцами живота она участвует в осуществлении функции брюшного пресса. Диафрагма имеется только у млекопитающих. Диафрагма – тонкая мышца, изогнутая в виде купола, обращенного выпуклой поверхностью в грудную полость. Правая часть купола расположена несколько выше, чем левая. В диафрагме различают три части: *поясничную, реберную и грудинную*. Мышечные пучки, конвергируя вверх, переходят в *сухожильный центр диафрагмы*. Через диафрагму проходят аорта, пищевод, симпатические стволы, вены, нервы и т. д.

Промежность – комплекс тканей, закрывающий выход из малого таза, образованный кожей, подкожной клетчаткой, мышцами и фисциями. Промежность расположена между наружными половыми органами и задним проходом. Промежность имеет форму ромба. Поперечная линия, соединяющая седалищные бугры, разделяет промежность на две треугольные области: передневерхнюю *мочеполовую* и задненижнюю *заднепроходную*. Мышечную основу промежности образуют диафрагма таза и мочеполовая диафрагма.

Диафрагма таза образована мощной парной *мышцей, поднимающей задний проход*. Мышца каждой стороны треугольной формы состоит из множества пучков, начинающихся на внутренней поверхности таза. Обе мышцы спускаются вниз наподобие воронки, окружают конечный отдел

прямой кишки и прикрепляются к копчику. Мышца создает дно полости таза и укрепляет его, а также вплетается в стенку мочевого пузыря, влагалища, поднимает задний проход; у женщин, кроме того, суживает влагалище. В поверхностном слое лежит наружный сфинктер заднего прохода, расположенный под кожей.

В **мочеполовой диафрагме** различают глубокое и поверхностное пространство промежности. В первом находятся парная глубокая поперечная мышца промежности, укрепляющая диафрагму, и сфинктер мочеиспускательного канала, являющийся, по существу, частью предыдущей мышцы. В поверхностном пространстве лежат парная луковично-губчатая мышца, которая окружает у мужчин луковицу полового члена и его губчатое тело, у женщин – наружное отверстие влагалища; седалищно-пещеристая мышца, способствующая эрекции полового члена или клитора; поперечная мышца промежности. Мышцы обеих диафрагм окутаны фасциальными листками, которые являются частью подбрюшинной фасции и называются соответственно фасцией диафрагмы таза и фасцией мочеполовой диафрагмы. Большинство мышц промежности вплетаются в сухожильный центр, который образован пучками плотной волокнистой соединительной ткани.

Мышцы головы

Мышцы головы подразделяются на две группы: мимические и жевательные. Однако следует подчеркнуть, что в ряде случаев они функционируют совместно (членораздельная речь, жевание, глотание, зевота). **Мимические мышцы** располагаются под кожей, в основном радиально или циркулярно вокруг ротового, носового отверстий, глазницы, наружного слухового прохода. Они начинаются от костей или фасций и вплетаются в кожу, осуществляя мимические движения. К мимическим относятся мышцы свода черепа, ушной раковины и окружности глазной и ротовой щелей носовых отверстий.

Жевательные мышцы располагаются на боковых отделах черепа по четыре с каждой стороны, две из них (жевательная и височная) – более поверхностно, две (крыловидные) – в ниже-височной ямке. Все они начинаются на костях лица и прикрепляются к нижней челюсти, приводя ее в движение. Жевательные мышцы человека менее развиты, чем у человекообразных обезьян.

Мышцы верхней конечности

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

Мышцы плечевого пояса со всех сторон окружают плечевой сустав. Поверхностный слой образован дельтовидной мышцей, глубокий – над- и подостной, большой и малой круглыми, подлопаточной и клювовидно-плечевой мышцами. Они осуществляют движения плеча в плечевом суставе. **Мышцы плеча** подразделяются на две группы: передние (двуглавая и плечевая) являются сгибателями предплечья, задние – (трехглавая и локтевая) разгибателями. **Мышцы предплечья** подразделяются на две группы: переднюю и заднюю. К передней относятся семь сгибателей кисти и пальцев: плечелучевая, лучевой и локтевой сгибатели запястья, длинная ладонная (часто отсутствует), поверхностный и глубокий сгибатели пальцев, длинный сгибатель большого пальца; и два пронатора: круглый и квадратный. Сгибатели пальцев осуществляют чрезвычайно тонкие и высокодифференцированные движения кисти и пальцев, которые свойственны лишь человеку разумному.

В заднюю группу входят девять разгибателей кисти и пальцев: длинный и короткий лучевые разгибатели запястья, локтевой разгибатель запястья, разгибатель пальцев, разгибатели мизинца и указательного пальца, длинный и короткий разгибатели большого пальца, длинная мышца, отводящая большой палец, и один супинатор. Все они располагаются в несколько слоев, разгибают кисть и пальцы и вместе со сгибателями осуществляют их движения.

Мышцы кисти. В жизнедеятельности каждого человека кисть в целом, и особенно пальцы, играют важнейшую роль, именно они непосредственно выполняют движения и соприкасаются с предметами. Все эти движения осуществляются мышцами предплечья и кисти. **Мышцы кисти** (18) располагаются только на ладонной поверхности, на тыльной лишь проходят сухожилия разгибателей, лежащих на предплечьи. Мышцы кисти подразделяются на три группы: *мышцы возвышения большого пальца* (короткая отводящая, короткий сгибатель, приводящая и

противопоставляющая большой палец); мышцы *возвышения V пальца* (короткая ладонная, отводящая, короткий сгибатель и противопоставляющая мизинец); *средняя группа* (4 червеобразные, 3 ладонные и 4 тыльные межкостные). Лучше всего развиты мышцы большого пальца, его движения осуществляют 9 мышц.

ВНИМАНИЕ

С помощью специальных упражнений можно добиться необычайной точности и сложности движений пальцев, благодаря этому существуют музыка, живопись, скульптура, ювелирное искусство.

Мышцы нижней конечности

Нижняя конечность человека, являясь органом опоры и передвижения, имеет наиболее мощные мышцы, на долю которых приходится более 50 % всей массы мышц. Согласно делению конечности на сегменты различают мышцы таза и свободной части нижней конечности (бедро, голени и стопы). Из всех мышц нижней конечности у человека наиболее развиты *большая ягодичная мышца* (разгибает бедро и поддерживает тело в вертикальном положении), *четырёхглавая мышца бедра* (разгибает голень и поддерживает тело в вертикальном положении), обе мышцы предотвращают наклон тела вперед, и *камбаловидная мышца*, которая осуществляет подошвенное сгибание стопы, начальные этапы движения.

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

Две прочные связки, натянутые между крестцом и бугром седалищной кости (крестцово-бугорная) и между крестцом и седалищной остью

(крестцово-остистая), вместе с большой седалищной вырезкой ограничивают *большое седалищное отверстие*. Проходящая через него грушевидная мышца делит отверстие на две части, через которые проходят сосуды и нервы. В пространстве между паховой связкой и тазовой костью проходит подвздошно-поясничная мышца (латерально), сосуды и нервы (медиально).

Мышцы бедра развиты очень хорошо в связи с прямохождением. Они не только участвуют в передвижении, но и удерживают тело в вертикальном положении. Мышцы бедра подразделяются на три группы: *передняя (разгибатели голени)* – четырехглавая и портняжная; *задняя (сгибатели голени)* – полусухожильная, полуперепончатая, двуглавая; *медиальная (приводящие)* – гребенчатая, тонкая, длинная, короткая и большая приводящие. В связи с прямохождением сгибание в коленном суставе у человека облегчено, поэтому мышцы-сгибатели развиты слабее, чем разгибатели, а мышца бедра самая мощная.

Мышцы голени также участвуют в прямохождении и удержании тела в вертикальном положении. Подобно предплечью, утолщенные мышечные части лежат в проксимальном отделе, по направлению к стопе они переходят в сухожилия. На голени отсутствуют мышцы-вращатели. **Мышцы голени** подразделяются на три группы: *переднюю*, осуществляющую тыльное сгибание стопы и разгибание пальцев – это передняя большеберцовая, длинный разгибатель пальцев стопы, длинный разгибатель большого пальца стопы, *заднюю*, мышцы которой выполняют подошвенное сгибание стопы и пальцев – трехглавая, подошвенная, подколенная, длинные сгибатели пальцев и большого пальца стопы и задняя большеберцовая мышца и *латеральную*, мышцы которой участвуют в сгибании стопы (короткая и длинная малоберцовые мышцы).

В связи с прямохождением человеку постоянно приходится преодолевать силу тяжести, поэтому большое число мышц осуществляют подошвенное сгибание стопы (8), а малоберцовые мышцы являются сгибателями стопы, чему способствует также развитие наружной лодыжки. На задней поверхности коленного сустава мышцы двуглавая и полуперепончатая (сверху) и обе головки икроножной (снизу) ограничивают подколенную ямку, имеющую форму ромба, в которой проходят сосуды и нервы.

Мышцы стопы. Движения пальцев стопы незначительны. Их осуществляют, помимо мышц голени, *тыльные мышцы стопы* (короткие разгибатели пальцев и большого пальца стопы), и на подошве последние преобладают. *Подошвенные мышцы* укрепляют свод стопы. Они

подразделяются на три группы: *медиальную*, которая осуществляет движения большого пальца (отводящая, приводящая и короткий сгибатель пальцев стопы); *латеральную*, приводящую в движение мизинец (отводящая и короткий сгибатель); *среднюю* (4 червеобразных, короткий сгибатель пальцев, квадратная мышца подошвы, 7 межкостных 3 подошвенные и 4 тыльные). Фасция подошвы резко утолщается и образует подошвенный апоневроз, идущий от пяточного бугра к основаниям пальцев, от которого вглубь идут две перегородки, разделяющие описанные группы мышц.

Функция опорно-двигательного аппарата

Опорно-двигательный аппарат выполняет функции формообразования, опоры и движения. Последнее возможно благодаря способности сокращаться, укорачиваться и развивать мышечное напряжение. Механизм мышечного сокращения описан в разделе «Мышечная ткань» (см. с. 43). Поперечнополосатые мышечные волокна сокращаются под влиянием импульсов, генерируемых мотонейронами передних столбов спинного мозга. Мышцы и иннервирующие их мотонейроны образуют *нервно-мышечный аппарат*. Основная структурно-функциональная единица нервно-мышечного аппарата – один мотонейрон с иннервируемыми им мышечными волокнами (двигательная единица ДЕ) (рис. 32).

В зависимости от ряда морфофизиологических показателей (толщины волокон, содержания в них миоглобина, количества митохондрий, активности окислительных ферментов) различают красные, белые и промежуточные поперечнополосатые мышечные волокна. *Красные волокна* богаты саркоплазмой, миоглобином (миоглобин – железосодержащий белок мышечных клеток, близкий по строению к гемоглобину, который обратимо связывается с белком) и митохондриями, активность окислительных ферментов в них высокая, однако они самые тонкие, количество миофибрилл в них невелико, и они расположены группами. Более толстые *промежуточные волокна* беднее миоглобином и митохондриями. И наконец, самые толстые *белые волокна* содержат меньше всего саркоплазмы, миоглобина и митохондрий, но количество миофибрилл в них больше и располагаются они равномерно, в них ниже активность окислительных ферментов. Структура и функция волокон неравномерно связаны между собой.

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

выносливее человек. Аналогичные отношения и у животных. У длительно летающих птиц, например, в грудных мышцах преобладают красные волокна, в то время как у нелетающих кур белые.

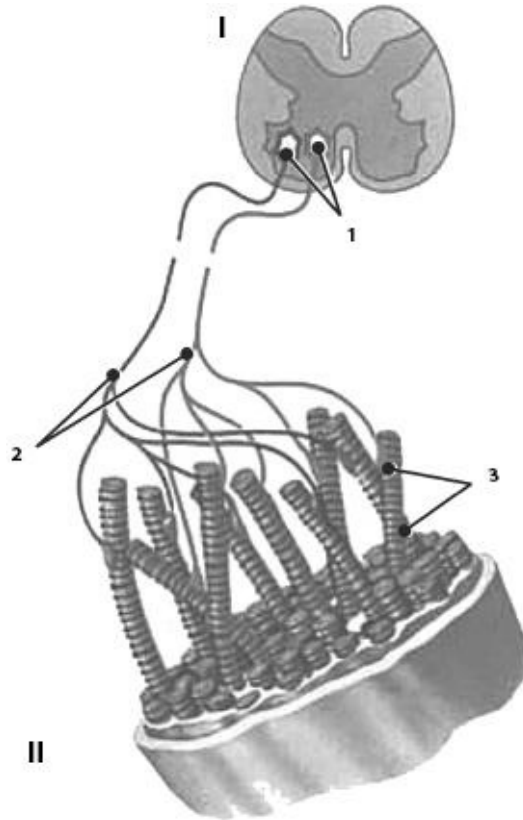


Рис. 32. Строение двигательной единицы (по Коробкову и Чесноковой). I – спинной мозг; II – мышца; 1 – мотонейроны; 2 – двигательные единицы; 3 – мышечные волокна

Работоспособность, работа, утомление и отдых

Работа – это осуществление клеткой, органом, системой органов или организмом свойственных им функций. Человек разумный выполняет, как правило, общественно-полезную работу. Научно-технический прогресс изменил характер работы человека. На смену физическому труду пришел труд умственный. И это накладывает серьезный отпечаток на здоровье человека.

Работоспособность – это способность человека выполнять максимально возможное количество работы на протяжении определенного (заданного) времени и с определенной эффективностью. Работоспособность, подобно работе, подразделяется на умственную и физическую. *Умственная работоспособность* – это способность выполнять определенное количество работы, требующей значительной активации нервно-психической сферы; *физическая работоспособность* – это способность выполнять максимально возможное количество физической работы за счет активации функции опорно-двигательного аппарата. Естественно физическая работоспособность зависит и от состояния нервной системы, иннервирующей опорно-двигательный аппарат.

Выполнение работы требует затрат энергии. Общая потребность в энергии – это сумма основного и рабочего обмена. *Основной обмен* – количество энергии, затрачиваемое организмом в условиях полного покоя для поддержания жизни. У мужчин эта величина в среднем составляет 1 ккал на 1 кг массы тела в 1 ч. (4,2 кДж). У женщин 0,9 ккал (3,8 кДж). Основной обмен у детей обратно пропорционален возрасту: чем ребенок младше, тем выше основной обмен. Это связано с затратой энергии на пластические процессы. Так, например, основной обмен семилетнего ребенка в 2–2,5 раза больше 12-летнего, в 1,3 раза больше, чем взрослого человека (соответственно 1,8, 1,3 и 1 ккал/кг/ч).

Рабочий обмен – это затрата энергии для выполнения внешней работы.

ВНИМАНИЕ

Общая потребность в энергии при умственном труде в сутки равна 2500–3200 ккал (10475–13410 кДж), при механизированном труде или легкой немеханизированной работе – 3200–3500 ккал (13410–14665 кДж), при частично

механизированном труде или немеханизированном труде умеренной тяжести – 3500–4500 ккал (14665–18855 кДж), при тяжелом немеханизированном физическом труде – 4500–5000 ккал (18855–20950 кДж).

Физическая работа связана с деятельностью опорно-двигательного аппарата, основную роль в этом выполняют скелетные мышцы. Если благодаря сокращению мышцы меняется положение части тела, то преодолевается сила сопротивления, т. е. выполняется *преодолевающая работа*. Когда мышцы, сокращаясь, перемещают тело или его части в пространстве, они выполняют преодолевающую или уступающую работу, которая является *динамической*. В основе динамической работы лежат два типа сокращения: изотоническое, при котором мышца укорачивается при постоянной внешней нагрузке, и анизотоническое, или ауксотоническое, при котором мышца укорачивается, развивая напряжение.

Одним из показателей эффективности физической работы является коэффициент полезного действия, КПД, который показывает, какая часть затраченной энергии превращается в энергию, осуществляющую полезную внешнюю работу. КПД организма в целом при различных видах мышечной деятельности варьирует в пределах от 3 до 25 %.

$$\text{КПД (\%)} = \frac{\text{энергия, затрачиваемая на внешнюю работу}}{\text{вырабатываемая энергия}} \times 100$$

При частом повторении одной и той же работы развивается *рабочий динамический стереотип* – система рефлекторных действий, которые формируются при постоянном повторении одних и тех же раздражителей. Рефлекторные реакции становятся автоматическими, поэтому работа энергетически более экономичная и менее утомительная, не требует постоянного внимания и сосредоточения.

Физическая нагрузка вызывает реакцию всех органов и систем. В активно сокращающейся мышце кровотоков увеличивается более чем в 20 раз, усиливается обмен веществ. При умеренной физической нагрузке обмен веществ в мышце осуществляется аэробно, во время тяжелой работы часть энергии освобождается анаэробно. В результате в мышцах образуется и накапливается молочная кислота, которая вызывает мышечное утомление.

При физической работе возрастают частота сердечных сокращений, ударный объем сердца, артериальное давление, потребление организмом

кислорода. Работа, которую человек может выполнять в течение восьми часов без развития признаков мышечного утомления, считается легкой, она ниже предела. Выше него находится область максимальной работоспособности, выполнение такой работы существенно ограничено по времени. Максимальная работоспособность снижается по мере увеличения длительности работы. Тренировка повышает работоспособность человека. Как же определить предел утомительной динамической работы? Одним из важных показателей является частота пульса, которая сохраняется постоянно во время работы, не увеличиваясь в связи с утомлением. У нетренированных людей в возрасте от 20 до 30 лет она не превышает 130 ударов в 1 минуту, менее чем через пять минут после прекращения работы частота пульса становится менее 100.

Восстановление – это процесс постепенного возвращения функций организма к исходному состоянию после прекращения работы. По мере восстановления степень утомления уменьшается, а работоспособность увеличивается. Если человек выполняет работу, лежащую выше пределов его утомления, необходимо периодически отдыхать. *Следует подчеркнуть, что лучше много кратковременных перерывов для отдыха, чем один-два длинных.*

Утомление – это физиологическое состояние человека, наступающее из-за напряженной или длительной работы, которое выражается во временном снижении работоспособности. Различают мышечное (физическое) и центральное (нервно-психическое) утомление. При тяжелой работе они сочетаются. *Мышечное утомление* характеризуется уменьшением силы и выносливости мышц, нарушением координации движений, увеличением энергозатрат для выполнения одной и той же работы, нарушением памяти, скорости переработки информации, сосредоточения и т. д. Утомление субъективно ощущается человеком в виде *усталости*, которая вызывает желание прекратить работу или уменьшить нагрузки. Утомление при тяжелой физической работе связано с накоплением в мышечных волокнах некоторых продуктов обмена (например, молочной кислоты). Отдых, особенно активный, приводит к восстановлению работоспособности мышцы. Это связано с удалением молочной кислоты и возобновлением запасов энергии в мышце.

Нервно-психическое (центральное) утомление вызвано длительной напряженной умственной работой, однообразной монотонной работой, шумом, плохими условиями труда, эмоциональными факторами, заболеваниями. Если же, несмотря на утомление, работа продолжается, возникает **истощение**. Тяжелые физические и нервно-психические

нагрузки вызывают стресс (вернее, дистресс). Различают острое и хроническое истощение. Первое представляет собой резкое снижение работоспособности во время тяжелой работы, второе возникает вследствие длительной напряженной или слишком часто повторяемой тяжелой работы. Острое и хроническое истощение часто возникает у профессиональных спортсменов, при спортивных соревнованиях и тренировках.

Отдых – это состояние покоя или особый, специально организованный вид деятельности, который снимает утомление и способствует восстановлению работоспособности. И.М. Сеченов установил, что работа одних групп мышц конечностей способствует устранению утомления других мышечных групп, вызванной их работой. Это положение легло в основу определения двух типов отдыха: активного и пассивного.

Активный отдых – это отдых, во время которого человек выполняет другой вид работы, отличный от обычного выполняемого труда. Восстановление при активном отдыхе происходит быстрее и эффективнее, чем при *пассивном*, когда организм находится в условиях относительного покоя. Так, например, интенсивную умственную деятельность следует сменить физической активностью. И, наоборот, интенсивную физическую умственной.

Режим дня. Древнегреческое слово «диета» (diaita) означает «образ жизни, режим». Это уже позже под диетой стали понимать характер питания. Режим важен для человека любого возраста. Перефразируя Пушкина, можно сказать: «Режиму все возрасты покорны». Особенно это касается фундамента жизни детского, подросткового и юношеского возрастов. Правильный режим дня школьника включает продолжительность учебного времени в школе и дома, сон, отдых, прогулки, занятия физической культурой, режим питания (регулярное питание способствует хорошему аппетиту). Очень важен сон, причем человек должен ложиться спать в одно и то же время, тогда он быстро засыпает и спокойно спит. Продолжительность сна меняется с возрастом: в 7–8 лет – 11–11,5 ч, в 9–10 лет – 10–10,5, в 11–12 лет – 10 ч, в 13–15 лет – 9–9,5 ч, в 16–18 лет – 8–8,5 ч. Взрослому человеку необходимо спать 7,5–8 ч.

Работа и отдых должны чередоваться. Еще в XIX в. великий отечественный физиолог И.М. Сеченов доказал, что отдых должен быть активным. Для полноценного восстановления необходим активный отдых. Особенно эффективно чередование физического и умственного труда.

Пять основных условий успешного высокопроизводительного труда:

- 1) усилия следует увеличивать постепенно;
- 2) следует соблюдать правильный ритм работы;
- 3) работа должна быть системной;
- 4) труд необходимо чередовать с активным отдыхом;
- 5) труд должен быть постоянным, ежедневным. Только в этом случае вырабатываются и закрепляются навыки. (Н.Е. Введенский.)

Режим учебных заведений должен строиться с учетом анатомо-физиологических особенностей детей соответствующих возрастных групп. Однако есть и несколько общих требований:

- не следует начинать занятия ранее 8 ч (в первом классе – не ранее 8:30);
- длительность урока не должна превышать 45 мин (в первом классе – 35 мин.);
- после каждого урока следует делать десятиминутные перерывы, а во второй половине учебного дня целесообразно делать два перерыва по 20 мин. каждый. В группах «продленного дня» после окончания последнего урока необходим перерыв не менее 45 мин.

Физическая активность

Великий врач древности Гиппократ назвал движение «пищей для жизни», а Плутарх – «кладовой здоровья». Для сохранения и укрепления здоровья мышцы должны систематически работать.

Гиподинамия – одна из бед XX века во всем мире, особенно в нашей стране. Около 70 % населения России не занимается физкультурой. Хронический дефицит двигательной активности детей тормозит их нормальное физическое развитие. *Физическая нагрузка* – это величина и интенсивность всей производимой человеком мышечной работы связанной со всеми видами деятельности. Функция всех аппаратов и систем организма взаимосвязана и зависит от состояния двигательного аппарата. Организм функционирует оптимально только при условии высокой физической активности. Двигательная активность является наиболее естественным способом улучшения вегетативных функций человека, обмена веществ. При низкой двигательной активности снижается сопротивляемость организма к разнообразным стрессовым воздействиям, уменьшаются функциональные резервы различных систем, ограничиваются рабочие возможности организма. Работа сердца становится менее экономной, ограничиваются его потенциальные резервы, угнетается функция желез внутренней секреции и в первую очередь половых желез. Резко страдает сексуальность человека.

При высокой физической активности все органы и системы работают весьма экономично, адаптационные резервы велики, сопротивляемость организма к неблагоприятным условиям высокая. Чем больше привычная физическая активность, тем больше масса мышц и выше максимальная способность к поглощению кислорода и меньше масса жировой ткани. Чем выше максимальное поглощение кислорода, тем интенсивнее снабжение им органов и тканей и уровень обмена веществ. В любом возрасте средний уровень максимального поглощения кислорода на 10–20 % выше у лиц, ведущих активный образ жизни, чем у занятых умственной («сидячей») работой.

Из всех видов физической активности человеку (особенно незанятому физическим трудом) необходима такая нагрузка, при которой увеличивается снабжение организма кислородом и его потребление (аэробная нагрузка). *Наиболее эффективны (аэробические) пять видов физической активности – это ходьба, бег, плавание, езда на велосипеде и*

лыжи. Аэробные упражнения требуют большого количества кислорода.

Внутренние органы

Вполостях тела человека расположены внутренние органы: пищеварительная, дыхательная мочевая и половые. Последние две объединены в мочеполовой аппарат, а также эндокринные железы, сердечно-сосудистая и лимфоидная системы.

Большинство органов этих систем имеют трубчатое строение и сформированы по единому плану. Стенки трубчатых органов на всем протяжении состоят из четырех слоев (рис. 33): слизистой оболочки, подслизистой основы, мышечной оболочки и наружной оболочки, представленной серозной либо адвентициальной оболочкой. Самый внутренний из них – **слизистая оболочка** – играющая важнейшую роль в осуществлении функции органов, увлажнена слизью, которая вырабатывается одноклеточными или многоклеточными железами, в изобилии имеющимися на протяжении всех трубчатых органов.

Подслизистая основа образована рыхлой волокнистой неоформленной соединительной тканью, в которой располагаются скопления лимфоидной ткани, подслизистое нервное сплетение (Мейснера), сосудистые сплетения. Благодаря этому слою слизистая оболочка подвижна, в ней образуются складки.

Мышечная оболочка чаще всего состоит из двух слоев внутреннего кругового и наружного продольного, разделенных прослойкой рыхлой волокнистой неоформленной соединительной ткани, в которой расположены межмышечное нервное сплетение (Ауэрбаха) и сосуды. На большей части пищеварительной трубки и др. трубчатых органов мышцы гладкие, лишь в передней глотке, верхней трети пищевода поперечнополосатые.

Наружная адвентициальная оболочка образована рыхлой волокнистой соединительной тканью, которая покрывает внутренние органы. Серозная оболочка (висцеральные листки брюшины или плевры) окутывает большую часть органов пищеварительной системы (например, желудок, кишечник, кроме части прямой кишки) и легкие.

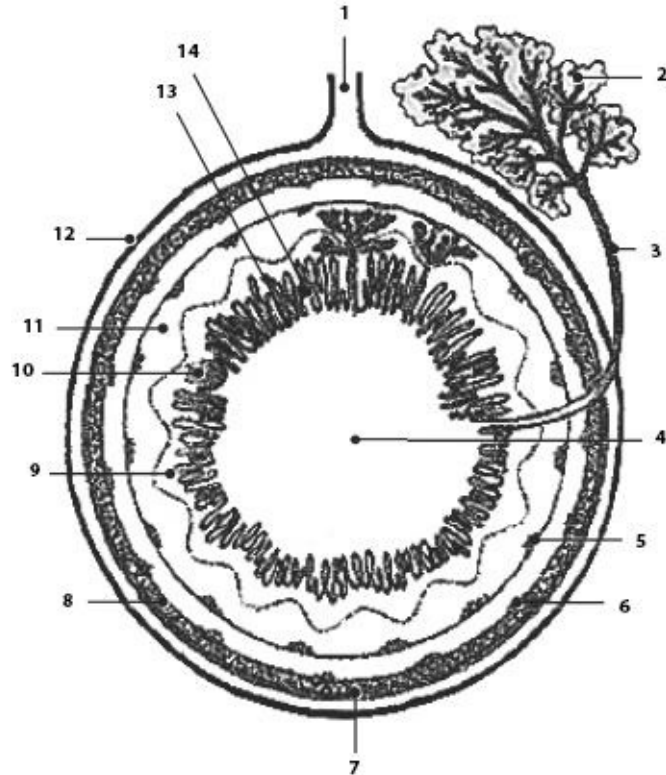


Рис. 33. Строение пищеварительной трубки (поперечное сечение). 1 – брыжейка; 2 – сложная железа; 3 – проток железы; 4 – просвет органа; 5 – подслизистое нервное сплетение (Мейснера); 6 – мышечно-кишечное нервное сплетение (Ауэрбаха); 7 – продольный слой мышечной оболочки; 8 – круговой слой мышечной оболочки; 9 – собственная пластинка слизистой оболочки; 10 – одиночный лимфатический фолликул; 11 – подслизистая основа; 12 – серозная оболочка; 13 – слизистая оболочка; 14 – складки слизистой оболочки

На всем протяжении внутренние органы обильно снабжены железами, которые вырабатывают слизь, защищающую слизистую оболочку от травм и действия ферментов. Слизистая оболочка также снабжена огромным количеством желез.

Пищеварительная система

Пищеварительная система осуществляет механическую и химическую обработку пищи, расщепление пищевых веществ до мономеров, всасывание переработанных и выделение непереработанных ингредиентов. Пищеварительная система состоит из пищеварительной трубки, длина которой у взрослого человека достигает 8–10 м, и ряда расположенных вне ее стенки крупных желез (рис. 34). Расстояние от рта до заднепроходного отверстия (по прямой) всего лишь около 70–90 см. Трубка образует множество изгибов, петель.

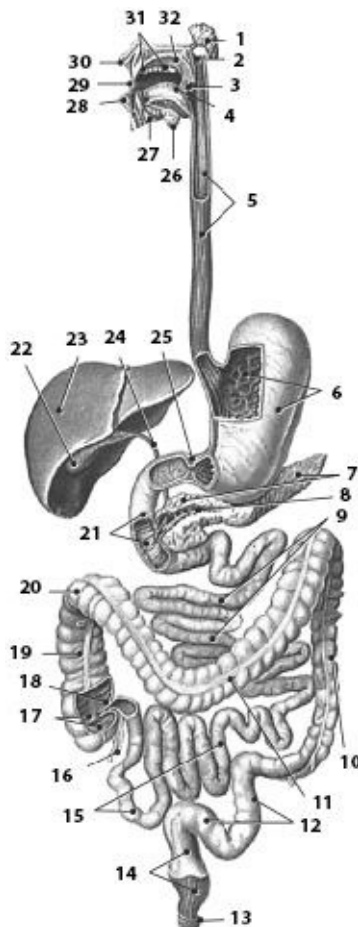


Рис. 34. Строение пищеварительной системы. 1 – околоушная (слюнная) железа; 2 – мягкое небо; 3 – глотка; 4 – язык; 5 – пищевод; 6 – желудок; 7 – поджелудочная железа; 8 – проток поджелудочной железы; 9 – тощая кишка; 10 – нисходящая ободочная кишка; 11 – поперечная ободочная кишка; 12 – сигмовидная ободочная кишка; 13 – наружный сфинктер

заднего прохода; 14 – прямая кишка; 15 – подвздошная кишка; 16 – червеобразный отросток (аппендикс); 17 – слепая кишка; 18 – подвздошно-слепокишечный клапан; 19 – восходящая ободочная кишка; 20 – правый (печеночный) изгиб ободочной кишки; 21 – двенадцатиперстная кишка; 22 – желчный пузырь; 23 – печень; 24 – общий желчный проток; 25 – сфинктер привратника желудка; 26 – поднижнечелюстная (слюнная) железа; 27 – подъязычная (слюнная) железа; 28 – нижняя губа; 29 – полость рта; 30 – верхняя губа; 31 – зубы верхней челюсти; 32 – твердое небо

Ротовая полость, глотка, пищевод, расположенные в области головы, шеи и груди, имеют относительно прямое направление. В глотке происходит перекрест пищеварительных и дыхательных путей. В брюшной полости пищеварительная трубка резко расширяется, образуя желудок. Функции переднего отдела – введение, пережевывание, частичная обработка и передвижение пищи. В среднем отделе тонкая кишка пища подвергается химической обработке (в результате чего образуются простые соединения) и всасыванию в кровь и лимфу. Задний отдел – это толстая кишка, в которой формируются каловые массы, непереваренные и непригодные к всасыванию вещества удаляются наружу, интенсивно всасывается вода, происходит частичное переваривание клетчатки (с участием бактерий). Толстая кишка обладает и выделительной функцией.

В эпителии желудочно-кишечного тракта на всем его протяжении разбросаны желудочно-кишечные эндокриноциты, объединяющиеся в гастро-энтеро-панкреатическую эндокринную систему, которая вырабатывает гормоны и другие биологически активные вещества.

Полость рта

Полость рта подразделяется на два отдела: преддверие рта и собственно полость рта. **Преддверие рта** ограничено губами и щеками снаружи, зубами и деснами изнутри. Посредством ротового отверстия преддверие рта открывается наружу. У человека движения рта связаны с членораздельной речью. Ротовая щель человека узкая, ограничена губами, представляющими собой волокна круговой мышцы рта, покрытые снаружи кожей, выстланные изнутри слизистой оболочкой. Одним из отличительных признаков верхней губы человека является желобок, расположенный посередине, *фильтр*.

Щеки человека хорошо развиты, в их стенках находится щечная мышца

(мышца трубачей). Слизистая оболочка сращена с альвеолярными дугами челюстей, образуя *десны*, покрывающие шейки зубов и тем самым охраняющие их. В преддверии рта открываются множество мелких желез, а также протоки околоушных желез. Верхнюю стенку, или крышу **собственно полости рта**, образует *небо*, которое разделяется на *твердое* и *мягкое*. Первое описано в разделе «Череп» (см. с. 30). Задний отдел – *небная занавеска* – заканчивается удлинённым *язычком*. Небная занавеска переходит по бокам в две пары дужек (задняя *небно-глоточная дужка*, передняя *небно-язычная дужка*), между которыми располагается небная миндалина. Дном полости рта является *диафрагма рта*, образованная парной челюстно-подъязычной мышцей. Полость рта сообщается с полостью глотки через *зев*, ограниченный мягким небом, небными складками и корнем языка.

Переходя на нижнюю поверхность языка, слизистая оболочка образует уздечку языка, по обе стороны от которой на вершине подъязычных сосочков открываются *протоки подъязычных слюнных желез*. На уздечке против нижнего второго резца с обеих сторон находятся *отверстия протоков поднижнечелюстных желез*.

У новорожденных и детей первых трех месяцев жизни полость рта чрезвычайно мала, а костное небо широкое и уплотненное. У детей щеки выпуклые за счет жирового тела, которое с возрастом сплющивается и отодвигается назад.

Язык

Язык образован поперечнополосатыми мышцами, покрытыми слизистой оболочкой. Он выполняет множество разнообразных функций: это участие в процессе жевания, артикуляции; язык является органом вкуса.

Чрезвычайно важна роль языка при сосании молока матери новорожденными и грудными детьми. Губы ребенка захватывают сосок, фиксируя его, мягкое небо закрывает зев, язык действует как поршень, отодвигаясь назад, он создает отрицательное давление вместе с опускающейся нижней челюстью, затем челюсть поднимается, а альвеолярные дуги сдавливают сосок. Молоко заглатывается. В связи с описанной функцией – язык новорожденного и грудного ребенка относительно большой, толстый, широкий и занимает всю полость рта, в то же время он малоподвижен.

Язык имеет удлиненную овальную форму, справа и слева он ограничен *краями*, которые впереди переходят в *верхушку*, а кзади – в *корень*. Между верхушкой и корнем расположено *тело языка*. Верхняя поверхность *спинки языка* выпуклая, значительно длиннее, чем нижняя (рис. 35 А, Б). Слизистая оболочка языка покрыта многослойным плоским неороговевающим эпителием. Слизистая оболочка спинки и краев языка лишена подслизистой основы и непосредственно сращена с мышцами. Передний отдел спинки языка усеян множеством сосочков, являющихся выростами собственной пластинки слизистой оболочки, покрытых эпителием.

У человека четыре вида *сосочков*: нитевидные, грибовидные, желобоватые (окруженные валом) и листовидные. Больше всего на языке *нитевидных сосочков*, которые расположены параллельными рядами в поперечном направлении, они-то и придают языку бархатистый вид. Это высокие, узкие выросты слизистой оболочки длиной 0,3 мм. Нитевидные сосочки имеют специализированные нервные окончания, которые воспринимают ощущения прикосновения. Количество *грибовидных сосочков* меньше, они расположены на верхней поверхности, их несколько больше на кончике и по краям языка, эти закругленные сосочки выступают над поверхностью языка, длина их 0,7–0,8 мм, диаметр 0,4–1,0 мм, основание сужено, по форме своей сосочки напоминают гриб. Желобовидные сосочки (их 7–12), диаметром 2–3 мм образуют фигуру в виде римской цифры V, на границе между спинкой и корнем языка, обращенной назад острием по форме они напоминают грибовидные, однако верхняя поверхность их уплощена, а вокруг сосочка идет узкий глубокий желобок, заполненный жидкостью, в него открываются протоки желез. Желобок снаружи обнесен валиком слизистой оболочки. На поверхности грибовидных и боковых поверхностях желобовидных сосочков в толще эпителия располагаются *вкусовые почки* комплекс специализированных рецепторных вкусовых клеток (они будут описаны в разделе «Орган вкуса», см. с. 314). Листовидные сосочки расположены по краям языка в виде поперечно-вертикальных складок или листиков, по 4–5 с каждой стороны, длиной 2–5 мм; они хорошо развиты у новорожденных и грудных детей. На листовидных сосочках огромное количество вкусовых почек; у взрослых листовидные сосочки редуцируются. На слизистой оболочке корня языка сосочков нет.

Мышцы языка подразделяются на две группы: *наружные*, начинающиеся на костях и заканчивающиеся в толще языка, которые осуществляют движения языка и сохраняют его тонус; *собственные*

мышцы языка, не связанные с костями. Собственные мышцы языка состоят из пучков продольных, поперечных и вертикальных волокон, переплетающихся между собой и с наружными мышцами. Изменения формы языка происходят благодаря сокращениям этих мышц.

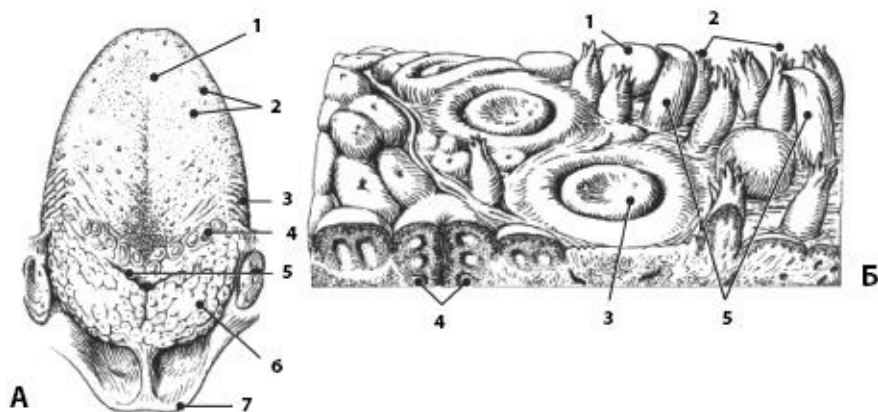


Рис. 35. Схема строения языка. А: 1 – срединная бороздка языка; 2 – грибовидные сосочки; 3 – листовидные сосочки; 4 – желобовые сосочки; 5 – пограничная бороздка; 6 – язычная миндалина; 7 – надгортанник; Б: 1 – грибовидные сосочки; 2 – нитевидные сосочки; 3 – желобовые сосочки; 4 – лимфоидные узелки; 5 – конические сосочки

Зубы

У большинства млекопитающих, в том числе и человека, последовательно сменяются два типа зубов: молочные и постоянные. Будучи весьма прочными, зубы сохраняются в течение сотен тысяч лет, что играет важную роль для палеонтологии и антропологии. Форма зубов и их функция тесно связаны между собой. У человека различают три формы зубов: резцы (служат для захватывания и откусывания пищи и развиты, главным образом, у грызунов), клыки (дробят, разрывают пищу, у человека они развиты относительно слабо, хорошо у хищных животных и обезьян), коренные (растирают, перемалывают пищу, особенно развиты у травоядных) животных. Кроме указанных функций, у человека зубы участвуют в членораздельной речи, придавая своеобразную «окраску» отдельным звукам.

Зубы укреплены в *зубных альвеолах* челюстей. У взрослого человека 32 постоянных, у ребенка 20 молочных зубов (рис. 36). Каждый зуб состоит из трех частей. *Коронка* – это более массивный отдел зуба, выступающий

над уровнем входа в альвеолу, несколько суженная *шейка* находится на границе между корнем и коронкой, в этом месте с зубом соприкасается слизистая оболочка десен. Каждый зуб имеет один, два или три корня. *Корень* расположен в зубной альвеоле, он заканчивается *верхушкой*, на которой расположено маленькое *отверстие*. Через него в зуб входят сосуды и нервы. Внутри зуба имеется полость, выполненная пульпой зуба, богатой сосудами и нервами. Корни зубов плотно срастаются с поверхностью зубных ячеек посредством *периодонта* пучков соединительнотканых волокон, которые проникают с одной стороны в кость альвеолы, с другой – в цемент корня зуба.

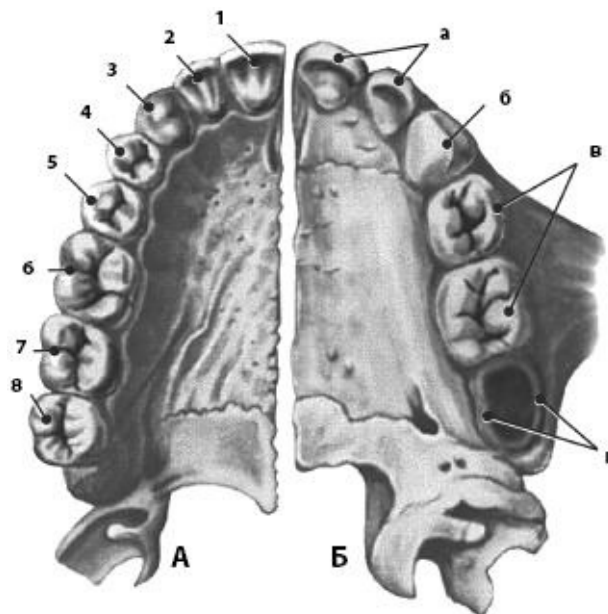


Рис. 36. Зубы верхней челюсти. А, постоянные зубы: 1 – медиальный резец; 2 – латеральный резец; 3 – клык; 4 – первый малый коренной зуб; 5 – второй малый коренной зуб; 6 – первый большой коренной зуб; 7 – второй большой коренной зуб; 8 – третий большой коренной зуб. Б, молочные (сменные) зубы ребенка 4 лет: а – резцы; б – клык; в – коренные зубы; г – альвеола III постоянного зуба

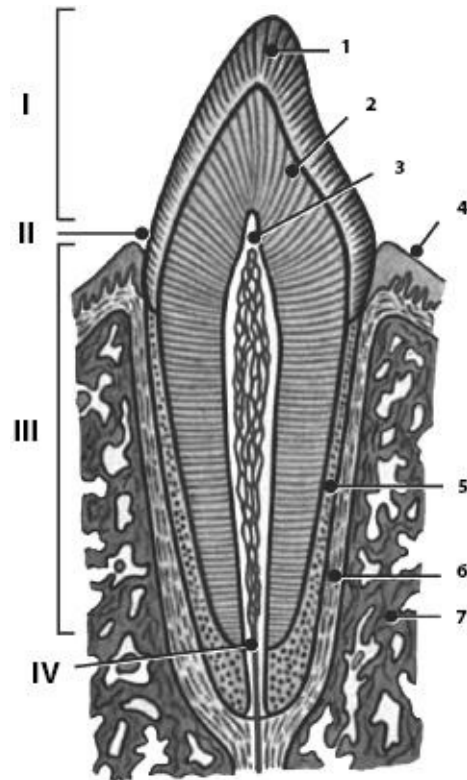


Рис. 37. Строение зуба. 1 – эмаль; 2 – дентин; 3 – пульпа зуба; 4 – десна; 5 – цемент; 6 – периодонт; 7 – кость; I – коронка зуба; II – шейка зуба; III – корень зуба; IV – канал корня зуба

Зуб построен главным образом из дентина, который в области корня покрыт цементом, а в области коронки – эмалью (рис. 37). Эмаль состоит в основном из неорганических солей (96–97 %), преобладают фосфорнокислый и углекислый кальций, около 4 % фтористого кальция. В дентине около 28 % органических веществ (преимущественно коллаген) и 72 % неорганических (фосфорнокислый кальций, магний, примесь фтористого кальция). В составе цемента около 30 % органических и 70 % неорганических веществ (преимущественно фосфорнокислый и углекислый кальций).

Число зубов принято обозначать зубной формулой, которая представляет собой дробь, в числителе которой, количество зубов на верхней челюсти, а в знаменателе, соответственно – на нижней. Группы цифр обозначают количество зубов на каждой половине верхней и нижней челюстей. У взрослого человека 2 резца, 1 клык, 2 премоляра (малых коренных) и 3 моляра (больших коренных); счет идет по вертикальной линии направо и налево. Групповая зубная формула взрослого человека имеет следующий вид:

3.2.1.2. 2.1.2.3
3.2.1.2. 2.1.2.3

Прорезывание молочных зубов начинается на 6–7-м месяце жизни ребенка и заканчивается к 3 годам. Групповая зубная формула их такова:

2.0.1.2. 2.1.0.2
2.0.1.2. 2.1.0.2

С 6–7 лет начинается смена молочных зубов постоянными. Раньше всего прорезываются нижние первый большой коренной зуб и внутренний резец. Сроки прорезывания молочных и постоянных зубов представлены в табл. 7.

Таблица 7

Средние сроки прорезывания зубов

Зуб	Молочные зубы	Постоянные зубы
Внутренний резец	6–8 мес.	7–7 1/2 л
Наружный резец	7–9 мес.	8–8 1/2 л
Клык	15–20 мес.	11–11 1/2 л
Первый малый коренной	–	10–10 1/2 л
Второй малый коренной	–	11–11 1/2 л
Первый большой коренной	12–15 мес.	7–7 1/2 л
Второй большой коренной	20–24 мес.	12–12 1/2 л
Третий большой коренной	–	18–25 лет и позднее

Железы рта

Множество мелких желез расположено в слизистой оболочке подслизистой основы, толще мышц, а также между слизистой оболочкой и надкостницей твердого неба. В ротовую полость открываются протоки трех пар больших слюнных желез: околоушных, поднижнечелюстных и подъязычных.

Наличие крупных слюнных желез характерно только для млекопитающих и человека. Основная функция слюны – смачивание и частичная переработка пищи. У человека и других приматов слюна богата

амилазой. У птиц, например, ротовые железы почти отсутствуют.

Слюнные железы – это сложные альвеолярно-трубчатые или альвеолярные железы. В зависимости от характера выделяемого секрета различают: железы, выделяющие белковый секрет (серозные) – околоушные железы, железы языка, расположенные в области желобовидных сосочков; выделяющие слизь (слизистые) небные и задние язычные; выделяющие смешанный секрет (серозно-слизистые) губные, щечные, передние язычные, подъязычные, поднижнечелюстные.

Околоушная железа – самая большая (масса ее 20–30 г), расположена на боковой поверхности лица спереди и ниже ушной раковины. Выводной *околоушной проток* (Стеннонов) открывается в преддверии рта на вершине сосочка, расположенного на уровне второго верхнего большого коренного зуба.

Поднижнечелюстная железа (масса 13–16 г) располагается в поднижнечелюстном треугольнике поверхностно, ее выводной *проток* (Вартонов) открывается на сосочке сбоку от уздечки языка.

Подъязычная железа (самая маленькая масса – около 5 г) узкая, удлиненная, расположена на верхней поверхности диафрагмы рта. Железа имеет главный *большой подъязычный проток*, открывающийся одним общим отверстием с протоком поднижнечелюстной железы или рядом с ним, и несколько *малых протоков*. Слюнные железы выделяют слюну, состоящую преимущественно из воды (до 99,5 %), солей, ферментов (амилазы и глюкозидазы), а также бактерицидного вещества лизоцима.

ВНИМАНИЕ

У новорожденных детей слюнные железы развиты слабо, их быстрый рост происходит в период от 4 мес. до 2 лет.

Глотка

Глотка представляет собой воронкообразный канал длиной 11–12 см, обращенный кверху своим широким концом и сплюснутый в передне-заднем направлении. Верхняя стенка глотки сращена с основанием черепа; на границе между VI и VII шейными позвонками она, суживаясь, переходит в пищевод. У взрослого человека глотка вдвое длиннее ротовой полости, у новорожденного приблизительно равна ей. Функция глотки разносторонняя и далеко не ограничивается передвижением пищи изо рта в пищевод. В глотке человека происходит перекрест дыхательного и пищеварительного путей. На уровне хоан на боковых стенках глотки с

обеих сторон расположены глоточные отверстия слуховой (Евстахиевой) трубы, которая соединяет глотку с полостью среднего уха и способствует сохранению в нем постоянной величины атмосферного давления.

В полости глотки различают три части: верхнюю *носовую*, среднюю *ротовую* и нижнюю *гортанную* (рис. 38). Поперечнополосатые мышцы глотки располагаются в двух направлениях: продольном (подниматели) и поперечном, циркулярном (сжиматели констрикторы). При глотании продольные мышцы поднимают глотку, а циркулярные сокращаются сверху вниз, тем самым продвигая пищу в направлении к пищеводу. В акте глотания участвует также небная занавеска и мышцы языка. При глотании мягкое небо обособляет носоглотку, гортань поднимается, надгортанник опускается и прикрывает вход в нее, язык отодвигается назад, пища поступает в пищевод.

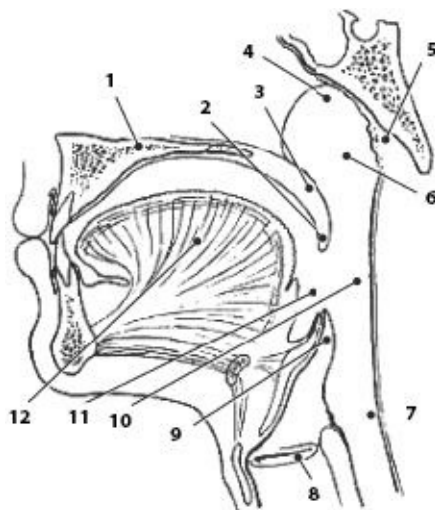


Рис. 38. Строение глотки, схема. 1 – твердое небо; 2 – небный язычок; 3 – мягкое небо (небная занавеска); 4 – свод глотки; 5 – глоточная (аденоидная) миндалина; 6 – носовая часть глотки; 7 – гортанная часть глотки; 8 – голосовая щель; 9 – надгортанник; 10 – ротовая часть глотки; 11 – зев; 12 – язык

В полости глотки имеется важный защитный аппарат – *глоточное лимфоидное кольцо*, названное по имени Н.И. Пирогова, который впервые обратил на него внимание. К нему относятся небные, язычная, глоточная и трубные миндалины.

Пищевод

Пищевод человека – цилиндрическая трубка длиной 22–30 см, сплюснутая спереди назад, которая в спокойном состоянии имеет щелевидный просвет. Пищевод начинается на уровне границы между VI и VII шейными позвонками и оканчивается на уровне XI грудного, у новорожденного начало пищевода на уровне III–V, у стариков VII шейного I грудного позвонков. В пищеводе различают три части: шейную, грудную и брюшную (рис. 39). Через пищеводное отверстие диафрагмы пищевод проходит в брюшную полость вместе с блуждающими нервами. Пищевод окружен рыхлой волокнистой неоформленной соединительной тканью, что обуславливает его подвижность.

Мышечная оболочка верхней трети пищевода образована поперечнополосатыми мышечными волокнами, в среднем они постепенно замещаются гладкими, в нижней полностью состоят из гладких мышечных волокон. Мышечная оболочка обуславливает как движения пищевода, так и его постоянный тонус. Мышечные волокна располагаются в два слоя: внутренний кольцевой и наружный продольный. Такое расположение сохраняется на всем протяжении пищеварительной трубки.

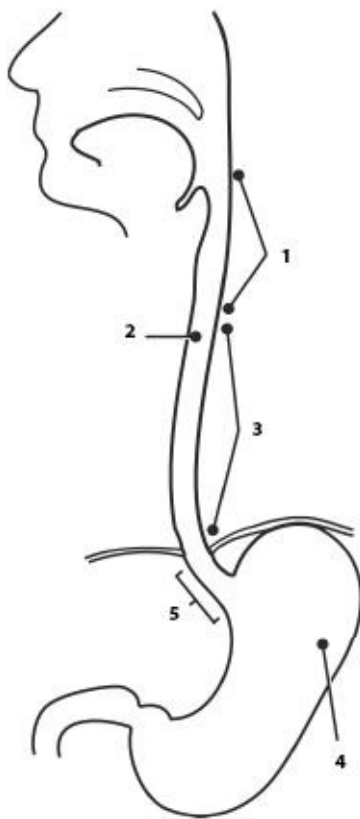


Рис. 39. Пищевод и желудок, схема. 1 – шейная часть; 2 – грудная часть; 3 – брюшная часть; 4 – тело желудка; 5 – кардиальный отдел желудка

Желудок

Однокамерный желудок человека выполняет ряд функций: он служит резервуаром для проглоченной пищи, перемешивает и передвигает ее и, что самое важное, благодаря выделению желудочного сока (в состав которого входят пепсин, ренин, липаза, соляная кислота и слизь) осуществляет химическую переработку пищи. Кроме того, желудок выполняет экскреторную, эндокринную и всасывательную функции (всасываются сахара, спирт, вода, соли), в стенке желудка образуется внутренний антианемический фактор, который способствует поглощению поступающего с пищей витамина В₁₂.

Форма желудка человека напоминает реторту или грушу (см. рис. 39), однако она постоянно изменяется в зависимости от количества съеденной пищи, положения тела и т. д. Вход в желудок – кардиальная часть, слева от нее желудок расширяется, образуя дно, которое переходит в тело. Левый выпуклый край желудка формирует большую кривизну, правый, вогнутый, – малую кривизну. Выход из желудка называется привратником (пилорус), он снабжен кольцевой мышцей, сфинктером. Суженная часть желудка, примыкающая к привратнику, называется пилорической (рис. 40). У новорожденного желудок имеет веретенообразную форму, у детей дно слабо выражено.

Емкость желудка взрослого человека варьирует в зависимости от принятой пищи и жидкости от 1,5 до 4 л. Желудок располагается в левом подреберье и эпигастральной области. Складчатая слизистая оболочка покрыта однослойным цилиндрическим железистым, выделяющим слизь, которая выполняет защитную функцию. Слизь располагается в виде нескольких слоев, лежащих один на другом.

Желудочные железы простые, трубчатые, неразветвленные. Различают три группы желез: преобладают собственные (фундальные), у человека их около 35 млн, длина каждой около 0,65 мм, диаметр – 30–50 мкм; пилорические (около 3,5 млн) и кардиальные. Железы залегают в собственной пластинке слизистой оболочки почти вплотную друг к другу, между ними имеются лишь тонкие прослойки соединительной ткани. В собственных железах выделяют четыре типа клеток: главные вырабатывают пепсиноген и ренин (сычужный фермент); париетальные (обкладочные) вырабатывают соляную кислоту и внутренний

антианемический фактор; *слизистые* (добавочные и шеечные) вырабатывают слизистый секрет; *эндокринные* вырабатывают серотонин, эндорфин и другие биологически активные вещества. В **пилорических железах** имеется большое количество эндокринных клеток, вырабатывающих серотонин, эндорфин, соматостатин, гастрин (последний стимулирует секрецию соляной кислоты париетальными клетками) и другие биологически активные вещества. Клетки кардиальных желез аналогичны пилорическим.

Железы желудка вырабатывают до 2 л желудочного сока в сутки. Чистый желудочный сок – это бесцветная жидкость, имеющая кислую реакцию рН 1–1,5) благодаря высокому содержанию соляной кислоты. В желудочном соке содержится 99–99,5 % воды; ферменты пепсин и лизоцим, слизь. У здорового человека желудок стерильный, в нем нет микроорганизмов.

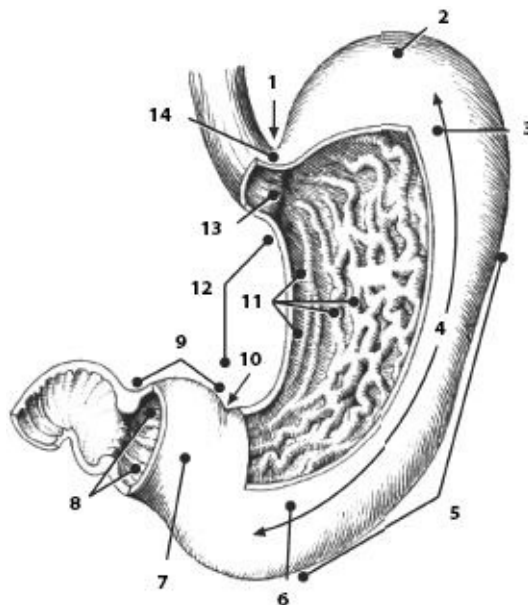


Рис. 40. Желудок (вскрыта его передняя стенка). 1 – кардиальная вырезка; 2 – дно желудка; 3 – передняя стенка; 4 – тело желудка; 5 – большая кривизна желудка; 6 – желудок; 7 – привратниковая пещера; 8 – канал привратника; 9 – привратниковая (пилорическая) часть; 10 – угловая вырезка; 11 – канал желудка; 12 – малая кривизна желудка; 13 – кардиальное отверстие; 14 – кардиальная часть

Желудок растет очень быстрыми темпами. Так, если масса внутренних органов увеличивается от рождения до полового созревания примерно в 12 раз, тело в целом в 20 и более раз, то желудок – в 24 раза. Поверхность

слизистой оболочки желудка у новорожденного составляет в среднем 40–50 см². Темп роста слизистой ускорен, в 4-месячном возрасте она достигает 138 см², в 3 года превосходит почти в 6 раз начальную поверхность, в 15 лет – в 12,5 раз; у взрослого она достигает 750 см². Объем желудка новорожденного составляет 30–35 см³, через две недели – уже 90 см³, в 3 года – 575–680 см³, у взрослого он равен 1200–1600 см³, т. е. превосходит в 50 раз первоначальную величину. Желудочные ямки развиты слабо, у новорожденного количество их достигает 200 тыс., у взрослого – более 4 млн. Желудочные железы у новорожденного также развиты слабо, количество их составляет 120–123 на 1 мм² (у взрослого 260–270 на 1 мм²), всего около 500 000. Их количество быстро увеличивается. В двухмесячном возрасте их насчитывается около 1,8 млн, в двухлетнем – 8 млн, в шестилетнем – 10 млн, в 15-летнем – 18 млн, а у взрослого – около 40 млн.

Тонкая кишка

Тонкая кишка начинается от привратника желудка на уровне границы тел XII грудного и I поясничного позвонков и подразделяется на двенадцатиперстную, тощую и подвздошную кишки (см. рис. 34); тонкая кишка образует петли. Длина тонкой кишки взрослого человека достигает 5–6 м, наиболее короткая и широкая двенадцатиперстная кишка, ее длина не превышает 25–30 см; около 2/3 длины кишки (2–2,5 м) занимает тощая и около 3/5 (2,5–3,5 м) подвздошная кишка. Диаметр тонкой кишки не превышает 5 см, а ее толщина прогрессивно уменьшается по ходу тонкой кишки. В тонкой кишке продолжается химическая обработка пищи и всасывание продуктов ее расщепления, а также механическое перемешивание и продвижение в направлении толстой кишки. Очень важна и эндокринная функция тонкой кишки: выработка эндокринными клетками некоторых биологически активных веществ (секретин, серотонин, мотилин, энтероглюкагон, гастрин, холецисткийнин и др.). Функция определяет особенности строения тонкой кишки. *Слизистая оболочка* образует многочисленные *круговые складки* благодаря чему увеличивается всасывательная поверхность слизистой оболочки, размер и количество их уменьшается по направлению к толстой кишке. В дистальном конце подвздошной кишки складки исчезают. Поверхность слизистой оболочки усеяна *кишечными ворсинками* и криптами.

Ворсинки осуществляют пристеночное пищеварение и всасывание, их функции определяет строение (рис. 41). Ворсинки являются выростами

собственной пластинки слизистой оболочки. В центре ворсинки проходит лимфатический капилляр, слепо начинающийся на ее вершине. В него из кишки поступают продукты переработки жиров. Отсюда лимфа направляется в лимфатическое сплетение слизистой оболочки и придает молочный вид кишечной лимфе, оттекающей от кишки. В каждую ворсинку входит по 1–2 артериолы из подслизистого сплетения, которые распадаются там на капиллярные сети, капилляры расположены вблизи эпителиальных клеток. Из капилляров кровь собирается в венулу, проходящую вдоль оси ворсинки.

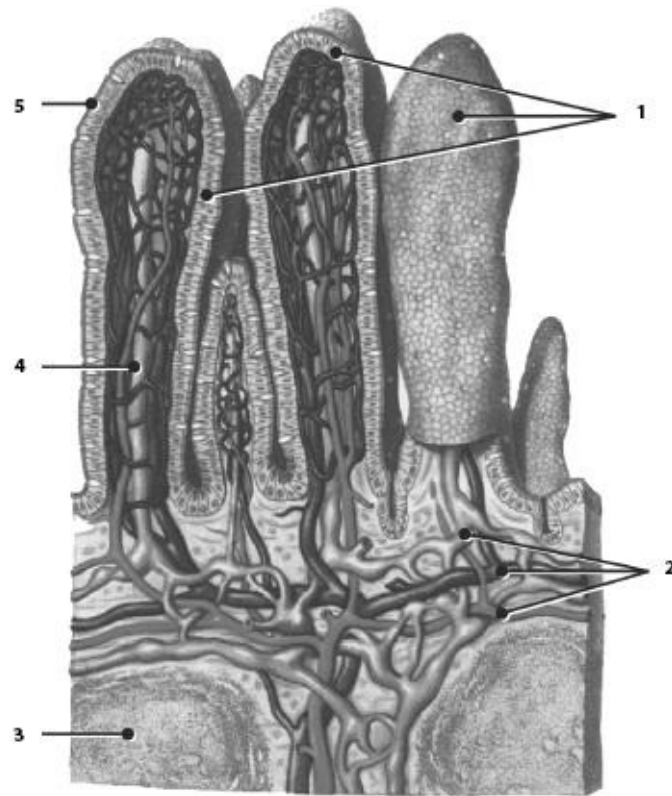


Рис. 41. Строение ворсинок тонкой кишки. 1 – ворсинки; 2 – сеть лимфатических и кровеносных сосудов слизистой оболочки; 3 – одиночный лимфоидный узелок; 4 – центральный лимфатический (млечный) капилляр; 5 – эпителий

Поверхность ворсинок покрыта однослойным цилиндрическим эпителием, в котором имеются клетки трех видов: выделяющие слизь бокаловидные клетки, кишечные эпителиоциты с исчерченной каемкой и небольшое количество эндокринных клеток. Больше всего кишечных эпителиоцитов с исчерченной каемкой, на их апикальной поверхности имеется каемка, образованная огромным количеством микроворсинок

(1500–3000 на поверхности каждой клетки), которые увеличивают в 30–40 раз всасывающую поверхность слизистой оболочки.

Однако роль микроворсинок этим не ограничивается. В них обнаружено большое количество активных ферментов, участвующих в расщеплении и всасывании пищевых продуктов.

ВНИМАНИЕ

Советский ученый А. М. Уголев (1967) открыл пристеночное пищеварение, которое, в отличие от полостного (происходящего в просвете кишки), совершается на поверхности микроворсинок. Последние вырабатывают ряд собственных пищеварительных ферментов и адсорбируют на своей поверхности некоторые ферменты из просвета кишечника и пищевые вещества, которые наиболее интенсивно расщепляются и всасываются.

За счет круговых складок, ворсинок и микроворсинок поверхность слизистой оболочки тонкой кишки достигает 200 м^2 .

Продукты переработки углеводов и белков всасываются в кровь, это осуществляется цилиндрическими эпителиальными клетками с исчерченной каемкой, покрывающими поверхность ворсинок. Моносахариды и аминокислоты по кровеносным сосудам портальной системы направляются к печени, а жирные кислоты, моноглицериды и глицерин по лимфатическим сосудам направляются в главный лимфатический проток. При сокращении гладких мышечных волокон, поднимающихся в ворсинку из мышечной пластинки слизистой, размеры ворсинок уменьшаются, что способствует всасыванию.

Кишечные крипты (крипты Либеркюна) – углубления (длиной 0,25–0,5 мм, диаметром до 0,07 мм) собственной пластинки слизистой оболочки в виде трубочек, устья которых открываются в просветах между ворсинками. Количество их достигает 80–100 на 1 мм^2 . Крипты выстланы эпителиальными клетками пяти видов: кишечные эпителиоциты с исчерченной каемкой, бокаловидные клетки, вырабатывающие слизь; эндокринные клетки, бескаемчатые клетки и клетки с ацидофильными зернами (клетки Панета). Клетки первых трех типов аналогичны покрывающим ворсинки. Эндокринные клетки вырабатывают серотонин и кишечные гормоны (например, секретин, холецистокинин и другие активные пептиды). На дне крипт располагаются клетки Панета (они имеются у приматов и отсутствуют у хищников).

В настоящее время считают, что они вырабатывают лизоцим и

фермент эрепсин, участвующий в расщеплении дипептидов. Мелкие цилиндрические бескаемчатые клетки, расположенные на дне крипт между клетками Панета, активно делятся митотически и являются источником восстановления эпителия ворсинок и крипт. В собственной пластинке слизистой оболочки множество одиночных *лимфоидных узелков* диаметром 0,5–3 мм и их скопления (пейеровы бляшки). Они расположены в основном в подвздошной кишке, реже – в тощей и в двенадцатиперстной. Лимфоидная ткань лучше выражена у детей. Так, в возрасте от 3 до 13 лет в тонкой кишке около 15 тыс. фолликулов и около 100 пейеровых бляшек. Количество фолликулов (одиночных и агрегатов) уменьшается с возрастом. У взрослых число пейеровых бляшек достигает 30–40, у стариков их еще меньше. В участках расположения пейеровых бляшек ворсинки отсутствуют. Лимфоидная ткань, расположенная в стенке кишки, осуществляет защитную и кроветворную функции.

Двенадцатиперстная кишка длиной 20–25 см, имеющая форму подковы, огибающей головку поджелудочной железы, расположена в большей своей части забрюшинно (см. рис. 34). Слизистая оболочка двенадцатиперстной кишки образует множество ворсинок (22–40 на 1 мм²), они широкие и короткие (длина их 0,2–0,5 мм). Кроме круговых есть и продольная складка, которая заканчивается возвышением *большим двенадцатиперстным сосочком* (Фатеров), на вершине которого открываются *общий желчный проток* и *главный проток поджелудочной железы*.

В двенадцатиперстную кишку поступают кишечные соки и сок поджелудочной железы, желчь. Они содержат все необходимые ферменты для переваривания белков, жиров и углеводов. Двенадцатиперстная кишка – это «плавильный котел» пищеварения.

В подслизистой основе встречаются сложные разветвленные трубчатые железы, которые вырабатывают секрет, участвующий в переваривании белков, расщеплении углеводов, слизь, а также гормон секретин.

Тощая кишка короче, а **подвздошная кишка** длиннее, но переваривающая поверхность тощей кишки большая, чем подвздошной. Это связано с большим ее диаметром, более крупными циркулярно расположенными складками слизистой оболочки, которые лежат теснее. Складки образованы слизистой оболочкой и подслизистой основой, число их у взрослого достигает 600–650, ее ворсинки длиннее и многочисленнее (22–40 на 1 мм²), чем в подвздошной (18–31 на 1 мм²), количество крипт

также больше. Стенка тонкой кишки имеет типичное для желудочно-кишечного тракта строение, описанное выше.

Мышечная оболочка, состоящая из более мощного внутреннего циркулярного и наружного продольного слоев, осуществляет движения двух видов: маятникообразные за счет попеременного ритмического сокращения продольного и циркулярного слоев и перистальтические за счет координированного сокращения обоих слоев. Кроме того, наблюдается постоянное тоническое сокращение мускулатуры.

Тощая и подвздошная кишки располагаются интраперитонеально (внутрибрюшинно) «см. раздел «Брюшная полость, брюшина, с. XX». Длина тонкой кишки у грудного ребенка 1,2–2,8 м, у взрослого – 2,3–4,2 м.

Толстая кишка

Толстая кишка разделяется на слепую с червеобразным отростком, восходящую ободочную, поперечную ободочную, нисходящую ободочную, сигмовидную ободочную и прямую (см. рис. 34). Длина толстой кишки колеблется от 1,5 до 2 м. Ширина слепой достигает 7 см, постепенно уменьшается до 4 см в нисходящей.

Из тонкой кишки в толстую поступают непереваренные остатки, которые подвергаются воздействию бактерий, населяющих толстую кишку.

В желудке здорового человека микроорганизмы отсутствуют, он стерилен благодаря наличию соляной кислоты. Содержание микроорганизмов в подвздошной кишке достигает 10^6 /мл, в толстой кишке – 10^{12} /мл. Около 90 % микроорганизмов – *Bifidum bacterium* и *Bacteroides*, 10 % – молочнокислые бактерии, кишечная палочка, энтерококки и др.

Нормальная микрофлора участвует в иммунных процессах, поддерживает естественный иммунитет, синтезирует биологически активные вещества, сбраживает углеводы и алкоголь, благодаря чему в толстой кишке здорового человека сохраняется кислая среда, предотвращающая усиленное гниение, в результате которого образуются токсические вещества. Изменение состава нормальной микрофлоры приводит к *дисбактериозу*.

В толстой кишке частично расщепляется растительная клетчатка; разрушаются многие вещества, в результате чего образуются токсические соединения, обезвреживающиеся в печени; всасывается большое количество воды, минеральных веществ и в конечном итоге образуется кал.

Уже по своему внешнему виду толстая кишка отличается от тонкой

диаметром, наличием отростков брюшины, заполненных жиром, типичных вздутий (гаустр) и трех продольных *мышечных лент*, образованных наружным продольным слоем гладких мышц, который на толстой кишке не создает сплошного покрытия. Ленты идут от основания червеобразного отростка до начала прямой кишки. Пейеровы бляшки отсутствуют.

Слизистая оболочка толстой кишки лишена ворсинок, но в ней много складок полулунной формы (образованных слизистой и подслизистой основой), которые располагаются на границах между гаустрами, и значительно большее число крипт, чем в тонкой, они крупнее (0,4–0,7 мм), шире. Слизистая оболочка покрыта однослойным столбчатым эпителием, в котором различают три вида клеток (с исчерченной каемкой, бокаловидные и кишечные бескаемчатые, которые делятся). Количество бокаловидных клеток значительно больше, чем в тонкой кишке. Очень редко встречаются эндокринные клетки и клетки с ацидофильными гранулами (клетки Панета). Восстановление эпителия происходит за счет митотического деления мелких цилиндрических бескаемчатых клеток, расположенных на дне крипт, которые выходят на поверхность.

Тонкая кишка впадает в стенку толстой кишки, ниже впадения слепая кишка образует мешок. Подвздошная кишка как бы вдаётся своим концом внутрь толстой, где имеется сложное анатомическое устройство – *подвздошно-кишечный (илеоцекальный) клапан*, снабженный мышечным сфинктером и двумя губами. Этот клапан замыкает выход из тонкой кишки, периодически он открывается, пропуская содержимое небольшими порциями в толстую кишку; кроме того, он препятствует обратному затеканию содержимого толстой кишки в тонкую и проникновению в нее микроорганизмов из толстой кишки.

Слепая кишка расположена в правой подвздошной ямке, ее длина и ширина примерно равны (7–8 см); от задней стенки слепой кишки отходит *червеобразный отросток*, который, кроме человека, имеется также у всех человекообразных обезьян. Длина отростка – 6–8 см, но эти размеры непостоянны. Червеобразный отросток является важным органом лимфоидной системы (см. раздел «Лимфоидная система», с. XX). Кроме того, он играет важную роль в патологии человека, так как часто воспаляется острый аппендицит.

ВНИМАНИЕ

Острый аппендицит развивается у одного из 200 человек, в том числе у одной из 2000 беременных женщин. Летальность колеблется в пределах 0,15–0,30 %. В 2–8,5 % случаев острого

аппендицита у беременных наступает внутриутробная гибель плода. У людей старше 80 лет смертность достигает 23 %.

Слепая кишка непосредственно переходит в *восходящую ободочную кишку* – длиной 14–18 см, которая направляется вверх. Близ нижней поверхности печени, изогнувшись примерно под прямым углом (*правый изгиб*), она переходит в *поперечно-ободочную кишку* длиной 25–30 см, которая пересекает брюшную полость справа налево. В левой части брюшной полости у нижнего конца селезенки ободочная кишка вновь изгибается (*левый изгиб*), поворачивает вниз и переходит в *нисходящую ободочную кишку* длиной около 10 см. В левой подвздошной ямке толстая кишка образует петлю – *сигмовидную ободочную кишку* и опускается в малый таз, где загибается и, направляясь вниз и влево, переходит на уровне мыса крестца в прямую кишку, которая тянется до заднего прохода.

Прямая кишка (вопреки своему названию) образует два изгиба (крестцовый и промежностный) в переднезаднем направлении и три или четыре латеральных. Верхний отдел прямой кишки (тазовый) расположен в полости таза. Книзу кишка расширяется, образуя *ампулу*, диаметр которой при наполнении может резко увеличиваться (до 30–40 см). Конечный отдел, который направляется назад и вниз, называется *заднепроходным каналом*. Он проходит сквозь дно таза и заканчивается задним проходом. Длина верхней части прямой кишки 12–15 см, анальной части 2,5–3,7 см.

Слизистая оболочка прямой кишки образует множество непостоянных продольных (*заднепроходные столбы*) и поперечных складок, в нижнем отделе их 8–10, они не расправляются, между ними расположены углубления – *заднепроходные синусы*, особенно выраженные у детей. Эпителий тазового отдела и ампулы прямой кишки однослойный столбчатый, количество крипт меньше, чем в вышележащих отделах: чем ниже по протяжению, тем меньше крипт. Слизистая оболочка заднепроходного канала лишена крипт. Однослойный столбчатый эпителий слизистой оболочки верхнего отдела прямой кишки сменяется многослойным кубическим эпителием. В анальном канале совершается резкий переход от многослойного кубического к многослойному плоскому неороговевающему эпителию и, наконец, постепенно к многослойному плоскому ороговевающему эпителию в кожной части. Продольные мышечные волокна расположены на прямой кишке не в виде трех лент, а сплошным слоем, который, утолщаясь в области анального канала, образует *внутренний сфинктер заднего прохода*, состоящий из гладких мышечных волокон. Непосредственно под кожей лежит кольцеобразный

наружный сфинктер, образованный поперечнополосатыми мышечными волокнами, входящими в состав мышц промежности. Оба сфинктера открываются при акте дефекации, в обычном состоянии они замыкают задний проход. Прямая кишка до начала акта дефекации не содержит кала. Резервуаром кала является тазовый отдел толстой кишки.

В отличие от взрослого, у новорожденного нет сальниковых отростков, тени видны слабо, гаустры отсутствуют до 6 месяцев. Обычное строение, характерное для взрослого, устанавливается после 3–4 лет. Длина кишечника новорожденного ребенка 340–460 см, в течение первого года жизни увеличивается на 50 %. Соотношение между длиной кишечника и тела у новорожденного составляет 8,3:1; на первом году жизни 6,6:1; в 16 лет 7,6:1; у взрослого 5,4:1. Соотношение между толстой и тонкой кишкой у новорожденного составляет 1:5, оно не изменяется у грудного ребенка, у взрослого достигает 1:4.

Печень

Печень – самая крупная железа человека, мягкой консистенции, красно-бурого цвета. Трупная печень весит 1,5 кг, у живого масса ее благодаря наличию крови примерно на 400 г больше. Масса печени взрослого составляет около 1/36 массы тела. У плода ее относительная масса вдвое больше (около 1/18–1/20 массы тела), у новорожденного – 1/20(около 135 г), и она занимает большую часть брюшной полости.

ВНИМАНИЕ

Печень – основная биохимическая лаборатория организма.

Печень играет основную роль в обмене веществ, участвуя в обмене белков, углеводов, жиров, витаминов, в печени синтезируются белки (в том числе фибриноген и протромбин – основные вещества, участвующие в свертывании крови, а также противосвертывающий фактор гепарин, белки плазмы), гликоген, расщепляются жиры, в результате чего образуются жирные кислоты. Среди многочисленных функций печени весьма важны защитная, обезвреживающая, желчеобразовательная.

Печень является депо крови белков, углеводов, жиров, многих витаминов (А, Д, К, С, РР), печень осуществляет обмен многих гормонов (например, адреналин, норадреналин, дофамин). В печени мужчин обезвреживается и удаляется женский половой гормон эстроген. Печень регулирует содержание сахара в крови путем преобразования глюкозы в

гликоген и распада гликогена. В утробном периоде печень является важным кроветворным органом.

Печень расположена под диафрагмой справа, лишь небольшая часть ее заходит у взрослого влево от средней линии. Передневерхняя *диафрагмальная поверхность* выпуклая соответственно вогнутости диафрагмы. Край печени острый. Нижняя *висцеральная поверхность* имеет ряд вдавлений, вызванных органами, на которых печень лежит. *Сагиттальная борозда*, в которой залегает *серповидная связка*, как бы подвешивающая печень к диафрагме, делит диафрагмальную поверхность печени на две доли – бóльшую *правую* и значительно меньшую *левую*.

На висцеральной поверхности видны две *сагиттальные* и одна *поперечная борозда*. В последней расположены ворота печени, через которые в нее входят воротная вена, собственная печеночная артерия, нервы, выходят общий печеночный проток и лимфатические сосуды. Кровь оттекает от печени через печеночные вены, впадающие в нижнюю полую вену. Описанные три борозды делят нижнюю поверхность печени на четыре доли: *левая* соответствует левой доле верхней поверхности, остальные три доли, вместе взятые, правой доле верхней поверхности, включающей в себя *правую, квадратную и хвостатую*.

Поверхность печени гладкая, блестящая благодаря покрывающей ее со всех сторон серозной оболочке (кроме части ее задней поверхности, где печень непосредственно прилежит к диафрагме). На разрезе видно мелкозернистое строение печеночной паренхимы. Печень покрыта *фиброзной оболочкой* (Глиссонова капсула). Прослойки соединительной ткани внутри печени разделяют ее паренхиму на гексагональные *дольки* призматической формы, около 1,5 мм в диаметре (*классические дольки*). Однако у человека, в отличие от некоторых животных (верблюды, медведь, свинья), печеночные дольки плохо отграничены друг от друга в связи со слабым развитием соединительнотканых прослоек. Внутри них расположены ветви воротной вены, печеночной артерии, желчный проток и лимфатический сосуд, эти образования формируют портальную зону.

Сложной и многогранной функции печени соответствует характер ее сосудистой системы, строение и функция клеток, образующих печеночную ткань. Печень, в отличие от всех других органов, получает кровь из двух источников: *артериальную из печеночной артерии* и *венозную из воротной вены*. И та и другая проходит через синусоидальные кровеносные капилляры, по которым кровь течет очень медленно. Воротная вена собирает кровь из всех непарных органов брюшной полости (желудка и кишок, поджелудочной железы, селезенки и большого сальника).

Войдя в ворота печени, оба сосуда распадаются на долевые, сегментарные и т. д., вплоть до междольковых вен и артерий, которые проходят вдоль боковых поверхностей классических печеночных долек, между ними вместе с желчными протоками, образуя так называемые триады (ветви печеночной артерии, воротной вены и желчные протоки). От междольковых под прямым углом отходят вокругдольковые сосуды, окружающие дольку наподобие кольца, от них начинаются синусоидные капилляры. На периферии долек они соединяются между собой, образуя один капилляр, следующий к центру дольки, где вливаются в центральную вену дольки (*рис. 42*), которые, в свою очередь, впадают в поддольковые вены. От них начинается система печеночных вен, которые, укрупняясь, собираются в 3–4 печеночные вены, впадающие в нижнюю полую вену.

ВНИМАНИЕ

Через 1 г печеночной ткани в минуту проходит около 0,85 мл крови, в течение часа вся кровь человека несколько раз проходит через синусоидные капилляры. Это дало основание старым анатомам назвать печень «самой нагруженной гаванью во всей реке жизни».

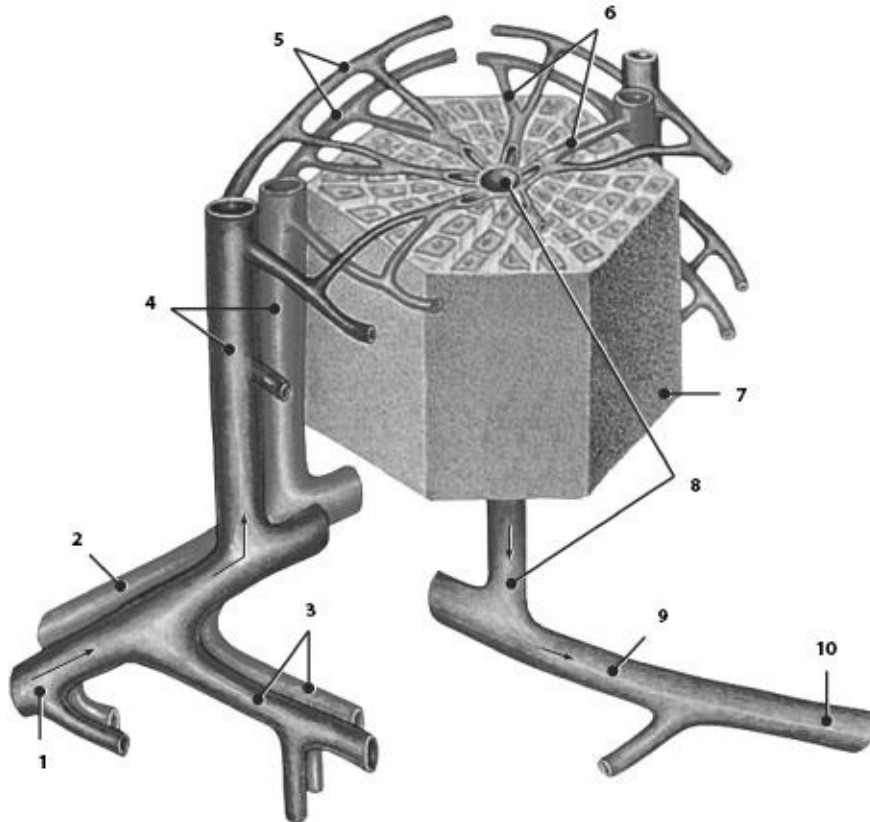


Рис. 42. Строение (и кровоснабжение) печеночной дольки, схема.
 1 – воротная вена; 2 – печеночная артерия; 3 – сегментная вена и артерия; 4 – междольковые вена и артерия; 5 – вокругдольковые вена и артерия; 6 – внутридольковые гемокапилляры (синусоидные сосуды); 7 – классическая печеночная долька; 8 – центральная вена; 9 – поддольковая (собирающая) вена; 10 – печеночная вена

Капилляры имеют собственную стенку, образованную двумя типами клеток: эндотелиальными клетками и расположенными между ними звездчатыми ретикулоэндотелиоцитами (клетки Купфера) с длинными отростками, свободно свисающими в просвет капилляра, прикрепленными в различной степени к стенке капилляра с выраженной фагоцитарной активностью (фиксированные макрофаги).

Гепатоциты (печеночные клетки) очень богаты митохондриями (до 1000 и более в одной клетке), элементами зернистого и незернистого эндоплазматического ретикулула и комплекса Гольджи, полирибосомами и особенно отложениями гликогена. Печеночные клетки располагаются в виде тяжей (печеночные трабекулы) между капиллярами. Печеночные клетки в трабекулах располагаются двумя рядами так, чтобы плазматическая мембрана каждой из них обязательно контактировала с

синусоидным и желчным капиллярами. При этом последний не имеет собственной стенки, плазматические мембраны соседних гепатоцитов образуют стенку желчного капилляра. Иными словами, *желчные капилляры*, по существу, являются расширенными зонами межклеточных щелей. На плазмолемме соседних гепатоцитов, образующих желчный капилляр, имеются небольшие желобки. В то же время в месте перехода межклеточных щелей в желчные капилляры участки плазмолеммы имеют утолщения (замыкательные пластинки), благодаря этому желчные капилляры не сообщаются с другими межклеточными щелями. Желчные капилляры начинаются слепо вблизи центральной вены и направляются к периферии дольки, где переходят в междольковые желчные протоки.

Итак, каждая печеночная клетка одной своей стороной контактирует с просветом желчного капилляра, другой соприкасается со стенкой кровеносного. Поэтому трабекулы не могут одновременно в двух направлениях состоять более чем из двух клеток, это возможно лишь в одном направлении – только в толщину или в ширину. Такое строение способствует осуществлению секреции гепатоцитов в двух направлениях: в желчные протоки желчь, в кровеносные капилляры глюкозу, мочевины, белки, жиры, витамины и т. д.

У ворот печени образуется общий печеночный проток путем слияния правой и левой ветвей, приносящих желчь из соответствующих долей печени. Есть основание считать, что в печени существует суточный ритм ночью преобладает синтез гликогена, днем желчи. В течение суток у человека образуется до 1000 мл желчи. Однако в связи с ритмом питания нет необходимости в постоянном поступлении желчи в двенадцатиперстную кишку. Этот процесс регулируется гуморальными и нервно-рефлекторными механизмами. Компоненты желчи эмульгируют жиры, содержащиеся в пищевых продуктах, тем самым облегчая действие липолитических ферментов, активируют липазу и стимулируют всасывание продуктов переработки жиров.

Желчный пузырь

Желчный пузырь является резервуаром для хранения желчи. Он представляет собой удлинённый мешок длиной 8–12 см, шириной 4–5 см, с расширенным дном, напоминающим по своей форме грушу, емкостью около 40 см³; широкий конец его образует *дно*, суженный – *шейку*, переходящую в *пузырный проток*, по которому желчь попадает в пузырь и

выделяется из него. Между дном и шейкой расположено *тело пузыря*. Складчатая слизистая оболочка выстлана однослойным столбчатым эпителием с исчерченной каемкой из микроворсинок, интенсивно всасывающим воду, поэтому пузырная желчь сгущается в 3–5 раз по сравнению с желчью из общего печеночного протока.

Пузырный проток, соединяясь с общим печеночным, образует *общий желчный проток*, который направляется вниз, прободает нисходящую часть двенадцатиперстной кишки, сливаясь с протоком поджелудочной железы и открывается на вершине большого сосочка двенадцатиперстной кишки. В месте слияния двух протоков имеется расширение печеночно-поджелудочная ампула. Пучки мышечных волокон окружают конец общего желчного протока в толще стенки кишки, образуя слабо развитый *сфинктер ампулы* (содой), который препятствует затеканию содержимого двенадцатиперстной кишки в желчный и панкреатический протоки. Выше сфинктера, над местом слияния протока поджелудочной железы с общим желчным протоком имеется еще один мощный сфинктер общего желчного протока, который, собственно, и регулирует приток желчи в двенадцатиперстную кишку.

Печеночная желчь концентрируется в желчном пузыре, пузырная желчь содержит меньше воды, больше желчных кислот, билирубина, холестерина. Желчь выполняет множество важных функций. Она нейтрализует соляную кислоту, инактивирует пепсин, усиливает активность ферментов поджелудочной железы, облегчает расщепление жиров, ускоряет всасывание жирных кислот, предотвращает гниение в толстой кишке.

Поджелудочная железа

Поджелудочная железа, вторая по величине железа пищеварительного тракта (масса 60–100 г, длина 15–22 см), серовато-красного цвета, дольчатая, расположена забрюшинно, перекидывается в поперечном направлении от двенадцатиперстной кишки до селезенки. Ее широкая головка располагается внутри подковы двенадцатиперстной кишки и незаметно переходит в тело, перекинутое поперек I поясничного позвонка, которое заканчивается суженным хвостом, достигающим ворот селезенки. Поджелудочная железа по существу состоит из двух желез. Большая экзокринная часть вырабатывает у человека в течение суток 1500–2000 мл водянистого щелочного панкреатического сока (рН 8,0–8,5) содержащего

ферменты трипсин и химотрипсин, участвующие в переваривании белков; амилазу, глюкозидазу и галактозидазу, переваривающие углеводы; липолитическую субстанцию, липазу, участвующие в переваривании жиров; ферменты, расщепляющие нуклеиновые кислоты. Эндокринная часть продуцирует гормоны, регулирующие углеводный и жировой обмен (инсулин, глюкагон, соматостатин и др.). Последняя образована группами клеток, которые располагаются в виде округлых (реже неправильной формы), диаметром $0,3$ мм островков в толще железистых эндокринных долек островки Лангерганса. Количество островков у взрослого человека колеблется от 200 тыс. до 1800 тыс. (эндокринная часть описана в разделе «Эндокринные железы», см. с. 256).

Экзокринная часть поджелудочной железы представляет собой сложную альвеолярно-трубчатую железу, разделенную очень тонкими перегородками на дольки, в которых тесно лежат ацинусы, образованные одним слоем ацинозных клеток пирамидальной формы, соприкасающихся между собой. Клетки содержат большое количество гранул, содержащих ферменты. Главный проток поджелудочной железы (Вирсунгов) проходит в железе слева направо и открывается на вершине большого сосочка двенадцатиперстной кишки после слияния с общим желчным протоком.

Поджелудочная железа новорожденного очень мала, она весит около 2–3 г. У новорожденных и детей раннего возраста железа отличается обильным кровоснабжением, а также большим абсолютным и относительным количеством панкреатических островков. Так, в 6 месяцев их около 120 тыс. при общей массе железы 2–3,5 г, у взрослого около 800 тыс. при массе 70–100 г.

Функции пищеварительной системы

Пищеварительная система выполняет ряд сложных функций. Главные из них:

1) *секреторная* – выработка железистыми клетками различных пищеварительных соков (слюна, желудочный, кишечный соки, сок поджелудочной железы и желчь), состоящих из воды, ферментов, неорганических веществ;

2) *моторно-эвакуаторная*, которую осуществляют мышцы пищеварительного тракта, благодаря их деятельности пища измельчается, продвигается в направлении от ротовой полости к прямой кишке и смешивается с пищеварительными соками;

3) *всасывательная* – перенос продуктов пищеварения, а также воды, витаминов и минеральных веществ во внутреннюю среду организма;

4) *эскреторная* (выделительная) – удаление непереваренных остатков, а также продуктов метаболизма, солей тяжелых металлов, некоторых токсинов и лекарственных веществ, а также микроорганизмов;

5) *эндокринная* – выработка эндокринными клетками и некоторыми железами (слюнные, поджелудочная) гормонов и других биологически активных веществ;

6) *защитная* – защита организма от вредных веществ, микроорганизмов;

7) *гемопоэтическая* – выработка желудочными клетками внутреннего антианемического фактора, способствующего всасыванию витамина В₁₂ (цианкобаламина), без которого невозможно созревание эритроцитов; депонирование в слизистой оболочке желудка и тонкой кишки, а также в печени ферритина, участвующего в синтезе гемоглобина;

8) *рецепторная* – слизистая оболочка желудочно-кишечного тракта богата рецепторами, воспринимающими раздражения.

Пища

Пища, поступающая в желудочно-кишечный тракт человека, состоит из *нутриентов* собственно питательных веществ, которые всасываются, и *балластных* веществ, которые не всасываются, но играют важную роль в жизни. В состав продуктов питания входят белки, жиры, углеводы, клетчатка (или целлюлоза), витамины, минеральные вещества, вода.

Одним из наиболее важных вопросов является калорийность пищи. Каждое пищевое вещество обладает определенной энергетической ценностью, или калорийностью (выражается в ккал на 100 г или по системе СИ в кДж/100 г). При окислении 1 г глюкозы выделяется 3,75 ккал (16,5 кДж) энергии, сахарозы 4 (16,7 кДж), крахмала 4,1 (17,1), животного жира 9,3 (37,0), белка 5,6 (23,4) этилового спирта 7,1 (29,7).

В таблице 8 приведены примерные данные энергозатрат взрослых людей в возрасте от 18 до 40 лет со средней массой тела 70 кг (мужчины) и 60 кг (женщины).

Таблица 8

Примерные энергозатраты в зависимости от характера нагрузки

Нагрузка	Энергозатраты			
	М (кДж)	Ж(кДж)	М (ккал)	Ж (ккал)
Легкая физическая нагрузка	8800	7500	2100	1800
Средняя (большинство насел.)	11300	8400	2700	2000
Тяжелая	12500	9200	3000	2200
Очень тяжелая	14600	-	3500	-

После 40 лет энергозатраты, как правило, уменьшаются: от 40 до 49 лет на 5 %, от 50 до 59 лет – еще на 5 %, каждые последующие 10 лет – на 10 %.

Предельная интенсивность обменных процессов у мужчин составляет около 20000 кДж/сут (4800 ккал), у женщин 15500 кДж (3700 ккал). Этот предел не следует превышать при условии постоянного выполнения чрезвычайно тяжелой работы в течение ряда лет. Для видов спорта, требующих выносливости, эти цифры не должны превышать 4200 кДж/ч (1000 ккал/ч).

В первые 6 мес. беременности ежедневно следует добавлять 400 кДж (96 ккал); в последние 3 мес. – 900–1000 кДж (215–239 ккал) ежедневно; при кормлении грудью – 2100 кДж (500 ккал) ежедневно. В детском, подростковом и юношеском возрасте энергозатраты зависят и от возраста. В период второго детства энергозатраты около 2200–2500 ккал, в периоде энергичного роста у подростков они возрастают до 3000 ккал.

Увеличение энергозатрат при умственной работе связано с рефлекторным увеличением мышечного тонуса.

Подавляющее большинство людей в наше время малоактивны, их энергетические затраты составляют не более 2300–2700 (м), 1800–2000 (ж) ккал/сут.

Современные исследования позволяют считать, что 12–15 % калорийности пищи должны составлять белки (из них 50 % животные), 30–35 % жиры и 50–55 % углеводы. Суточные потребности взрослого человека, детей и подростков в нутриентах представлены в табл. 9, 10.

Таблица 9

Физиологические потребности детей и подростков в пищевых веществах и энергии

Вещества	Потребность в зависимости от возраста (года)	
	11–13	14–17
Белки (г) из них животные	95 60	105 65
Жиры (г) из них растительные	95 20	105 25
Углеводы (г)	380	420
Энергия (ккал)	2850	3000

Таблица 10

Средняя суточная потребность взрослого человека в пищевых веществах и энергии

Пищевые вещества	Потребность	Пищевые вещества	Потребность
Белки (г): из них животные	80–100 50	Жиры (г): из них растительные	80–100 20–25
Углеводы (г)	400–500	Фосфолипиды (г)	5
Клетчатка (г)	25	Холестерин (г) Вода (г)	0,3–0,6 1750–2200
Кислоты (лимонная, молочная и др.) (г)	2	В том числе: питьевая (включая чай, кофе и т.д.)	800–1000
Незаменимые жирные кислоты (г)	3–6	В супах В продуктах питания	250–500 700

Полноценное питание предусматривает наличие в пище всего набора необходимых человеку веществ в соответствии с научно обоснованными потребностями. Подчеркнем: научно обоснованными.

Зачастую данные о потребности в тех или иных веществах базируются на традиции или авторитете того или иного ученого и кочуют из одной

книги в другую. Совершенно правы американские специалисты по питанию, говоря: «Одним из основных источников путаницы в вопросах современной диеты является избыток дезинформации о питании, которая значительно превосходит объем действительных знаний по вопросу о питании... многие... пренебрегают наукой о питании в пользу последней моды» («Безвредность пищевых продуктов»).

Если исходить только из калорийности пищи, то одни пищевые продукты вполне можно заменить другими. Однако это не так, ибо, помимо энергетической, пища выполняет и важнейшую пластическую функцию, влияет на все функции организма.

Соотношение белков, жиров и углеводов в полноценном рационе должно доставлять 1:1,2:4,6, при этом 1000 ккал (4184 кДж) пищевые продукты должны включать 30 г белка, 37 г жиров и 137 г углеводов. Недостаточность питательных веществ приводит к уменьшению массы тела, снижению работоспособности, нарушению роста и развития организма, угнетению восстановительных процессов, многим заболеваниям.

Белки

Белки, поступающие в организм с пищей, используются для:

- роста (построения клеточных структур, клеток и тканей);
- восстановления (регенерации) структур на всех иерархических уровнях;
- синтеза ферментов, белков, гормонов, гемоглобина, миоглобина;
- энергетических нужд;
- создания буферных систем, участвующих в поддержании постоянства рН внутренней среды.

Для организма очень важен состав его аминокислот, среди которых имеются заменимые и незаменимые. Человек должен получать необходимое количество *незаменимых аминокислот (триптофан, лейцин, изолейцин, валин, треонин, лизин, метионин, фенилаланин)*. Детям наряду с ними необходим и *гистидин*. Белки, содержащие все незаменимые аминокислоты в оптимальных количествах и соотношениях, являются *полноценными и сбалансированными*. Это белки яиц, печени, молока и молочных продуктов (кроме сливок, сметаны и сливочного масла), рыбы, мяса, птицы. Некоторые белки содержат все аминокислоты, но одни из них в избытке, а другие в недостаточном количестве, эти белки называют

полноценными, но несбалансированными. Это белки зерновых культур (кроме кукурузы), сои, овощей, мяса, богатого сухожилиями и фасциями. К неполноценным белкам, в которых отсутствуют те или иные незаменимые аминокислоты, относят белки бобовых растений (кроме сои), кукурузы и желатины.

ВНИМАНИЕ

Эталонный белок – яичный.

Содержание белка в различных продуктах существенно варьирует.

Основными источниками белков являются следующие продукты: молоко и молочные продукты, мясо и рыба, птица и зернобобовые растения (фасоль, горох, чечевица, соя). Избыточный прием естественных источников белка не приводит к патологическим явлениям, кроме случаев повышенной чувствительности или аллергии.

Растительные белки имеют пониженную биологическую ценность по сравнению с животными. Большинство растительных белков бедны многими незаменимыми аминокислотами.

Правильная комбинация растительных и животных продуктов может обеспечить требуемый уровень незаменимых аминокислот. Белковая недостаточность возникает в тех случаях, когда пища содержит недостаточное количество отдельных аминокислот.

Одним из важнейших вопросов современной науки о питании является нормирование белка. Современная норма составляет 1,01 г белка на 1 кг массы тела. В рационе детей и подростков количество белка должно составлять 1,2–1,5 г/кг в сутки. Для взрослого (усредненного) человека надежный (безопасный) уровень белка составляет 55–60 г в сутки. Однако это количество должно быть увеличено при физической нагрузке, стрессе и т. д. Так, следует получать дополнительно 10 % белка при легких инфекционных заболеваниях, травмах, огорчениях, заботах, бессоннице). При воздействии высокой температуры окружающей среды человек дополнительно теряет с потом большие количества азота вследствие разрушения белка. Тяжелая физическая работа требует потребления свыше 1 г белка на 1 кг массы тела в сутки. При беременности и особенно при кормлении у женщин резко возрастает потребность в белке.

Жиры (липиды)

Жиры (липиды) входят в состав большинства пищевых продуктов. Ими особенно богаты мясо, птица, молоко и молочные продукты, растительные масла. Жиры являются важным источником энергии, в одном грамме жира запасено в два раза больше энергии, чем в грамме углеводов. Жир защищает организм от холода. Именно в жирах содержатся жирорастворимые витамины (А, D, Е, К). Жиры и жирорастворимые вещества придают вкус и аромат пищевым продуктам. Жиры замедляют процесс пищеварения, что предотвращает ощущение голода.

Основными компонентами жиров являются жирные кислоты молекулы с длинной цепью, образованной атомами углерода и водорода. Жирные кислоты отличаются длиной цепи и насыщенностью водородом. Различают насыщенные и ненасыщенные жирные кислоты. *Насыщенные жирные кислоты*, которые содержатся в основном в животных продуктах, при комнатной температуре твердые, ненасыщенные жидкие, причем они тем более жидкие, чем они более ненасыщенные. Насыщенные жирные кислоты не содержат двойных связей, *ненасыщенные* содержат от одной (мононенасыщенные) до шести (полиненасыщенные) двойных связей.



Нормальная жизнедеятельность организма невозможна без поступления с пищей *незаменимых жирных кислот*, которые не синтезируются в организме человека. Это олеиновая, линолевая, линоленовая и арахидоновая кислоты. Они содержатся в растительных маслах. Рацион человека должен содержать от 80 до 100 г жиров в сутки (1,2–1,3 на 1 кг массы тела), в том числе 30–35 г растительного масла, содержащего около 10 г полиненасыщенных жирных кислот.

Полиненасыщенные жирные кислоты входят в состав клеточных мембран, регулируют их свойства, в состав миелиновых оболочек нервных волокон, участвуют в образовании простагландинов, стабилизируют стенки кровеносных сосудов, образуют с холестерином соединения, которые легко выводятся из организма. Недостаточное потребление полиненасыщенных жирных кислот способствует развитию атеросклероза, гипертонической болезни, преждевременному старению организма, сексуальным нарушениям у мужчин.

Пищевая ценность жиров связана, помимо энергетической, с содержанием полиненасыщенных жирных кислот, фосфолипидов, витамина F и жирорастворимых витаминов.

В животных жирах преобладают насыщенные жирные кислоты, в

растительных – моно– и полиненасыщенные. Исключением являются пальмовое и кокосовое масла, в которых мало ненасыщенных жирных кислот и очень много насыщенных.

В развитых странах сердечно-сосудистые заболевания являются причиной половины всех случаев смертности: основной причиной смерти мужчин и второй или третьей женщин. Сердечно-сосудистые заболевания (кроме врожденных) связаны с атеросклерозом. Основной причиной атеросклероза является избыток жиров в пище, особенно насыщенных и богатых холестерином. Сокращение количества потребляемых жиров с разумной заменой насыщенных жиров полиненасыщенными рекомендуется как возможное средство предупреждения атеросклероза и снижения опасности возникновения инфаркта миокарда и инсульта.

Холестерин – важный компонент клеточных мембран и цитоплазмы, участвует в обмене желчных кислот, в синтезе гормонов коры надпочечника и половых желез. В обмене холестерина участвуют некоторые витамины, полиненасыщенные жирные кислоты.

Нормальное содержание холестерина в крови <200 мг% (<5,18 ммоль/л). Предельно допустимым считается содержание холестерина >240 мг% (>6 ммоль/л) крови. Более высокий уровень холестерина в крови повышает опасность возникновения атеросклероза и ишемической болезни сердца и ее осложнений (инфаркта и инсульта).

Холестерин переносится в организме кровью в составе белково-жировых комплексов (липопротеинов). Различают липопротеины низкой плотности (ЛПНП), очень низкой плотности (ЛПОНП) и высокой плотности (ЛПВП). Первые два типа («плохой холестерин») переносят холестерин от пищеварительной системы и могут откладывать его на стенках кровеносных сосудов, приводя к развитию атеросклероза, сужению сосудов, возникновению инфарктов миокарда, если это происходит в коронарных сосудах. ЛПВП («хороший холестерин»), наоборот, выводит холестерин из тканей и кровеносных сосудов и возвращает в печень, где он и уничтожается. Уровень ЛПНП не должен превышать 350 мг% (3,5 г/л), а уровень ЛПВП не должен быть ниже 220 мг% (2,2 г/л). Важно соотношение холестерина и ЛПВП, если это отношение более 4, у человека имеется риск возникновения ишемической болезни сердца.

Холестерин находится в животных жирах, печени, яйцах, молочном жире и т. д. Растения бедны холестерином, однако богаты фитостеринами, среди которых преобладают ситостерины. Особенно много их в растительных маслах. Потребление фитостеринов уменьшает накопление холестерина в организме и тем самым снижает риск возникновения

ишемической болезни сердца. Не вызывает сомнений тот факт, что по мере увеличения количества насыщенных жирных кислот в пище возрастает уровень ЛПНП, ЛПОНП и холестерина в крови, по мере увеличения количества ненасыщенных жирных кислот уровень холестерина в крови падает.

ВНИМАНИЕ

В последние годы расширяется производство и употребление **маргарина**. Однако он содержит гидрогенизированные масла с очень высоким содержанием насыщенных жирных кислот. Это определяет вредность любого маргарина!

Углеводы

Углеводы широко используются в питании человека, они обеспечивают 50–55 % калорийности пищевого рациона, в некоторых странах эта цифра достигает 70 %. Наиболее высокое содержание углеводов в растительных продуктах, которые длительно сохраняются. В питании человека используются все типы углеводов: моносахариды (галактоза, фруктоза, глюкоза); дисахариды (сахароза, лактоза, мальтоза); полисахариды (усваивающийся крахмал и декстрины, неусваивающаяся целлюлоза, пектины).

Углеводы – важнейший источник энергии для мышечной деятельности, при недостатке углеводов распадаются жиры и белки, в крови накапливаются токсичные кетоны. Для нормальной функции печени необходимо достаточное количество сложного углевода гликогена в печеночных клетках. Углеводы регулируют обмен белков и жиров. Нормальное функционирование центральной нервной системы возможно только при условии постоянного поступления в нее глюкозы.

Основными источниками углеводов являются растительные продукты, в которых преобладает крахмал, который расщепляется в организме до глюкозы, которая всасывается в кровь и транспортируется к клеткам, использующим глюкозу для получения энергии или возвращающим ее в другие соединения (гликоген или жир). Из растений, широко потребляемых в нашей стране, наиболее богат крахмалом картофель. Плоды и овощи содержат большое количество сахаров.

При рафинировании сахара из него удаляются все соли, витамины и другие биологически активные вещества. В коричневом сахаре сохраняется

несколько бóльшее количество важных биологически активных веществ.

Углеводы хорошо усваиваются из различных продуктов, в пределах 85–98 %. К сожалению, избыток углеводов, особенно рафинированных (сахар и кондитерские изделия), широко распространен во всем мире, особенно в нашей стране.

ВНИМАНИЕ

Сахар – это белый яд! Он не менее вреден, чем алкоголь и табак. Потребление сахара более 6 кг в год на одного человека токсично.

Сахар ускоряет развитие диабета у предрасположенных людей, увеличивает вероятность ожирения, которое в социальном плане куда опаснее и серьезнее рака, способствует преждевременному (раннему) развитию атеросклероза и его осложнений импотенции у мужчин и аноргазмии у женщин, увеличивает вероятность и степень кариеса зубов.

Натошак уровень глюкозы в крови составляет 1 г/л (3,9–6,2 ммоль/л)). При содержании сахара (глюкозы) в крови выше 6,7 ммоль/л (1,2 г/л) говорят о гипергликемии, ниже 2,2 ммоль/л – о гипогликемии. Уже в первые минуты после еды повышается уровень глюкозы в крови, через определенное время достигается гликемический пик, в ответ на резкое увеличение ее содержания в крови. Это эндокринная часть поджелудочной железы начинает вырабатывать гормон инсулин, который способствует использованию глюкозы, тем самым уровень ее в крови уменьшается, после чего возвращается к норме (1 г/л). Мы рассмотрим регуляцию уровня сахара в крови в разделе эндокринные железы (см. с. 256).

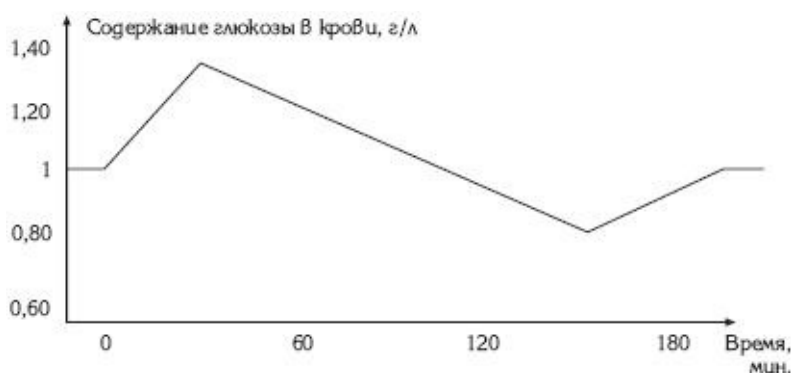


Рис. 43А. Сахарная кривая здорового человека

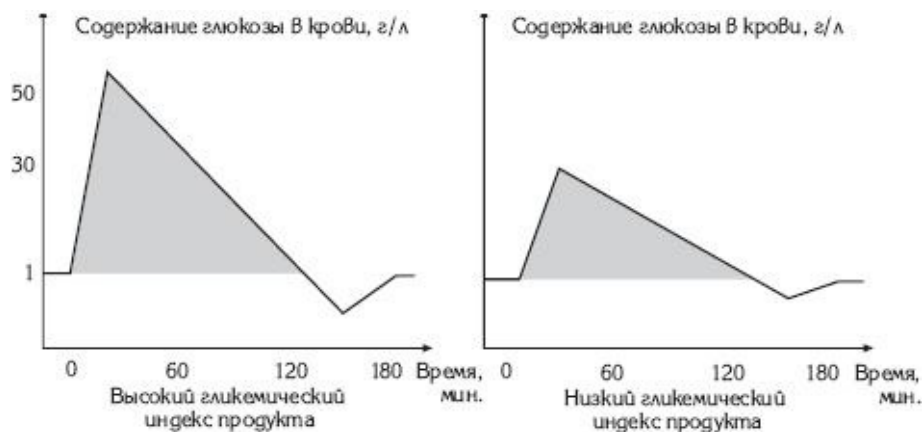


Рис. 43Б. Гликемический индекс

В 70-е гг. XX в. Крапо и Женкинс в США и Канаде показали, что влияние углеводов на организм можно оценить по гликемическому индексу (ГИ). *Гликемический индекс* (ГИ) определяется площадью треугольника сахарной кривой после потребления конкретного продукта, содержащего углеводы (рис. 43). ГИ чистой глюкозы составляет 100.

$$\text{Гликемический индекс} = \frac{\text{площадь треугольника продукта}}{\text{площадь треугольника глюкозы}} \times 100$$

В зависимости от ГИ различают «хорошие» углеводы, которые не повышают значительно уровень сахара в крови (зеленые овощи, помидоры, баклажаны, чеснок, лук, молочные продукты, цельные злаки, необработанный рис, овощи, многие фрукты, капуста, брокколи, чечевица, сухая фасоль и др.), и «плохие» углеводы, которые быстро и резко увеличивают содержание сахара в крови (сахар, мед, картофель, сладости, варенье, джемы, изделия из белой рафинированной муки, картофель, сладкие напитки, пиво и др.). ГИ первых ниже 50, ГИ вторых выше.

Потребление «плохих» углеводов приводит к выделению большого количества инсулина и постепенному нарушению функции эндокринной части поджелудочной железы, что может привести к развитию диабета второго типа. **Потребление углеводов с низким ГИ (ниже 50) снижает уровень холестерина в крови и риск возникновения сердечно-сосудистых заболеваний у мужчин на 7–10 % и у женщин на 25–30 %.**

Глюкоза является важным источником энергии, который используется экстренно или откладывается в печени и мышцах. Избыточная неиспользованная глюкоза в составе углеводов с высоким ГИ превращается в жир.

Балластные вещества

Необходимыми компонентами пищи являются не только собственно питательные вещества, но и *балластные вещества* (*пищевые волокна*) клетчатка, пектины, гемицеллюлоза, лигнин, кутин, воск. Клетчатка (целлюлоза) представляет собой сложный углевод (полисахарид), являющийся главной составной частью клеточных стенок растительных клеток. Пектины (от греч. *pektos* – «свернувшийся, замерзший») также полисахариды, которые содержатся во всех наземных растениях, особенно много их в плодах, а также в некоторых водорослях. Балластные вещества не перевариваются в кишечнике человека. Они связывают воду, набухают (так, например, 100 г отрубей связывает 400–500 мл воды), стимулируют пищеварение, способствуют выведению из организма многих токсических веществ. Пищевые волокна, попадая в желудочно-кишечный тракт, стимулируют ее двигательную активность кишечника, ускоряют всасывание веществ в тонкой кишке, нормализуют внутрикишечное давление, увеличивают массу кала.

Балластные вещества (особенно пектины) нормализуют обмен холестерина, замедляют процесс старения. Увеличение их количества в составе пищи приводит к снижению уровня холестерина в крови.

Пищевые волокна обладают антитоксическим действием. Они снижают содержание глюкозы в крови и, что не менее важно, снижают уровень гормона инсулина, пищевые волокна – эффективное средство для профилактики и лечения ожирения, нарушений жирового и углеводного обмена, гипертонической болезни, ишемической болезни сердца, злокачественных заболеваний желудочно-кишечного тракта. Отруби, особенно овсяные, способствуют выведению из крови ЛПНП и ЛПОНП, не влияя на уровень ЛПВП.

Пектины усиливают двигательную активность желудочно-кишечного тракта, улучшают пищеварение и всасывание, оказывают защитное действие благодаря способности связывать токсины, ионы тяжелых металлов (например, лития, алюминия, свинца, циркония и др.) радионуклиды и, что не менее важно, холестерин, тем самым пектины оказывают противоатеросклеротическое действие. При этом пектины совершенно безвредны. Особенно богаты пектинами яблоки, свекловичные, цитрусовые, некоторые водоросли. Следует подчеркнуть, что витамин С улучшает связывание пектинами ионов тяжелых металлов, токсинов, холестерина.

Потребность в пищевых волокнах взрослого человека, который не занят тяжелым физическим трудом, составляет 25 г/сут. Один грамм пищевых волокон содержится в 60 г цельного хлеба, 300 г хлеба из муки высшего сорта, 10 г пшеничных или 24 г кукурузных отрубей, 85 г овсяных хлопьев, 250 г теста из муки высших сортов, 350 г фруктов, 50 г орехов, 70–120 г листовых овощей, 120–180 г бобовых, 125 г картофеля.

Свободные радикалы

Молекулы, в которых присутствуют непарные электроны, называют *свободными радикалами*. Это весьма реактивные, заряженные электрически фрагменты молекул, которые либо отбирают электроны от других молекул, либо присоединяются к другим молекулам, что приводит к разрушению биологических мембран, к хромосомным нарушениям, мутациям и гибели клеток.

Причиной возникновения очень многих заболеваний являются свободные радикалы. Это сердечно-сосудистые (в том числе атеросклероз) и злокачественные заболевания, сексуальные расстройства у мужчин, снижение иммунитета. Свободные радикалы являются и важнейшей причиной преждевременного старения.

Человек обладает механизмами обезвреживания свободных радикалов. Им противостоят естественные мощные антиоксиданты, контролирующие возникновение свободных радикалов и защищающие от них клетки и, в первую очередь, генетический аппарат молекулу ДНК. С возрастом эти естественные механизмы ослабевают, а нередко ломаются. И тогда на помощь приходят антиоксиданты вещества, способные нейтрализовать свободные радикалы. *Антиоксиданты* разрушают свободные радикалы. Наиболее известные антиоксиданты – витамины С (аскорбиновая кислота), Е (токоферол), бета-каротин и селен. Они способны снизить вероятность развития ряда серьезных заболеваний у человека (злокачественные опухоли, атеросклероз и его последствия, сексуальные нарушения и др.), а также предотвратить преждевременное старение и замедлить процесс естественного старения.

Витамины

В 1880 г. русский врач Н.И. Лунин предположил, что «в молоке помимо казеина, жира, молочного сахара и солей содержатся еще другие

вещества, незаменимые для питания». В 1912 г. биохимик Казимир Функ выделил из отрубей риса высокоактивное вещество, которое излечивало больных полиневритом голубей, и высказал мысль о том, что этот препарат и другие ему подобные «являются жизненно необходимыми аминами» и назвал их *витаминами* (от лат. *vita* – «жизнь»). Витамины регулируют обмен веществ (в том числе кальция и фосфора) и энергии, клеточное дыхание, окислительно-восстановительные реакции, участвуют в синтезе гормонов, нуклеиновых кислот, свертываемости крови.

Все витамины подразделяются на *жирорастворимые* (А, D, Е, К), *водорастворимые* (С, Р, В₁, В₂, РР, В₆, В₁₂, фолиевая кислота) и *витаминоподобные вещества* (липоевая кислота, пангамовая кислота, холин, инозит, карнитин, s-метилметионин).

ВНИМАНИЕ

Избыток водорастворимых витаминов легко выделяется с мочой, в то время как жирорастворимые накапливаются в основном в печени, что может вызвать нарушение ее функции.

Жирорастворимые витамины

Витамин А (ретинолы) обеспечивает нормальное зрение (входит в состав зрительных ферментов, нормальный рост и развитие, оказывает антиоксидантное и гипохолестериновое действие. *Основные источники* – продукты животного происхождения: печень, печень трески и других рыб, молоко и молочные продукты, яйца. Предшественники ретинола – каротиноиды растений (например, морковь) в организме превращаются в ретинол. *Суточная потребность взрослого человека* составляет 4000–5000 МЕ (1 МЕ = 0,3 мкг витамина А или ретинола). Кормящие женщины и мужчины старше 50 лет должны получать в 1,5–2 раза больше. *Признаки недостаточности:* куриная (ночная) слепота, кожные высыпания, бледность и сухость кожи, ороговение волосяных фолликулов, гнойничковые поражения кожи, сухость волос, ломкость ногтей, повышенная утомляемость, снижение работоспособности.

Витамины D (кальциферолы). Один из факторов, регулирующих обмен кальция и фосфора, активизирует всасывание кальция и фосфора в тонкой кишке, участвует в механизме минерализации костей. *Основные источники:* образуется в организме из 7-дегидрохолестерина при действии на кожу ультрафиолетовых лучей. *Суточная потребность взрослого*

человека составляет 100 МЕ. Начиная с 3 лет – 100 МЕ, до 3 лет 400 МЕ, беременные и кормящие женщины должны получать 500 МЕ (1 МЕ = 0,025 мкг холекальциферола). *Признаки недостаточности:* у детей развивается рахит. Повышенная раздражительность, беспокойство, общая слабость, потливость, запоздалое развитие зубов, предрасположенность к заболеваниям дыхательных путей; нарушение нормального процесса окостенения костей. У взрослых – общая слабость, утомляемость, разрушаются зубы.

Витамины Е (токоферолы). Активное антиоксидантное действие, регуляция репродуктивной функции и сексуальности человека, нормализация функции мышечной и эндокринной систем; антиканцерогенное действие; замедление процессов старения, уменьшение вредных последствий стресса, курения и употребления алкоголя. *Основные источники:* зародыши злаков и зеленые овощи, растительные масла, яйца, орехи. *Суточная потребность взрослого человека:* 10–12 мг. *Признаки недостаточности:* нарушения структуры и функции половых органов: у мужчин – сексуальные расстройства, уменьшение либидо и потенции, нарушение сперматогенеза, дегенеративные изменения семенных канальцев, бесплодие; у женщин – нарушение либидо, бесплодие, предрасположенность к абортam. Мышечная гипотония, мышечная слабость, мышечная дистрофия, склеродермия.

Витамины К (филохиноны). Участие в процессах свертывания крови, синтезе протромбина. *Основные источники:* у взрослого в сутки до 1,5 мг витамина К₂ синтезируется кишечной флорой. Животные продукты, цветная капуста, зеленый горошек, морковь, шпинат, томаты, мясо, листья каштана, листья крапивы. *Суточная потребность* 0,2–0,3 мг. *Признаки недостаточности:* у новорожденных снижение уровня протромбина. У взрослых – различные кровотечения.

Водорастворимые витамины

Витамин С (аскорбиновая кислота). Активное антиоксидантное действие, участие в окислительно-восстановительных процессах, регуляция тканевого обмена веществ; стимуляция синтеза коллагена; участие в восстановительных процессах; стабилизация стенок капилляров; повышение защитных механизмов и сопротивляемости организма; защитное действие в отношении токсических веществ; антиканцерогенное

действие, замедление процессов старения; уменьшение вредных последствий стресса, курения и употребления алкоголя. *Основные источники* – фрукты, овощи: шиповник сухой, черная смородина, цитрусовые, брусника, клюква, черноплодная рябина, яблоки, персики, черешня, земляника, все виды капусты, малина, крыжовник, щавель, шпинат, салат, зелень петрушки; свекла. *Суточная потребность*: 60–100 мг, беременные и кормящие женщины, люди старше 50 лет в 2–3 раза больше. Американские специалисты по питанию рекомендуют до 1 г. *Признаки недостаточности*: цинга, увеличение проницаемости стенок сосудов; кровоточивость, множественные кровоизлияния; разрыхленность и синюшность десен.

Витамины группы Р (биофлавоноиды) являются синергистами витамина С. *Функция*: стабилизация капиллярной стенки и снижение проницаемости сосудистой стенки; активизация окислительных процессов в клетке; антигистаминное действие. *Основные источники*: фрукты, овощи – шиповник сухой, черная смородина, цитрусовые, черноплодная рябина, вишня, груша, айва, гранат, черешня темная, щавель, крыжовник. *Суточная потребность*: 30–50 мг. *Признаки недостаточности*: общая слабость, склонность к геморрагиям, ломкость капилляров и повышение их проницаемости.

Витамины группы В

Витамин В₁ (тиамин). *Функция*: участие в обмене белков, азота, жиров, углеводов, усиление превращения углеводов в жир; нормализация деятельности нервной системы. *Основные источники*: цельные зерновые продукты, из которых не удалены зародыши, оболочки, дрожжи (особенно сухие), отруби, хлеб из цельного зерна, молоко и молочные продукты, мясо, печень, почки, яйцо, горошек зеленый. *Суточная потребность*: 1,5–2,5 мг. Потребность возрастает при потреблении большого количества углеводов при хроническом алкоголизме, сахарном диабете. *Признаки недостаточности*: болезнь бери-бери. Быстрая утомляемость (психическая и физическая), потеря аппетита, запор, мышечная слабость, боли в ногах, одышка, болезненность икроножных мышц, повышенная чувствительность.

Витамин В₂ (рибофлавин). Участвует в процессах тканевого дыхания, в окислительно-восстановительных процессах; в процессах

роста, в обмене белков, углеводов и жиров. *Основные источники:* большинство продуктов, дрожжи, горох, гречневая крупа, макаронные изделия, хлеб, молоко и молочные продукты, сыры, мясо, печень, почки, яйца, бобовые. *Суточная потребность:* 1,5–3,0 мг (0,07 мг на 1000 ккал). Чем выше уровень потребления углеводов и жиров, тем выше потребность. *Признаки недостаточности:* сухость и синюшность губ, красная кайма и рубцы на них, трещины и корочки в углах рта, сухой язык ярко-красного цвета, дерматит носогубных складок, светобоязнь, конъюнктивит, блефарит.

Витамин РР (никотиновая кислота). Участвует в реакциях клеточного дыхания обмена белков, жиров и углеводов; влияет на функцию пищеварительной системы двигательной и секреторной функции желудка, функции печени и (эксреторной) поджелудочной железы, улучшает использование растительных белков, осуществляет защиту организма от радиации. *Основные источники:* широко распространен в растительных и животных продуктах. Мясо и мясные продукты, печень, почки, рыба, молоко, сухофрукты, овощи (горошек, соя, чечевица), хлеб, крупы, рисовые и пшеничные отруби. Высокое содержание легкоусвояемой никотиновой кислоты в кофе. Очень богаты триптофаном молоко, бобовые, мясо и мясные продукты, яйца, рыба. *Суточная потребность:* , новорожденные и грудные дети —5–6 мг, дети – 10–15 мг, взрослые – 17–20 мг. В организме человека возможен эндогенный синтез из триптофана, получаемого с пищей (1 мг витамина РР из 60 мг триптофана). В кукурузе витамин РР находится в связанной форме и не освобождается в процессе пищеварения. *Признаки недостаточности:* пеллагра (диарея, дерматит, деменция), неврастения (раздражительность, бессонница, подавленность и заторможенность); поносы; сухость и бледность кожных покровов; сухой (или отечный) обложенный язык с трещинами; эритема кожи шеи, тыльных поверхностей кистей.

Витамин В₅ (пантотеновая кислота). Участвует в синтезе белков, обмене жиров; регуляции функции нервной системы; в системе гормонов надпочечников и половых желез; оказывает гипохолестеринемическое действие. *Основные источники:* печень говяжья, дрожжи, яйца рыба, овощи, фрукты, мясо, хлеб ржаной, молоко. *Суточная потребность:* 5–10 мг. *Признаки недостаточности:* наблюдается крайне редко, возникает слабость, утомляемость, поражения кожи и слизистых оболочек, невриты, сексуальные расстройства.

Витамин В₆ (пиридоксин). Участвует в обмене белков и жиров, в

регуляции деятельности нервной системы, кроветворении, нормализует обмен холестерина, оказывает антисклеротическое действие. *Основные источники:* печень, мясо, рыба, фрукты и овощи, яйца, молоко и молочные продукты, хлеб. Установлен синтез кишечными бактериями у человека. *Суточная потребность:* 1,5–3,0 мг. У беременных, кормящих женщин, лиц старше 70 лет. Резко возрастает при алкоголизме. *Признаки недостаточности:* при сбалансированном питании недостаточность не возникает. В раннем детском возрасте – задержка роста, нарушение функции желудочно-кишечного тракта, повышенная возбудимость. У взрослых – потеря аппетита, тошнота, глоссит, жировая инфильтрация печени. У беременных – бессонница, раздражительность, депрессия, тошнота, рвота, стоматит, дерматит.

Витамин В₉ (фолиевая кислота, витамин В_с). Участвует в кроветворении (формировании нормальных эритроцитов), в синтезе нуклеиновых кислот, в синтезе белка; клеточном делении; обеспечивает нормальное развитие и функцию мозга; нормализует сексуальную функцию; оказывает антисклеротическое действие, способствует снижению уровня холестерина в крови. Действие фолиевой кислоты зависит от наличия в организме витамина В₁₂. *Основные источники:* дрожжи, печень, почки, мясо, яйца, зелень петрушки, шпинат, молоко. *Суточная потребность:* 300–500 мг. *Признаки недостаточности:* анемия; повышение температуры; запоры или поносы; глоссит (сухой ярко-красный язык); пониженная кислотность желудочного сока.

Витамин В₁₂ (цианкоболамин). Участвует в кроветворении; в синтезе миелина в нервной системе, нуклеиновых кислот и белка; липидном обмене; оказывает антианемическое и липотропное действие. Может усваиваться только при наличии внутреннего фактора, вырабатываемого железами желудка (фактор Касла). *Основные источники:* печень, почки, сельдь, скумбрия, сардины, мясо, куры, яйца. *Суточная потребность:* 3–5 мкг. *Признаки недостаточности:* анемия, у детей, кроме того, замедление роста.

Витамин В₈ (витамин В_н, биотин). Регуляция нервной трофики; ключевая роль в жировом обмене (образовании жирных кислот), участие в углеводном обмене, обмене аминокислот, гипохолестеринемическое действие. *Основные источники:* пивные дрожжи, почки, яйцо, яичный желток, капуста белокочанная, другие овощи, мясо, рыба, пшеничная мука, кукуруза, овсяная крупа, горох, сыр, рис полированный. *Суточная потребность:* 150–200 мкг. *Признаки недостаточности:* дерматит,

тошнота, отсутствие аппетита; гипотония; глоссит; кератоконъюнктивит; ацидоз; анемия; гилерхолестеринемия. Авидин сырого яичного белка связывает биотин, образуя нерасщепляемое соединение.

Витаминоподобные вещества

К витаминоподобным веществам относятся *липоевая кислота, пангамовая кислота* (витамин B₁₅), *холин, инозит, карнитин, S-Метил-метионин* (витамин U). Все они оказывают липотропное действие, нормализуют обмен холестерина. При сбалансированном питании не возникает недостаточность этих веществ. Они содержатся в большинстве пищевых продуктов. S-Метил-метионин, оказывающий также противоязвенное действие, содержится в сырой белокочанной капусте, кольраби, свекле, но при термической обработке витамин U полностью разрушается.

Большинство населения нашей страны страдает от неправильного питания и недостатка витаминов. Конечно, сегодня вряд ли можно встретить больного, страдающего цингой или бери-бери. Но это совсем не значит, что мы получаем витамины в достаточном количестве. Для оптимального функционирования организма, особенно в современных неблагоприятных условиях, необходимо значительно увеличить дозы витаминов.

ВНИМАНИЕ

Различные вредные воздействия, и в первую очередь табакокурение, употребление алкогольных напитков, применение многих противозачаточных средств, заболевания, травмы, стресс, загрязнение окружающей среды, интоксикации резко увеличивают образование в организме свободных радикалов и, соответственно, потребность во многих витаминах, особенно витаминах-антиоксидантах А, С и Е.

Потребность в витаминах

Потребность в витаминах зависит от многих факторов. Главные из них.

1. Пол. У мужчин потребность в витаминах выше, чем у женщин, однако у последних она возрастает во время менструации, беременности и

кормления грудью. Чем выше сексуальная активность мужчины, тем больше его потребность в витаминах.

2. Возраст. У людей старше 70 лет всасываемость витаминов из кишечника и их усвояемость нарушены, поэтому потребность в витаминах возрастает на 25–30 %.

3. Характер труда и физическая активность. Чем тяжелее труд и выше физическая активность, тем выше потребность в витаминах.

4. Эмоциональное состояние и психические перегрузки. Нервно-психическое напряжение, стресс требует увеличения количества витаминов, поступающих в организм.

5. Жизнь в зонах с холодным или жарким климатом требует увеличения количества витаминов на 30–60 %.

6. Общее состояние организма. Практически при всех заболеваниях и травмах возрастает потребность в витаминах. Особенно ярко это проявляется при гнойно-воспалительных и инфекционных заболеваниях, ожогах, травмах, после операций.

Витамины А, С и Е, а также селен являются мощными антиоксидантами. (Витамины А, С, Е являются синергистами.) Антиоксиданты вещества, препятствующие образованию свободных радикалов, оказывающих патологическое воздействие на ткани, или способствующие нейтрализации свободных радикалов. Антиоксиданты разрушают свободные радикалы и предохраняют клетки от повреждающего действия кислорода, продуктов распада липидов и других промежуточных продуктов окисления, предотвращая тем самым их губительное действие на живые клетки. Именно поэтому витамины А, С и Е защищают организм от злокачественных и сердечно-сосудистых заболеваний, и в первую очередь, атеросклероза, являющегося основной причиной инфарктов, инсультов, эндартерита и других грозных заболеваний, замедляют процессы старения, защищают мозг, уменьшают вредное воздействие стресса и загрязнений окружающей среды, курения и алкоголя. С возрастом функция иммунной системы медленно, но верно ослабевает. Витамин А, также как витамины С и Е, предотвращает старение иммунной системы.

Минеральные вещества

Минеральные вещества играют важную роль в жизни организма, сохранении здоровья, недостаток или избыток многих из них может

вызвать ряд серьезных нарушений. Минеральные вещества участвуют в создании и поддержании постоянства внутренней среды организма (гомеостаза). Минеральные вещества поступают в организм с пищей и водой.

В табл. 11 представлены сведения об основных минеральных элементах, участвующих в биологических процессах в организме человека.

Таблица 11

Физиологическая роль, суточная потребность организма и источники поступления основных минеральных веществ

Элементы	Физиологическая роль и суточная потребность	Источники
Натрий	Содержится преимущественно во внеклеточной жидкости и плазме крови. Играет роль в процессах возбуждения, создании осмотического давления жидкостей внутренней среды, распределении и выведении воды из организма; участвует в функции бикарбонатной буферной системы. Суточная потребность – 2–3 г, а в виде NaCl 2–4 г	Поваренная соль, сыры, рыба и рыбные консервы, хлеб, грибы, мясо, молоко, творог, яйца
Калий	Содержится преимущественно внутри клеток, а также в жидкостях внутренней среды. Играет важную роль в процессах реполяризации после возбуждения в нервных волокнах, сокращении мышц, в том числе миокарда. Суточная потребность – 2–3 г	Овощи (картофель), горох, чечевица, соя, мясо, сухофрукты (абрикосы, изюм), орехи, мясо, молоко, творог, рыба, хлеб
Кальций	Структурный компонент тканей зубов и костей (до 99% общего количества кальция в организме). Участвует в регуляции функций и метаболизма клеток, процессов возбуждения клеток, синаптической передаче, свертывании крови, сокращении мышц. Суточная потребность – 0,8–1,0 г	Молоко и молочные продукты, сыры, рыба, щипы, зеленые овощи, шпроты, сардины, чеснок, кресс-салат, яйца

Хлор	Содержится во внеклеточной и внутриклеточной жидкостях. Участвует в процессах возбуждения и торможения, в проведении нервных импульсов, в синаптической передаче, образовании соляной кислоты желудочного сока. Суточная потребность – 2–4 г	Поваренная соль, растительная и животная пища, жидкости, потребляемые при питье
Фосфор	Содержание в клетках в 40 раз выше, чем во внеклеточной среде, до 80% содержится в костях и зубах. В составе фосфолипидов содержится в клеточных мембранах. Необходимый элемент макроэргических соединений (АТФ) и их производных, циклических нуклеотидов, коферментов, играющих важнейшую роль в метаболизме и регуляции физиологических функций. Суточная потребность – 0,8–1,2 г	Молоко, свежая рыба, сыры, соя, мясо, яйца, орехи, горох, злаки, морепродукты
Железо	Около 66% содержится в гемоглобине крови. Содержится в скелетных мышцах, печени, селезенке, костном мозге, в составе ферментов. Основная функция связывание кислорода. Суточная потребность – 10–15 мг	Икра паюсная, кетовая, мясо, печень, свежая рыба, яйца, сухофрукты, орехи, крупа гречневая, горох, пшено
Йод	Входит в состав гормонов щитовидной железы. Суточная потребность – 125–150 мкг	Морепродукты, рыбий жир, йодированная пищевая соль
Магний	Содержится в костной ткани, скелетных мышцах и нервной системе. Входит в состав многих ферментов и коферментов. Необходим для функции клеточных мембран, деятельности миокарда и гладких мышц. Суточная потребность – 250–350 мг	Какао, шоколад, миндаль, овес, кукуруза, горох, соя, хлеб из цельного зерна, гречневая крупа, мясо, молоко, творог
Медь	Содержится в печени, селезенке, играет роль в процессах всасывания железа, синтеза гемоглобина, входит в состав ряда ферментов и пигментов. Суточная потребность – 2–5 мг	Яйца, печень, почки, рыба, шпинат, виноград, сухие овощи
Фтор	Содержится в зубных тканях и необходим для их сохранения. Входит в состав некоторых ферментов. Суточная потребность около 2 мг. При передозировке токсичен	Пищевые продукты, фторированные зубные пасты и NaCl
Сера	Входит в состав аминокислот, белков (инсулин) и витаминов (В ₁), участвует в обезвреживании токсинов в печени. Суточная потребность – 1 г	Мясо, печень, рыба, яйца

Цинк	Важный компонент ряда мужских половых гормонов. Необходим для процессов роста. Суточная потребность – 12–15 мг	Мясо (особенно говядина, индейка), бобы, крабы, яичный желток, цельное зерно пшеницы, отруби, семечки тыквы и подсолнечника, устрицы
Кобальт	Входит в состав витамина В ₁₂ , необходим для нормального эритропоэза. Содержится в печени, костной ткани. Суточная потребность точно неизвестна, предположительно – 100–200 мкг	Печень
Марганец	Входит в состав некоторых ферментных систем, способствует нормальному функционированию половой системы и кровеносных сосудов. Суточная потребность – 2–5 мг	Орехи, пряности (имбирь, корица, лавровые листья, тимьян), чай, ячмень, рожь, гречиха, пшеница
Селен	Способствует нормальному функционированию мужской половой системы. Мощный антиоксидант. Стабилизирует нуклеиновые кислоты, стимулирует функцию лимфоидных органов, увеличивает выработку антител, повышает сопротивляемость организма, оказывает противоопухолевое действие. Суточная потребность – 50–70 мкг	Каменная и морская соль, цельное неочищенное зерно, отруби, чеснок, кукуруза, дрожжи, грибы, морепродукты, почки, печень, сердце, яйца

Примечание: всюду приведены суточные потребности взрослого человека.

Вода

Около 60 % массы тела взрослого человека приходится на долю воды (у мужчин 61 %, у женщин 54 %). Разница связана с большим количеством жира в теле женщины. У новорожденного ребенка содержание воды достигает 77 %, после 70–80 лет снижается до 50 %. Вода обладает уникальными свойствами, которые чрезвычайно важны для самого существования жизни. К ним относятся: способность молекул воды слипаться между собой сливаться с другими веществами); способность притягиваться к электрически заряженной поверхности и подниматься по мелким порам; вода – растворитель. Она обладает высокой теплопроводностью, высокой температурой кипения и замерзания и максимальной плотностью при +40 °С; вода охлаждает тело при испарении, тем самым регулирует температура тела.

Вода – универсальная среда, участвующая во всех биохимических и

физиологических реакциях в организме. Пищеварение и всасывание, выделение происходят в водной среде. Вода поступает в организм человека через желудочно-кишечный тракт, его слизистая оболочка всасывает воду. Выделение воды осуществляется почками (800–1300 мл в сутки), с выдыхаемым воздухом (около 400 мл), с потом (около 600 мл). Часть воды (300–400 мл в сутки) образуется в процессе биохимических реакций. Так, при окислении 100 г жира образуется 107 мл H_2O , углеводов 55 мл, белков 41 мл. В обычных условиях потребность взрослого человека в воде составляет 40 г/кг массы тела, грудного ребенка – 120–150 г/кг. Суточная потребность взрослого при умеренной физической нагрузке и нормальной температуре составляет 1750–2200 мл, однако в виде воды и напитков – лишь 800–1000. Потеря 6–8 % воды приводит к существенному нарушению обмена веществ, потеря 10 % воды – к необратимым патологическим изменениям в организме, 21 % – к смерти.

Пищеварение

Пища в том виде, в каком она поступает в организм, не может всосаться в кровь и лимфу и не может быть использована для выполнения различных жизненных функций. Для усвоения пищи она должна подвергнуться механической и химической обработке в органах пищеварительной системы. Пища измельчается в полости рта, перемешивается в желудке и тонкой кишке с пищеварительными соками, ферменты которых расщепляют питательные вещества. Аминокислоты, моносахариды и эмульгированные жиры всасываются и усваиваются организмом. Вода, минеральные вещества (соли), витамины усваиваются в натуральном виде. Механическая и химическая обработка пищи и превращение ее в усваиваемые организмом вещества называется **пищеварением**. Оно осуществляется в пищеварительной трубке при участии ферментов, выделяемых пищеварительными железами. Поэтому пищеварение в желудке, тонкой кишке называют *полостным пищеварением*. Переваривание пищи происходит также непосредственно на поверхности микроворсинок эпителиальных клеток тонкой кишки. Такое пищеварение называют *контактным*, или *мембранным, пищеварением*. На поверхности микроворсинок и клеточной мембраны эпителиоцитов имеется наиболее высокая концентрация пищеварительных ферментов. Мембранное пищеварение является как бы заключительной фазой переваривания пищи, после чего расщепленные белки и углеводы,

эмульгированные жиры всасываются в кровеносные и лимфатические капилляры.

Расщепление (переваривание) белков, жиров, углеводов происходит с помощью *пищеварительных ферментов*. Еще в начале XX века И.П. Павлов показал, что в каждом отделе пищеварительной системы вырабатываются различные ферменты, которые участвуют в расщеплении белков, жиров и углеводов. Он изучил их взаимодействие и регуляцию выделения, совместную деятельность органов пищеварения и влияние одного отдела на другой. В 1904 г. Павлов был награжден Нобелевской премией по физиологии и медицине «за работу по физиологии пищеварения, благодаря которой было сформировано более ясное понимание жизненно важных аспектов этого вопроса». Ферменты содержатся в слюне, желудочном соке, кишечном соке, в желчи и панкреатическом соке, которые являются, соответственно, продуктами секреции слюнных, желудочных, тонкокишечных и толстокишечных желез, а также печени и поджелудочной железы.

ВНИМАНИЕ

В течение суток в пищеварительную систему поступает примерно до 1,5–2 л слюны, 2,5 л желудочного сока, 2,5 л кишечного сока, 1,0 л желчи, 1,5–2 л сока поджелудочной железы.

Ферменты являются важнейшими составляющими секретов пищеварительных желез. Благодаря пищеварительным ферментам белки расщепляются до аминокислот, жиры – до глицерина и жирных кислот, углеводы – до моносахаридов. Пищеварительные ферменты представляют собой белки. Ферменты служат ускорителями (катализаторами) реакций расщепления пищевых веществ. Ферменты, расщепляющие белки протеазы, расщепляющие жиры липазы, расщепляющие углеводы α -амилазы. Для расщепления необходимы определенные условия температура тела и реакция среды (кислая или щелочная).

Пищеварение в полости рта

Механическая и химическая обработка пищи начинается в полости рта. Здесь зубы измельчают пищу, анализируются ее вкусовые качества. В ответ на раздражения вкусовых, тактильных и температурных рецепторов,

которые расположены в слизистой оболочке языка и стенок полости рта, крупные и мелкие железы выделяют слюну. Выделение слюны происходит рефлекторно. В полости рта начинается переваривание углеводов, формируется пищевой комок. Средняя длительность пребывания пищи в полости рта составляет 15–20 с.

Слюна выделяется не только при непосредственном воздействии пищи на нервные окончания в стенках полости рта (безусловный рефлекс), а также в ответ на обонятельные, зрительные, слуховые и другие воздействия (запах, цвет, разговор о еде) – условный рефлекс.

Один из важнейших физиологических процессов – *жевание* – механическое измельчение пищи, ее смешивание со слюной, а также рефлекторное воздействие на секреторную и двигательную функции пищеварительной системы. В акте жевания участвуют челюсти, зубы, жевательные и мимические мышцы, некоторые мышцы шеи, язык и мягкое небо. Жевание регулируется рефлекторно с участием коры полушарий большого мозга.

Глотание пережеванной и смоченной слюной пищи – это сложный рефлекторный акт. Вход в носовую полость закрывается мягким небом, надгортанник закрывает вход в гортань, задерживается дыхание. Если человек во время еды разговаривает, то вход из глотки в гортань не закрывается, пища может попасть в просвет гортани и в дыхательные пути. Вот почему во время еды нельзя разговаривать.

Из ротовой полости пищевой комок движением корня языка через зев попадает вначале в ротовую часть глотки. В это время продольные мышцы глотки поднимают глотку, как бы натягивают ее на пищевой комок. Одновременно круговые мышцы, сокращаясь, проталкивают пищу из глотки в пищевод. Сокращения круговых и продольных мышц пищевода продвигают пищу в желудок. Твердая пища проходит весь путь от ротовой полости до желудка за 6–8 с, а жидкая – за 2–3 с.

Пищеварение в желудке

Пища, поступившая из пищевода в желудок, находится в нем до 4–6 ч. В желудке пища перемешивается с желудочным соком и под его действием переваривается. Пища в желудке превращается в жидкую кашу.

Ферменты пепсин и гастрин переваривают (расщепляют) белки до крупных частиц полипептидов, еще не способных всосаться в капилляры слизистой оболочки желудка. Пепсин также створаживает казеин молока,

который в желудке подвергается гидролизу. Эмульгированные жирные компоненты молока расщепляет липаза. Слизь (муцин) предохраняет слизистую оболочку желудка от самопереваривания. При попадании в желудок алкоголя (спирта) действие слизи ослабляется, и тогда создаются благоприятные условия для образования язв слизистой оболочки, для возникновения воспалительных явлений гастрита.

Выделение желудочного сока начинается уже через 5–10 мин после начала еды. Секреция желудочных желез продолжается все время, пока пища находится в желудке. Состав желудочного сока и скорость его выделения зависят от количества и качества пищи. Жир, крепкие растворы сахара, а также отрицательные эмоции (гнев, печаль) тормозят образование желудочного сока. Ускоряют образование и выделение желудочного сока экстракты мяса и овощей (бульоны из мяса и овощей). Выделение желудочного сока происходит не только во время еды, но уже при ощущении запаха пищи, ее виде, даже при разговоре о еде. В этих случаях желудочный сок выделяется в результате условно-рефлекторной деятельности организма.

Деятельность мышц желудка у живого человека обуславливает его моторику, поддерживает тонус, почти стабильное давление в просвете желудка и осуществляет перемешивание и опорожнение. В результате перемешивания пищевых масс с желудочным соком образуется химус – жидкая кашица, которая удаляется отдельными порциями из желудка. Быстрее всего из желудка выводятся углеводы, несколько медленнее – белки, дольше всего (около 4 ч) – жиры. При этом жидкая и хорошо переработанная пища эвакуируется быстрее, чем плотная и плохо пережеванная.

Если пилорический сфинктер расслаблен и отверстие в двенадцатиперстную кишку открыто, то пища поступает из желудка в двенадцатиперстную кишку. Если отверстие закрыто, то пищевая кашица снова отбрасывается из привратника в глубь желудка и продолжает перевариваться. После поступления порции пищи в двенадцатиперстную кишку ее слизистая оболочка раздражается кислым содержимым и механическим воздействием пищи. Пилорический сфинктер при этом рефлекторно закрывает отверстие, ведущее из желудка в кишку. После изменения рН в двенадцатиперстной кишке до щелочного в связи с выделением в нее желчи и панкреатического сока в кишку из желудка поступает новая порция кислот пищевой кашицы. Таким образом, химус порциями из желудка выбрасывается в двенадцатиперстную кишку.

Пищеварение в тонкой кишке

Кишечное пищеварение начинается уже в двенадцатиперстной кишке, которая играет особую роль в пищеварении. В просвет двенадцатиперстной кишки выделяются не только секреты ее собственных желез, но и желчь, а также панкреатический сок. *Секрет желез двенадцатиперстной кишки содержит* муцин, защищающий слизистую оболочку, а также ферменты, расщепляющие белок, и энтерокиназу, превращающую неактивный фермент поджелудочного сока трипсиноген в активный трипсин. *Панкреатический сок* (секрет поджелудочной железы) бесцветный, имеет щелочную реакцию (рН 7,3–8,7). Он содержит различные ферменты, переваривающие белки, жиры и углеводы. Под влиянием ферментов трипсина и химотрипсина белки расщепляются до аминокислот; липаза расщепляет жиры до глицерина и жирных кислот; амилаза и мальтаза расщепляют углеводы до моносахаридов. Секреция сока поджелудочной железы происходит рефлексорно в ответ на сигналы, идущие от рецепторов слизистой оболочки полости рта, а также на раздражение слизистой оболочки двенадцатиперстной кишки кислой пищевой кашицей, поступающей из желудка.

Желчь, образуемая в печени в промежутке между приемами пищи, поступает в желчный пузырь в жидком виде, концентрируется там в 7–8 раз (вода всасывается в стенки желчного пузыря). Поступающая в двенадцатиперстную кишку желчь выделяется из желчного пузыря. Желчь, имеющая золотисто-желтый цвет, содержит желчные кислоты, желчные пигменты, холестерин и другие вещества. В течение суток образуется 0,5–1,2 л желчи. Желчь эмульгирует жиры до мельчайших капель и способствует их всасыванию, активизирует пищеварительные ферменты, замедляет гнилостные процессы, усиливает перистальтику тонкой кишки. Желчеобразование и поступление желчи в двенадцатиперстную кишку стимулируются присутствием пищи в желудке и двенадцатиперстной кишке, а также видом и запахом и регулируется нервным и гуморальным путями.

Из двенадцатиперстной кишки (благодаря ее перистальтике) пищевая кашица продвигается в тощую, а затем в подвздошную кишку. Выделяемый кишечными железами в ответ на механические и химические раздражения *кишечный сок* (до 2,5 л в сутки) расщепляет пептиды (белки) до аминокислот, сахара до глюкозы и фруктозы. В кишечном соке содержится более 22 пищеварительных ферментов, в том числе энтерокиназа

(активатор трипсिनогена поджелудочной железы), пептидаза, липаза, амилаза и фосфатаза, сахараза и др.

Различные участки тонкой кишки по-разному участвуют во всасывании: жиры всасываются преимущественно в верхней половине тонкой кишки, белки – в средней трети, вода – в подвздошной кишке. Окончательное переваривание пищи (до аминокислот, моносахаридов, эмульгированных жиров) и всасывание продуктов переваривания происходит по мере продвижения пищевых масс в направлении от двенадцатиперстной кишки в подвздошную кишку и далее в слепую кишку. Движение пищевых масс происходит в результате сокращения циркулярного и продольного мышечных слоев стенок тонкой кишки. Выделяют два вида движений тонкой кишки: перистальтические и маятникообразные.

Пищеварение в толстой кишке

Из тонкой кишки непереваренные и невсосавшиеся в кровеносные и лимфатические капилляры остатки пищи через подвздошно-слепокишечное отверстие поступают в толстую кишку, где формируются каловые массы, происходит реабсорбция воды, электролитов и водорастворимых витаминов. Толстая кишка обильно заселена микрофлорой, которая сбраживает углеводы и осуществляет гнилостное разложение белков. Мышечная оболочка толстой кишки осуществляет движения, благодаря чему содержимое перемещивается, от слепой кишки в анальном направлении распространяются мощные волны сокращения благодаря которым каловые массы перемещаются в сигмовидную кишку. *Дефекация* – опорожнение толстой кишки и удаление кала – происходит произвольно и регулируется корой головного мозга. Напомним, что в дистальном отделе прямой кишки имеется два сфинктера: поперечнополосатый произвольный наружный и гладкомышечный непроизвольный внутренний. Оба сфинктера в состоянии покоя сокращены, и задний проход замкнут.

Волнообразные сокращения сигмовидной ободочной кишки перемещают каловые массы в прямую кишку, растяжение которой вызывает нервные импульсы, в результате чего появляются осознанные позывы к дефекации. Однако здоровый человек может сдерживать позыв к дефекации. Если количество кала превышает два литра, позыв сдерживать невозможно. При дефекации расслабляются непроизвольный

гладкомышечный внутренний сфинктер и поперечнополосатый наружный сфинктер прямой кишки.

ВНИМАНИЕ

Парасимпатические нервы усиливают, а симпатические тормозят моторику толстой кишки.

Дыхательная система

Дыхательная система выполняет важнейшую функцию – газообмен. Полость носа, носовая часть глотки, гортань, трахея, бронхи различных калибров, включая бронхиолы служат воздухоносными путями. В них воздух согревается, очищается от различных частиц и увлажняется. Альвеолярные ходы и альвеолы являются собственно респираторными отделами, в которых и происходит газообмен (рис. 44). У человека один их органов дыхательной системы – гортань выполняет две функции: воздухопроводящую и голосообразовательную. Нормальное дыхание происходит через полость носа, где расположен орган обоняния.

Полость носа

Полость носа выстлана изнутри слизистой оболочкой, которую можно разделить на две резко отличающиеся друг от друга по строению и функции части: дыхательную и обонятельную. Дыхательная область покрыта псевдомногорядным цилиндрическим реснитчатым эпителием с большим количеством бокаловидных клеток, выделяющих слизь. Эпителий покрыт слизью, которая благодаря движению ресничек передвигается в направлении носоглотки, куда и удаляется слизь. В полости носа выделяется секрет многочисленных серозных слизистых желез. Всего в течение суток выделяется около 500 мл жидкости. Слизь не только обволакивает частицы, но и увлажняет вдыхаемый воздух. Слизистая оболочка носа выполняет еще одну важную функцию: она согревает воздух. Слизистая оболочка и подслизистая основа очень богаты кровеносными сосудами. Три носовые раковины увеличивают общую поверхность полости носа.

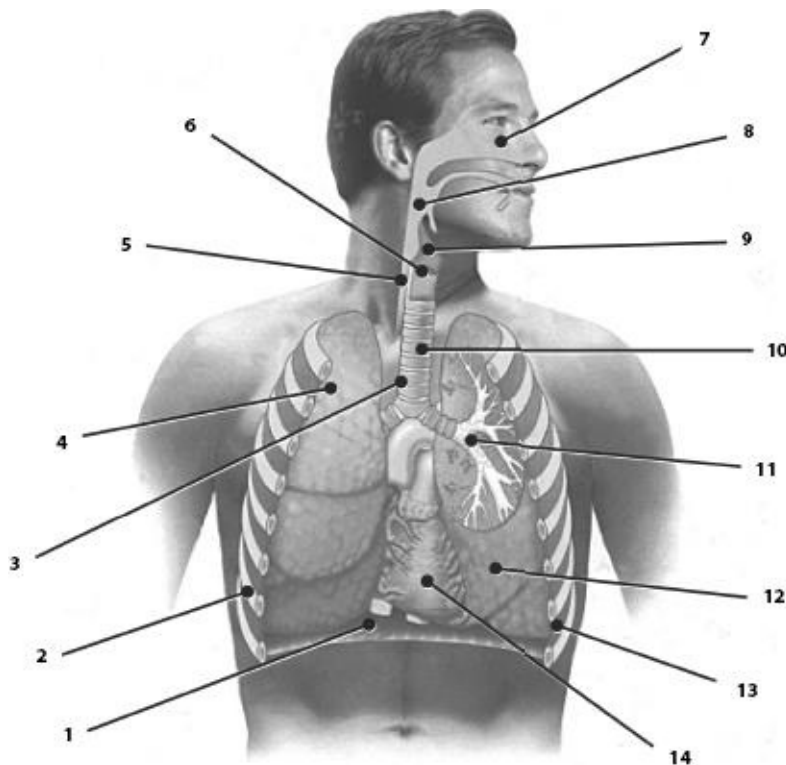


Рис. 44. Дыхательная система. 1 – диафрагма; 2 – ребро; 3 – хрящевое кольцо не позволяет трахее опадать во время дыхания; 4 – правое легкое; 5 – пищевод, по нему пища попадает в желудок; 6 – гортань, в ней находятся голосовые связки; 7 – носовая полость, здесь воздух согревается, очищается и увлажняется; 8 – глотка; 9 – надгортанник, он закрывает вход в гортань во время глотания; 10 – трахея; 11 – бронхи; 12 – левое легкое; 13 – межреберная мышца, она двигает ребра; 14 – сердце

Обонятельная область занимает верхние носовые раковины и соответствующие ей части перегородки и задний отдел верхней стенки полости носа, покрыта многорядным цилиндрическим эпителием, в состав которого входят специальные воспринимающие обонятельные нейросенсорные клетки (см. «Орган обоняния», с. XX). В области средней и нижней носовых раковин имеется пещеристая ткань, содержащая множество тонких вен, которые в обычных условиях находятся в спавшемся состоянии, при наполнении их кровью слизистая оболочка набухает.

Воздух из полости носа поступает через хоаны в носовую, затем ротовую части глотки и в гортань. Строение глотки описано выше.

Гортань

Гортань выполняет двоякую функцию: это дыхательная трубка и голосовой аппарат. Ее сложное строение связано именно с ролью как органа голосообразования. Человеческая гортань – уникальный музыкальный инструмент. Гортань человека расположена на уровне IV–VI шейных позвонков и связана с подъязычной костью. Снаружи ее положение заметно по выступу, называемому «кадыком» («адамово яблоко»), более развитому у мужчин и образованному соединением обеих пластинок щитовидного хряща. Вверху гортань переходит в полость глотки, внизу – трахеи.

Возрастные и половые особенности гортани резко выражены. У детей гортань расположена выше, чем у взрослых (нормальное положение устанавливается к 13–14 годам жизни), у людей старше 70 лет – еще ниже; у женщин – несколько выше, чем у мужчин, причем гортань мужчины в среднем на 1/3 больше женской. У новорожденного ребенка гортань относительно велика. В течение первых 4–5 лет жизни ребенка она растет несколько медленнее трахеи. После шести лет рост гортани замедляется, но перед наступлением половой зрелости у мальчиков рост ее быстро ускоряется и размеры стремительно увеличиваются. В это время изменяется голос мальчиков. Рост и функция гортани связаны с развитием половых желез.

Скелет гортани образован несколькими подвижно соединенными между собой гиалиновыми и эластическими хрящами (рис. 45). Самый крупный из гортанных хрящей гиалиновый *щитовидный*, в котором различают две четырехугольные пластинки, соединяющиеся между собой (упомянутый выступ гортани) под прямым (или почти прямым) углом у мужчин и тупым углом (около 120°) у женщин. Наиболее важны в функциональном отношении гиалиновые *черпаловидные хрящи*, от основания которых вперед отходит голосовой отросток, состоящий из эластического хряща, который не окостеневает; назад и кнаружи – мышечный отросток. К последнему и прикрепляются мышцы, двигающие черпаловидный хрящ в перстнечерпаловидном суставе. При этом изменяется положение голосового отростка, к которому прикрепляются голосовые связки. Сверху гортань покрыта *надгортанником*, состоящим из эластического хряща. Надгортанник расположен впереди входа в гортань и прикреплен к щитовидному хрящу с помощью щитонадгортанной связки. В основании гортани лежит гиалиновый *перстневидный хрящ*, его дуга обращена вперед, а пластинка назад. Соединительнотканная связка соединяет нижний край хряща с первым хрящом трахеи.

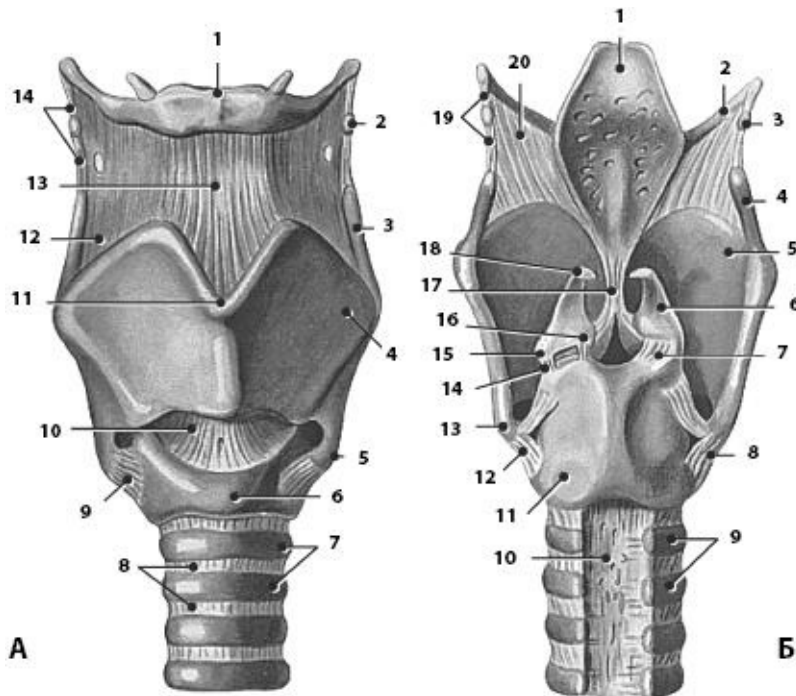


Рис. 45. Хрящи, связки и суставы гортани. А, вид спереди: 1 – тело подъязычной кости; 2 – зерновидный хрящ; 3 – верхний рог щитовидного хряща; 4 – пластинка щитовидного хряща; 5 – нижний рог щитовидного хряща; 6 – дуга перстневидного хряща; 7 – хрящи трахеи; 8 – кольцевые связки; 9 – перстнещитовидный сустав; 10 – перстнещитовидная связка; 11 – верхняя щитовидная вырезка; 12 – щитоподъязычная мембрана; 13 – срединная щитоподъязычная связка; 14 – латеральная щитоподъязычная связка. Б, вид сзади: 1 – надгортанник; 2 – большой рог подъязычной кости; 3 – зерновидный хрящ; 4 – верхний рог щитовидного хряща; 5 – пластинка щитовидного хряща; 6 – чепаловидный хрящ; 7 – правый перстнечерпаловидный сустав; 8 – правый перстнещитовидный сустав; 9 – хрящи трахеи; 10 – перепончатая стенка; 11 – пластинка перстневидного хряща; 12 – левый перстнещитовидный сустав трахеи; 13 – нижний рог щитовидного хряща; 14 – левый перстнечерпаловидный сустав; 15 – мышечный отросток черпаловидного хряща; 16 – голосовой отросток черпаловидного хряща; 17 – щитонадгортанная связка; 18 – рожковидный хрящ; 19 – латеральная щитоподъязычная связка; 20 – щитоподъязычная мембрана

Хрящи соединяются между собой посредством связок и суставов. Важнейший из них, перстнечерпаловидный, расположен между черпаловидным и перстневидным хрящами. Черпаловидный хрящ в этом суставе вращается вокруг вертикальной оси, а также немного в стороны.

Правый и левый перстнещитовидные суставы объединяются в один комбинированный. Щитовидный хрящ наклоняется вперед, удаляясь своей вырезкой от пластинки перстневидного и черпаловидных хрящей, или выпрямляется, приближаясь к последним.

Полость гортани внутри выстлана слизистой оболочкой, ее реснитчатый эпителий снабжен большим количеством бокаловидных клеток. Под слизистой оболочкой гортани лежит фиброзно-эластическая мембрана. Часть ее, расположенная между щитовидным, черпаловидным и перстневидным хрящами, называется эластическим конусом. От внутренней поверхности угла щитовидного хряща к голосовым отросткам черпаловидных хрящей идут более плотные края конуса, образующие *голосовые связки*, состоящие, главным образом, из эластических волокон. Колебания голосовых связок при прохождении через них выдыхаемого воздуха создает звук, который в зависимости от натяжения связок и ширины голосовой щели может меняться.

Изменение положения хрящей гортани, натяжение голосовых связок, ширина голосовой щели регулируется работой поперечнополосатых мышц гортани, которые регулируют ширину голосовой щели. Голосовые складки образованы слизистой оболочкой, голосовой мышцей и описанной голосовой связкой. Следует подчеркнуть, что в гортани происходит лишь голосообразование. В членораздельной речи принимают участие околоносовые пазухи, губы, язык, мягкое небо, мимические мышцы.

Трахея

Трахея, связанная с гортанью перстнетрахеальной связкой, начинается на уровне верхнего края VII шейного и заканчивается на уровне верхнего края V грудного позвонка, где разделяется на два бронха, образуя бифуркацию. Начало трахеи у грудных детей лежит высоко, на уровне IV–V шейных позвонков, у взрослых – на уровне VI, после 70 лет она опускается до VII шейного позвонка. У женщин начало трахеи лежит несколько выше, чем у мужчин. При глотании или движениях головы положение верхнего конца трахеи изменяется. В просвете трахеи на месте бифуркации имеется полулунный выступ – киль.

Стенка трахеи состоит из слизистой оболочки, подслизистой основы, волокнисто-мышечно-хрящевой и адвентициальной оболочек. Слизистая оболочка трахеи выстлана реснитчатым псевдомногослойным эпителием, содержащим большое количество бокаловидных клеток. Волокнисто-

мышечно-хрящевая оболочка трахеи образована 16–20 гиалиновыми хрящами, каждый из которых представляет собой дугу, открытую кзади, занимающую приблизительно две трети окружности трахеи. Хрящи соединены между собой кольцевыми связками.

Отсутствие хрящей на задней стенке весьма важно, благодаря этому пищевой комок, проходящий по пищеводу, лежащему непосредственно позади трахеи, не испытывает сопротивления с ее стороны. Вместе с тем трахея благодаря наличию в ее стенке хрящей, связанных плотной фиброзной тканью перепончатой части, очень упруга и эластична. Трахея противостоит значительному давлению извне, сохраняя просвет постоянно открытым и может растягиваться, изменяя продольные и поперечные размеры.

Бронхи

«Бронхиальное дерево» состоит из ветвящихся бронхов, просвет которых постоянно уменьшается. Главные бронхи весьма упругие, у детей же хрящи тонкие, мягкие, эластичные и обладают малой упругостью. *Главные бронхи* не делятся дихотомически, от них отходят *долевые бронхи*. От правого три: верхний, средний и нижний долевые, от левого два: верхний и нижний долевые, дающие более мелкие третичные, или *сегментарные*, бронхи (справа 10, слева 9), которые уже разделяются дихотомически. При этом площадь сечения вышележащего бронха меньше, чем сумма площадей сечения его ветвей. В дальнейшем бронхи делятся на субсегментарные (первой, второй, третьей генерации всего 9–10), междольковые, внутридольковые.

Бронхи выстланы псевдомногослойным цилиндрическим реснитчатым эпителием с большим количеством бокаловидных клеток. Строение главных бронхов во многом напоминает строение трахеи. Гиалиновые хрящи бронхов также представляют собой дуги, открытые кзади, где концы их соединяются перепончатой частью. Хрящи соединяются между собой кольцевыми связками, аналогичными трахеальным. По мере уменьшения калибра бронхов хрящи постепенно меняют форму, образуя в начале полукольца, затем хрящевые пластинки неодинаковой величины, и совершенно исчезают в бронхиолах диаметром около 1 мм. В стенке главных бронхов мышечная ткань располагается так же, как и в трахее. В стенке внутрилегочных бронхов имеется круговой слой гладких мышечных волокон, располагающихся между слизистой

оболочкой и хрящами. В мелких бронхах (диаметром до 1–2 мм) постепенно исчезают хрящевые пластинки и железы, а мышечная пластинка слизистой оболочки становится относительно более толстой.

Диаметр самых мелких разветвлений воздухопроводящих путей *бронхиол* – от 0,5 до 1 мм. Имеется около 20 их генераций, последняя *терминальные бронхиолы* делятся на 14–16 *дыхательных (респираторных)* бронхиол каждая. В стенках бронхиол в отличие от бронхов, отсутствуют хрящи. Слизистая оболочка бронхиол выстлана однослойным реснитчатым эпителием, между клетками которого располагаются отдельные секреторные клетки Клара, которые, по современным данным, являются источником восстановления эпителия концевых бронхиол.

Легкие

Легкие по форме напоминают конус с закругленной верхушкой, выступающей над первым ребром. На средостенной поверхности каждого легкого расположены *ворота легкого*, через которые проходят бронх, сосуды и нервы, окруженные соединительной тканью, образующие корень легкого. Каждое легкое разделяется глубокими щелями на доли: правое на три, левое на две. *Доли легких* – это обособленные анатомически и физиологически участки легкого с вентилирующим их бронхом и собственной сосудисто-нервной системой. Консистенция легкого мягкая, упругая, напоминает губку; благодаря содержащемуся воздуху легкие и их кусочки плавают в воде.

Цвет легких у детей, особенно раннего возраста, бледно-розовый, у взрослых ткань постепенно темнеет, появляются черные пятна ближе к поверхности за счет частиц угля, которые откладываются в соединительной ткани легкого. Каждому сегментарному бронху соответствует бронхолегочный сегмент. *Сегмент* – участок легочной ткани, имеющий свою сосудисто-нервную систему и вентилируемый сегментарным бронхом. Сегменты образованы легочными дольками, число которых в одном сегменте достигает примерно 80. Они разделены междольковыми соединительнотканными перегородками. Долька представляет собой участок легочной ткани, вентилируемый претерминальной (дольковой) бронхиолой, сопровождаемой конечными ветвлениями легочных артериол и венул, лимфатических сосудов и нервов. В верхушку каждой доли входит претерминальная дольковая бронхиола, которая разветвляется на мельчайшие 3–7 концевых (терминальных)

бронхиол диаметром около 0,5–0,15 мм.

Функциональной единицей легкого является ацинус (рис. 46). Это система разветвлений одной концевой бронхиолы, делящейся на 14–16 дыхательных (распираторных) бронхиол I порядка, которые дихотомически делятся на распираторные бронхиолы II порядка. Последние, в свою очередь, также дихотомически разветвляются на распираторные бронхиолы III порядка, образующие 2–3 генерации альвеолярных ходов (до 1500), несущих на себе до 20 000 альвеолярных мешочков и альвеол. В одной легочной доле насчитывается около 50 ацинусов.

Стенки терминальных и дыхательных бронхиол окружены густой сетью эластичных волокон. Между спиральными пучками эластических волокон имеются пучки гладких миоцитов. Благодаря этому при вдохе бронхиолы не спадаются. Уже на стенках дыхательных бронхиол имеются бухтообразные выпячивания – альвеолы. Альвеолярные ходы имеют диаметр около 100 мкм. Вход в каждую альвеолу альвеолярного хода окружен пучками гладких миоцитов, которые образуют шаровидные выпячивания.

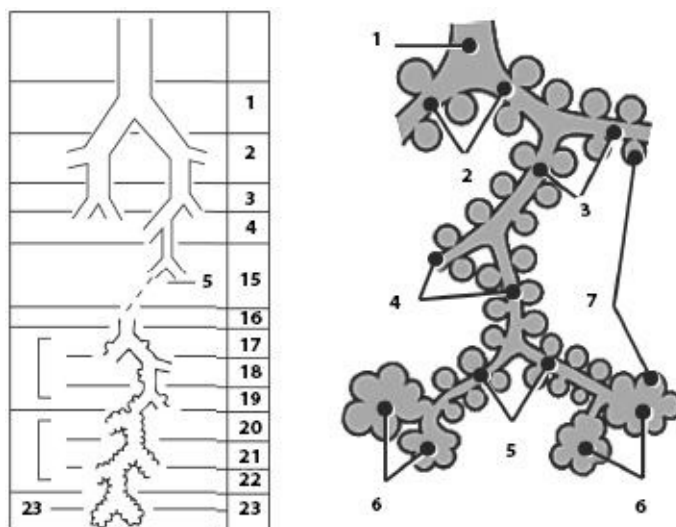


Рис. 46. Бронхиальное дерево, схемы. А – ветвление бронхов в правом и левом легких. 1, 2 – главные бронхи; 3, 4 – долевые и сегментарные бронхи; 5–15 – ветви сегментарных бронхов, дольковый бронх и его разветвления (не показаны); 16 – конечная бронхиола; 17–19 – дыхательные бронхиолы (три порядка ветвлений); 20–22 – альвеолярные ходы (три порядка ветвлений); 23 – альвеолярные мешочки. Б – строение ацинуса легкого. 1 – терминальная бронхиола; 2 – дыхательная бронхиола первого порядка; 3 – дыхательные бронхиолы второго порядка; 4 – дыхательные бронхиолы третьего порядка; 5 – альвеолярные ходы; 6 –

альвеолярные мешочки; 7 – альвеолы

ВНИМАНИЕ

У человека на один альвеолярный ход приходится в среднем 21 альвеола. Альвеолы, альвеолярные мешочки и ходы являются не морфологическими структурами, а пространствами, содержащими воздух.

Альвеолы напоминают пузырьки неправильной формы, они разделяются межальвеолярными перегородками толщиной 2–8 мкм. В каждой перегородке, обычно являющейся одновременно стенкой двух (иногда и более) альвеол, расположена густая сеть кровеносных капилляров, эластических, ретикулярных и коллагеновых волокон и клеток соединительной ткани. Форма альвеол многоугольная, вход в альвеолу округлый. Количество альвеол в обоих легких человека 600–700 млн, а общая их поверхность колеблется в пределах от 40 м² при выдохе – до 120 м² при вдохе. Диаметр альвеол новорожденного в среднем равен 150 мкм, взрослого – 280 мкм, после 70–75 лет объем альвеол увеличивается за счет исчезновения некоторых межальвеолярных перегородок, их диаметр достигает 300–350 мкм. Альвеолы выстланы изнутри клетками двух типов: альвеолярными клетками I типа, альвеолярными клетками II типа (*рис. 47*). Преобладают клетки I типа, которые выстилают около 87,5 % поверхности альвеол. Это уплощенные клетки толщиной 0,1–0,2 мкм. Лишь в области залегания ядра, которое выбухает в просвет альвеолы, они утолщены. Такое строение в наибольшей степени способствует газообмену.

Альвеолярные клетки I типа крупные – округлые клетки с большим округлым ядром, выступающие в просвет альвеолы. В каждой клетке находится от 2 до 10 окруженных мембраной слоистых округлых осмиофильных пластинчатых телец, богатых фосфолипидами. Тельца, выделяющиеся из клеток посредством экзоцитоза, по современным воззрениям, вырабатывают основную часть сурфактанта, выстилающего изнутри альвеолы в виде пленки. Основная функция сурфактанта – поддержание поверхностного натяжения альвеолы, ее способности к раздуванию при вдохе и противодействие спадению при выдохе. Особенно важна роль сурфактанта при первом вдохе новорожденного ребенка. Сурфактант препятствует пропотеванию жидкости в просвет альвеол и обладает бактерицидностью. Альвеолярные клетки I типа являются также источником восстановления клеточной выстилки альвеол. В выстилке

альвеол обнаруживается еще один вид клеток альвеолярные макрофагоциты. Они имеют моноцитарное происхождение, относятся к фагоцитарной системе, активно фагоцитируют частицы и сурфактант.

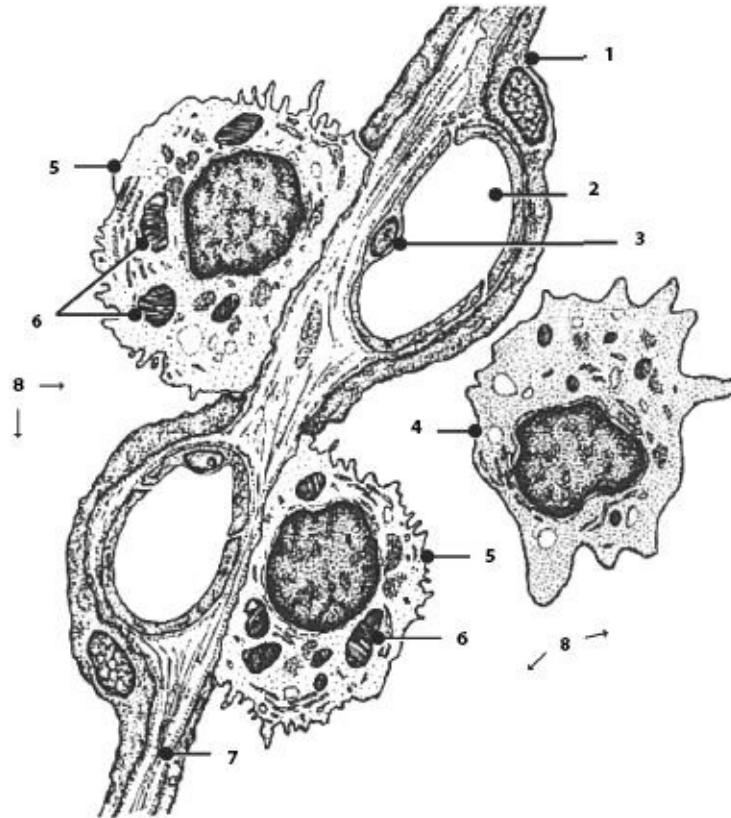


Рис. 47. Строение межальвеолярной перегородки. 1 – респираторный альвеолоцит; 2 – просвет кровеносного капилляра; 3 – эндотелиальная клетка; 4 – альвеолярный макрофаг; 5 – большой альвеолоцит; 6 – осмиофильные тельца; 7 – эластическое волокно; 8 – просвет альвеол

Воздушно-кровяной барьер (аэрогематический), через который происходит газообмен, очень тонок (в среднем 0,2–0,5 мкм). Он образован тонкой цитоплазмой альвеолярные клеток I типа и базальной мембраной, на которой они лежат, сливающейся с базальной мембраной кровеносных капилляров (толщина общей мембраны 90–100 нм) и цитоплазмой эндотелиальных клеток, образующих стенку капилляра.

Каждый капилляр граничит с одной или несколькими альвеолами. Кислород в процессе диффузии проходит из просвета альвеолы в кровеносные капилляры через аэрогематический барьер, плазму крови и мембрану эритроцита, CO_2 диффундирует в обратном направлении.

Диффузия осуществляется благодаря градиенту парциальных давлений O_2 и CO_2 в альвеолярном воздухе и в крови. Сразу после диффузии в эритроциты O_2 связывается с гемоглобином, в результате чего образуется HbO_2 , который диффундирует к центру эритроцита. Один грамм гемоглобина связывает 1,34 мл O_2 . CO_2 в эритроцитах связан с гемоглобином. Углекислый газ диффундирует из эритроцитов только после его освобождения из химической связи с гемоглобином. Во время прохождения через легочные капилляры эритроциты захватывают кислород, и в них увеличивается напряжение O_2 , в то же время напряжение O_2 в крови снижается.

Плевра

Подобно брюшине, плевра состоит из двух листков: париетальный выстилает грудную полость изнутри, висцеральный плотно срастается с легочной тканью, покрывает легкое со всех сторон, заходит в щели между его долями. *Париетальная* (пристеночная) плевра представляет собой сплошной листок, который срастается с внутренней поверхностью грудной полости и средостением, образуя замкнутый мешок, содержащий легкое, покрытое *висцеральной плеврой*. *Полость плевры* – узкая замкнутая щель между париетальной и висцеральной плеврой, в которой находится небольшое количество серозной жидкости, увлажняющей листки, тем самым облегчая их движение при дыхании. В тех участках, где реберная плевра переходит в диафрагмальную и медиастинальную, образуются плевральные синусы: реберно-диафрагмальный, диафрагмо-медиастинальный и реберно-медиастинальный.

Средостение. Между правой и левой плевральными полостями располагается комплекс органов, называемых средостением. Спереди оно ограничено грудиной, сзади грудным отделом позвоночного столба, верхней границей является верхняя апертура грудной клетки, нижней диафрагма. В средостении располагаются сердце, аорта, легочные артерии и вены, вилочковая железа, пищевод, трахея, главные бронхи, кровеносные и лимфатические сосуды, лимфатические узлы, симпатические стволы, нервы.

Функция дыхательной системы

Дыхательная система осуществляет поглощение кислорода и удаление углекислого газа – газообмен, без которого невозможна жизнь, ибо превращение энергии в организме происходит в результате окислительного распада питательных веществ с участием кислорода. Перенос кислорода в организме включает следующие этапы: легочное (внешнее) дыхание поступление кислорода в альвеолы и диффузия кислорода из альвеол в кровь капилляров малого круга кровообращения; транспорт кислорода кровеносной системой; тканевое и клеточное дыхание диффузия кислорода из капилляров в ткани и клетки. Удаление и выведение углекислого газа происходит в обратном порядке.

Легочное дыхание осуществляется путем чередования вдоха, во время которого атмосферный воздух, насыщенный кислородом, поступает в альвеолы, и выдоха, при котором воздух, обогащенный углекислым газом, удаляется в окружающую среду. Вдох осуществляется благодаря сокращению главных (наружных межреберных мышц и диафрагмы) и вспомогательных дыхательных мышц (грудино-ключично-сосцевидная, большая и малая грудные, и лестничные). В акте выдоха участвуют внутренние межреберные мышцы и диафрагма (главные), а также мышцы брюшного пресса. Выдох осуществляется при расслаблении мышц вдоха и сокращении мышц выдоха. Приподнятая и расширенная при вдохе грудная клетка в силу своей тяжести и при сокращении ряда мышц живота опускается. Мышцы воздействуют на реберно-позвоночные суставы, поднимая и опуская ребра. Диафрагма уплощается во время вдоха и поднимается во время выдоха (куполы выдаются в грудную клетку). В зависимости от преобладания при дыхании поднимания ребер или уплощения диафрагмы различают грудной (реберный) и брюшной (диафрагмальный) тип дыхания. Первый тип преобладает у мужчин, второй – у женщин. Однако с возрастом в связи с уменьшением подвижности грудной клетки увеличивается роль брюшного дыхания. Брюшное дыхание преобладает у работников физического труда, певцов. У беременных женщин по мере увеличения срока беременности возрастает роль грудного дыхания.

Легочная вентиляция меняется в зависимости от функционального состояния организма. Интенсивность легочной вентиляции определяется глубиной вдоха и частотой дыхательных движений. Одним из наиболее

информативных показателей легочной вентиляции является минутный объем воздуха (МОВ), который оценивается по объему воздуха, вдыхаемого или выдыхаемого за одну минуту. У взрослого здорового человека частота дыхания в покое составляет 12–16 в 1 мин, МОВ 6–10 л · мин⁻¹ при работе он возрастает до 30–100 л · мин⁻¹.

В течение жизни человек делает около 700 млн вдохов и вдыхает 300–350 млн л воздуха. *Дыхательный объем* – количество воздуха, которое человек вдыхает и выдыхает при спокойном дыхании (около 500 мл). *Резервный объем вдоха* – количество воздуха, которое человек может дополнительно вдохнуть после нормального вдоха (около 1500 мл). *Резервный объем выдоха* – количество воздуха, которое человек может дополнительно выдохнуть после спокойного выдоха (около 1500 мл). *Остаточный объем* – количество воздуха, остающееся в легких после максимального выдоха (около 1200 мл). *Резерв вдоха* – максимальное количество воздуха, которое можно вдохнуть после спокойного выдоха. *Функциональная остаточная емкость* – количество воздуха, остающееся в легких после спокойного выдоха. *Общая емкость легких* – количество воздуха, содержащееся в легких на высоте максимального вдоха. Общая емкость легких равна сумме ЖЕЛ и остаточного объема. Из 500 мл выдыхаемого воздуха (дыхательный объем) только 360 мл проходит в альвеолы и отдает кислород в кровь. Остальные 140 мл остаются в воздухоносных путях и в газообмене не участвуют. Поэтому воздухоносные пути называют «мертвым пространством».

Жизненная емкость легких (ЖЕЛ) – наибольшее количество воздуха, которое можно выдохнуть после максимального вдоха. ЖЕЛ складывается из дыхательного объема и резервных объемов вдоха и выдоха. ЖЕЛ – один из важнейших показателей, позволяющих судить о подвижности легких и грудной клетки. ЖЕЛ зависит от возраста, пола, физической активности, размеров тела и т. д. После 40 лет ЖЕЛ уменьшается тем больше, чем меньше физическая активность человека. Как правило, у женщин ЖЕЛ на 20–25 % меньше, чем у мужчин. Так, например, у «среднего» взрослого здорового мужчины в возрасте 20–30 лет ЖЕЛ составляет 4,8 л, у женщины – 3,6 л; в возрасте 50–60 лет соответственно 3,8 и 3,0 л. У молодого мужчины ЖЕЛ в норме можно определить по формуле: ЖЕЛ (л) = рост (м) × 2,5; у женщины ЖЕЛ (л) = рост (м) × 2,0.

Легочные объемы можно измерить с помощью спирометра. Наиболее распространен водный спирометр, который представляет собой цилиндр, помещенный дном кверху в резервуар с водой. Воздух, попавший в этот

цилиндр, не сообщается с внешней средой, а сам цилиндр уравнивается противовесом. Исследуемый берет в рот широкую трубку с загубником, которая соединена с пространством внутри цилиндра. Во время выдоха объем воздуха в цилиндре увеличивается, и он всплывает; при вдохе же цилиндр погружается. Эти перемещения могут быть измерены при помощи калиброванной шкалы или зарегистрированы посредством писчика на барабанах кимографа (в последнем случае получают так называемую *спирограмму*). В настоящее время существует множество модификаций спирометра.

Газообмен в легких и тканях

В легких происходит газообмен между поступающим в альвеолы воздухом и протекающей по капиллярам кровью. Интенсивному газообмену между воздухом альвеол и кровью способствует малая толщина описанного *аэрогематического барьера*. Альвеолярный воздух – это воздух, находящийся в альвеолах, он отличается от атмосферного по концентрации содержащихся в нем газов. Кислород и углекислый газ транспортируются эритроцитами благодаря способности гемоглобина связывать эти газы. Во время прохождения через легочные капилляры эритроциты захватывают кислород, и в них увеличивается напряжение O_2 , в то же время напряжение CO_2 в крови снижается. Одна молекула гемоглобина способна присоединить к себе четыре молекулы кислорода, образуя неустойчивое соединение *оксигемоглобин* (HbO_2). При поступлении крови в ткани гемоглобин теряет связь с кислородом, диффундирует из капилляра в ткани и поступает в клетки, где используется. Образовавшийся углекислый газ переходит (диффундирует) из тканей в кровь и присоединяется к гемоглобину, в результате чего образуется карбоксигемоглобин.

ВНИМАНИЕ

Оксид углерода (CO) обладает гораздо большим сродством к гемоглобину, чем кислород. $Hb + CO \rightleftharpoons HbCO$ (*карбоксигемоглобин*), распад которого происходит примерно в 350 раз медленнее, чем оксигемоглобина. Поэтому даже при малом содержании в воздухе окиси углерода (CO) гемоглобин соединяется не с кислородом, а с окисью углерода.

При этом прекращается поступление кислорода в организм через дыхательную систему и нарушается его транспорт к тканям и клеткам. Человек в этих условиях задыхается и может погибнуть из-за того, что кислород не поступает в ткани.

Важную роль в регуляции дыхания играют рН артериальной крови, напряжение в ней CO_2 и O_2 . Так, например, увеличение напряжения CO_2 в артериальной крови (гиперкапния) приводит к повышению минутного объема дыхания. Как правило, при этом возрастают как дыхательный объем, так и частота дыхательных движений. Если снижается рН артериальной крови по сравнению с нормальным уровнем, вентиляция легких увеличивается. Снижение напряжения O_2 в артериальной крови (гипоксия) сопровождается увеличением вентиляции легких. Нервная регуляция дыхания осуществляется двумя типами нейронов: одни из них (*инспираторные*) возбуждаются в фазе вдоха, другие (*экспираторные*) в фазе выдоха. И те, и другие расположены в продолговатом мозге.

Мочеполовой аппарат

Мочеполовой аппарат объединяет две системы органов, анатомически и физиологически различных, однако тесно связанных между собой топографически и по своему происхождению (рис. 48, 49).

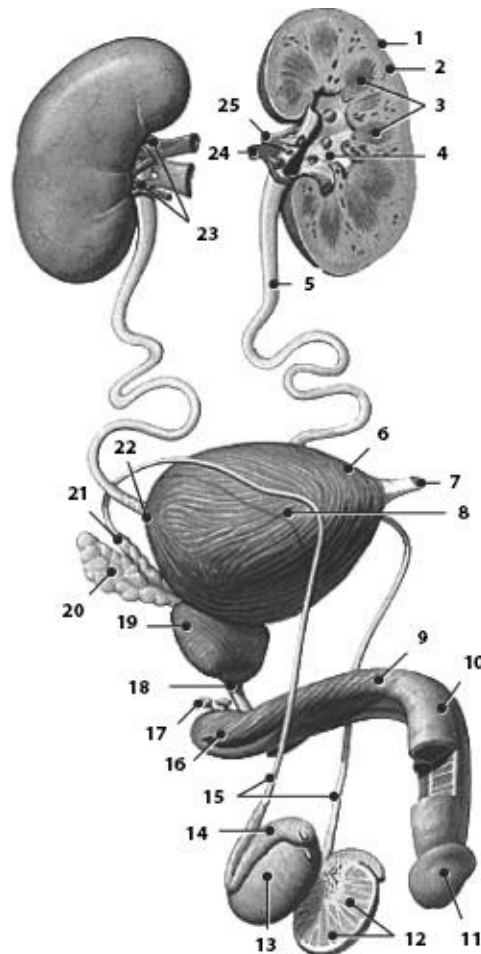


Рис. 48. Мочеполовой аппарат мужчины, вид спереди и справа. 1 – почка; 2 – корковое вещество почки; 3 – почечные пирамиды; 4 – почечная лоханка; 5 – мочеточник; 6 – верхушка мочевого пузыря; 7 – срединная пупочная связка; 8 – тело мочевого пузыря; 9 – тело полового члена; 10 – спинка полового члена; 11 – головка полового члена; 12 – дольки яичка; 13 – яичко; 14 – придаток яичка; 15 – семявыносящие протоки; 16 – корень полового члена; 17 – бульбоуретральная железа; 18 – перепончатая часть мочеиспускательного канала; 19 – простата; 20 – семенной пузырек; 21 – ампула семявыносящего протока; 22 – дно мочевого пузыря; 23 – почечные

ворота; 24 – почечная артерия; 25 – почечная вена

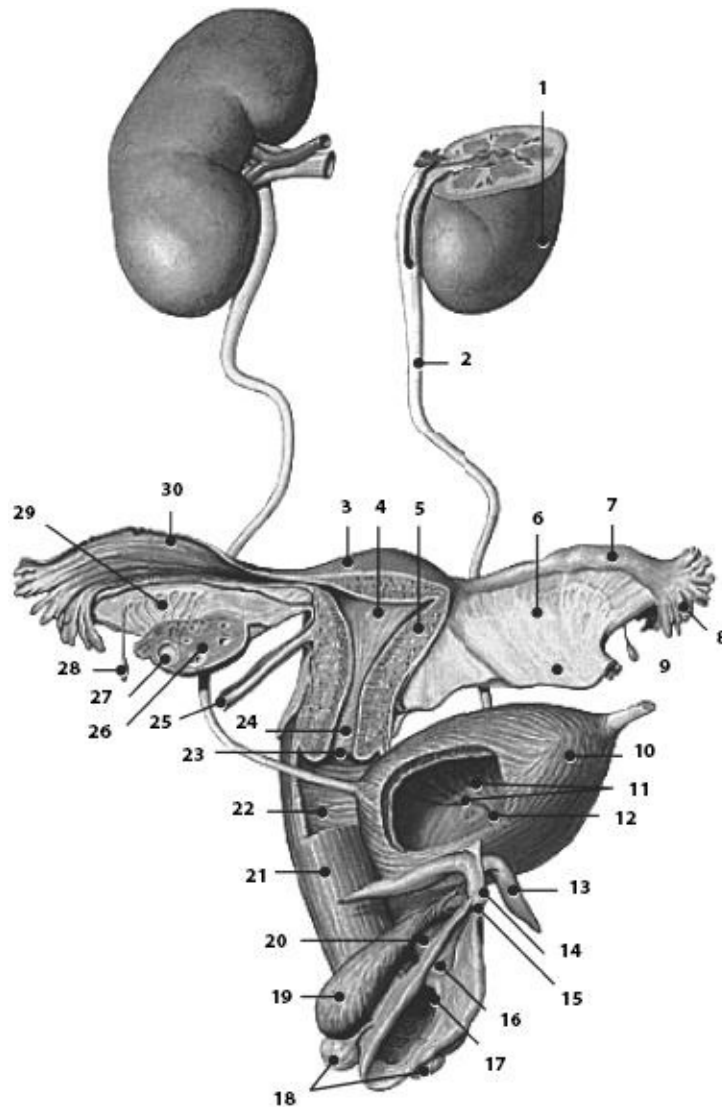


Рис. 49. Мочеполовой аппарат женщины, вид спереди и справа. 1 – почка; 2 – мочеточник; 3 – дно матки; 4 – полость матки; 5 – тело матки; 6 – брыжейка маточной трубы; 7 – ампула маточной трубы; 8 – бахромки трубы; 9 – брыжейка матки (широкая связка матки); 10 – мочевого пузыря; 11 – слизистая оболочка мочевого пузыря; 12 – устье мочеточника; 13 – ножка клитора; 14 – тело клитора; 15 – головка клитора; 16 – наружное отверстие мочеиспускательного канала (уретры); 17 – отверстие влагалища; 18 – большая железа преддверия (бартолинова железа); 19 – луковица преддверия; 20 – женский мочеиспускательный канал (женская уретра) 21 – влагалище; 22 – влагалищные складки; 23 – отверстие матки; 24 – канал шейки матки; 25 – круглая связка матки; 26 – яичник; 27 – фолликул яичника; 28 – везикулярный привесок; 29 – придаток яичника

(надъяичник); 30 – трубные складки

Мочевые органы

Почки

Почка человека и других млекопитающих имеет бобовидную форму с закругленными верхним и нижним полюсами (см. рис. 48). Масса почки 120–200 г. На вогнутом медиальном крае почки находится углубление – почечные ворота, они ведут в небольшую *почечную пазуху*. Это место расположения нервов, кровеносных сосудов, почечной лоханки, больших и малых чашек, начала мочеточника и жировой ткани. Почки прилежат к задней стенке брюшной полости и расположены вне брюшины. После удаления содержимого пазухи, на внутренней поверхности почечной пазухи можно различить *почечные сосочки*. Число их колеблется от 5 до 15 (чаще 7 или 8). На вершине каждого сосочка находится от 10 до 20 и более сосочковых отверстий, с трудом различаемых невооруженным глазом. Это устья мочевых канальцев, выразительно названных старыми анатомами почечным, или «благословенным», ситом, в настоящее время называемых решетчатым полем. Каждый сосочек обращен внутрь полости *малой почечной чашки*. Иногда в одну чашку обращены два или три сосочка, соединенных вместе; количество малых чашек чаще всего 7–8. Несколько малых формируют одну *большую чашку* (их у человека 2–3). Большие чашки, сливаясь друг с другом, образуют одну общую полость *почечную лоханку*, которая, постепенно суживаясь, переходит в мочеточник.

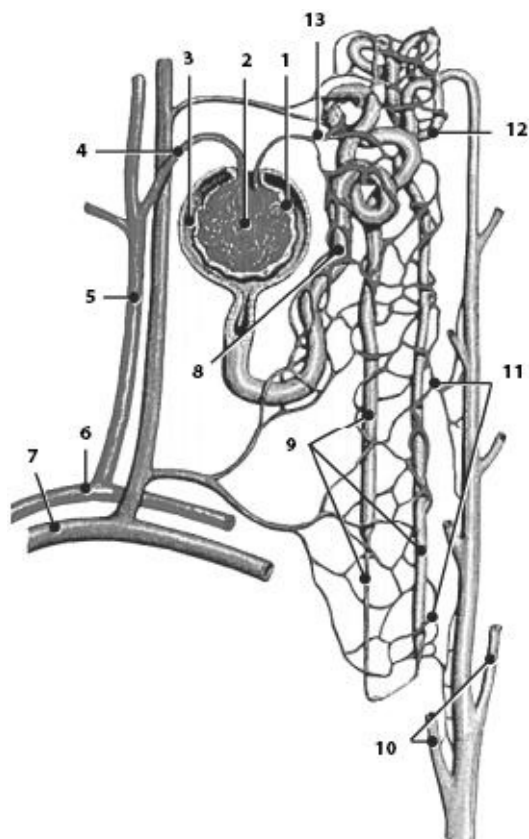


Рис. 50. Строение и кровоснабжение нефрона, схема. 1 – почечное тельце; 2 – клубочек почечного тельца (капилляры); 3 – капсула клубочка (капсула Шумлянского—Боумана); 4 – приносящая клубочковая артериола; 5 – междольковая артерия; 6 – дуговая артерия; 7 – дуговая вена; 8 – проксимальная часть канальца нефрона; 9 – петля нефрона; 10 – сосочковые протоки; 11 – околоканальцевые капилляры; 12 – дистальная часть канальца нефрона; 13 – выносящая клубочковая артериола

На фронтальном разрезе почки различают наружное более светлое корковое и внутреннее более темное мозговое вещество. На свежих препаратах в корковом веществе видны две части: свернутая мелкие зерна и красные точки, представляющие собой почечные тельца; а также радиальная исчерченность (лучистая часть) – это отростки мозгового вещества, проникающее в корковое. Мозговое вещество расположено в виде 7–10 пирамид, исчерченных продольно благодаря наличию в них канальцев. Основание каждой пирамиды направлено, к поверхности почки, а почечный сосочек к лоханке. Между пирамидами заходят прослойки коркового вещества, это почечные столбы. Одна пирамида с прилежащим участком коркового веществ составляет одну почечную долю.

Невозможно понять строение и функцию почек, не зная их

микроскопической структуры. Основной морфологической и функциональной единицей строения почки является нефрон (рис. 50).

ВНИМАНИЕ

Нефрон – это почечное тельце и система канальцев, длина которых в каждом нефроне 50–55 мм, а всех нефронов – около 100 км. В каждой почке более 1 млн нефронов, которые функционально связаны с кровеносными сосудами.

Почечное тельце (мальпигиево) образовано клубочком капилляров, окруженным *капсулой клубочка*, которая имеет форму двустенной чаши. В эту чашу как бы вдавлен клубочек капилляра. Кровь поступает в капилляры клубочка по приносящей артериоле, вытекает из клубочка по выносящей артериоле. Иными словами, капиллярный клубочек соединяет два артериальных сосуда, поэтому он назван «чудесной сетью». Выносящие артериолы вновь распадаются на капилляры (вторичная капиллярная сеть), которые питают ткань почки очищенной кровью и сокращаются в вены.

В течение суток через почки человека проходит около 1500 л крови.

Кровь, текущая в капиллярах клубочка, отделена от полости капсулы лишь двумя слоями клеток фенестрированной капиллярной стенкой (цитоплазма эндотелиальных клеток, образующих стенку капилляров, имеет множество пор и напоминает сито) и интимно сросшимся с ней эпителием внутреннего листка капсулы. Из крови в просвет капсулы через этот барьер поступают вещества мочи. Внутренний листок капсулы образован эпителиальными клетками подоцитами, напоминающими спрутов. Это крупные клетки неправильной формы, имеющие несколько больших широких отростков (цитотрабекулы), от которых отходит множество мелких отростков цитоподий. Щели, разделяющие цитоподии, соединяются с просветом капсулы.

В течение суток в просвет капсул фильтруется около 100 л первичной мочи. Ее путь таков: кровь → эндотелий капилляров → базальная мембрана, лежащая между эндотелиальными клетками и отростками подоцитов → щели между цитоподиями → полость капсулы.

Проксимальный каналец нефрона, куда поступает моча из полости капсулы, длиной около 14 мм и диаметром 50–60 мкм, образован одним слоем высоких цилиндрических каемчатых клеток, на апикальной поверхности которых имеется щеточная каемка, состоящая из множества микроворсинок. Около 85 % натрия и воды, а также белок, глюкоза, аминокислоты, кальций, фосфор из первичной мочи всасываются именно в

проксимальных отделах. Из проксимального канальца моча переходит в тонкую. *Нисходящий сегмент петли Генле* (около 15 мкм в диаметре) через выстилающие ее плоские клетки всасывается вода; восходящая сегмент шире (диаметр около 30 мкм), в нем происходит дальнейшая потеря натрия и накопление воды.

В коротком *дистальном канальце* происходит дальнейшее выделение натрия в тканевую жидкость и всасывание большого количества воды. Процесс всасывания воды продолжается и в *собирательных трубочках*. Всасывание воды в дистальном канальце и *собирательных трубочках* регулируется *антидиуретическим гормоном задней доли гипофиза*. В результате этого количество окончательной мочи по сравнению с количеством первичной резко уменьшается (до 1,5 л в сутки), в то же время возрастает концентрация веществ, не подвергающихся обратному всасыванию.

Почки являются не только органами выделения, но и своеобразной железой внутренней секреции. Между приносящей и выносящей артериолами каждого клубочка расположен *юктагломерулярный комплекс*, юктагломерулярные клетки которого вырабатывают белок ренин, участвующий в регуляции артериального давления, а также почечный эритропоэтический фактор, который стимулирует эритропоэз.

Моча из собирательных трубочек поступает в малые, затем в большие почечные чашки и почечную лоханку, переходящую в мочеточник. Стенка почечных чашек, лоханки, мочеточников и мочевого пузыря в основном построены одинаково: они состоят из слизистой оболочки, покрытой переходным эпителием, мышечной и адвентициальной оболочек.

Мочеточники

Мочеточники – цилиндрические трубки диаметром 6–8 мм располагаются забрюшинно. Длина мочеточника взрослого человека достигает 25–30 см, новорожденного 5–7 см. Мочеточники впадают в мочевой пузырь, косо прободая его стенку. Моча передвигается по мочеточникам благодаря ритмическим перистальтическим сокращениям его толстой мышечной оболочки. Слизистая оболочка мочеточника складчатая (поэтому его просвет на поперечном разрезе имеет звездчатую форму) и выстлана переходным эпителием.

Мочевой пузырь

Мочевой пузырь взрослого человека лежит позади лобкового симфиза. У новорожденных и детей первого года жизни его емкость не превышает 50–80 см³, у взрослого – до 1 л. Основу стенки пузыря составляют гладкие мышцы, которые располагаются в три слоя, переплетающихся между собой, что способствует равномерному сокращению его стенок при мочеиспускании. Наиболее развит круговой слой, который в области внутреннего отверстия мочеиспускательного канала образует внутренний сфинктер мочевого пузыря (непроизвольный). Кроме него имеется произвольный поперечнополосатый наружный сфинктер мочеиспускательного канала.

Слизистая оболочка пустого пузыря складчатая, лежит на хорошо развитой подслизистой основе. Слизистая оболочка выстлана переходным эпителием. Клетки его поверхностного слоя в пустом мочевом пузыре округлые, при наполнении пузыря и растяжении стенки они уплощаются и истончаются. Однако эпителий остается непроницаемым для мочи и надежно предохраняет мочевой пузырь от ее всасывания. В нижней части пузыря расположено внутреннее отверстие мочеиспускательного канала. Волокна внутреннего мышечного слоя окружают устья мочеточников.

При позыве к мочеиспусканию мускулатура внутреннего и наружного сфинктеров расслабляется, а мышцы стенок пузыря сокращаются. Сокращение мышц брюшного пресса также способствует увеличению давления внутри пузыря.

Мочеиспускательный канал женщины представляет собой короткую щелевидную трубку длиной 3–6 см, которая расположена позади лобкового симфиза. Гладкие мышечные волокна стенки образуют два слоя. Наружное отверстие находится в преддверии влагалища, впереди и выше отверстия последнего и окружено поперечно-полосатым наружным сфинктером.

Мужской мочеиспускательный канал описан в разделе «Мужские половые органы» (см. с. 194).

Функция почек

Почки очищают кровь от многих вредных веществ и выводят их наружу. Так, например, с мочой выводятся конечные продукты обмена (мочевина, мочевая кислота, креатинин), многие лекарства, ионы натрия, кальция, неорганический фосфат, вода. Так, например, содержание мочевины в плазме крови составляет 4,5 ммоль/л, в моче оно выше почти в 70 раз (292–300 ммоль/л), содержание мочевой кислоты соответственно

0,27 и 3 ммоль/л, содержание креатина соответственно 0,075 и 12 ммоль/л. Почки участвуют в поддержании кислотно-щелочного, водного и электролитного состава, осмотического давления, постоянства ионного состава и рН внутренней среды организма. Иными словами, почки поддерживают относительное постоянство состава крови и жидкостей организма.

В течение суток человек потребляет примерно 2,5 л воды, в том числе 1500 мл в жидком виде и около 650 мл с твердой пищей. Кроме того, в процессе распада белков, жиров и углеводов образуется еще около 400 мл воды. Из организма вода выводится главным образом через почки 1,5 л в сутки, а также через легкие, кожу и частично с калом.

На деятельность почек влияют гормоны коры надпочечников (минералокортикоиды и глюкокортикоиды); антидиуретический гормон (вазопрессин), выделяемый клетками гипоталамуса, он усиливает обратное всасывание воды из первичной мочи в канальцах нефрона; гормон паращитовидных желез и тиреокальцитонин.

Физические и химические свойства мочи

Моча представляет собой жидкость светло-желтого цвета. В моче содержится 95 % воды и 5 % твердых веществ. Это мочевины (2 %), мочевая кислота (0,05 %), креатинин (0,075 %) и другие вещества, в том числе соли калия, натрия. В течение суток из организма с мочой выводится 25–30 г мочевины и до 25 г неорганических веществ. При заболеваниях почек, при кратковременных физических нагрузках в моче может появиться белок, которого в моче не должно быть. Реакция мочи зависит от пищи. При употреблении преимущественно мясной пищи моча имеет кислую реакцию, при употреблении главным образом растительной пищи реакция мочи щелочная.

Мужские половые органы

К мужским половым органам относятся половые железы яички (с их оболочками и придатками), расположенные в мошонке семявыносящие пути, вспомогательные половые железы и половой член (см. рис. 48).

Внутренние мужские половые органы

Яички выполняют в организме две важнейшие функции: в них образуются сперматозоиды («внешняя секреция») и половые гормоны (внутренняя секреция), влияющие на развитие первичных и вторичных половых признаков. Они яйцевидной формы, плотные, размерами около 3×4×2 см, лежат в мошонке. До периода полового созревания яички и придатки развиваются медленно, затем рост их резко ускоряется. Так, у новорожденного мальчика масса яичка около 0,2 г, у годовалого – 1, в 14 лет – 2, в 15–16 лет – 8, а у взрослого 15–25 г. Яичко покрыто плотной соединительнотканной белочной оболочкой. От нее радиально отходят перегородки, которые своими противоположными краями прикрепляются к утолщению оболочки в области заднего края яичка *средостению*. Перегородки делят яичко на множество (100–300) *долек*, в которых располагается по 1–2 *извитых семенных канальца*. Длина каждого канальца 50–80 см. Общая длина всех канальцев одного яичка 300–400 м. Вблизи средостения канальцы постепенно выпрямляются, переходят в *прямые* канальцы яичка и впадают в канальцы *сети яичка*, расположенную в средостении яичка. Канальцы сети открываются в 15–20 *выносящих канальцев яичка*, которые прободают белочную оболочку яичка и, извиваясь, входят в его придаток. У новорожденного мальчика семенные канальцы не имеют просвета и представляют собой эпителиальные тяжи, состоящие из первичных половых клеток гоноцитов и сустентоцитов (клеток Сертоли), выполняющих трофическую и опорную функции. На 7–8-м году жизни в них появляется просвет, а среди составляющих их клеток выделяются гоноциты. Они дифференцируются в сперматогонии и сустентоциты (поддерживающие клетки), которые лежат на базальной мембране (клетки Сертоли).

Полость извитого канальца взрослого мужчины выстлана слоем сустентоцитов, которые по достижении половой зрелости соединяются между собой отростками. В петлях сустентоцитов располагаются несколькими рядами клетки сперматогенного эпителия, находящиеся на разных стадиях сперматогенеза. Сперматогонии, лежащие на базальном слое, проходят несколько последовательных митотических делений. Часть дочерних клеток остается стволовыми, большинство продвигается в направлении просвета и дифференцируется в сперматоциты первого порядка, делящиеся мейотически (I и II деление), в результате чего последовательно образуются сперматоциты второго порядка и сперматиды. Последние превращаются в сперматозоиды. Продолжительность сперматогенеза у человека составляет примерно 64 дня.

ВНИМАНИЕ

Количество сперматозоидов, образующихся в яичках, огромно. Так, у здорового взрослого мужчины в 1 мл³ спермы содержится до 100 млн сперматозоидов, а во время одного семяизвержения выделяется около 300–400 млн.

Сперматозоид человека имеет головку, щечку и хвост (рис. 51). Головка овоидной формы содержит ядро. Ядра половых клеток (сперматозоидов и яйцеклеток) обладают одним (гаплоидным) набором хромосом. На переднем полюсе головки под плазматической мембраной расположена акросома, представляющая собой часть комплекса Гольджи. Содержащиеся в ней ферменты при оплодотворении способствуют проникновению сперматозоидов через плотную оболочку яйцеклетки. В шейке расположены две центриоли. От нижней начинается осевая нить, проходящая через хвост. Начало осевой нити окружено множеством митохондрий, обеспечивающих сперматозоид энергией для движения. Осевая нить образована 9 парами микротрубочек, окружающих центральную пару.

Сустентоциты выполняют трофическую функцию для сперматогенного эпителия, фагоцитируют, поглощают продукты распада сперматид и вырабатывают андрогенсвязывающий белок, который переносит мужской половой гормон к сперматогенным клеткам. Слой клеток Сертоли, соединяющихся между собой, образует *гематотестикулярный барьер*, который препятствует проникновению антител и вредных веществ из крови к сперматогенному эпителию. Питание развивающихся сперматозоидов осуществляется клетками Сертоли.

Кроме того, в яичке имеется еще одна разновидность клеток – *интерстициальные эндокриноциты* яичка (клетки Лейдига), синтезирующие мужской половой гормон тестостерон (андроген), который оказывает разностороннее действие на весь организм мужчины. Тестостерон в первую очередь стимулирует их рост и функциональную активность клеток простаты, семенных пузырьков, желез крайней плоти, почек и кожи. Под влиянием тестостерона происходит развитие наружных половых органов, вторичных половых признаков, опорно-двигательного аппарата. Андрогены стимулируют синтез белка и ускоряют рост тканей. Очень важным является их воздействие на сперматогенез: низкая концентрация гормона активизирует этот процесс, высокая тормозит.

По мере старения мужчины сперматогенный эпителий атрофируется, в стенках извитых семенных канальцев преобладают сустентоциты,

разрастается соединительная ткань, образуя плотные оболочки вокруг запустевших канальцев.

Высокая сексуальная активность предотвращает развитие возрастных изменений яичек.

К яичку по заднему краю плотно прирастает придаток яичка (см. рис. 48). Он представляет собой систему канальцев, заполненных сперматозоидами. Выносящие канальцы яичка, извиваясь, направляются из сети яичка к придатку, образуя его *головку*. Каждый выносящий каналец формирует *дольку придатка*. Все выносящие канальцы впадают в единственный очень длинный штопорообразно закрученный *проток придатка*. Он достигает 4–6 м в длину, его диаметр около 5 мм. Придаток является не только хранилищем сперматозоидов, здесь они становятся способными к оплодотворению. Проток придатка переходит в семявыносящий проток, который входит в состав семенного канатика.

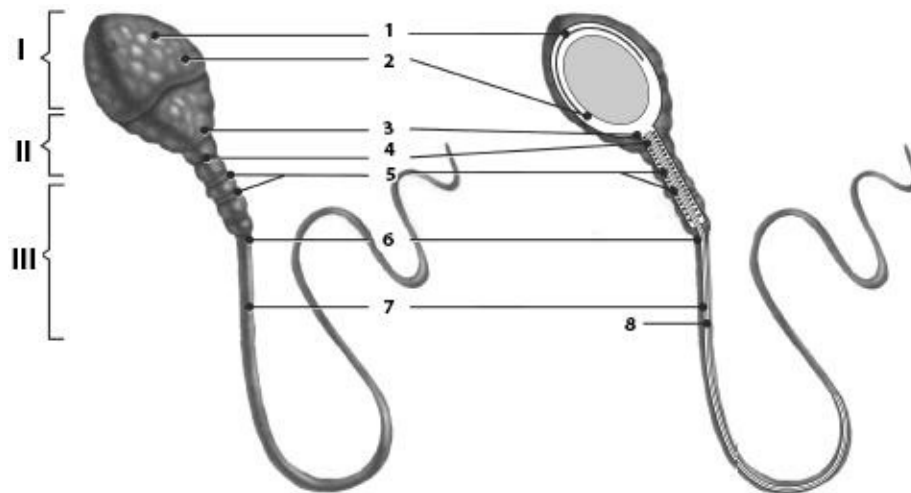


Рис. 51. Строение сперматозоида (по В. Г. Елисееву и др.). I – головка; II – шейка; III – хвост; 1 – акросома; 2, 7 – цитолемма; 3 – ядро; 4 – проксимальная центриоль; 5 – митохондрии; 6 – дистальная центриоль; 8 – осевая нить

Семявыносящий проток

Семявыносящий проток проходит через паховый канал, а далее по боковой стенке таза вниз и назад, направляясь ко дну мочевого пузыря, где оба протока сближаются. Мышечная оболочка семявыносящего протока

мощная, поэтому на ощупь он плотный. Конечный отдел семявыносящего протока расширяется, образуя ампулу. В конечном отделе каждого семявыносящего протока как бы образуются боковые выросты его стенки – **семенные пузырьки** размерами 5×2×1 см. Складчатая слизистая оболочка пузырьков выстлана псевдомногослойным эпителием, который выделяет густой желтоватый секрет. Секрет смешивается со спермой и разжижает ее, питает и активирует сперматозоиды. Заостренный выделительный проток каждого семенного пузырька соединяется с конечным отделом семявыносящего протока и образует **семявыбрасывающий проток** длиной около 2 см, который проходит через предстательную железу и открывается в мужской мочеиспускательный канал.

Простата

Простата имеет форму каштана, своим основанием она связана с мочевым пузырем, масса простаты взрослого мужчины 18–22 г. Простата окружает начальную часть мочеиспускательного канала (*рис. 52*). Развитие простаты протекает параллельно с развитием яичек. Кастрация приводит к атрофии простаты. Простата – это железисто-мышечный орган, железистое вещество которого состоит из 30–60 трубчато-альвеолярных простатических желез. Волокнисто-мышечная строма составляет около половины всей массы простаты. Пучки гладких мышечных клеток образуют вместе с прослойками соединительной ткани толстые широкие перегородки, отделяющие друг от друга простатические железы, которые образуют железистую паренхиму.

Устья многочисленных простатических проточков открываются в мочеиспускательный канал. Железы выделяют беловатый жидкий секрет. Сокращение мышц в момент эякуляции способствует выбрасыванию секрета из простатических желез. Простата обладает и эндокринной функцией, она секреторирует простагландины и другие биологически активные вещества. Секрет простаты стимулирует подвижность сперматозоидов.

У детей простата состоит главным образом из мышц и соединительной ткани, железистая паренхима развита слабо. С наступлением половой зрелости простата энергично растет, преимущественно за счет желез, которые после 70–75 лет редуцируют, то же происходит и с волокнисто-мышечной стромой, разрастается соединительная ткань. Масса простаты с 20 г падает до 15–12 г. Очень

часто в этом возрасте развивается доброкачественная гиперплазия простаты (аденома простаты).

Простата – очень важный орган, не зря в течение столетий ее называли вторым сердцем мужчины. Простата связана с яичками. Повышение активности яичек стимулирует функцию простаты, снижение функции яичек подавляет функцию простаты и может привести к ее атрофии. Всасывание в кровь веществ, секретируемых простатой, во время длительного полового воздержания тормозит функциональную активность простаты. И наоборот: высокая сексуальная активность, при которой секрет простаты часто выделяется во время эякуляции, стимулирует функцию яичек и в значительной степени замедляет развитие аденомы простаты.

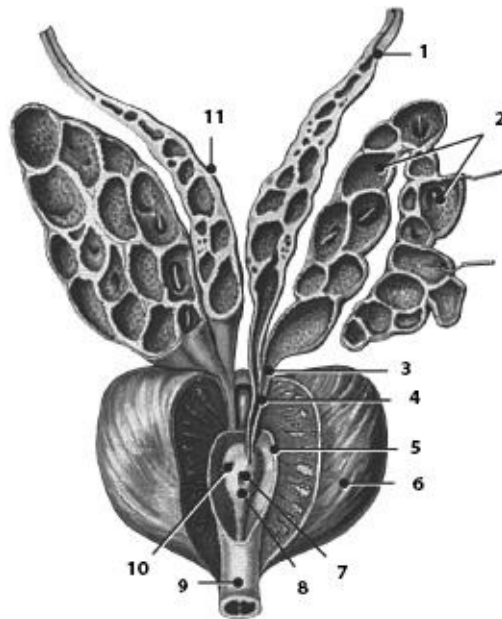


Рис. 52. Конечные отделы (ампулы) семявыносящих протоков, семенные пузырьки и простата, вид спереди. (Ампулы семявыносящих протоков и семенные пузырьки вскрыты фронтальным (продольным) разрезом. Передняя часть предстательной железы удалена, вскрыта предстательная часть мочеиспускательного канала). 1 – семявыносящий проток; 2 – семенной пузырек; 3 – выделительный проток; 4 – семявыбрасывающий проток; 5 – предстательная часть мочеиспускательного канала; 6 – предстательная железа; 7 – предстательная маточка; 8 – семенной холмик; 9 – перепончатая часть мочеиспускательного канала; 10 – устье семявыбрасывающего протока; 11 – ампула семявыносящего протока

Простату прободают *семявыбрасывающие протоки*, которые открываются в предстательную часть мочеиспускательного канала узким отверстием, расположенным у основания *семенного холмика*. Последний образован пещеристой тканью, богатой гладкими мышечными клетками. В семенном холмике имеется огромное количество нервных волокон и их окончаний, которые являются точками наибольшей половой чувствительности. Их раздражение и приводит к развитию отдельных фаз эрекции и эякуляции. Семенной холмик при эрекции препятствует затеканию эякулята в мочевой пузырь. Вещества, секретируемые простатой, семенными пузырьками и *бульбоуретральными железами* добавляются к сперме во время ее продвижения по семявыбрасывающему протоку и мочеиспускательному каналу. Выводные протоки бульбоуретральных желез очень тонкие, длиной около 3–4 см, открываются в просвет мочеиспускательного канала (см. рис. 48). Железы вырабатывают вязкий секрет, который предохраняет слизистую оболочку мочеиспускательного канала от раздражающего действия мочи.

Семенной канатик

Семенной канатик представляет собой мягкий шнур длиной 15–20 см, расположенный в паховом канале и достигающий до верхнего конца яичка. Он как бы подвешивает яичко. Канатик образован семявыносящим протоком, артериями и венами яичка и протока, лимфатическими сосудами, нервными сплетениями, рудиментом влагалищного отростка брюшины, гладкими мышечными клетками и соединительной тканью.

Наружные мужские половые органы

Мошонка

Мошонка – это отвисающий книзу кожный мешок, расположенный между корнем полового члена и промежностью. У здорового мужчины мошонка сокращена благодаря наличию гладких мышц приподнята. Она представляет собой как бы «физиологический термостат», поддерживающий температуру яичек более низкой, чем температура тела. Это является необходимым условием нормального сперматогенеза.

ВНИМАНИЕ

Перегревание яичек, ношение теплого белья ухудшает функцию яичек.

Половой член

Половой член выполняет две функции: он служит для выведения мочи и для совокупления (введения семени в женское влагалище). Корень полового члена прикреплен к лобковым костям и скрыт под кожей; подвижная часть *тела* оканчивается утолщенной головкой, на вершине которой располагается *наружное отверстие мочеиспускательного канала*. Кожа полового члена тонкая, нежная, подвижная, растяжимая, лежит на лишенной жировых клеток подкожной клетчатке, последняя отсутствует в области головки. У основания головки кожа образует циркулярную свободную складку – *крайнюю плоть*, скрывающую головку. Уздечка, расположенная на нижней поверхности головки, соединяет крайнюю плоть с кожей головки. Между крайней плотью и кожей имеется небольшое пространство, куда выделяется секрет многочисленных желез крайней плоти, образующей смегму. Это пространство открывается отверстием, через которое при отодвигании крайней плоти проходит головка полового члена. Быстрый рост мужского полового члена (как и других половых органов) происходит в период полового созревания.

Половой член сформирован двумя пещеристыми телами (*рис. 53*): парное *пещеристое тело полового члена* цилиндрической формы с несколько заостренными концами, задний прикрепляется к нижней ветви лобковой кости. Оба тела сходятся под лобковым симфизом и затем срастаются, образуя на нижней поверхности желобок, где залегает *губчатое тело полового члена*, имеющее впереди головку, а сзади луковицу, расположенную в толще мышц промежности. Пещеристое и губчатое тела покрыты плотной соединительнотканной белочной оболочкой, лишенной мышечных волокон. Лишь головка полового члена лишена белочной оболочки. От внутренней поверхности оболочки отходят *трабекулы*, разветвляющиеся в пещеристых и губчатых телах и переплетающиеся между собой. Между ними образуется система ячеек – *каверн*, отделенных друг от друга трабекулами, последние сформированы плотной волокнистой соединительной тканью, содержащей множество гладких мышечных клеток и эластических волокон. Каверны суть капилляры, выставленные эндотелием.

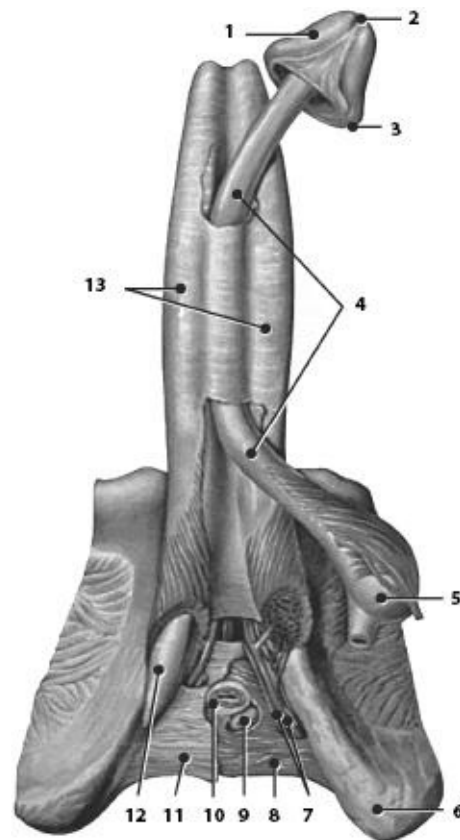


Рис. 53. Строение полового члена. 1 – головка полового члена; 2 – наружное отверстие мочеиспускательного канала; 3 – венец головки; 4 – губчатое тело полового члена; 5 – луковица полового члена; 6 – седалищный бугор; 7 – артерия и вена полового члена; 8 – глубокая поперечная мышца; 9 – бульбоуретральная железа; 10 – сфинктер мочеиспускательного канала; 11 – нижняя фасция мочеполовой диафрагмы; 12 – ножка полового члена; 13 – пещеристые тела полового члена (покрыты фасцией)

Эрекция возникает благодаря накоплению крови в кавернах. Кровь к пещеристым телам доставляет в основном глубокая артерия полового члена, которая распадается на ветви, идущие по трабекулам. При спокойном состоянии полового члена они извитые, что дало повод называть их завитковыми. На их концах имеются отверстия, открывающиеся непосредственно в каверны. Утолщения, имеющиеся во внутренней оболочке артерии, закрывают просвет при сокращении сосудистой стенки. При половом возбуждении расслабляются, гладкие мышцы трабекул и завитковых артерий, последние выпрямляются и кровь устремляется в каверны, они расширяются. Кровь из каверн оттекает по

небольшим тонкостенным сосудам, впадающим в глубокие вены. Во время эрекции благодаря кровенаполнению каверн стенки вен сдавлены, что препятствует оттоку крови из сосудистых полостей.

Головка полового члена образована плотной волокнистой соединительной тканью, обильно пронизанной сетью анастомозирующих вен, которые переполняются кровью во время эрекции. Кожа полового члена и слизистая оболочка мочеиспускательного канала богаты рецепторными нервными окончаниями.

Мужской мочеиспускательный канал

Мужской мочеиспускательный канал – длинная, узкая трубка длиной у новорожденного 5–6 см, у взрослого 16–22 см. В нем различают три части: *предстательную*, проходящую через предстательную железу; *перепончатую*, самую короткую, проходящую через диафрагму таза; и *губчатую*, самую длинную, залегающую в губчатом теле полового члена. На задней стенке предстательной части мочеиспускательного канала расположен небольшой продолговатый гребень, выступающий в просвет канала, вершина его образует *семенной холмик*, по бокам от которого открываются устья семявыбрасывающих протоков. Слизистая оболочка мочеиспускательного канала выстлана эпителием, богатым бокаловидными клетками. Вокруг предстательной части поперечнополосатые мышцы мочеполовой диафрагмы образуют наружный сфинктер мочеиспускательного канала.

Женские половые органы

Женские половые органы подразделяются на внутренние (яичники, маточные трубы, матка и влагалище), расположенные в полости малого таза, и наружные (женская половая область и клитор), видимые снаружи.

Внутренние женские половые органы (см. рис. 49)

Яичник

Яичник – важная парная железа, которая, подобно яичку,

выполняет две функции: «внешнесекреторную» (образование яйцеклеток) и внутрисекреторную (выработка женских половых гормонов, которые выделяются в кровь). Яичник овальной формы, расположен непосредственно ниже входа в малый таз, имеет. У нерожавшей женщины его масса 5–6 г, у новорожденной девочки масса яичника не превышает 0,15 г. В возрасте 40–50 лет начинается атрофия яичников, их масса уменьшается почти в два раза. Один край яичника свободный, другой прикреплен к брыжейке – *брыжеечный*. Здесь в орган входят сосуды и нервы, поэтому он называется *воротами яичника*. Яичник покрыт соединительнотканной оболочкой, под которой располагается *корковое вещество*, состоящее из плотной волокнистой соединительной ткани, где находятся многочисленные фолликулы первичные (яйцеклетка, окруженная одним слоем яичниковых фолликулоцитов), вторичные, третичные, везикулярные, атретические, а также желтые тела и рубцы. *Мозговое вещество яичника* образовано соединительной тканью, в которой проходят сосуды и нервы.

В отличие от мужских половых клеток размножение женских происходит во внутриутробном периоде, в результате чего образуются первичные фолликулы, содержащие *ооцит первичный* – яйцеклетку, окруженную одним слоем фолликулярных клеток.

ВНИМАНИЕ

У новорожденной девочки в обоих яичниках имеется до 2 млн женских половых клеток. Количество их после рождения не только не увеличивается, но быстро уменьшается благодаря рассасыванию; ко времени наступления половой зрелости в корковом веществе сохраняется около 400–500 клеток.

В течение жизни женщины лишь 400–500 первичных фолликулов преобразуются в зрелые *везикулярные фолликулы яичника* (граафовы пузырьки) в результате сложных процессов овогенеза, которые происходят циклически каждые 28 дней. При этом первичный фолликул растет, в нем интенсивно размножаются клетки фолликулярного эпителия. Он становится цилиндрическим, многослойным, вокруг развивается *тека фолликула* (соединительнотканная оболочка), фолликулярные клетки начинают вырабатывать жидкость фолликула, содержащую гормоны эстрогены, которая раздвигает их. Одновременно растет и ооцит первого порядка, вокруг него образуется блестящая оболочка.

Яйцеклетка человека относится к олиголецитальным

(маложелтковым) вторичным с равномерным распределением желточных включений (изолецитальные). Яйцеклетка покрыта блестящей оболочкой, которая окружена слоем питающих их фолликулярных клеток, вырабатывающих женские половые гормоны, выполняющих по отношению к ооциту трофическую, защитную и барьерную функции. Яйцеклетка, окруженная одним слоем фолликулярных клеток, оттесняется к одному из полюсов фолликула (яйценосный холмик), образуя быстро увеличивающуюся в размерах полость – граафов пузырек (рис. 54). Он разрывается, и яйцеклетка (овоцит первого порядка, окруженный блестящей оболочкой и 3–4 тыс. фолликулярных клеток) выходит в свободную брюшную полость, откуда попадает в маточную трубу, где и созревает. Во время созревания клетка претерпевает два митотических деления, в результате чего последовательно образуются овоцит второго порядка зрелая яйцеклетка, обладающая, как и сперматозоид, гаплоидным набором хромосом.

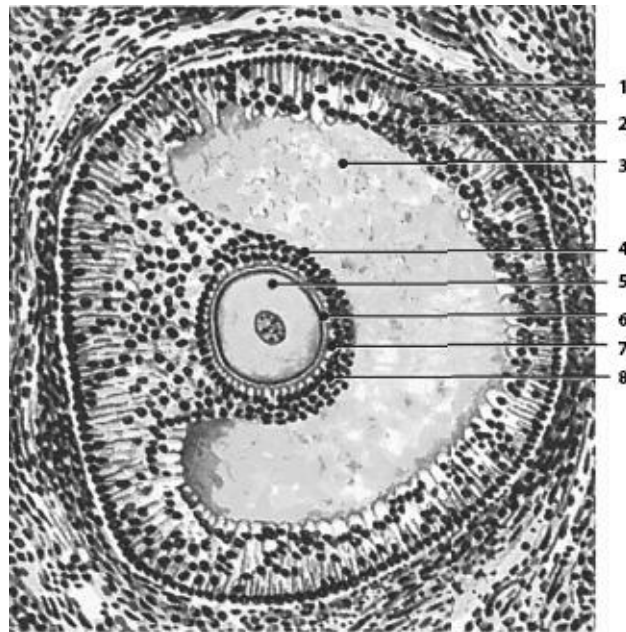


Рис. 54. Строение пузырьчатого (везикулярного) фолликула яичника (граафова пузырька). 1 – наружная оболочка фолликула; 2 – внутренняя оболочка фолликула; 3 – полость фолликула с фолликулярной жидкостью; 4 – яйценосный холмик; 5 – яйцеклетка; 6 – блестящая оболочка; 7 – лучистый венец; 8 – фолликулярные клетки

В полость лопнувшего фолликула изливается кровь, сгусток крови быстро замещается соединительной тканью, и здесь развивается *желтое*

тело. Клетки фолликулярного эпителия размножаются, в них накапливается пигмент. Они превращаются в лютеоциты, продуцирующие гормон *прогестерон*. Если яйцеклетка не была оплодотворена, желтое тело функционирует 12–14 дней. Оно называется циклическим (менструальным) желтым телом. Если наступает беременность, желтое тело сохраняется в течение всего периода беременности (желтое тело беременности). Как только прекращается функционирование желтого тела (менструального или беременности), оно атрофируется, в нем разрастается соединительная ткань. На месте желтого тела остается соединительнотканый рубец – беловатое тело. Многие фолликулы атрофируются, на их месте возникает атретическое тело.

Итак, в яичниках образуются женские половые гормоны: эстрогены и прогестерон, а также небольшое количество андрогенов. *Эстрогены* влияют на развитие наружных половых органов, вторичных половых признаков, рост и развитие опорно-двигательного аппарата, обеспечивая развитие тела по женскому типу. *Прогестерон* оказывает влияние на слизистую оболочку матки, готовя ее к имплантации оплодотворенного яйца, росту и развитию плода, развитию плаценты, молочных желез.

Маточная труба

Маточная труба парная, цилиндрической формы расположена в верхнем крае широкой связки матки. Длина ее у половозрелой женщины 8–18 см, диаметр просвета 2–4 мм. В трубе различают четыре части: *маточную*, которая проходит через стенку матки и открывается в полость маточным отверстием; *короткий перешеек*, лежащий вблизи матки; длинную *ампулу* и ее расширенную *воронку*, открывающуюся в брюшинную полость вблизи яичника *брюшное отверстие*. Последнее ограничено *бахромкой трубы*, одна из которых яичниковая бахромка – длиннее других.

Стенка трубы построена из складчатой слизистой оболочки, покрытой однослойным цилиндрическим эпителием, мышечной оболочки, состоящей из кругового и продольного слоев, и серозной оболочки. Благодаря перистальтическим сокращениям мышечной оболочки и движению ресничек эпителиоцитов яйцеклетка передвигается по трубе. Оплодотворение яйцеклетки происходит в трубе.

Матка

Матка – полый толстостенный орган грушевидной формы. Узкая полость матки примерно треугольной формы, сверху сообщается с трубами, а внизу через канал шейки матки с влагалищем. Масса матки новорожденной девочки 2–2,5 г, у нерожавшей женщины, 40–50 г, у много раз рожавшей, в 1,5–2 раза больше. Интенсивный рост матки начинается в препубертатный период. Стенка матки состоит из трех слоев: эндометрия (слизистая оболочка), миометрия (мышечная оболочка) и периметрия (серозная оболочка). Шейка матки окружена околоматочной клетчаткой параметрием. *Слизистая оболочка (эндометрий)* в межменструальном периоде гладкая, не имеет складок и непосредственно сращена с мышцами. Она покрыта однослойным цилиндрическим эпителием. В хорошо выраженной собственной пластинке множество капиллярных сетей и простых трубчатых маточных желез, пронизывающих всю толщину слизистой. В слизистой оболочке различают два слоя: толстый поверхностный *функциональный* и глубокий *базальный*. *Миометрий* образован гладкой мышечной тканью, в нем залегают мощные венозные сплетения. При беременности гладкие мышечные клетки гипертрофируются, их размеры увеличиваются в 5–10 раз в длину и в 3–4 раза в ширину. Соответственно увеличиваются и размеры матки. Резко возрастает количество капилляров, увеличиваются сосуды. После родов масса матки достигает 1 кг, постепенно происходит ее обратное развитие, которое заканчивается через 6–8 недель после родов. Листки брюшины, покрывающие матку со всех сторон, переходят в правую и левую широкие связки матки. *Кровоснабжение* матки обильное. Артерии миометрия спирально закручены, от сосудов миометрия артерии направляются в эндометрий, где разветвляются на спиральные, питающие поверхностный функциональный слой, и прямые, питающие базальный слой; и те и другие разветвляются на капилляры.

Влагалище

Влагалище представляет собой уплощенную трубку длиной 7–9 см, которая соединяет полость матки с наружными половыми органами женщины. Наружное отверстие влагалища открывается в его преддверие. У девственниц оно закрыто *девственной плевой*, которая является складкой

слизистой оболочки кольцевидной формы.

Девственная плева – единственная структура, предназначение которой и биологический смысл непонятны.

Стенка влагалища состоит из складчатой слизистой оболочки, покрытой неороговевающим слоистым (чешуйчатым) эпителием и лишенной желез; мышечной (круговые пучки вплетаются в продольный слой) и адвентициальной оболочек. Клетки поверхностного слоя эпителия богаты гликогеном, который под влиянием обитающих во влагалище микробов распадается с образованием молочной кислоты. Это придает влагалищной слизи кислую реакцию и обуславливает ее бактерицидность по отношению к патогенным микробам.

Наружные женские половые органы

Женская половая область включает в себя лобок, большие и малые половые губы и преддверие влагалища (рис. 55).

Половые губы

У женщин в области лобка и больших половых губ хорошо выражена подкожная жировая клетчатка. **Большие половые губы** ограничивают половую щель. **Малые половые губы** представляют собой складки кожи, лишенные жировой клетчатки и покрытые умеренно ороговевающим многослойным эпителием, базальные клетки которого содержат большое количество пигментных включений. Малые половые губы расположены кнутри от больших и отделены от них бороздами. Передние (верхние) края малых губ раздваиваются, окаймляя клитор, верхние части образуют крайнюю плоть клитора, нижние – его уздечку.

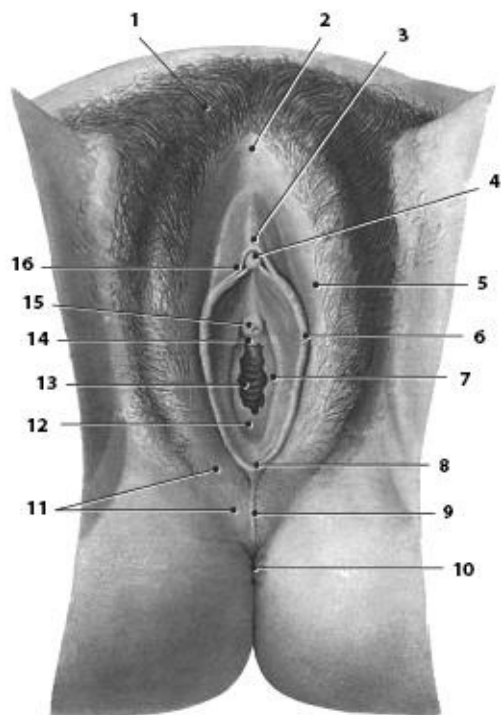


Рис. 55. Наружные женские половые органы, вид спереди. 1 – лобок; 2 – передняя спайка половых губ; 3 – крайняя плоть клитора; 4 – головка клитора; 5 – большая половая губа; 6 – малая половая губа; 7 – устье большой железы преддверия (бартолиниевой железы); 8 – уздечка малых половых губ; 9 – задняя спайка половых губ; 10 – задний проход; 11 – промежность; 12 – девственная плева; 13 – отверстие влагалища; 14 – преддверие влагалища; 15 – наружное отверстие мочеиспускательного канала; 16 – уздечка клитора

Клитор

Клитор длиной 2,5–3,5 см, подобно мужскому половому члену, состоит из двух *пещеристых тел*, разделенных перегородкой, и *головки*. Ножки клитора прикрепляются к нижним ветвям лобковых костей.

Клитор – основная эрогенная зона женщины. Единственная функция клитора – фокусирование сексуальных ощущений и получение радости.

Преддверие влагалища

Преддверие влагалища— это щель между малыми половыми губами, куда открываются наружные отверстия мочеиспускательного канала и влагалище, протоки множества *малых* и *двух больших желез преддверия* (Бартолиниевы). Луковица преддверия также состоит из пещеристой ткани, которая расположена симметрично по бокам от нижнего конца влагалища (аналог губчатого тела мужского полового члена).

Наружные половые органы, особенно клитор и преддверие влагалища, имеют обильную иннервацию. Здесь множество различных нервных рецепторов. Они вместе с влагалищем составляют единый совокупительный аппарат, предназначенный для введения мужского семени, выведения плода и достижения эротической радости.

Овариально-менструальный цикл

У женщин созревание и выделение яйцеклетки из везикулярного фолликула яичника (граафова пузырька) происходит циклически. Этот процесс называется *овуляцией*. Овуляция сопровождается значительными изменениями всей половой системы. Кровотечения связаны с отторжением поверхностного функционального слоя слизистой оболочки матки. Овариально-менструальный цикл находится под гормональным контролем: фолликулостимулирующий (ФСГ) и лютеинизирующий (ЛГ) гормоны аденогипофиза, которые регулируются единым гонадотропин-рилизинг-гормоном (ГТР-РГ) гипоталамуса; женские половые гормоны эстрогены и прогестерон (см. «Эндокринные железы» с. XX).

Обычно длительность цикла 28 дней (возможны колебания от 21 до 30 дней). В менструальном цикле различают три фазы. При 28-дневном цикле *менструальная фаза* длится около четырех дней. Функциональный слой слизистой оболочки матки отторгается, наступает кровотечение. После прекращения менструации остается базальный слой слизистой оболочки, в котором сохраняются участки маточных желез. В *постменструальной фазе* под влиянием женского полового гормона эстрогена функциональный слой эндометрия регенерирует, он утолщается, железы восстанавливаются. Эта фаза длится с 5-го по 14–15-й день, а в это время под влиянием растет новый везикулярный фолликул, который достигает зрелости к 14-му дню, стенка его лопается, и яйцеклетка выпадает в брюшную полость. Матка становится способной к восприятию оплодотворенной яйцеклетки. В *предменструальной фазе* (15–28-й дни) железы и слизистая оболочка матки растут, набухают, секреция желез резко возрастает, толщина

функционального слоя эндометрия быстро увеличивается, растут и его сосуды.

Если яйцеклетка не оплодотворяется, начинается обратное развитие желтого тела, продукция прогестерона резко уменьшается, функциональный слой эндометрия начинает сморщиваться, спиральные артерии все больше закручиваются, и кровоток через них уменьшается, наступает их спазм. В результате этого возникает ишемия эндометрия и его дегенеративные изменения. Вслед за спазмом происходит расслабление стенки и восстановление кровообращения, но сосуды становятся ломкими, рвутся, функциональный слой отторгается, при этом повреждаются и вены, начинается кровотечение. Наступает очередная менструация.

Молочная железа является измененной потовой железой. Она расположена на передней поверхности большой грудной мышцы. У девственниц масса ее около 150–200 г, у кормящей женщины 300–400 г; у мужчин она недоразвита. У новорожденной девочки секреторные отделы почти не развиты, имеется лишь недоразвитая система протоков. В предпубертатный период быстро растет жировая ткань, к моменту половой зрелости железа становится округлой, но увеличение ее происходит в основном за счет жировой ткани. На передней поверхности железы в центре находится пигментированный сосок (на его поверхности открываются 10–15 млечных пор), окруженный также пигментированным *околососковым кружком*. В коже соска и околососкового кружка множество гладких мышечных волокон, при сокращении которых сосок напрягается. У взрослой женщины железа состоит из 15–20 долей, между которыми располагается жировая и рыхлая волокнистая соединительная ткань. Каждая *доля* – это сложная альвеолярная железа, выводной проток которой направляется радиально к соску. Не доходя до соска, проток, расширяясь, образует *млечный синус*. Однако начальные отделы железы некормящей женщины представляют собой лишь млечные альвеолярные протоки. Под влиянием эстрогена и прогестерона с конца пятого и до конца шестого месяцев беременности на их концах формируются *альвеолы*, образованные одним слоем цилиндрических клеток. В дальнейшем до родов образование альвеол резко замедляется, но клетки секретируют, и образуемая ими жидкость (молозиво) растягивает альвеолы, в результате чего железа продолжает набухать. Этот процесс продолжается до и в первые 1–2 дня после родов. Во время кормления альвеолы молочных желез продуцируют молоко. Альвеолы образованы цилиндрическими клетками лактоцитами, лежащими на базальной мембране. Лактоциты окружены корзинчатыми миоэпителиоцитами,

расположенными на базальной мембране. Их сокращение приводит к выдавливанию молока в протоки.

ВНИМАНИЕ

Секреция молока стимулируется лактотропным гормоном гипофиза.

После окончания периода кормления ребенка постепенно происходит обратное развитие молочной железы, лишь сохраняются некоторые альвеолы.

Промежность представляет собой совокупность структур, которые закрывают выход из полости малого таза. Промежность по форме напоминает ромб, образованный верхушкой копчика, нижней точкой лобкового симфиза и седалищными буграми. Снаружи область промежности ограничена наружными половыми органами и задним проходом и разделена на две половины срединным швом, который у мужчин переходит в шов мошонки. Условная линия, соединяющая седалищные бугры, разделяет промежность на две области треугольной формы: мочеполовую (передневерхнюю) и заднепроходную (нижнезаднюю), в которых расположены соответственно мочеполовая и диафрагма таза. Обе диафрагмы образованы двумя слоями мышц и фасциями. (Описание мышц приведено в разделе «Миология», см. с. 105) У женщин мочеполовую диафрагму прободают мочеиспускательный канал и влагалище, у мужчин – лишь мочеиспускательный канал. Через диафрагму таза проходит конечный отдел прямой кишки.

Половое созревание

При половом созревании, которое у девушек протекает в возрасте 9–13, у юношей – в возрасте 11–15 лет, в организме происходят важнейшие морфофизиологические и психологические изменения, развиваются вторичные половые признаки, начинаются менструации (у девушек) и семяизвержения (у мальчиков). Все эти преобразования связаны с резким усилением синтеза и секреции гипоталамусом гонадотропин-рилизинг-гормона, который стимулирует выработку передней долей гипофиза фолликулостимулирующего и лютеинизирующего гормонов (см. раздел «Эндокринные железы» с. XX). Последние влияют на синтез и выделение половыми железами половых гормонов. Уровень тестостерона у юношей повышается в 10–20 раз. В это время половые гормоны стимулируют рост

костей, который особенно выражен в 12 лет у девушек и в 14 у юношей.

У *девушек* в периоде полового созревания развиваются молочные железы. Это начинается с появления небольших бугорков, затем увеличиваются соски и околососковые поля, молочные железы растут и округляются. Вслед за формированием молочных желез начинается оволосение лобка по женскому типу, появляются волосы в подмышечных впадинах, растут внутренние половые органы, щелочная среда во влагалище сменяется кислой, меняется форма таза. В связи с акселерацией средние сроки начала менструации 11,5–12,5 лет, сто лет тому назад эти сроки колебались в пределах 16–17 лет. У большинства девушек появляются выделения из влагалища.

У *юношей* процесс полового созревания начинается с увеличения яичек и их придатков, полового члена, простаты, семявыносящих протоков, семенных пузырьков. Очень важным проявлением полового созревания являются поллюции (ночные семяизвержения), которые оказывают и серьезное психологическое влияние. Вначале оволосение лобка начинается по женскому типу, набухают грудные железы, к концу периода (15–16 лет) начинается рост волос на лице, теле, в подмышечных впадинах, на лобке (по мужскому типу), пигментируется кожа мошонки, еще больше увеличиваются половые органы. Все это хорошо видимые доказательства превращения юноши в мужчину. Появляются волосы на конечностях, затем на животе и позже всего на груди.

ВНИМАНИЕ

Степень оволосения тела мужчины зависит от уровня мужского полового гормона тестостерона в организме. Увы, это не касается волос на голове. Наоборот, высокое содержание гормона способствует облысению.

Тестостерон оказывает серьезное влияние на рост гортани, в связи с чем меняется тембр голоса. Это происходит в 13–14 лет. В связи с акселерацией ломка голоса наступает на 4–5 лет раньше, чем 100 лет тому назад. Именно повышение уровня гормонов в крови оказывает влияние на эротическое воображение, половое поведение, половую чувствительность. Чем выше уровень гормонов, тем чаще у юношей возникает эрекция полового члена, у девушек – эрекция клитора, lubricация. Половые гормоны «эротизируют» кору головного мозга. Те юноши и девушки, у которых раньше происходит половое созревание, ведут более активную сексуальную жизнь. Однако в половом поведении подростков важную роль

играют и психосоциальные факторы, а именно установки, принятые в определенной общественной среде, личное отношение подростка к сексу, насколько важное значение конкретный индивидум придает сексуальным проблемам.

Биологическая и социальная сущность пола человека

Пол человека – сложное понятие, которое включает в себя: *собственно биологический пол* (генетический, гонадный, гаметный и гормональный); *род* психологические и культурные характеристики индивидуума; *ядро родовой сущности* убежденность человека в его принадлежности именно к этому, а не другому полу складывается в раннем детстве (до двух лет) и сохраняется в течение всей жизни человека.

Генетический пол зависит от наличия или отсутствия Y-хромосомы. Напомним: во всех соматических клетках человека имеется по 46 хромосом (диплоидный набор), среди которых 44 соматические и две половые: клетки женского организма имеют две половые X-хромосомы, мужского одну X и одну Y-хромосому. Половые клетки имеют по одной половой хромосоме: яйцеклетки только X, сперматозоиды X или Y. Именно Y-хромосома, которой обладают только мужчины, направляет в эмбриональном периоде развитие индифферентных половых желез по мужскому пути, превращая их в яички. Генетический пол определяет **истинный**, или **гонадный, пол** (греч. *gone* семя), т. е. пол, обусловленный строением половой железы (яичка или яичника). В свою очередь, истинный пол представляет **гаметный пол**, т. е. способность желез образовывать сперматозоиды или яйцеклетки, и **гормональный пол** – способность вырабатывать мужские (андрогены) или женские (эстрогены) половые гормоны. Половые гормоны определяют **морфологический пол**, т. е. развитие мужских или женских половых органов и вторичных половых признаков. Они же (половые гормоны) определяют **мозговой**, или **церебральный, пол**, т. е. половые различия головного мозга. **Гражданский пол** – это пол, официально зарегистрированный при рождении. Каждый человек ощущает свою половую принадлежность, половую самоидентификацию, идентичность. *Гендер* (синоним понятия «пол») подчиняется закономерности осознания человеком своей сущности вообще и включает в себя положительное свойство принадлежности к определенной мужской или женской половине человечества и отрицательное свойство исключения из той или иной группы. Гендерная

роль – это внешнее проявление и демонстрация поведения, которое позволяет окружающим судить о тендерной идентичности. Иными словами, гендерная роль – это социальное выражение тендерной идентичности (табл. 45). Генетический и гормональный пол определяет биологическую, психологическую и социальную жизнь человека, его половое воспитание, половое самосознание, половое поведение, половую роль и выбор полового партнера.

В организме и мужчин и женщин вырабатываются одни и те же половые гормоны: мужские андрогены (тестостерон) и женские (эстрогены и прогестерон), но у мужчин преобладают первые (их уровень в шесть раз выше, чем у женщин), а у женщин – вторые.

В таблице 12 приведены основные признаки пола человека.

Таблица 12

Пол человека

Пол	Признаки	Характеристика	
		<i>Мужской пол</i>	<i>Женский пол</i>
Генетический	Хромосомы	XY	XX
Гонадный	Половая железа	Яичко (семенник)	Яичник
Гаметный	Половая клетка	Сперматозоид	Яйцеклетка
Гормональный	Гормоны	Андрогены	Эстрогены
Морфологический (телесный)	<i>Морфологические</i>		
	Длина тела	Больше	Меньше
	Масса тела	Больше	Меньше
	Туловище	Короче	Длиннее
	Конечности	Длиннее	Короче
	Плечи	Шире	Уже
	Таз	Уже	Шире
	Грудная клетка	Длиннее, шире	Короче, уже
	Живот	Короче	Длиннее
	Масса мышц	Больше	Меньше
	Подкожная жировая клетчатка	Меньше	Больше
	Кожа	Толще	Тоньше
	Волосы	Больше на лице, туловище, конечностях, обильные на лобке и животе до пупка	На лице отсутствуют, меньше на туловище, отсутствуют на животе
	Молочные железы	Не развиты	Развиты

Церебральный (мозговой)	Половой диморфизм головного мозга		
Гражданский	Официальная регистрация при рождении	Мужчина	Женщина

Имеются определенные половые различия головного мозга, которые также обусловлены действием половых гормонов, в частности тестостерона во внеутробном периоде. Тестостерон влияет на скорость роста развивающегося мозга и ответствен за различия в строении мозга женщин и мужчин.

Половой цикл человека

Половой цикл человека в связи с особенностями человеческой сексуальности тесно связан с психикой и зависит от многих психологических, личностных и межличностных факторов. И у мужчины, и у женщины половой цикл состоит из четырех фаз, последовательно сменяющих друг друга: нарастающего полового возбуждения, сохранения полового возбуждения на одном уровне (плато), оргазма и расслабления (разрешения) (рис. 56). Эти фазы не всегда имеют четкие временные границы, они различны по интенсивности и длительности не только у разных людей, но даже у одного и того же человека. Как у мужчины, так и у женщины при половом возбуждении обязательно возникают две главные физиологические реакции: резкий прилив крови к половым органам (а у женщин и к молочным железам) и мышечное (вернее, нервно-мышечное) напряжение.

Возбуждение у мужчины проявляется эрекцией. Эрекция полового члена – главное условие мужского полового цикла. Механизм эрекции описан выше (см. раздел «Половой член», с. XX). Эрекция связана с возбуждением парасимпатической нервной системы. Сексуальное возбуждение у женщины через 10–40 с. приводит к изменениям женских половых органов, и в первую очередь к *любрикации*, увлажнению влагалища. Вначале на слизистой оболочке влагалища появляются отдельные капли, которые затем сливаются, увлажняя всю слизистую оболочку. Любрикация свидетельствует о готовности женских половых путей к половому акту, она продолжается на протяжении всего полового цикла, увеличивается объем клитора и его головки (эрекция). Как правило, на высоте эрекции при условии готовности женщины половой член

вводится во влагалище (интроитус) и начинается собственно *копулятивная*, или *фрикционная*, стадия (от лат. copulation – «соединение»; frictio – «трение»). С точки зрения физиологии в это время наблюдается *плато*, во время которого возбуждение сохраняется примерно на одном уровне.

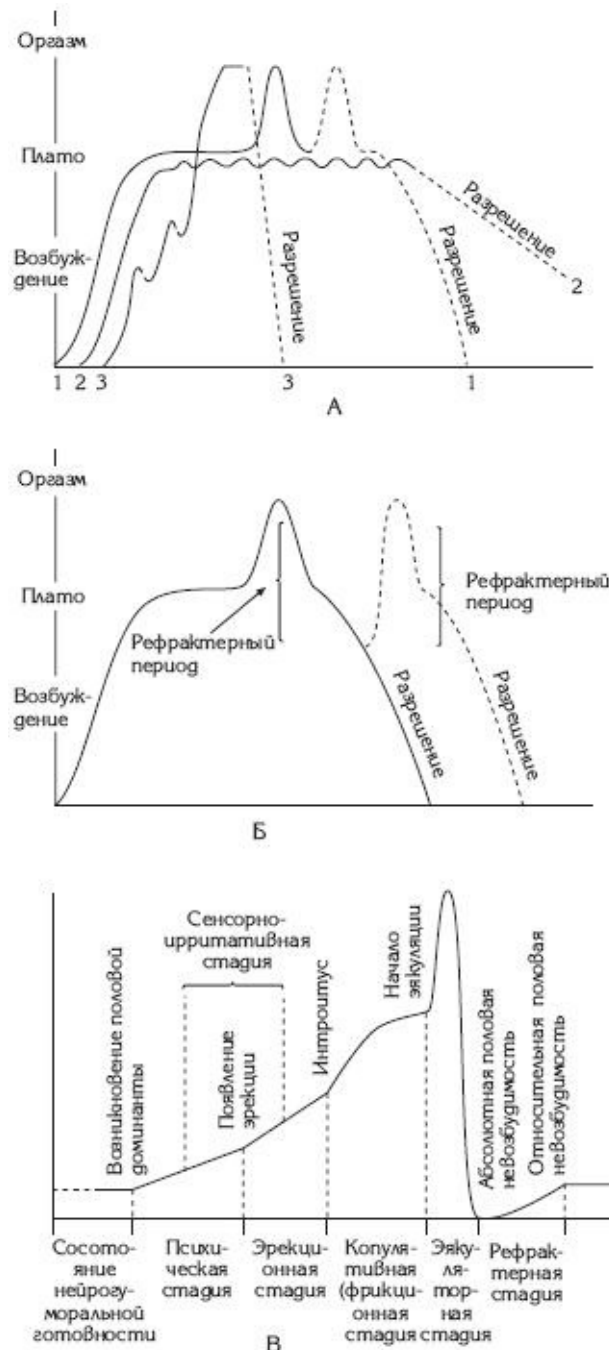


Рис. 56. Половой цикл (А, Б – по У. Мастерсу и В. Джонсон; В – по Г. С. Васильченко). А – три варианта женского полового цикла: 1 – множественный оргазм; 2 – возбуждение, переходящее в фазу плато без

достижения оргазма, в этом случае фаза разрешения протекает очень медленно; 3 – резкое, прерывистое нарастание возбуждения, достижение оргазма с быстрой фазой разрешения. Б – наиболее типичные варианты мужского полового цикла, штриховой линией показан один из возможных вариантов повторного оргазма с эякуляцией после завершения рефракторного периода, возможны и другие варианты развития мужского полового цикла, которые во многих случаях совпадают по форме с кривыми 2 и 3, характеризующими женский половой цикл. В – типичная кривая полового цикла мужчины

Введение полового члена во влагалище и последующие фрикции усиливают половое возбуждение женщины до определенного уровня, после чего начинается *фаза плато*, во время которой сексуальное напряжение определенное время не нарастает и не снижается. Длительность этой фазы широко варьирует. Если фрикции продолжаются, половое возбуждение усиливается и развивается следующая фаза *оргазм* (от греч. *orgao* – «пылаю страстью»). Оргазм – кульминация полового акта, в котором участвует весь организм человека. Оргазм – это самое высокое наслаждение, какое может испытывать человек. У мужчины оргазм достигается благодаря *эмиссии* (от лат. *emissio* – «выпуск, испускание») и *эякуляции* (от лат. *ejaculatio* – «извержение»).

Благодаря ритмичным сокращениям полового члена (пульсации), мышц промежности, простаты с интервалом в 0,7–0,8 с семенная жидкость перемещается в передний отдел мочеиспускательного канала и начинается семяизвержение. Как правило, у мужчин оргазм и эякуляция происходят одновременно, но это различные процессы. Эякуляция – это выброс спермы. Причем в ряде случаев она не сопровождается оргазмом.

Анатомо-физиологической основой женского оргазма являются ритмичные сокращения половых органов. Оргазм у женщин характеризуется одновременными ритмичными сокращениями мускулатуры матки, нижней трети влагалища («оргастической манжетки») и сфинктера прямой кишки. В начале оргазма мышцы сокращаются с большими интенсивностью и быстротой (интервал между сокращениями составляет примерно 0,8 с.). Затем сила, длительность и периодичность сокращений снижаются. «Мягкий» оргазм может сопровождаться всего тремя-пятью сокращениями, тогда как сильный 10–15. Однако у разных женщин и даже у одной и той же женщины некоторые оргазмы происходят мягко, с ощущением слабого трепета или тепла, а другие можно сравнить со «взрывом авиабомбы». Изменения при оргазме охватывают не только

половые органы, но все органы и системы. Во время оргазма резко возрастает частота сердечных сокращений, которая может достигнуть 160–180 в 1 минуту; повышается артериальное давление (систолическое – на 30–90 мм рт. ст., диастолическое – на 20–40 мм рт. ст); частота дыханий увеличивается до 36–42 в 1 минуту; сокращаются скелетные мышцы, особенно мимические, межреберные и мышцы живота.

Между мужским и женским оргазмами много различий, однако есть и важные анатомо-физиологические сходства: *оргазм сопровождается ритмическими сокращениями мышц половых органов, промежности, сфинктера прямой кишки; одни и те же нервы вызывают сокращение мышц у мужчин и у женщин.*

Женский оргазм – одна из важных отличительных особенностей человека разумного. Современные исследователи единодушны в мнении, что женщина – единственное существо женского пола, которое способно испытывать оргазм.

Фаза разрешения. После эякуляции половое возбуждение спадает. *Наступает рефрактерный период*, длительность которого различна не только у различных мужчин, но и у одного и того же мужчины. У большинства мужчин в зрелом возрасте после эякуляции наступает *абсолютная рефрактерность*, т. е. абсолютная половая невозбудимость, когда практически эрекцию вызвать невозможно. Как правило, мужчина засыпает. Женщина должна знать об этом и не обижаться. На смену абсолютной приходит *относительная рефрактерность*, во время которой может наступить повторная эрекция и последующий половой акт.

Независимо от того, испытала ли женщина один или несколько оргазмов, вслед за оргазмом наступает фаза разрешения. Если после резкого возбуждения в фазе плато оргазм не наступил, фаза разрешения может затянуться; у многих женщин развивается *фрустрация* – тягостное психоэмоциональное состояние, вызванное острым чувством неудовлетворенности.

Полость живота. Брюшина

Полость живота ограничена сверху диафрагмой, внизу продолжается в полость таза, выход из которой закрыт диафрагмой таза, задняя стенка образована поясничным отделом позвоночника и мышцами (квадратными поясницы и подвздошно-поясничными), передняя – мышцами живота. Изнутри брюшная полость выстлана забрюшинной фасцией, на которой лежит жировая ткань, и брюшиной. Пространство, ограниченное брюшиной и забрюшинной фасцией, называется *забрюшинным*, в нем располагаются некоторые органы и жировая клетчатка.

Брюшина выстилает брюшную полость и покрывает расположенные в ней внутренние органы (рис. 57). Брюшина образована соединительнотканной пластинкой, которая покрыта однослойным плоским эпителием мезотелием. В брюшине различают два листка: *париетальная брюшина* выстилает стенки брюшной полости, *висцеральная брюшина* покрывает органы. Общая площадь брюшины у взрослого человека 1,6–1,75 м². Оба листка брюшины переходят непрерывно со стенок брюшной полости на органы и с органов на стенки брюшной полости, ограничивая *брюшинную полость*. У женщин полость брюшины открытая, она сообщается с внешней средой через маточные трубы, полость матки и влагалище, у мужчин полость замкнутая. Полость брюшины увлажнена небольшим количеством серозной жидкости, что облегчает движение органов и предотвращает их трение.

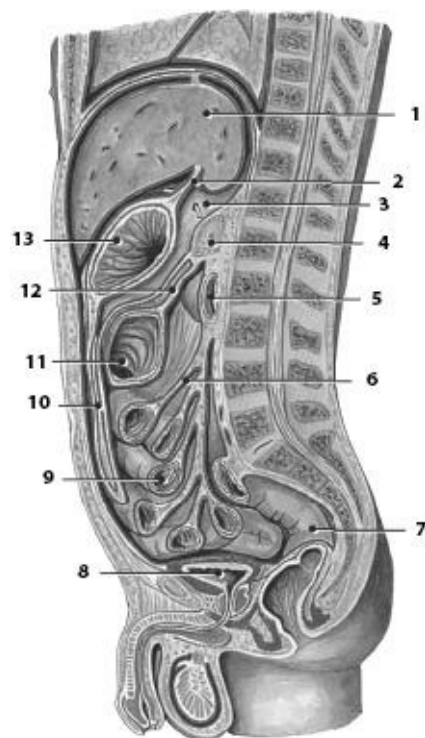


Рис. 57. Отношение внутренних органов к брюшине. Срединный (сагиттальный) разрез туловища. 1 – печень; 2 – печеночно-желудочная связка; 3 – сальниковая сумка; 4 – поджелудочная железа; 5 – двенадцатиперстная кишка; 6 – брыжейка тонкой кишки; 7 – прямая кишка; 8 – мочевой пузырь; 9 – тонкая кишка; 10 – полость большого сальника; 11 – поперечная ободочная кишка; 12 – брыжейка поперечной ободочной кишки; 13 – желудок

Париетальная брюшина покрывает переднюю стенку брюшной полости, сверху переходит на нижнюю поверхность диафрагмы, а затем на заднюю и боковые стенки брюшной полости и на внутренние органы, а внизу – на стенки и органы полости таза. Брюшина, переходя со стенок брюшной полости на органы или с одного органа на другой, образует складки, ямки, связки, брыжейки и удвоения. На задней стенке брюшной полости брюшина покрывает органы, лежащие забрюшинно, и переходит на другие органы. Органы, покрытые брюшиной только с одной стороны (поджелудочная железа, большая часть двенадцатиперстной кишки, почки, надпочечники и др.), лежат вне брюшины, забрюшинно (экстраперитонеально). Другие органы покрыты брюшиной только с трех сторон и называются *мезоперитонеально* лежащими органами (восходящая и нисходящая ободочные кишки). Третья группа органов покрыта брюшиной со всех сторон и занимает *внутрибрюшинное*

(интраперитонеальное) положение (желудок, тонкая кишка, слепая кишка с червеобразным отростком, который имеет брыжейку, поперечная и сигмовидная ободочные кишки, селезенка, печень). Два листка брюшины, покрывающей сигмовидную ободочную кишку со всех сторон, образуют ее *брыжейку*. К поперечной ободочной кишке от задней стенки брюшной полости идут два листка брюшины, которые образуют поперечно лежащую *брыжейку поперечной ободочной кишки*. Непосредственно под брыжейкой поперечной ободочной кишки от задней брюшной стенки начинается образованная двумя листками париетальной брюшины *брыжейка тонкой кишки*. Между листками брыжеек расположены сосуды, нервы, лимфатические узлы, клетчатка.

С нижней поверхности диафрагмы брюшина переходит на диафрагмальную поверхность печени, а затем – на ее висцеральную поверхность. С задней брюшной стенки париетальная брюшина также переходит на висцеральную поверхность печени, оба листка «встречаются» у ворот печени, откуда направляются к малой кривизне желудка, где расходятся, покрывая со всех сторон желудок и верхнюю часть двенадцатиперстной кишки. При этом между воротами печени с одной стороны, малой кривизной желудка и верхней частью двенадцатиперстной кишки, с другой, образуется дубликатура брюшины – *малый сальник*. В его правом крае между листками брюшины расположены справа налево общий желчный проток, воротная вена и собственная печеночная артерия.

У большой кривизны желудка оба листка брюшины вновь сходятся и спускаются вниз впереди поперечной ободочной и петель тонкой кишки. Дойдя до лобкового симфиза, эти два листка брюшины загибаются кзади и поднимаются вверх позади нисходящих листков также впереди поперечной ободочной и петель тонкой кишки. Эта длинная складка, свисающая впереди поперечной ободочной кишки и петель тонкой кишки в виде фартука и образованная четырьмя листками брюшины, называется *большим сальником*. Между листками большого сальника находится жировая клетчатка. Выше брыжейки поперечной ободочной кишки эти листки переходят в париетальную брюшину задней брюшной стенки. Верхний листок направляется вверх, впереди передней поверхности поджелудочной железы и переходит на заднюю стенку брюшной полости и на диафрагму. Нижний листок идет вниз и переходит в верхний листок брыжейки поперечной ободочной кишки.

В полости малого таза брюшина покрывает верхний и частично средний отделы прямой кишки, мочевые и половые органы. У *мужчин* брюшина переходит с передней поверхности прямой кишки на заднюю,

затем верхнюю стенку мочевого пузыря и продолжается в париетальную брюшину, выстилающую переднюю брюшную стенку. Между мочевым пузырем и прямой кишкой образуется прямокишечно-пузырное углубление. У женщин брюшина с передней поверхности прямой кишки переходит на заднюю стенку верхней части влагалища, затем поднимается вверх, покрывая сзади, а затем спереди матку и переходит на мочевой пузырь. Парная дубликатура брюшины, *широкая связка матки*, соединяет матку с боковой стенкой малого таза, маточная труба проходит внутри верхнего края широкой связки, к широкой связке матки сзади прикрепляется яичник. Между маткой и прямой кишкой образуется *прямокишечно-маточное углубление* (Дугласово пространства), ограниченное по бокам прямокишечно-маточными складками. Между маткой и мочевым пузырем образуется *пузырно-маточное углубление*.

Сердечно-сосудистая система

Жизнедеятельность организма возможна лишь при условии постоянной доставки каждой клетке питательных веществ, кислорода, воды и удаления продуктов обмена веществ. Эту задачу выполняет замкнутая сердечно-сосудистая система, представляющая собой комплекс сосудов, содержащих кровь, и сердце – центральный орган, обуславливающий движение крови. Кровеносные сосуды представлены *артериями, несущими кровь от сердца, венами, по которым кровь течет к сердцу, и микроциркуляторным руслом, где осуществляется взаимодействие крови и тканей.* По мере отдаления от сердца калибр артерий постепенно уменьшается вплоть до мельчайших артериол, которые в толще органов переходят в сеть капилляров, последние, в свою очередь, – в мелкие, постепенно укрупняющиеся вены, по которым кровь притекает к сердцу.

Кровеносные сосуды отсутствуют лишь в эпителии кожи и слизистых оболочек, в волосах, ногтях, роговице глаза и суставных хрящах. Каждая артерия распадается на более мелкие сосуды.

Стенка **артерии** состоит из трех оболочек: внутренней, средней и наружной. Внутренняя оболочка образована эндотелием, выстилающим просвет сосуда подэндотелиальным слоем и внутренней эластической мембраной. Средняя оболочка состоит из расположенных спирально гладких миоцитов, между которыми залегает небольшое количество коллагеновых и эластических волокон, и наружной эластической мембраны, образованной продольными толстыми переплетающимися эластическими волокнами. Наружная оболочка образована рыхлой волокнистой неоформленной соединительной тканью, содержащей эластические и коллагеновые волокна, в ней проходят кровеносные сосуды и нервы (*рис. 58 А, Б*).

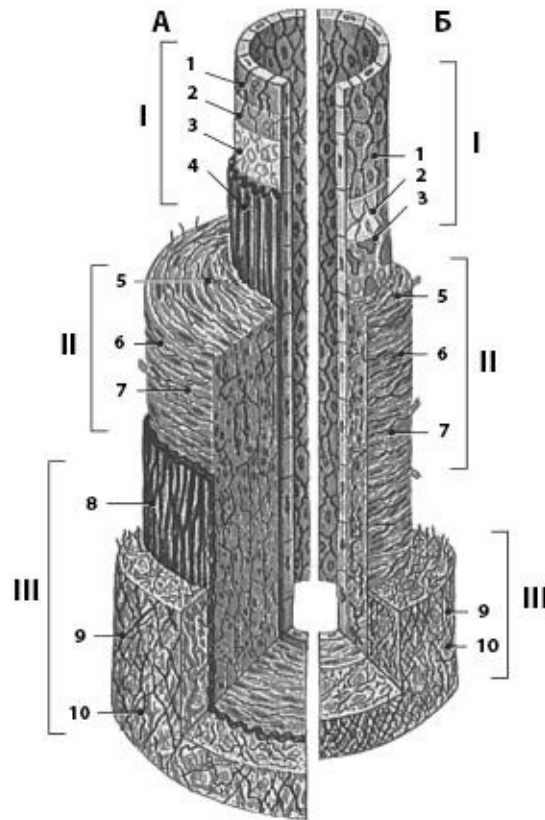


Рис. 58. Строения стенки артерии (А) и вены (Б) мышечного типа среднего калибра, схема (по В. Г. Елисееву и др.). I – внутренняя оболочка: 1 – эндотелий; 2 – базальная мембрана; 3 – подэндотелиальный слой; 4 – внутренняя эластическая мембрана; II – средняя оболочка: 5 – миоциты; 6 – эластические волокна; 7 – коллагеновые волокна; III – наружная оболочка: 8 – наружная эластическая мембрана; 9 – волокнистая (рыхлая) соединительная ткань; 10 – кровеносные сосуды

Дистальная часть сердечно-сосудистой системы – микроциркуляторное русло – обеспечивает взаимодействие крови и тканей. Микроциркуляторное русло начинается самым мелким артериальным сосудом, артериолой, от которой отходят прекапилляры и истинные капилляры. У начала истинных капилляров находятся гладкомышечные прекапиллярные сфинктеры, регулирующие кровоток. Истинные капилляры вливаются в посткапилляры (посткапиллярные венулы), которые образуются благодаря слиянию двух или нескольких капилляров. Посткапилляры, сливаясь между собой, образуют венулы, которые вливаются в вены.

Кровеносные капилляры (гемокапилляры) имеют стенки, образованные одним слоем уплощенных эндотелиальных клеток, сплошной

или прерывистой базальной мембраной и редкими перикапиллярными клетками перицитами, которые представляют собой удлинённые многоотростчатые клетки, расположенные вдоль длинной оси капилляра. Их отростки подходят к эндотелиальным клеткам. К каждому перициту подходит окончание аксона симпатического нейрона. Перицит передает эндотелиальной клетке нервный импульс, в результате чего эндотелиальная клетка набухает или теряет жидкость. Это и приводит к периодическим изменениям просвета капилляра.

Посткапиллярные вены, являющиеся конечным звеном микроциркуляторного русла, впадают в собирательные вены, от них кровь оттекает в мелкие собирательные вены, которые, сливаясь между собой, укрупняются. Стенка **вены** также состоит из трех оболочек (см. *рис. 58А*). На внутренней оболочке большинства средних и некоторых крупных вен имеются *клапаны*, представляющие собой тонкие складки внутренней оболочки, покрытые с обеих сторон эндотелием. Они пропускают кровь лишь в направлении к сердцу, препятствуют обратному току крови в венах и предохраняют сердце от излишней затраты энергии на преодоление колебательных движений крови, постоянно возникающих в венах.

ВНИМАНИЕ

Многие крупные вены не имеют клапанов (верхняя полая плечеголовые, общие и внутренние подвздошные, сердечные, легких, надпочечников, головного мозга и его оболочек и др.).

Венозные синусы твердой мозговой оболочки, в которые оттекает кровь от головного мозга, имеют неспадающиеся стенки, обеспечивающие беспрепятственный ток крови от полости черепа во внечерепные вены (внутренние яремные). Общее количество вен больше, чем артерий, а общая величина венозного русла превосходит артериальное. Скорость кровотока в венах меньше, чем в артериях, в венах туловища и нижних конечностей кровь течет против силы тяжести.

Сердце

Сердце, расположенное симметрично в средостении, представляет собой полый мышечный орган, разделенный внутри на четыре полости: правое и левое предсердия и правый и левый желудочки (*рис. 59 А, Б*). Размеры сердца здорового человека коррелируют с величиной его тела, а

также зависят от интенсивности обмена веществ, физической нагрузки. Средняя масса сердца у женщин 250 г, у мужчин 300 г.

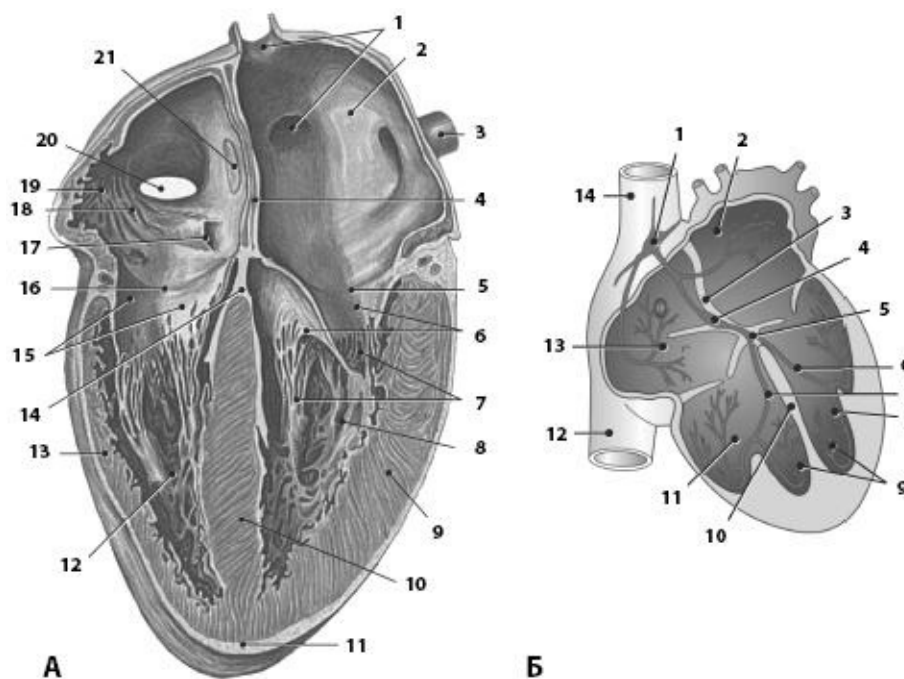


Рис. 59. Сердце. А. Предсердия и желудочки сердца на его продольном разрезе, вид спереди. 1 – устья правых легочных вен; 2 – левое предсердие; 3 – левая легочная вена; 4 – межпредсердная перегородка; 5 – левое предсердно-желудочковое отверстие; 6 – передняя створка и задняя створка левого предсердно-желудочкового клапана. 7 – сухожильные хорды; 8 – левый желудочек; 9 – миокард левого желудочка; 10 – межжелудочковая перегородка (мышечная часть); 11 – верхушка сердца; 12 – правый желудочек; 13 – миокард правого желудочка; 14 – перепончатая часть межжелудочковой перегородки; 15 – створки правого предсердно-желудочкового клапана; 16 – правое предсердно-желудочковое отверстие; 17 – отверстие венозного синуса; 18 – правое предсердие; 19 – гребенчатые мышцы; 20 – устье нижней полой вены; 21 – овальная ямка. Б. Схема проводящей системы сердца. 1 – синусно-предсердный узел; 2 – левое предсердие; 3 – межпредсердная перегородка; 4 – предсердно-желудочковый узел; 5 – предсердно-желудочковый пучок; 6 – левая ножка предсердно-желудочкового пучка; 7 – правая ножка предсердно-желудочкового пучка; 8 – левый желудочек; 9 – проводящие мышечные волокна; 10 – межжелудочковая перегородка; 11 – правый желудочек; 12 – нижняя полая вена; 13 – правое предсердие; 14 – верхняя полая вена

В **правое предсердие** кубической формы впадают верхняя и нижняя полые вены и венечный синус сердца. Спереди и вправо полость предсердия продолжается в *правое ушко*. На межпредсердной перегородке расположена *овальная ямка*. Во внутриутробном периоде здесь находилось овальное отверстие, через которое сообщались предсердия. При сокращении правого предсердия кровь поступает в **правый желудочек** через правое предсердно-желудочковое отверстие, по краю которого расположен *правый предсердно-желудочковый* (трехстворчатый) *клапан*, состоящий из трех створок, образованных складками эндокарда и покрытых эндотелием.

От свободных краев створок начинаются сухожильные хорды, прикрепленные противоположными концами к трем *сосочковым мышцам*, расположенным на внутренней поверхности правого желудочка. Эти мышцы вместе с сухожильными хордами удерживают клапаны и при сокращении (систоле) желудочка препятствуют обратному току крови в предсердие. Передневерхний отдел желудочка – артериальный конус, продолжается в *легочный ствол*. При сокращении правого желудочка кровь выталкивается в легочный ствол, проходя от вершины желудочка к его основанию через отверстие легочного ствола, в области которого находится клапан легочного ствола, который образован тремя полулунными заслонками, свободно пропускающими кровь из желудочка в легочный ствол. Соприкасаясь своими концами, они, подобно наполненным карманам, закрывают отверстие и препятствуют обратному току крови. Это происходит после опорожнения желудочка.

В **левое предсердие** открываются четыре легочные вены, по две с каждой стороны, спереди и влево выпячивается *левое ушко*. Оба ушка охватывают спереди начало аорты и легочного ствола. При сокращении левого предсердия кровь выталкивается в **левый желудочек** через *левое предсердно-желудочковое* отверстие овальной формы, снабженное левым предсердно-желудочковым двухстворчатым клапаном (митральным). Левый желудочек имеет форму конуса, стенки его в два-три раза толще стенок правого желудочка за счет миокарда. Это связано с большей работой, производимой левым желудочком. Из левого желудочка кровь направляется в *отверстие аорты*, снабженное клапаном, состоящим из трех полулунных заслонок, имеющих такое же строение, как и клапан легочного ствола. На внутренней поверхности левого желудочка, подобно правому, имеются покрытые эндокардом мышечные тяжи – *мясистые трабекулы*, а также две *сосочковые мышцы*, от которых отходят тонкие *сухожильные хорды*, прикрепляющиеся к створкам левого предсердно-

желудочкового клапана. Желудочки разделены *межжелудочковой перегородкой*.

Стенка сердца состоит из трех слоев: наружного, или эпикарда, среднего – миокарда, и внутреннего – эндокарда. **Эпикард** представляет собой висцеральный листок серозного перикарда. Эпикард окутывает сердце, начальные отделы легочного ствола и аорты, конечные отделы легочных и полых вен, а затем переходит в париетальный листок серозного перикарда.

Преобладающая часть сердечной стенки – **миокард**, образованный сердечной исчерченной (поперечнополосатой) мышечной тканью. В отличие от скелетных поперечнополосатых мышечных волокон кардиомиоциты почти прямоугольной формы имеют 1–2 овальных ядра, лежащих в центре; миофибриллы расположены по периферии строго прямолинейно. Характерны контакты двух соседних кардиомиоцитов в виде темных полосок (*вставочных дисков*), которые активно участвуют в передаче возбуждения от клетки к клетке.

Миокард предсердий и желудочков разобщен, что создает возможность отдельного их сокращения. Мышцы предсердий и желудочков сердца начинаются от двух фиброзных колец, окружающих правое и левое предсердно-желудочковые отверстия. В предсердиях различают два слоя мышц: поверхностный окутывает оба предсердия, глубокий отдельно каждое предсердие. Вокруг устьев полых и легочных вен, впадающих в предсердия, имеются циркулярные пучки миоцитов.

В мускулатуре желудочков различают три слоя. Тонкий – поверхностный продольный, его мышечные пучки начинаются от фиброзных колец и идут косо вниз. На верхушке сердца они образуют завиток и переходят во внутренний продольный слой, который своим верхним краем прикрепляется к фиброзным кольцам. Между продольными наружным и внутренним располагается средний слой, идущий более или менее циркулярно. Он является самостоятельным для каждого желудочка.

Эндокард выстилает изнутри камеры сердца и клапаны. Эндокард образован эндотелием, лежащим на толстой базальной мембране, под которыми расположены соединительнотканый, субэндотелиальный и мышечно-эластические слои.

Две артерии, правая и левая венечные, кровоснабжают сердце. Они разветвляются до капилляров во всех трех оболочках сердца, в сосочковых мышцах и мясистых перекладах. Кровь из капилляров собирается в сердечные вены, венозный синус и непосредственно в правое предсердие. Ветви обеих венечных артерий соединяются между собой благодаря чему

образуются два артериальных кольца.

Перикард – это замкнутый мешок, в котором различают два слоя: наружный *фиброзный перикард*, переходящий в наружную оболочку крупных сосудов, и внутренний – *серозный перикард*, который, в свою очередь, подразделяется на два листка: *висцеральный*, или *эпикард*, и *париетальный*, сращенный с внутренней поверхностью фиброзного перикарда и выстилающий его изнутри. Между висцеральным и париетальным листками находится щелевидная *перикардальная полость*, содержащая небольшое количество серозной жидкости, которая смачивает обращенные друг к другу поверхности серозных листков, покрытых мезотелием. На крупных сосудах вблизи сердца висцеральный и париетальный листки переходят непосредственно один в другой.

У плода и у новорожденного ребенка между предсердиями имеется отверстие, кроме того, *артериальный проток* соединяет дугу аорты с легочным стволом. Масса сердца новорожденного достигает 0,89 % массы тела, взрослого 0,48–0,52 %. Существуют два периода активного роста сердца: первый – в течение первого года жизни, второй – в периоде полового созревания. У женщин чаще, чем у мужчин, наблюдается горизонтальное положение сердца. У женщин при одинаковом росте и массе тела размеры сердца меньше, чем у мужчин. После 30–40 лет в миокарде обычно начинается некоторое увеличение соединительной ткани, в которой появляются жировые клетки. По мере старения человека жировая ткань накапливается под эпикардом, утолщается эндокард.

Возрастные изменения сердца могут быть в значительной мере замедлены или даже предотвращены благодаря регулярной аэробной физической нагрузке.

Развитие мускулатуры тела влияет на величину сердца. Так, величина и масса сердца у людей, занятых физическим трудом, у спортсменов и у физически активных больше, чем у представителей умственного труда. Причем те виды спорта, при которых физическое напряжение носит продолжительный характер (например, велосипед, гребля, марафонский бег, лыжи), приводят к гипертрофии миокарда и увеличению размеров сердца. Бег, плавание на небольшие дистанции, бокс, легкая атлетика, футбол и некоторые другие виды спорта приводят к менее выраженному увеличению сердца.

Функции сердца

Миокард является возбудимой тканью. Повторим. *Возбудимость* – это свойство реагировать на раздражение изменением свойств клетки и развитием процесса *возбуждения*, который сопровождается возникновением биологического электрического тока. Кардиомиоциты обладают потенциалом покоя и генерируют потенциал действия (см. раздел «Нервная ткань», с. XX). Возбуждение, которое возникло в любом участке миокарда, передается всем его волокнам. Поэтому в ответ на адекватное раздражение происходит возбуждение всех волокон миокарда.

Сердечная мышца, в отличие от скелетных мышц, сокращается ритмично. Способность к ритмическому сокращению под влиянием импульсов, возникающих в самом сердце, является характерной особенностью миокарда. Это свойство называют *автоматизмом сердца*. Он связан с функцией клеток проводящей системы, по которой распространяется импульс.

Проводящая предсердно-желудочковая система сердца (*рис. 59 А, Б*) состоит из *синусно-предсердного узла* (Киса—Флака), *предсердно-желудочкового узла* (Ашоффа—Тавара), *предсердно-желудочкового пучка* (пучка Гиса), его *ножек и разветвлений* (волокна Пуркинье). Проводящая система образована сердечными проводящими мышечными волокнами, богато иннервируемыми вегетативной нервной системой. Синусно-предсердный узел расположен под эпикардом правого предсердия, между местом впадения верхней полой вены и ушком правого предсердия. От него импульс распространяется по миоцитам предсердий и на предсердно-желудочковый узел, который лежит в межпредсердной стенке близ перегородочной створки трехстворчатого клапана. От этого узла через предсердно-желудочковую перегородку в сторону желудочков отходит короткий предсердно-желудочковый пучок, ствол которого в верхней части межжелудочковой перегородки разделяется на две ножки правую (меньшую) и левую (большую).

Ножки пучка разветвляются под эндокардом и в толще миокарда желудочков на более тонкие пучки проводящих мышечных волокон. По предсердно-желудочковому пучку импульс с предсердий передается на желудочки, благодаря чему устанавливается регуляция ритма систолы предсердий и желудочков. Итак, предсердия связаны между собой синусно-предсердным узлом, а предсердия и желудочки – предсердно-желудочковым пучком.

Во время общего расслабления сердца (*диастола*) кровь из полых вен поступает в правое предсердие, из легочных вен – в левое предсердие. После этого наступает сокращение (*систола*) предсердий. Процесс

сокращения начинается у места впадения верхней полой вены в правое предсердие и распространяется по обоим предсердиям, в результате чего кровь из предсердий через предсердно-желудочковые отверстия нагнетается в желудочки. Затем в стенках сердца начинается волна сокращений желудочков, которая распространяется на оба желудочка, и кровь из них нагнетается из правого желудочка в отверстие легочного ствола, из левого желудочка – в отверстие аорты, в это время предсердно-желудочковые клапаны закрываются. После этого наступает пауза. Полулунные клапаны аорты и легочного ствола препятствуют возвращению крови из аорты и легочного ствола в желудочки.

Описанное последовательное сокращение и расслабление различных отделов сердца связано с функцией проводящей системы сердца, по которой распространяется импульс.

Деятельностью сердца управляют расположенные в продолговатом мозге и мосту сердечные центры, которые действуют через вегетативную нервную систему. *Симпатические нервы* оказывают положительное влияние (учащение сердечных сокращений и увеличение их силы), *парасимпатические* отрицательное (урежение сердечных сокращений и уменьшение их силы). Кора головного мозга регулирует деятельность сердечных центров через гипоталамус (см. раздел «Нервная система», с. 265).

Сокращение кардиомиоцитов обеспечивает нагнетательную функцию сердца, благодаря которой кровь движется по сосудам. Этому способствуют и сокращение скелетных мышц. Сердце это насос, нагнетающий кровь в сосуды. Каждое поперечнополосатое скелетное мышечное волокно является своеобразным «периферическим сердцем», сокращение которого приводит к продвижению крови по микроциркуляторному руслу. Мышцы, сокращаясь, способствуют движению крови по венам нижней половины тела против силы тяжести.

ВНИМАНИЕ

Физическая активность облегчает работу сердца, а гиподинамия ухудшает, так как требует усиленной работы сердца, что является одной из важных причин нарушения его функции.

В связи с изменением давления в полостях сердца клапаны сердца, легочной артерии и аорты открываются или закрываются. В начале систолы желудочков предсердно-желудочковые клапаны закрываются, а полулунные клапаны аорты и легочной артерии открываются. Во время

диастолы желудочков происходит систола предсердий, предсердно-желудочковые клапаны открываются и желудочки заполняются кровью. Во время систолы и диастолы возникают тоны сердца: первый, *систолический* (более низкий и продолжительный), связан с сокращением миокарда желудочков, вибрацией сухожильных хорд и колебанием створок предсердно-желудочковых клапанов при их закрывании; второй, *диастолический* (короткий высокий), возникает в начале диастолы, когда закрываются клапаны аорты и легочного ствола. Систолический тон, возникающий при закрывании левого предсердно-желудочкового клапана, прослушивают в пятом межреберье слева от грудины в области верхушки сердца; систолический тон, возникающий при закрытии правого предсердно-желудочкового клапана в месте соединения тела и мечевидного отростка грудины. Диастолический тон аортального клапана прослушивают во втором межреберье справа от грудины; диастолический тон клапана легочного ствола – во втором межреберье слева от грудины (*рис. 60*). Сердечный толчок, возникающий вследствие изменения положения сердца при систоле, благодаря чему левый желудочек ударяется о грудную стенку, определяется в пятом межреберье слева от грудины.

Частота сердечных сокращений в минуту составляет в возрасте одного года около 125 ударов в 1 минуту, в два года – 105, в три года – 100, в четыре – 97, от пяти до десяти лет – 90, от 10 до 15–75–78, от 15 – до 50–70, от 50 – до 60–74, старше 60 лет 80.

Несколько любопытных цифр: в течение суток сердце бьется около 108 000 раз, в течение жизни 2 800 000 000–3 100 000 000 раз; через сердце проходит 225–250 млн л крови.

Сердце приспосабливается к постоянно изменяющимся условиям жизни человека. В покое желудочки взрослого человека выталкивают в сосудистую систему около 5 л крови в минуту. Этот показатель – *минутный объем кровообращения* (МОК) – при тяжелой физической работе возрастает в пять-шесть раз. Соотношение между МОК в покое и при максимально напряженной мышечной работе говорит о функциональных резервах сердца, а значит, о функциональных резервах здоровья. В то же время кровоток через сосуды самого сердца достигает 5 % общего МОК. При интенсивной физической нагрузке этот показатель возрастает в три-четыре раза, количество крови, выбрасываемое каждым желудочком во время систолы, составляет от 70 до 100 мл – это *ударный, или систолический, объем крови*. Этот показатель также увеличивается при физической нагрузке.

Средняя масса сердца взрослого человека составляет 300–320 г (0,5 %

массы тела), в покое сердце потребляет около 25–30 мл кислорода в минуту около 10 % общего потребления кислорода организмом в покое. При интенсивной мышечной деятельности потребление O_2 сердцем возрастает в три-четыре раза. В зависимости от нагрузки коэффициент полезного действия (КПД) сердца составляет от 15 до 40 %. Напомним, что КПД современного тепловоза достигает всего 14–15 %.

Биоэлектрическая активность сердца регистрируется с помощью *электрокардиографии*, полученная кривая называется *электрокардиограммой* (ЭКГ). Впервые ЭКГ была записана в 1887 году А. Уоллером. В начале XX века В. Эйнтховен разработал прибор для точной регистрации небольших колебаний электрических потенциалов струнный гальванометр. Эйнтховен предложил также три точки тела, на которые следует накладывать электроды. При положении электродов на правой и левой руках образуется отведение I, на правой руке и левой ноге – отведение II, а на левой руке и левой ноге – отведение III. В 1924 году Эйнтховену была присуждена Нобелевская премия «за открытие механизма электрокардиограммы». Нормальная ЭКГ состоит из нескольких зубцов и комплекса колебаний, который Эйнтховен назвал P, QRS и T. Небольшой зубец P отражает электрическую активность предсердий, а быстрый высокоамплитудный комплекс QRS и более медленный зубец T электрическую активность желудочков (*рис. 61*).

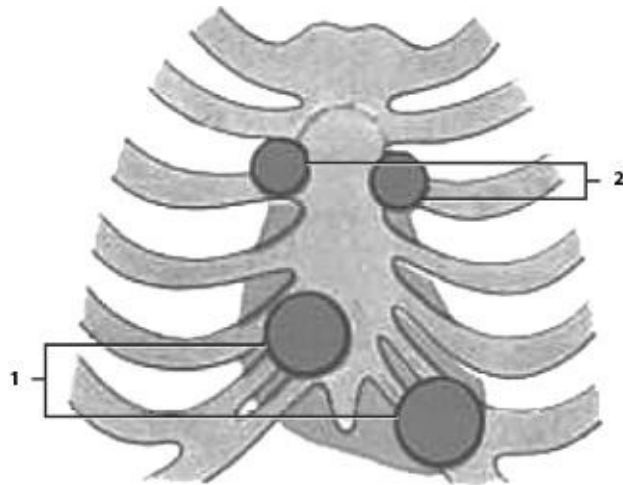


Рис. 60. Проекция точек прослушивания тонов сердца. 1 – области прослушивания I тона; 2 – области прослушивания II тона (по Коробкову и Чесноковой)

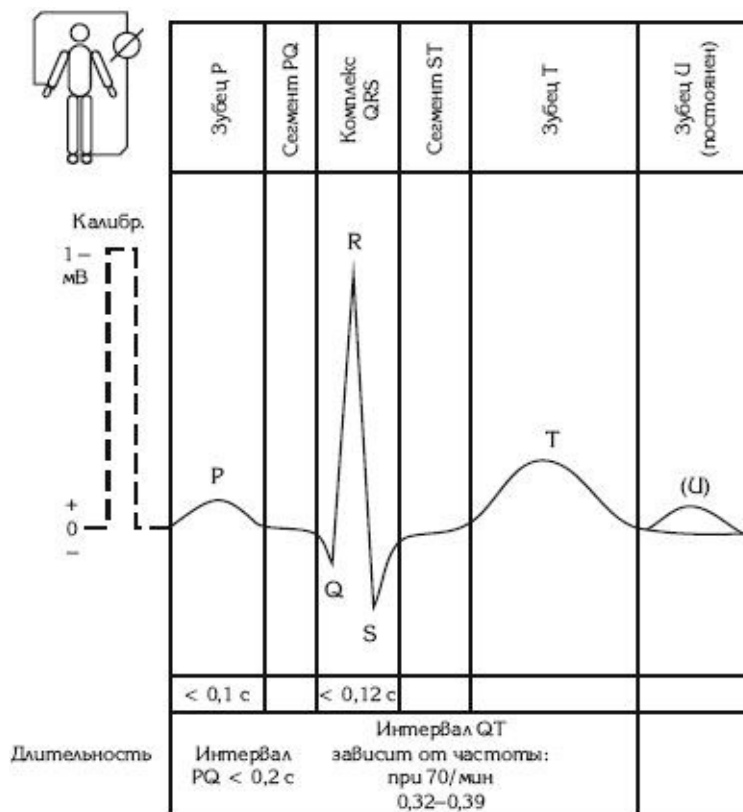


Рис. 61. Нормальная ЭКГ человека, полученная путем биполярного отведения от поверхности тела в направлении длинной оси сердца (по Г. Антони)

Кровоснабжение организма

У человека и других млекопитающих кровеносная система разделена на два круга кровообращения. *Большой круг* начинается в левом желудочке и заканчивается в правом предсердии, *малый круг* начинается в правом желудочке и заканчивается в левом предсердии (рис. 62 А, Б).

Малый, или легочный, круг кровообращения начинается в правом желудочке сердца, откуда выходит легочный ствол, который разделяется на правую и левую легочные артерии, а последние разветвляются в легких соответственно ветвлению бронхов на артерии, переходящие в капилляры. В капиллярных сетях, оплетающих альвеолы, кровь отдает углекислоту и обогащается кислородом. Обогащенная кислородом артериальная кровь поступает из капилляров в вены, которые, слившись в четыре легочные вены (по две с каждой стороны), впадают в левое предсердие, где и заканчивается малый (легочный) круг кровообращения.

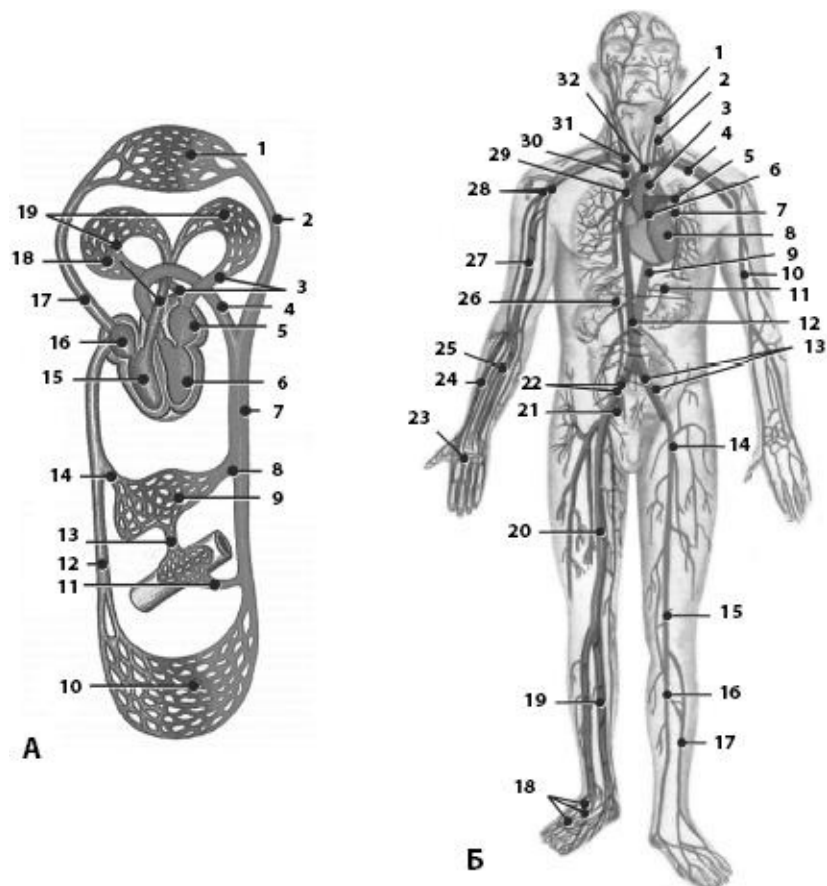


Рис. 62. Кровоснабжение тела человека. А. Схема большого и малого кругов кровообращения. 1 – капилляры головы, верхних отделов туловища и верхних конечностей; 2 – общая сонная артерия; 3 – легочные вены; 4 – дуга аорты; 5 – левое предсердие; 6 – левый желудочек; 7 – аорта; 8 – печеночная артерия; 9 – капилляры печени; 10 – капилляры нижних отделов туловища и нижних конечностей; 11 – верхняя брыжеечная артерия; 12 – нижняя полая вена; 13 – воротная вена; 14 – печеночные вены; 15 – правый желудочек; 16 – правое предсердие; 17 – верхняя полая вена; 18 – легочный ствол; 19 – капилляры легких. Б. Кровеносная система человека, вид спереди. 1 – левая общая сонная артерия; 2 – внутренняя яремная вена; 3 – дуга аорты; 4 – подключичная вена; 5 – легочная артерия (левая) 6 – легочный ствол; 7 – левая легочная вена; 8 – левый желудочек (сердца); 9 – нисходящая часть аорты; 10 – плечевая артерия; 11 – левая желудочная артерия; 12 – нижняя полая вена; 13– общие подвздошные артерия и вена; 14 – бедренная артерия; 15 – подколенная артерия; 16 – задняя большеберцовая артерия; 17 – передняя большеберцовая артерия; 18 – тыльные артерия и вены и стопы; 19 – задние большеберцовые артерия и вены; 20 – бедренная вена; 21 – внутренняя подвздошная вена; 22 –

наружные подвздошные артерия и вена; 23 – поверхностная ладонная дуга (артериальная); 24– лучевые артерия и вены; 25 – локтевые артерия и вены; 26 – воротная вена печени; 27 – плечевые артерия и вены; 28 – подмышечные артерия и вена; 29 – верхняя полая вена; 30 – правая плечеголовная вена; 31 – плечеголовной ствол; 32 – левая плечеголовная вена

Большой, или телесный, круг кровообращения снабжает все органы и ткани кровью, а значит, питательными веществами и кислородом и удаляет продукты обмена и углекислый газ. Большой круг начинается в левом желудочке сердца, куда из левого предсердия поступает артериальная кровь. Из левого желудочка выходит аорта, от которой отходят артерии, идущие ко всем органам и тканям тела и разветвляющиеся в их толще вплоть до артериол и капилляров, последние переходят в венулы и далее в вены. Вены сливаются в два крупных ствола – верхнюю и нижнюю полые вены, которые впадают в правое предсердие сердца, где и заканчивается большой круг кровообращения. Дополнением к большому кругу является *сердечный круг кровообращения*, питающий само сердце. Он начинается выходящими из аорты *венечными артериями* сердца и заканчивается *венами сердца*. Последние сливаются в *венечный синус*, впадающий в правое предсердие, а остальные наиболее мелкие вены открываются непосредственно в полость правого предсердия и желудочка.

Аорта расположена слева от средней линии тела и своими ветвями кровоснабжает все органы и ткани тела (см. *рис. 62*). Часть ее, длиной около 6 см, непосредственно выходящая из сердца и поднимающаяся вверх, называется *восходящей частью аорты*. Она начинается расширением *луковицей аорты*, внутри которой имеются три *синуса аорты*, располагающиеся между внутренней поверхностью стенки аорты и заслонками ее клапана. От луковички аорты отходят *правая и левая венечные артерии*. Изгибаясь влево, дуга аорты лежит над расходящимися здесь легочными артериями, перекидывается через начало левого главного бронха и переходит в *нисходящую часть аорты*. От вогнутой стороны дуги аорты начинаются ветви к трахее, бронхам и к вилочковой железе, от выпуклой стороны дуги отходят три крупных сосуда: справа лежит плечеголовной ствол, слева – левые общая сонная и левая подключичная артерии.

Плечеголовной ствол длиной около 3 см отходит от дуги аорты, направляется вверх, назад и вправо, впереди трахеи. На уровне правого грудино-ключичного сустава он делится на правые общую сонную и

подключичную артерии. Левая общая сонная и левая подключичная артерии отходят непосредственно от дуги аорты левее плечевого ствола.

Общая сонная артерия (правая и левая) идет вверх рядом с трахеей и пищеводом. На уровне верхнего края щитовидного хряща она делится на наружную сонную артерию, разветвляющуюся вне полости черепа, и внутреннюю сонную артерию, проходящую внутрь черепа и направляющуюся к мозгу. **Наружная сонная артерия** направляется вверх, проходит через ткань околоушной железы. На своем пути артерия отдает боковые ветви, которые снабжает кровью кожу, мышцы и кости головы и шеи, органы полости рта и носа, язык, крупные слюнные железы. **Внутренняя сонная артерия** направляется вверх к основанию черепа, не отдавая ветвей, входит в полость черепа через канал сонной артерии в височной кости, поднимается по сонной борозде клиновидной кости, лежит в пещеристой пазухе и, пройдя через твердую и паутинную оболочки, делится на ряд ветвей, которые кровоснабжают мозг и орган зрения.

Подключичная артерия слева отходит непосредственно от дуги аорты, справа от плечевого ствола, огибает купол плевры, проходит между ключицей и первым ребром, направляется к подмышечной впадине. Подключичная артерия и ее ветви кровоснабжают шейный отдел спинного мозга с оболочками, ствол головного мозга, затылочные и частично височные доли полушарий большого мозга, глубокие и отчасти поверхностные мышцы шеи, груди и спины, шейные позвонки, диафрагму, молочную железу, гортань, трахею, пищевод, щитовидную железу и тимус. На основании мозга образуется круговой артериальный анастомоз *артериальный (Виллизиев) круг большого мозга*, участвующий в кровоснабжении мозга.

Подключичная артерия в подмышечной области переходит в **подмышечную артерию**, которая лежит в подмышечной ямке медиально от плечевого сустава и плечевой кости рядом с одноименной веной. Артерия кровоснабжает мышцы плечевого пояса, кожу и мышцы боковой грудной стенки, плечевой и ключично-акромиальной суставов, содержимое подмышечной ямки. **Плечевая артерия** является продолжением подмышечной, она проходит в медиальной борозде двуглавой мышцы плеча и в локтевой ямке делится на лучевую и локтевую артерии. Плечевая артерия кровоснабжает кожу и мышцы плеча, плечевую кость и локтевой сустав.

Лучевая артерия располагается на предплечье латерально в лучевой

борозде, параллельно лучевой кости. В нижнем отделе вблизи ее шиловидного отростка артерия легко прощупывается, будучи прикрытой лишь кожей и фасцией здесь легко определяется пульс. Лучевая артерия проходит на кисть, кровоснабжает кожу и мышцы предплечья и кисти, лучевую кость, локтевой и лучезапястный суставы. **Локтевая артерия** располагается на предплечье медиально в локтевой борозде параллельно локтевой кости, проходит на ладонную поверхность кисти. Она кровоснабжает кожу и мышцы предплечья и кисти, локтевую кость, локтевой и лучезапястный суставы. Локтевая и лучевая артерии образуют на кисти две артериальные сети запястья: тыльную и ладонную, питающие кисть и две *артериальные ладонные дуги глубокую и поверхностную*. Отходящие от них сосуды кровоснабжают кисть.

Нисходящая аорта делится на две части: грудную и брюшную. **Грудная аорта** расположена на позвоночнике асимметрично, слева от срединной линии и снабжает кровью органы грудной полости ее стенки и диафрагму. Из грудной полости аорта переходит в брюшную полость через аортальное отверстие диафрагмы. Брюшная аорта постепенно смещается медиально, у места своего деления на две общие подвздошные артерии на уровне IV поясничного позвонка (*бифуркация аорты*) располагается по средней линии. Брюшная аорта кровоснабжает брюшные внутренности и стенки живота.

От брюшной аорты отходят непарные и парные сосуды. К первым относятся три очень крупные артерии: чревной ствол, верхняя и нижняя брыжеечные артерии. Парные артерии – средние надпочечниковые, почечные и яичковые (у женщин яичниковые). Пристеночные ветви: нижние диафрагмальные, поясничные и срединная крестцовая артерия. **Чревной ствол** отходит тотчас под диафрагмой на уровне XII грудного позвонка и сразу же делится на три ветви, которые кровоснабжают брюшную часть пищевода, желудок, двенадцатиперстную кишку, поджелудочную железу, печень и желчный пузырь, селезенку, малый и большой сальники.

Верхняя брыжеечная артерия отходит непосредственно от брюшной части аорты и направляется в корень брыжейки тонкой кишки. Артерия кровоснабжает поджелудочную железу, тонкую кишку, правую часть ободочной кишки, включая правую часть поперечной ободочной кишки. **Нижняя брыжеечная артерия** направляется забрюшинно вниз и влево, она кровоснабжает толстую кишку. Ветви этих трех артерий анастомозируют между собой.

Брюшная аорта делится на две **общие подвздошные артерии** – самые

крупные артерии человека (за исключением аорты). Пройдя некоторое расстояние под острым углом друг к другу, каждая из них делится на две артерии: внутреннюю подвздошную и наружную подвздошную. **Внутренняя подвздошная артерия** начинается от общей подвздошной артерии на уровне крестцово-подвздошного сочленения, располагается забрюшинно, направляется в малый таз. Она питает тазовую кость, крестец и все мышцы малого, большого таза, ягодичной области и отчасти приводящие мышцы бедра, а также внутренние органы, расположенные в полости малого таза: прямую кишку, мочевой пузырь; у мужчин семенные пузырьки, семявыносящий проток, предстательную железу; у женщин матку и влагалище, наружные половые органы и промежность. **Наружная подвздошная артерия** начинается на уровне крестцово-подвздошного сочленения от общей подвздошной артерии, идет забрюшинно вниз и вперед, проходит под паховой связкой и переходит в бедренную артерию. Наружная подвздошная артерия кровоснабжает мышцы бедра, у мужчин – мошонку, у женщин – лобок и большие половые губы.

Бедренная артерия является непосредственным продолжением наружной подвздошной артерии. Она проходит в бедренном треугольнике, между мышцами бедра, входит в подколенную ямку, где переходит в подколенную артерию. Бедренная артерия кровоснабжает бедренную кость, кожу и мышцы бедра, кожу передней брюшной стенки, наружные половые органы, тазобедренный сустав. **Подколенная артерия** является продолжением бедренной. Она лежит в одноименной ямке, переходит на голень, где сразу же делится на переднюю и заднюю большеберцовые артерии. Артерия кровоснабжает кожу и близлежащие мышцы бедра и задней поверхности голени, коленный сустав. **Задняя большеберцовая артерия** направляется вниз, в области голеностопного сустава проходит на подошву позади медиальной лодыжки под удерживателем мышц-сгибателей. Задняя большеберцовая артерия кровоснабжает кожу задней поверхности голени, кости, мышцы голени, коленный и голеностопный суставы, мышцы стопы. **Передняя большеберцовая артерия** спускается вниз по передней поверхности межкостной перепонки голени. Артерия кровоснабжает кожу и мышцы передней поверхности голени и тыла стопы, коленный и голеностопный суставы, на стопе переходит в тыльную артерию стопы. Обе большеберцовые артерии образуют на стопе подошвенную артериальную дугу, которая лежит на уровне оснований плюсневых костей. От дуги отходят артерии, питающие кожу и мышцы стопы и пальцев.

Вены большого круга кровообращения образуют системы: верхней

полой вены; нижней полой вены (включая и систему воротной вены печени); система вен сердца, образующих венечный синус сердца. Главный ствол каждой из этих вен открывается самостоятельным отверстием в полость правого предсердия. Вены систем верхней и нижней полых вен анастомозируют между собой.

Верхняя полая вена (длиной 5–6 см, диаметром 2–2,5 см) лишена клапанов, располагается в грудной полости в средостении. Она образуется благодаря слиянию правой и левой плечеголовных вен позади соединения хряща I правого ребра с грудиной, спускается справа и кзади от восходящей части аорты и впадает в правое предсердие. Верхняя полая вена собирает кровь из верхней половины тела, головы, шеи, верхней конечности и грудной полости. От головы кровь оттекает по наружной и внутренней яремным венам. По внутренней яремной вене кровь оттекает от головного мозга.

На верхней конечности различают глубокие и поверхностные вены, которые обильно анастомозируют между собой. Глубокие вены обычно по две сопровождают одноименные артерии. Лишь обе плечевые вены сливаются, образуя одну подмышечную. Поверхностные вены формируют широкопетлистую сеть, из которой кровь поступает в латеральную подкожную и медиальную подкожную вены. Кровь из поверхностных вен вливается в подмышечную вену.

Нижняя полая вена самая крупная вена тела человека (ее диаметр у места впадения в правое предсердие достигает 3–3,5 см) образуется слиянием правой и левой общих подвздошных вен на уровне межпозвоночного хряща, между IV и V поясничными позвонками справа. Нижняя полая вена расположена забрюшинно справа от аорты, проходит через одноименное отверстие диафрагмы в грудную полость и проникает в полость перикарда, где впадает в правое предсердие. Нижняя полая вена собирает кровь из нижних конечностей, стенок и внутренних органов таза и живота. Притоки нижней полой вены соответствуют парным ветвям аорты (за исключением печеночных).

Воротная вена собирает кровь из непарных органов брюшной полости: селезенки, поджелудочной железы, большого сальника, желчного пузыря и пищеварительного тракта, начиная с кардиального отдела желудка и кончая верхним отделом прямой кишки. Воротная вена образуется благодаря слиянию верхней брыжеечной и селезеночной вен, в последнюю вливается нижняя брыжеечная вена. В отличие от всех прочих вен воротная вена, войдя в ворота печени, распадается на все более мелкие ветви, вплоть до синусоидных капилляров печени, которые впадают в

центральную вену дольки (см. раздел «Печень», с. XX). Из центральных вен образуются поддольковые вены, которые, укрупняясь, собираются в печеночные вены, впадающие в нижнюю полую вену.

Общая подвздошная вена парная, короткая, толстая, начинается благодаря слиянию внутренней и наружной подвздошных вен на уровне крестцово-подвздошных сочленений и соединяется с веной другой стороны, образуя нижнюю полую вену. Внутренняя подвздошная вена, лишенная клапанов, собирает кровь от стенок и органов таза, наружных и внутренних половых органов.

Наружная подвздошная вена – непосредственное продолжение бедренной, собирает кровь из всех поверхностных и глубоких вен нижней конечности.

В кровеносной системе имеется большое количество артериальных и венозных анастомозов (соустий). Различают межсистемные анастомозы, соединяющие ветви артерий или притоки вен различных систем между собой, и внутрисистемные между ветвями (притоками) в пределах одной системы. Наиболее важные межсистемные анастомозы имеются между верхней и нижней полыми венами, верхней полый и воротной; нижней полый и воротной, которые получили названия кавакавальных и партокавальных анастомозов, по названиям крупных вен, притоки которых они соединяют.

ВНИМАНИЕ

В легком имеются единственные межсистемные анастомозы между сосудами большого и малого кругов кровообращения – мелкими ветвями легочной и бронхиальных артерий.

Функция сердечно-сосудистой системы

Кровь непрерывно движется по замкнутой сосудистой системе в определенном направлении благодаря ритмичным сокращениям сердца мышечного насоса, перекачивающего кровь из вен в артерии. У здорового человека количество притекающей к сердцу крови равно количеству оттекающей. Скорость тока крови по артериям, капиллярам, венам различная и зависит от ширины просвета этих сосудов. По капиллярам большого круга кровообращения кровь течет медленно со скоростью 0,5 мм в 1 секунду. Медленное движение крови по капиллярам способствует взаимодействию между кровью и прилежащими к капиллярам тканям. Наиболее быстро кровь движется в аорте 50 см в 1 секунду, что в 1000 раз превышает скорость движения в капиллярах. Скорость тока крови в венах в 2 раза меньше, чем в артериях, поскольку суммарная ширина просвета вен в 2 раза больше, чем у артерий.

Эти обменные процессы совершаются на огромной площади – 6300 м². Такова общая поверхность стенок капилляров в теле человека.

Из крови в ткани диффундирует кислород, питательные вещества, гормоны. Из тканей в кровь через тонкие стенки капилляров выводятся продукты обмена веществ. Обменным процессам между кровью и тканями, помимо фильтрации, способствуют также процессы осмоса, диффузии. При этом вещества из среды с высокой концентрацией перемещаются в среду с низкой концентрацией. Поступление кислорода и других питательных веществ в ткани происходит благодаря высокому давлению крови в начальных отделах капилляров (до 30 мм рт. ст.). В венозном отделе капилляров давление крови низкое (около 15 мм рт. ст.) и продукты, подлежащие выведению из организма, наступают из тканей в кровь (углекислый газ, мочевины и другие вещества).

Кровь из области высокого давления движется в область низкого давления, поэтому важнейшим условием тока крови по сосудам является различное давление в венах и артериях (давление крови в аорте 120, а в венах 3–8 мм рт. ст.). *Давление крови в сосудах (кровяное давление)* – давление, которое кровь оказывает на стенки кровеносных сосудов, зависит от силы, с которой кровь выбрасывается в аорту при систоле желудочков, и от сопротивления мелких сосудов (артериол, капилляров) току крови. *Артериальное давление (АД)* – это важнейший показатель, отражающий деятельность сердечно-сосудистой системы в целом.

Стабильность АД поддерживается механизмами гомеостаза. Максимальное давление во время систолы называется *систолическим давлением*, минимальное во время диастолы – *диастолическим*, разница между ними составляет *пульсовое давление*.

У человека традиционно АД исследуют с помощью ртутного манометра, поэтому его выражают в миллиметрах ртутного столба (в настоящее время существует множество модификаций аппаратов для определения АД). Для измерения АД по методу Рива—Роччи нижнюю треть плеча оборачивают надувной резиновой манжетой аппарата, в которую с помощью ручной резиновой груши накачивают воздух. Для выпуска воздуха служит клапан, поэтому можно установить давление на любом уровне и измерить его с помощью манометра, соединенного с манжетой. Стетоскоп накладывают на кожу передней локтевой области в зоне прохождения плечевой артерии. В результате нагнетания воздуха в манжету плечевая артерия сдавливается. Затем медленно открывают клапан, воздух начинает выходить, поэтому давление в манжете уменьшается. Когда оно становится ниже систолического, кровь поступает в артерию, начинают прослушиваться короткие четкие звуки, или пульсовые удары, определяется *систолическое давление*.

Давление в манжете, при котором звуки пульсовых ударов вновь быстро исчезают, соответствует *диастолическому* (рис. 63). У человека в возрасте от 20 до 40 лет систолическое давление составляет 100–120 мм рт. ст., диастолическое 70–80 мм рт. ст. Разницу между систолическим и диастолическим давлением называют *пульсовым давлением*. Его величина в норме составляет 40–50 мм рт. ст. Индивидуальные небольшие отклонения от этих цифр вполне обычны. Мышечное напряжение, некоторые эмоциональные факторы (испуг, стресс, возбуждение) приводят к повышению систолического давления. Обычно наименьшее систолическое давление наблюдается у человека во время сна. Сильное потрясение может вызывать аномальное снижение давления и привести к развитию недостаточности кровообращения.

У детей из-за более выраженной эластичности стенок артерий давление крови ниже, чем у взрослых людей. После 70–75 лет в связи с уменьшением эластичности стенок сосудов давление часто повышается. Кровяное давление в организме человека регулируется эндокринной системой и вегетативной нервной системой, преимущественно ее симпатической частью.

Колебания кровотока, связанные с систолой и диастолой, создают пульсовую волну. При систоле левого желудочка кровь с силой

выбрасывается в аорту и растягивает ее стенки. При диастоле стенки аорты, обладающие эластичностью, упругостью, возвращаются в исходное положение. Эти растяжения и сокращения стенок аорты и вызывают их ритмичные колебания. **Пульс** – последовательное ритмичное колебание стенок артерий, возникающее в результате сокращений левого желудочка и соответствующего частоте сердечных сокращений (обычно она характеризуется числом сердечных сокращений за одну минуту). Пульс легко определяется на таких поверхностных артериях, как лучевая (вблизи запястья) и сонная (в области шеи). В среднем пульс взрослого человека в покое составляет 60–80 ударов в минуту, однако физическая нагрузка, травмы, заболевания и эмоциональное возбуждение могут приводить к его значительному учащению. Пульс исследуется путем простого прощупывания лучевой артерии в области лучезапястного сустава, при этом обращают внимание на частоту пульса, его ритм (ритмичный, аритмичный), высоту (высокий, низкий), напряжение (твердый, мягкий). Частота пульса зависит от физической работы и эмоционального состояния, высота от ударного объема крови, напряжение от артериального давления.

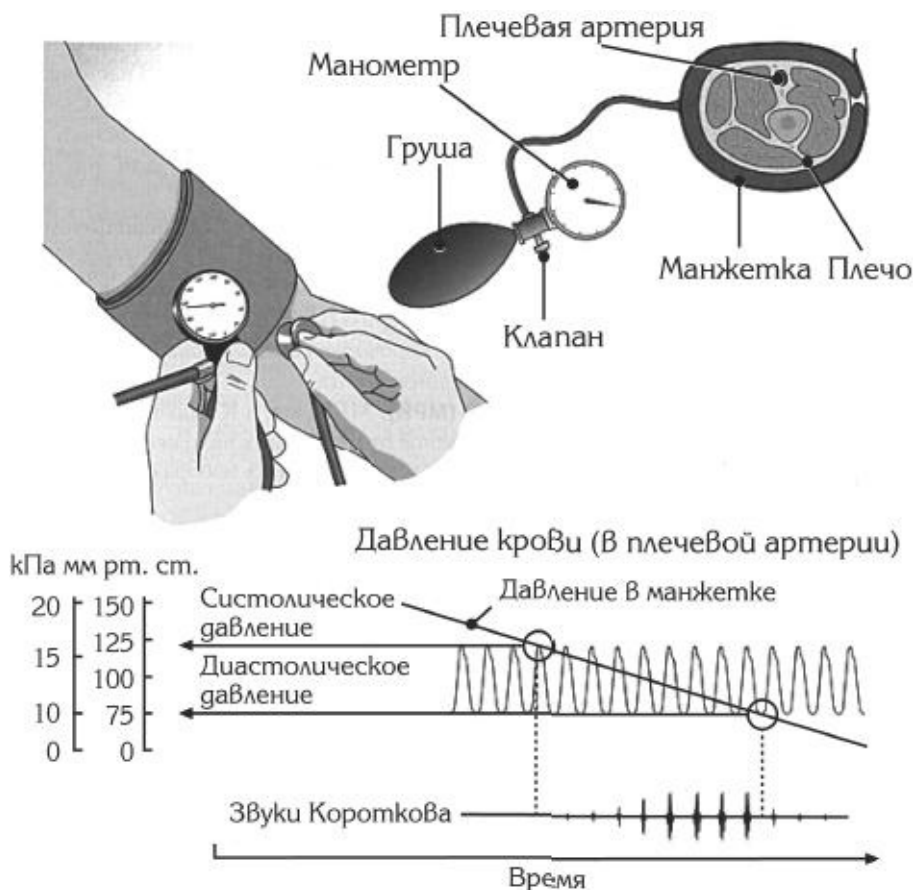


Рис. 63. Изменения кровяного давления непрямым методом (по Зильбернаглю и Лангу)

Общий объем крови в сосудах человека у мужчин составляет в среднем 75–77 мл/кг массы тела (около 5,4 л), у женщин – 65 мл/кг (около 4,5 л). У взрослого человека лишь около 9 % всей крови находится в сосудах малого круга кровообращения, около 84 % в сосудах большого круга кровообращения и около 7 % в полостях сердца.

Движение крови по венам. По венам кровь возвращается к сердцу. Движение крови по венам обеспечивается не силой сердечных сокращений, а другими факторами. Давление крови, создаваемое сокращениями сердца, в начальных отделах вен (в венулах) низкое, всего 10–15 мм рт. ст. Движению крови по тонкостенным венам в сторону сердца способствуют: сокращение близлежащих к венам скелетных мышц, которые сдавливают вены и этим проталкивают кровь к сердцу; наличие клапанов, которые препятствуют обратному току крови и пропускают ее только в сторону сердца; при дыхательных движениях отрицательное давление в грудной полости, что оказывает присасывающее действие и помогает движению крови по венам к сердцу.

Регуляция функций сердечно-сосудистой системы

Деятельность сердца, тонус стенок кровеносных сосудов и поддержание постоянства кровяного давления регулируются вегетативной нервной системой, неподконтрольной нашему сознанию. Нервные импульсы о состоянии сосудов, их тонуса поступают по сердечным нервам в сосудодвигательный центр, расположенный в продолговатом мозге. При снижении давления крови в сосудах импульсы из сосудодвигательных центров усиливают сокращения сердца, повышают тонус сосудистых стенок, сосуды суживаются, давление крови в них выравнивается. При повышении давления сила и частота сердечных сокращений уменьшаются, тонус сосудов также уменьшается, сосуды расширяются, давление нормализуется. Благодаря рефлексорным механизмам осуществляется саморегуляция сосудистого тонуса и уровня давления крови в сосудах.

В регуляции сосудистого тонуса (и, соответственно, давления крови в сосудах) участвуют также гуморальные механизмы. Изменения химического состава крови влияют на возбудимость и проводимость нервных импульсов в сердце, на силу и частоту сердечных сокращений.

При всплеске эмоций (радость, страх, гнев) в кровь выбрасываются гормоны надпочечников (адреналин и норадреналин), усиливающие работу сердца и суживающие сосуды. Гормон гипоталамуса вазопрессин также суживает сосуды. Сосудорасширяющее действие оказывают ацетилхолин, гистамин и другие биологически активные вещества. В экстремальных ситуациях, например при больших кровопотерях, тонус сосудов поддерживается выбросом крови из так называемых кровяных депо (кожа, печень и др.). В то же время при потере более 30 % крови биологические механизмы не в состоянии обеспечить непрерывный ток крови, и организм может погибнуть.

Тканевая жидкость (жидкость в межклеточных пространствах различных тканей) образуется в результате фильтрации из капилляров. Она содержит воду, вещества, поступающие из крови, и продукты обмена. *Лимфа* (греч. *lymphā* – «чистая вода») образуется из тканевой жидкости. В норме у взрослого человека в течение суток вырабатывается около 2 л лимфы, в которой содержится около 20 г/л белка и огромное количество лимфоцитов. Движение лимфы осуществляется благодаря сокращению скелетных мышц; в тех лимфатических сосудах, где имеются гладкие миоциты, лимфа движется также благодаря их сокращениям. Клапаны препятствуют обратному току лимфы. Скорость тока лимфы мала, однако она возрастает в 10–15 раз при физической нагрузке, так как именно мышечные сокращения в основном способствуют движению лимфы.

Лимфатическая система

Лимфатические капилляры, которые выполняют функцию всасывания из тканей коллоидных растворов белков, осуществляют вместе с венами дренаж тканей всасывание воды и растворенных в ней кристаллоидов, а также удаляют из тканей инородные частицы (обломки разрушенных клеток, микробные тела). Капилляры образуют лимфокапиллярные сети. По лимфатическим сосудам лимфа из капилляров течет к региональным лимфатическим узлам и крупным коллекторным лимфатическим стволам; по крупным лимфатическим коллекторам к стволам (яремные, кишечные, бронхосредостенные, подключичные, поясничные) и протокам (грудной, правый лимфатический), по которым лимфа оттекает в вены. Стволы и протоки впадают в венозный угол справа и слева, образованный слиянием внутренней яремной и подключичной вен, или в одну из этих вен у места соединения их друг с другом. Лежащие по пути тока лимфы лимфатические узлы выполняют барьерно-фильтрационную, лимфоцитопоэтическую, иммунопоэтическую функции.

Лимфоидная система (органы кроветворения и иммунной системы)

Иммунитет

Иммунитет (*лат.* *immunitas* – «освобождение от чего-либо») защита организма от генетически чужеродных организмов и веществ, к которым относят микроорганизмы, вирусы, черви, различные белки, клетки, в том числе и собственные измененные.

ВНИМАНИЕ

Благодаря иммунитету уничтожаются и собственные клетки организма, которые изменились генетически. А это происходит постоянно. Механизмы иммунитета удивительно точные и целесообразные. Основной биологический принцип иммунитета – распознавание своего и чужого.

При клеточных делениях, которые осуществляются в организме человека непрерывно, одна из миллиона образовавшихся клеток мутантная, т. е. становится генетически чужеродной. Иными словами, в теле человека благодаря мутациям в каждый конкретный момент должно быть около 10–20 млн генетически чужеродных клеток. Их совместное неправильное функционирование должно было бы быстро привести к гибели. Почему же этого не происходит? Лимфоидные органы вырабатывают иммунокомпетентные клетки, в первую очередь лимфоциты, а также плазмоциты (плазматические клетки), включают их в иммунный процесс, распознают и уничтожают проникшие в организм или образовавшиеся в нем клетки и другие чужеродные вещества, «несущие на себе признаки генетически чужеродной информации» (Р.В. Петров). **Антигены** (*греч.* *anti* – приставка, обозначающая противоположность; *genos* – род, происхождение) это вещества, которые несут признаки генетической чужеродности. При их попадании в организм в нем образуются нейтрализующие их защитные вещества **антитела**, являющиеся иммуноглобулинами (*гуморальный иммунитет*) или специфически реагирующими лимфоцитами (*клеточный иммунитет*). Т-лимфоциты обеспечивают осуществление клеточного (в основном) и гуморального иммунитета; они уничтожают чужеродные, а также собственные

измененные или погибшие клетки. В-лимфоциты выполняют функции гуморального иммунитета. Производные В-лимфоцитов плазматические клетки синтезируют и выделяют в кровь и в секреты желез антитела, которые способны соединяться с соответствующими антигенами и нейтрализовать их. Антитела связываются антигенами, после чего комплекс может быть поглощен фагоцитами. Антитела специфичны. Так, после некоторых инфекционных заболеваний, например дифтерии, человек не болеет повторно, у него возникает *активный иммунитет*. Но если перелить ребенку, не болевшему дифтерией, сыворотку крови человека, переболевшего ею, то первый становится невосприимчивым к дифтерии, т. е. у него возникает *пассивный иммунитет*.

Наряду с иммунитетом организм человека обладает неспецифической сопротивляемостью, которая зависит от многочисленных факторов. К ним относится непроницаемость здоровой кожи и слизистых оболочек для микроорганизмов; непроницаемость барьеров между кровью и тканями (гистогематических); наличие бактерицидных веществ в биологических жидкостях организма (слюна, слеза, спинномозговая жидкость, кровь); выделение вирусов почками; фагоцитарная система (макрофаги и микрофаги нейтрофильные гранулоциты); гидролитические ферменты; интерферон; лимфокины; система комплемента и др. Неспецифические защитные факторы обеззараживают даже вещества, с которыми организм ранее не встречался. Специфические начинают действовать после первичного контакта с антигеном.

Барьеры играют очень важную роль в осуществлении защиты организма. Внешние барьеры (кожа, пищеварительная, дыхательная системы) препятствуют проникновению вредных веществ извне, печень обезвреживает токсины, почки выводят токсичные продукты обмена веществ. Внутренние барьеры (гистогематические) обладают избирательной проницаемостью, они препятствуют поступлению во внутреннюю среду вредных веществ, однако внутренние барьеры обеспечивают необходимое микроокружение, при этом кровь непосредственно не контактирует с клетками. Учение о гистогематических барьерах разработал советский ученый академик Л.С. Штерн.

Лимфоидные органы

Лимфоидная система объединяет органы, обеспечивающие защиту

организма от генетически чужеродных клеток или веществ, поступающих извне или образующихся в организме. Лимфоидная система включает в себя все органы, которые участвуют в образовании клеток, осуществляющих защитные реакции организма. Эти органы построены из лимфоидной ткани, которая представляет собой сеть, в петлях которой расположены клетки лимфоидного ряда: лимфоциты различной степени зрелости, молодые и зрелые плазматические клетки, а также макрофаги и другие клеточные элементы. К лимфоидной системе относятся костный мозг, тимус, скопления лимфоидной ткани, расположенные в стенках полых органов пищеварительной, дыхательной систем и мочеполового аппарата (миндалины, лимфоидные (пейеровы) бляшки тонкой кишки, одиночные лимфоидные узелки в слизистых оболочках внутренних органов), лимфатические узлы, селезенка. (рис. 64) Костный мозг и тимус, в которых из стволовых клеток дифференцируются лимфоциты, относятся к *первичным (центральным) органам* лимфоидной системы, остальные являются *вторичными* (периферическими). В них выселяются лимфоциты из центральных органов.

Центральные органы иммунной системы расположены в хорошо защищенных от внешних воздействий местах. Периферические органы иммунной системы расположены на путях возможного внедрения в организм генетически чужеродных веществ или на путях следования таких веществ, образовавшихся в самом организме.

Родоначальницей всех клеток крови и лимфоидной системы является полипотентная стволовая клетка. Стволовые клетки уже на 7–8-й неделе эмбрионального развития заселяют тимус, где осуществляется дифференцировка Т-лимфоцитов (тимусзависимых). В-лимфоциты (бурсазависимые, не зависящие в своей дифференцировки от тимуса) развиваются из стволовых клеток в костном мозге. Обе эти популяции лимфоцитов (Т– и В-лимфоциты) с током крови поступают из тимуса и костного мозга в периферические органы иммунной системы. Следует подчеркнуть, что все лимфоциты возникают из полипотентных стволовых кроветворных клеток.

Лимфоидные органы вырабатывают иммунокомпонентные клетки, в первую очередь лимфоциты, а также плазмоциты (плазматические клетки), включают их в иммунный процесс, распознают и уничтожают проникшие в организм или образовавшиеся в нем клетки и другие чужеродные вещества, «несущие на себе признаки генетически чужеродной информации» (Р.В. Петров). При попадании в организм чужеродных веществ антигенов, в нем образуются нейтрализующие их защитные

вещества антитела, являющиеся иммуноглобулинами (гуморальный иммунитет), или специфически реагирующие лимфоциты (клеточнозависимый иммунитет).

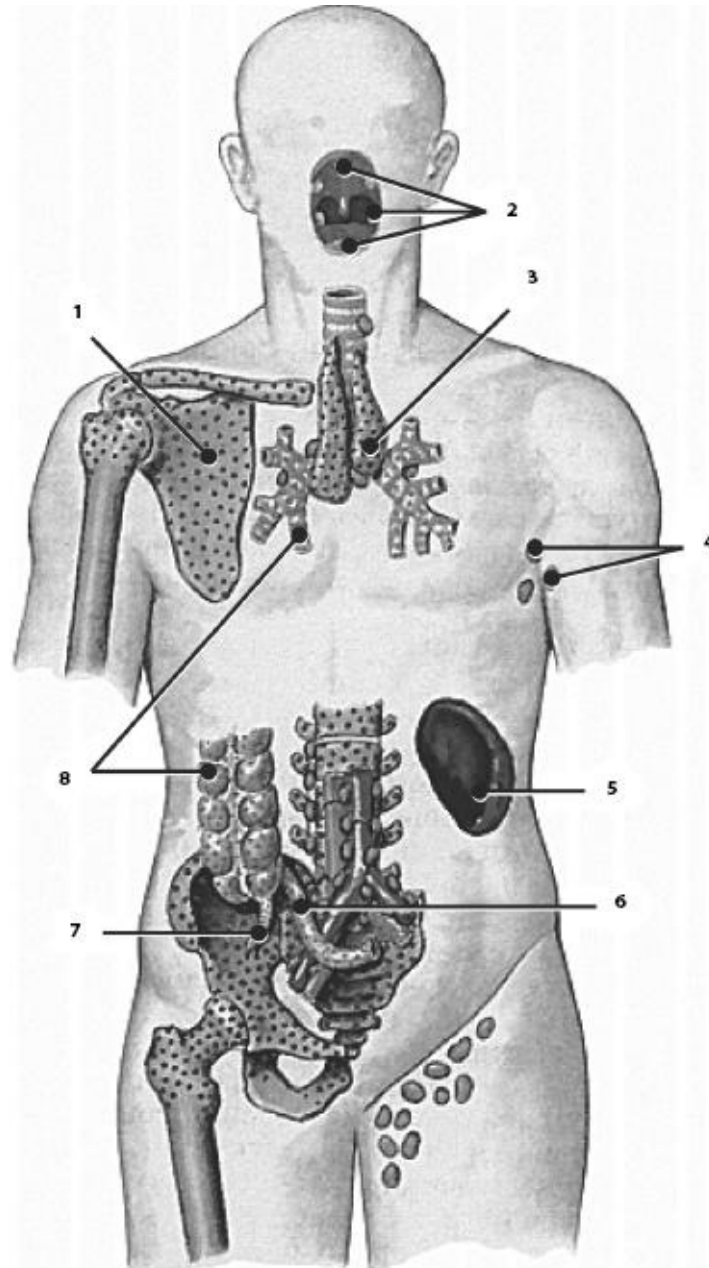


Рис. 64. Схема расположения центральных и периферических органов иммунной системы человека. 1 – костный мозг; 2 – миндалины лимфоидно-глоточного кольца; 3 – тимус; 4 – лимфатические узлы (подмышечные); 5 – селезенка; 6 – лимфоидная(пейерова) бляшка; 7 – аппендикс; 8 – лимфоидные узелки

Существуют два типа лимфоцитов: Т-лимфоциты обеспечивают осуществление клеточного (в основном) и гуморального иммунитета; они уничтожают чужеродные, а также собственные измененные или погибшие клетки. В-лимфоциты выполняют функции гуморального иммунитета. Плазматические клетки, образующиеся из В-лимфоцитов – синтезируют и выделяют в кровь, в секрет желез антитела, которые способны вступать в соединение с соответствующими антигенами и нейтрализовать их. Антитела связываются с антигенами, что дает возможность поглощать их фагоцитами. В этом участвует система комплемента.

Большинство из имеющихся в организме лимфоцитов являются рециркулирующими (многократно циркулирующими) между различными средами обитания: органы иммунной системы, где эти клетки образуются, лимфатические сосуды, кровь, вновь органы иммунной системы и т. д. При этом считают, что в костный мозг и тимус лимфоциты повторно не попадают. Общая масса лимфоцитов в теле взрослого человека равна примерно 1500 г ($6-10^{12}$ клеток). У новорожденного общая масса лимфоцитов в среднем составляет 150 г.

Для этого необходима их кооперация с Т-клетками. Длительность жизни циркулирующих Т-лимфоцитов достигает 4–6 месяцев, продолжительность жизни В-лимфоцитов – несколько недель.

Костный мозг

Костный мозг является одновременно органом кроветворения и иммунной системы. Выделяют красный костный мозг, который у взрослого человека располагается в ячейках губчатого вещества плоских и коротких костей, эпифизов длинных костей, и желтый костный мозг, заполняющий костномозговые полости диафизов длинных (трубчатых) костей. Общая масса костного мозга у взрослого человека равна примерно 2,5–3 кг (4,5–4,7 % массы тела). Около половины его составляет красный костный мозг, остальное желтый. Красный костный мозг состоит из стромы и кроветворных (гемопоэтических) элементов на разных стадиях развития. В ней содержатся стволовые кроветворные клетки предшественницы всех клеток крови и лимфоцитов. В красном костном мозге развиваются и созревают все клетки крови и В-лимфоциты. Красный костный мозг располагается в виде шнуров цилиндрической формы вокруг артериол. Шнуры отделены друг от друга синусоидными капиллярами. Созревшие клетки крови проникают в просветы капилляров через временные поры,

образующиеся в цитоплазме эндотелиальных клеток только в момент прохождения клеток.

У новорожденного ребенка красный костный мозг занимает все костномозговые полости. Жировые клетки в красном костном мозге впервые появляются после рождения (1–6 месяцев). После 4–5 лет красный костный мозг в диафизах трубчатых костей постепенно начинает замещаться желтым костным мозгом. К 20–25 годам желтый костный мозг полностью заполняет костномозговые полости диафизов трубчатых костей. Что касается костномозговых полостей плоских костей, то в них жировые клетки составляют до 50 % объема костного мозга. Желтый костный мозг представлен в основном жировой тканью, которая заместила ретикулярную.

Тимус

Тимус является центральным органом лимфоидной системы, в котором из кроветворных стволовых клеток созревает и дифференцируется Т-лимфоциты, ответственные за реакции клеточного и гуморального иммунитета. Стволовые клетки, поступающие в тимус из костного мозга с током крови, превращаются в конечном итоге в Т-лимфоциты. Каждые сутки из тимуса в кровь поступает около 8,5 млн зрелых Т-лимфоцитов. В дальнейшем Т-лимфоциты поступают в кровь и лимфу, покидают с их током тимус и заселяют периферические органы лимфоидной системы. Тимус секретирует также вещества, влияющие на дифференцировку Т-лимфоцитов. Тимус, располагающийся в передней части верхнего средостения, состоит из двух вытянутых в длину асимметричных по величине долей правой и левой, сросшихся друг с другом в средней их части или тесно соприкасающихся на уровне их середины. Тимус достигает максимальных размеров к периоду полового созревания. Масса тимуса в 10–15 лет составляет в среднем 37,5 г. После 16 лет масса тимуса постепенно уменьшается и в 16–20 лет равняется в среднем 25,5 г, а в 21–35 лет 22,3 г, в 50–90 лет равна 13,4 г. Лимфоидная ткань тимуса не исчезает полностью даже в старческом возрасте. Она сохраняется, но в значительно меньшем количестве, чем в детском и подростковом возрасте.

В паренхиме тимуса рано появляется жировая ткань. Если у новорожденного соединительная ткань составляет только 7 % массы тимуса, то в 20 лет доля соединительной и жировой ткани достигает 40 %, а у лиц старше 50 лет до 90 %.

Паренхима тимуса состоит из более темного, расположенного по периферии долек коркового вещества, и более светлого мозгового, занимающего центральную часть долек. С возрастом зона коркового вещества становится тоньше, преобладающим постепенно становится мозговое вещество. Строма тимуса представлена сетью ретикулярных клеток и ретикулярных волокон, а также звездчатой формы эпителиоретикулоцитов, соединяющихся между собой с помощью отростков. В петлях этой сети находятся лимфоциты тимуса (тимоциты), а также небольшое количество плазматических клеток, макрофагов, гранулоцитов. В корковом веществе лимфоциты лежат более плотно, чем в мозговом.

Лимфоидная ткань стенок органов пищеварительной и дыхательной систем

Глоточное лимфоидное кольцо (Вальдейера—Пирогова), небная и трубная (парные), язычная и глоточная (непарные миндалины) – расположены в области зева, корня языка и носовой части глотки. Они представляют собой скопления диффузной лимфоидной ткани, содержащие небольших размеров более плотные клеточные массы – лимфоидные узелки, расположенные в собственной пластинке слизистой оболочки.

Язычная миндалина залегает в собственной пластинке слизистой оболочки корня языка в виде скопления 80–90 лимфоидных узелков, число которых наиболее велико в детском, подростковом и в юношеском возрасте. Основными клеточными элементами узелков (фолликулов) являются лимфоциты (до 95–98 %). Миндалина достигает наибольших размеров к 14–20 годам.

Парная **небная миндалина** неправильной овоидной формы располагается в миндаликовой ямке (бухте), которая представляет собой углубление между небно-язычной и небно-глоточной дужками. В собственной пластинке слизистой оболочки миндалины располагаются округлые лимфоидные узелки. Наибольшее количество их наблюдается в возрасте от 2 до 16 лет. К 8–13 годам миндалины достигают наибольших размеров, которые сохраняются примерно до 30 лет. Разрастание соединительной ткани внутри небной миндалины особенно интенсивно происходит после 25–30 лет, наряду с уменьшением количества лимфоидной ткани. После 40 лет узелки в лимфоидной ткани встречаются

редко и их размеры относительно невелики (0,2–0,4 мм).

Непарная **глоточная миндалина** располагается в области свода и отчасти задней стенки глотки, между отверстиями правой и левой слуховых труб. Здесь имеется четыре-шесть поперечно и косо ориентированных, разделенных бороздами толстых складок слизистой оболочки, внутри которых находится лимфоидная ткань глоточной миндалины. Под эпителием в собственной пластинке слизистой оболочки в диффузной лимфоидной ткани находятся лимфоидные узелки глоточной миндалины диаметром до 0,8 мм. Глоточная миндалина достигает наибольших размеров в 8–20 лет, после 30 лет величина ее постепенно уменьшается.

Парная **трубная миндалина** находится в области трубного валика, ограничивающего сзади глоточное отверстие слуховой трубы. Миндалины представляют собой скопление лимфоидной ткани в собственной пластинке слизистой оболочки, содержащее единичные округлые лимфоидные узелки. Трубная миндалина достигает наибольшего развития в возрасте 4–7 лет. Возрастная инволюция ее начинается в подростковом и юношеском возрасте.

Лимфоидные узелки и лимфатические узлы

Групповые лимфоидные узелки червеобразного отростка (аппендикса) во время их максимального развития (после рождения и до 16–17 лет) располагаются в слизистой оболочке и в подслизистой основе на всем его протяжении. Групповые узелки состоят из одиночных узелков (фолликулов), общее количество которых в стенке аппендикса у детей и подростков достигает 450–550. После 30–40 лет число узелков заметно уменьшается. У людей старше 60 лет лимфатические узелки (фолликулы) в стенке червеобразного отростка встречаются редко.

Групповые лимфоидные узелки (пейеровы бляшки), располагающиеся главным образом в стенке подвздошной кишки, имеют вид плоских образований (бляшек), преимущественно овальной или круглой формы, чуть-чуть выступающих в просвет кишки. Количество групповых лимфоидных узелков у человека в 16–17 лет составляет 33–37, а в детском возрасте достигает 50. После 40 лет оно не превышает 20, а после 60 лет – 16. Групповые лимфоидные узелки построены из одиночных лимфоидных узелков.

В толще слизистой оболочки и подслизистой основы органов

пищеварительной системы (глотки и пищевода, желудка, тонкой и толстой кишки, желчного пузыря), а также органов дыхания (гортани, трахеи, крупных бронхов) имеются **одиноким лимфоидным узелкам**. Они располагаются как сторожевые посты, на протяжении всей длины указанных органов, на различном расстоянии друг от друга и на различной глубине.

Лимфатические узлы лежат на пути следования лимфы от органов к лимфатическим протокам и лимфатическим стволам. К выпуклой стороне каждого лимфатического узла подходит 4–6 и более приносящих лимфатических сосудов. Пройдя через лимфатический узел, лимфа выходит из него через 2–4 выносящих лимфатических сосуда, которые направляются или к следующему лимфатическому узлу этой же или соседней группы узлов или к крупному коллекторному сосуду (протоку) или стволу. Лимфатические узлы располагаются группами, состоящими из двух и более узлов. Величина лимфатических узлов колеблется от 0,5–1 мм до 75–100 мм. Каждый лимфатический узел покрыт соединительнотканной капсулой, от которой внутрь узла отходят различные капсулярные трабекулы. В том месте, где из лимфатического узла выходят выносящие лимфатические сосуды, узел имеет небольшое вдавление *ворота*, от которого в паренхиме лимфатического узла отходят воротные трабекулы.

Внутри лимфатического узла между трабекулами находится строма, содержащая ретикулярные волокна и ретикулярные клетки, образующие трехмерную сеть, в петлях которой располагаются клеточные элементы лимфоидного ряда. В паренхиме различают корковое и мозговое вещество. Корковое вещество занимает периферические отделы узла, более светлое мозговое вещество лежит в его центральной части. В корковом веществе располагаются лимфоидные узелки округлой формы диаметром 0,5–1 мм, представляющие собой скопления лимфоидных клеток, главным образом В-лимфоцитов. Вокруг лимфоидных узелков располагается диффузная лимфоидная ткань. Кнутри от узелков, непосредственно на границе с мозговым веществом, находится полоса лимфоидной ткани, получившая название тимусзависимой паракортикальной зоны, содержащей преимущественно Т-лимфоциты.

Паренхима мозгового вещества представлена мякотными тяжами, которые соединяются друг с другом, образуя сложные переплетения. Между мякотными тяжами располагаются мозговые промежуточные синусы. Мякотные тяжи являются зоной скопления В-лимфоцитов (как и лимфоидные узелки); здесь находятся также плазматические клетки и

макрофаги. Паренхима лимфатического узла пронизана густой сетью каналов лимфатическими синусами, по которым поступающая в узел лимфа течет от подкапсульного (краевого) синуса к воротному. Непосредственно под капсулой узла, между капсулой и паренхимой, находится *подкапсульный (краевой) синус*. В него впадают приносящие лимфатические сосуды, несущие лимфу или от органа, для которого этот узел является регионарным, или от предыдущего лимфатического узла. От подкапсульного синуса в паренхиму узла, вдоль капсульных трабекул, направляются *промежуточные синусы* коркового и мозгового вещества. Последние достигают ворот лимфатического узла и впадают в *воротный синус*, из которого берут начало выносящие лимфатические сосуды. В воротный синус впадает также подкапсульный (краевой) синус, охватывающий паренхиму органа по периферии и заканчивающийся в области ворот узла.

Слой клеток, образующих стенки синусов, обращенные к лимфоидной паренхиме, прерывист, через них легко могут проникать из коркового и мозгового вещества в лимфу и в обратном направлении лимфоциты, макрофаги и другие активно передвигающиеся клетки. В просвете синусов имеется мелкопетлистая сеть, образованная ретикулярными волокнами и клетками. В петлях этой сети могут задерживаться поступающие в лимфатический узел вместе с лимфой инородные частицы (угольная, табачная пыль в регионарных для органов дыхания узлах), микробные тела, опухолевые клетки. Частицы пыли переносятся макрофагами в паренхиму узла и там откладываются; остатки разрушающихся клеток, попавшие в ток лимфы, уничтожаются; опухолевые клетки могут дать начало в лимфатическом узле вторичной опухоли (метастазу).

Селезенка

Селезенка находится на пути тока крови от кишечника. Она располагается в левом подреберье, на уровне между IX–XI ребрами. Масса селезенки взрослого человека составляет у мужчины – 192 г, у женщины – 153 г. Селезенка выполняет многочисленные функции. Во внутриутробном периоде в ней осуществляется эритропоэз и лимфопоэз. В постнатальном периоде в селезенке осуществляются важные иммунологические реакции. Антигены, циркулирующие в крови, попадают в селезенку, активируют лимфоциты, способствуя их превращению в плазматические клетки. Макрофаги селезенки фагоцитируют эритроциты. Освобождающееся из

гемоглобина железо всасывается в кровь и повторно используется в костном мозге. Часть разрушенного гемоглобина превращается в билирубин. Селезенка депонирует кровь, кроме того, в ней накапливаются форменные элементы крови, включая тромбоциты. Селезенка со всех сторон покрыта брюшиной, которая прочно сращена с ее фиброзной оболочкой. В петлях ретикулярной ткани расположены клетки крови, образующие пульпу селезенки. Различают белую и красную пульпу.

ВНИМАНИЕ

Белая пульпа представляет собой типичную лимфоидную ткань, из которой состоят лимфоидные узелки селезенки и лимфоидные периартериальные влаглища, располагающиеся внутри красной пульпы, которые в виде муфт окружают пульпарные артерии или начальные отделы центральных артерий селезенки.

Каждое лимфоидное влаглище представляет собой периартериальную ретикулярную ткань, густо заполненную лимфоцитами. Красная пульпа занимает примерно 75–85 % всей массы селезенки. В петлях ретикулярной ткани красной пульпы расположены лимфоциты, зернистые и незернистые лейкоциты, макрофаги, эритроциты, в том числе распадающиеся, и другие клетки. Образованные этими клетками селезеночные тяжи залегают между венозными синусами, селезенки.

Эндокринная система

Эндокринные железы

Эндокринные железы не имеют выводных протоков и выделяют вырабатываемые ими гормоны (греч. *hormao* – «побуждаю, привожу в движение») непосредственно в кровь или лимфу. В организме человека имеются три сложные системы управления функциями: нервная, гуморальная и эндокринная, которые тесно связаны между собой и осуществляют единую нейро-гуморально-гормональную регуляцию. Центральная нервная система, в том числе ее высший отдел кора головного мозга, регулирует функции желез внутренней секреции. Это осуществляется как путем непосредственной иннервации желез, так и благодаря регуляции гипоталамусом деятельности гипофиза.

Выделяемые гормоны отличаются от других биологически активных веществ рядом свойств. Органы, на которые гормоны действуют, расположены далеко от железы; действие гормонов строго специфично, гормоны обладают высокой биологической активностью; они действуют только на живые клетки.

Гормоны практически регулируют всю жизнедеятельность организма, активность генов, они участвуют в осуществлении гомеостаза (постоянства внутренней среды), в обмене веществ, влияют на рост, дифференцировку, размножение; обеспечивают ответную реакцию организма на изменения внешней среды. Эндокринные железы анатомически и топографически разобщены (*рис. 65*).

Все многообразие действия гормонов можно свести к трем важнейшим функциям: обеспечение роста и развития организма, обеспечение адаптации организма к постоянно меняющимся условиям внешней среды, обеспечение гомеостаза.

Эндокринные железы подразделяются на зависимые и не зависимые от передней доли гипофиза. К первым относятся щитовидная железа, надпочечник (корковое вещество) и половые железы. Взаимоотношения между передней долей гипофиза и зависящими от нее железами строятся по типу прямых и обратных связей. Тропные (греч. *tropos* – «направление») гормоны передней доли гипофиза активируют деятельность указанных желез, а их гормоны, в свою очередь, воздействуют на нее, угнетая образование и выделение соответствующего гормона. Прочие железы

(паращитовидная, эпифиз, панкреатические островки, мозговое вещество надпочечников, параганглии) не подчинены непосредственному влиянию передней доли гипофиза.

Нейроны гипоталамуса секретируют нейрогормоны (вазопрессин и окситоцин), а также факторы, стимулирующие или угнетающие выработку гормонов гипофизом. Гипоталамус является центром регуляции эндокринных функций, он объединяет нервные и эндокринные регуляторные механизмы в общую нейроэндокринную систему, координирует нервные и гормональные механизмы регуляции функций внутренних органов. В гипоталамусе имеются нейроны обычного типа и нейросекреторные клетки. И те и другие вырабатывают белковые секреты и медиаторы, однако в нейросекреторных клетках протеиносинтез преобладает, а нейросекрет выделяется в лимфу и кровь. Эти клетки трансформируют нервный импульс в нейрогормональный. Гипоталамус образует с гипофизом единый функциональный комплекс, в котором первый играет регулируемую, а второй исполнительную (эффекторную) роль.

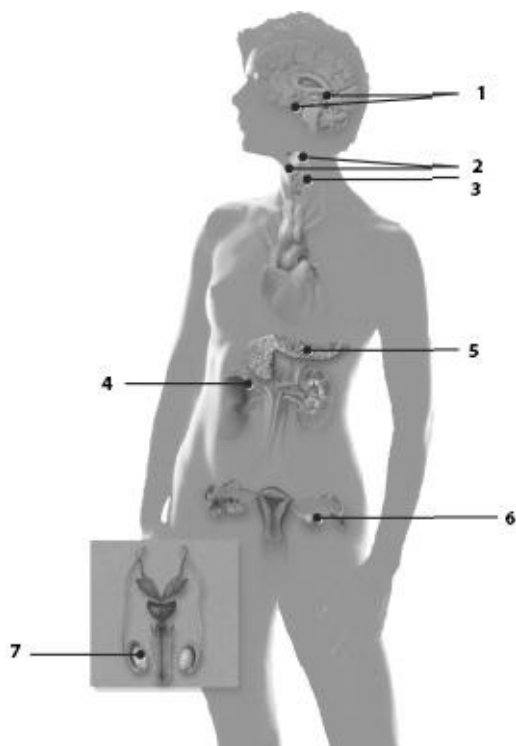


Рис. 65. Положение эндокринных желез в теле человека. 1 – гипофиз и эпифиз; 2 – паращитовидные железы; 3 – щитовидная железа; 4 – надпочечники; 5 – панкреатические островки; 6 – яичник; 7 – яичко

В гипоталамусе более тридцати пар ядер. Крупные нейросекреторные клетки супраоптического и паравентрикулярного ядер передней гипоталамической области вырабатывают нейросекреты пептидной природы (первое – вазопрессин, или антидиуретический гормон, второе – окситоцин), которые по разветвлениям аксонов нейросекреторных клеток поступают в заднюю долю гипофиза, откуда разносятся кровью. Мелкие нейроны ядер медиальной гипоталамической зоны вырабатывают рилизинг-факторы, или либерины, а также тормозящие факторы, или статины, поступающие в аденогипофиз, который передает эти сигналы в виде своих тропных гормонов периферическим эндокринным железам. Рилизинг-факторы способствуют высвобождению гипофизом тиреотропного, лютеотропного, аденокортикотропного, лактотропного, фолликулостимулирующего, соматотропного и меланотропного гормонов. Статины тормозят выделение последних двух гормонов и лактотропного гормона. Об этом сказано ниже при описании гипофиза.

Гипофиз

Гипофиз – важнейшая эндокринная железа, которая регулирует деятельность целого ряда гипофизозависимых эндокринных желез. Он расположен в гипофизарной ямке турецкого седла клиновидной кости. Воронка соединяет гипофиз с гипоталамусом. Масса гипофиза у мужчин 0,5–0,6 г, у женщин – 0,6–0,7 г. Будучи анатомически единым, гипофиз состоит из двух долей, имеющих различное происхождение: более крупной передней (аденогипофиз, 70–80 % всей массы железа) и задней долей (нейрогипофиз).

Передняя доля вырабатывает множество гормонов. *Соматотропный гормон* (СТГ) регулируется гипоталамусом: обеспечивает рост костей, мышц, органов, обладает анаболическим действием, способствует увеличению относительного содержания в организме белка и воды, снижению содержания жиров. *Лактотропный гормон* (ЛТГ, пролактин) способствует росту молочных желез и секреции молока. *Фолликулостимулирующий гормон* (ФСГ) регулируется гипоталамусом, у женщин стимулирует рост фолликулов яичников, секрецию женских половых гормонов (эстрогенов) и овуляцию; у мужчин влияет на образование андрогенсвязывающего белка клетками Сертоли, опосредованно стимулирует сперматогенез, способствует развитию семявыносящих канальцев яичка. *Лютеинизирующий гормон* (ЛГ)

регулируется гипоталамусом, у женщин стимулирует овуляцию, образование желтого тела, развитие и созревание половых клеток, секрецию женских половых гормонов. У мужчин ЛГ стимулирует функцию интерстициальных эндокриноцитов яичка и синтез мужского полового гормона тестостерона. *Адренокортикотропный гормон* (АКТГ) регулируется гипоталамусом, обеспечивает образование и секрецию глюкокортикоидов коры надпочечников, способствует мобилизации жира из жировой ткани. *Тиреотропный гормон* (ТТГ) регулируется гипоталамусом, стимулирует выработку гормонов щитовидной железы.

В заднюю долю гипофиза вступают аксоны клеток ядер гипоталамуса, которые вырабатывают гормоны вазопрессин и окситоцин. По этим аксонам гормоны транспортируются в заднюю долю гипофиза, откуда разносятся кровью.

Окситоцин стимулирует сокращение матки, сокращение миоэпителиальных клеток ацинусов молочных желез, выделение молока; усиливает тонус гладких мышц желудочно-кишечного тракта, участвует в развитии оргазма. *Вазопрессин* способствует реабсорбции воды в почечных канальцах (антидиуретическое действие), оказывает сосудосуживающее действие (повышение кровяного давления).

Секреция гормонов гипофизозависимых желез регулируется по принципу обратной связи: при снижении концентрации определенного гормона в крови соответствующие клетки передней доли гипофиза выделяют тропный гормон, который стимулирует образование гормона именно этой железой. И наоборот, повышение содержания гормона в крови является сигналом для клеток гипофиза, которые отвечают замедлением секреции и освобождением тройного гормона, что приводит к подавлению секреции гормона железой.

Щитовидная железа

Щитовидная железа расположена на шее впереди гортани и верхнего отдела трахеи, в ней различают две доли и перешеек. Масса железы взрослого человека составляет 20–30 г, после 75–80 лет меньше. Паренхима железы состоит из фолликулов, являющихся основными структурными и функциональными единицами. Стенка фолликула образована одним слоем тироцитов. В полости фолликула содержится густой вязкий коллоид щитовидной железы. Тироциты вырабатывают белковый компонент гормона *тироксина*, кроме того, они захватывают йод.

Йодирование молекул происходит в полости фолликула, в коллоиде. Под влиянием тиреотропного гормона передней доли гипофиза усиливаются синтез гормона, поглощение клетками йода и йодирование, расщепление тиреоглобулина, в результате чего освобождается гормон молекулы, которого проходят через тироциты и поступают в капилляры. *Тироксин* обеспечивает рост, умственное и физическое развитие, стимулирует энергетический обмен, синтез белка, распад жиров и углеводов, поглощение кислорода и метаболизм всех клеток.

Гипотиреозидизм – недостаточная функция щитовидной железы. Если гипотиреозидизм наблюдается у ребенка с рождения, то в результате у него развивается кретинизм. У взрослых гипотиреозидизм вызывает психическую и физическую заторможенность, пониженную чувствительность к воздействию холода, замедление пульса, значительное увеличение веса и огрубение кожи (микседема (мухоедема)). Заболевание лечится с помощью тироксина.

Тиреотоксикоз – синдром, развитие которого связано с выработкой избыточного количества тиреоидного гормона; в результате у человека наблюдаются учащение сердцебиения, обильное потоотделение, тремор, повышенное беспокойство, усиление аппетита, снижение массы тела и непереносимость высокой температуры окружающей среды. Причиной развития тиреотоксикоза может быть простая гиперактивность щитовидной железы, развитие доброкачественной опухоли или карциномы в ней, а также базедова болезнь (или экзофтальмический зоб), при которой у больного образуются зоб в связи с увеличением щитовидной железы и пучеглазие.

В стенках фолликулов наряду с тироцитами имеются более крупные, светлые околофолликулярные клетки (их верхушка не достигает просвета фолликула), продуцирующие гормон *тиреокальцитонин*, участвующий в регуляции обмена кальция и фосфора. Этот гормон является антагонистом гормона паращитовидной железы. Он тормозит всасывание кальция из костей и уменьшает содержание кальция и фосфатов в крови.

Надпочечники располагаются забрюшинно в толще околопочечного жирового тела на уровне XI–XII грудных позвонков, причем правый несколько выше левого. Масса одного надпочечника взрослого человека около 8–13 г.

Будучи анатомически единым, надпочечник по существу состоит из двух желез, представленных корковым и мозговым веществом. В корковом веществе различают три зоны: клубочковую (наружную), пучковую (среднюю) и сетчатую (на границе с мозговым слоем). Эти зоны

вырабатывают различные гормоны: клубочковая – минералокортикоиды (альдостерон), пучковая – глюкокортикоиды (гидрокортизон, кортизон и кортикостерон), сетчатая – андрогены, эстрогены и прогестерон. Минералокортикоиды (*альдостерон*) регулируют минеральный обмен и водно-солевое равновесие, увеличивают активный транспорт натрия через клеточные мембраны, реабсорбцию натрия и воды в канальцах нефрона, участвует в адаптации организма к повышенной температуре окружающей среды. *Глюкокортикоиды (кортизол)* регулируют обмен углеводов, белков, жиров, глюконеогенез, оказывают катаболическое и противовоспалительное действие, повышают устойчивость к инфекции. Выработка глюкокортикоидов регулируется адренкортикотропным гормоном гипофиза. Передняя доля гипофиза регулирует глюкокортикоидную (АКТГ) и андрогенную функции. Напомним, что сама секреция АКТГ регулируется гипоталамусом.

Мозговое вещество продуцирует небольшое количество адреналина и норадреналина, и лишь при воздействии на организм сильных раздражителей их секреция резко усиливается под влиянием симпатической части вегетативной нервной системы (см. с. 286).

Эти гормоны вызывают сужение мелких кровеносных сосудов, из-за чего в организме повышается кровяное давление; благодаря его действию усиливается кровоток через коронарные артерии, ускоряется и усиливается частота сердечных сокращений; увеличиваются частота и глубина дыхательных движений, усиливается вентиляция легких, расширяются бронхи, а также расслабляются гладкие мышцы кишечника и ослабляется моторика. Кроме того, гормоны усиливают распад гликогена и жиров.

Паращитовидные железы

Две пары мелких желез располагаются на задней поверхности долей щитовидной железы. Железы продуцируют *паратиреоидный гормон*, регулирующий уровень кальция и опосредованно фосфора в крови, тем самым оказывая влияние на возбудимость нервной и мышечной систем. После удаления паращитовидных желез уровень кальция в крови снижается, а фосфора повышается. Гормон действует на кости, вызывая усиление деминерализации костной ткани, выделение Ca^{2+} в кровь. Тем самым поддерживается определенный уровень Ca^{2+} в крови; избыток фосфора, также выделяющийся при этом из кости, удаляется почками. Вместе с тем гормон способствует уменьшению выделения кальция

почками и увеличению его всасывания в кишечнике.

Его антагонистом является *тиреокальцитонин*, вырабатываемый околофолликулярными клетками щитовидной железы. Секреция обоих гормонов контролируется уровнем кальция в крови. Его снижение приводит к возбуждению секреции паратиреоидного гормона и, соответственно, выделению кальция в кровь. Повышенный уровень кальция приводит к активации околофолликулярных клеток щитовидной железы, они выделяют тиреокальцитонин, который усиливает фиксацию кальция, тем самым понижая его уровень.

Панкреатические островки

Напомним: поджелудочная железа состоит из экзокринной и эндокринной частей. Экзокринная часть описана в разделе «Пищеварительная система» (см. с. 151). Эндокринная часть образована группами панкреатических островков (островки Лангерганса), которые сформированы клеточными скоплениями, богатыми капиллярами. Общее количество островков колеблется в пределах 1–2 млн, а диаметр каждого 100–300 мкм. Клетки островков содержат множество покрытых мембраной гранул, отличающихся от гранул зимогена ацинозных клеток. Преобладают *В-клетки* (60–80 %), которые секретируют *инсулин*; наряду с ними имеются *А-клетки* (10–30 %), вырабатывающие *глюкагон*; *Д-клетки* (около 10 %), которые синтезируют *соматостатин*. Последний угнетает выработку гипофизом гормона роста и синтез ферментов ацинозными клетками, экзокринной части поджелудочной железы, а также выделение инсулина и глюкагона В- и А-клетками. Открытие инсулина Ф. Бантингом и Ч. Бестом (1922) спасло миллионы жизней больных сахарным диабетом. За это открытие оба ученых были удостоены Нобелевской премии. *Инсулин* оказывает многостороннее влияние на организм, главным является снижение содержания сахара в крови. При повышении концентрации сахара в крови секреция инсулина В-клетками усиливается, количество сахара уменьшается; это является стимулом для А-клеток, в которых активируется синтез глюкагона. Последний способствует распаду гликогена в гепатоцитах и выходу сахара в кровь.

XX век и первое десятилетие XXI в. было временем триумфального шествия диабета по планете. Причин много, основные из них – неправильное питание, огромное потребление рафинированного сахара и сладостей, избыточная масса тела, гиподинамия. Сегодня в США около

3 % населения болеет диабетом. По официальным данным, в России в 2003 г. диабетом страдали более 6 млн человек, сегодня же эта цифра возросла до 8 млн. Ежегодно заболеваемость возрастает на 7–8 %. В Европе больные диабетом живут столько же, сколько прочие люди благодаря высокоэффективному и безвредному человеческому инсулину, получаемому методами генной инженерии. В России, к сожалению, больные диабетом получают некачественный животный инсулин, что отрицательно влияет и на продолжительность, и на качество жизни.

Диабет сахарный – нарушение углеводного обмена, при котором не происходит окисление глюкозы, присутствующей в организме человека (данный процесс необходим для пополнения энергетических запасов организма). Вследствие недостаточной секреции поджелудочной железой гормона инсулина происходит избыточное накопление глюкозы в крови (гипергликемия), а затем и в моче; возникает сильная жажда, значительная потеря веса, выделение значительного количества мочи. Использование жиров в качестве альтернативного источника энергии приводит к нарушению кислотно-щелочного равновесия и накоплению кетонов в крови (кетоз), в результате чего начинаются судороги, предшествующие диабетической коме.

Обычно существует наследственная склонность к заболеванию сахарным диабетом. Начало заболевания может быть спровоцировано различными факторами, в том числе значительной физической нагрузкой и избыточным потреблением углеводов, особенно сахара. Сахарный диабет, развивающийся в детстве или юности, обычно проявляется сильнее, чем диабет, развивающийся у людей в средние годы или в пожилом возрасте. Он относится к *сахарному диабету I типа* (или *инсулинозависимому сахарному диабету*), так как в организме таких больных инсулин практически не образуется, и их жизнь полностью зависит от своевременного его введения. При *II типе сахарного диабета* (или *инсулинонезависимом сахарном диабете*), обычно развивающемся у людей после 40 лет, поджелудочная железа вырабатывает небольшое количество инсулина, однако его недостаточно для нормальной жизнедеятельности организма; поэтому больным нередко требуется лечение гипогликемическими препаратами в виде таблеток.

В обоих случаях сахарного диабета больным **необходимо тщательно соблюдать предписанную диету с ограниченным потреблением углеводов**. Недостаточно сбалансированное питание или неправильно подобранная доза инсулина могут привести к развитию у больного гипогликемии (резкое снижение уровня сахара в крови). Со временем

течение сахарного диабета у больного может осложниться, приведя к утолщению стенок артерий; в результате нередко поражаются глаза (диабетическая ретинопатия) и развиваются сексуальные нарушения у мужчин.

С возрастом у большинства людей наблюдается тенденция к увеличению содержания сахара в крови. У здоровых людей уровень глюкозы в крови натощак не превышает 6,4 ммоль/л (115 мг%), при его увеличении до 7,8 ммоль/л (140 мг%) и выше диагноз диабета можно ставить без сомнений. После 55 лет следует ограничить потребление сахара и других легкоусвояемых углеводов (кондитерские изделия, изделия из белой муки, животные жиры, сладкие напитки). Необходимо следить за содержанием сахара в крови.

Шишковидное тело (эпифиз)

Эпифиз располагается в бороздке между верхними холмиками четверохолмия и прикреплен поводками к обоим зрительным буграм. Эпифиз округлой формы, масса его у взрослого человека не превышает 0,2 г (см. раздел «Нервная система» с. XX).

Железа образована двумя типами клеток: железистых пинеалоцитов и глиальными. Функция *пинеалоцитов* имеет четкий суточный ритм: ночью они синтезируют гормон мелатонин, днем серотонин. Этот ритм связан с освещенностью, при этом свет вызывает угнетение синтеза мелатонина. Воздействие осуществляется при участии гипоталамуса.

Мелатонин обеспечивает регуляцию биологических ритмов эндокринных функций и половой функции. Чем больше солнечного света, тем активнее половая функция. Южане более темпераментны, чем северяне. Воздействие осуществляется при участии гипоталамуса. В настоящее время считают, что эпифиз регулирует функцию половых желез и в первую очередь половое созревание, а также выполняет роль биологических часов, которые регулируют ритм сна и бодрствования и другие циркадианные ритмы.

Эндокринная часть половых желез

Половые железы описаны в разделе «Мочеполовой аппарат» (см. с. 192). Напомним: **яички синтезируют тестостерон, яичники – эстрогены и прогестерон.** Кроме того, небольшое количество гормонов

синтезируется корковым веществом надпочечников. Под влиянием мужского полового гормона во внутриутробном периоде происходит развитие половых органов по мужскому типу, а затем половое созревание и возникновение вторичных половых признаков. Мужские половые гормоны влияют на половое поведение, либидо и потенцию. Они стимулируют синтез белка и ускоряют рост тканей. Очень важным является их воздействие на сперматогенез: низкая концентрация гормона активирует этот процесс, высокая тормозит его.

В яичниках образуются женские половые гормоны: эстрогены и прогестерон, а также небольшое количество мужских половых гормонов андрогенов. Эстрогены обеспечивают развитие наружных женских половых органов, вторичных половых признаков, рост и развитие опорно-двигательного аппарата, развитие тела по женскому типу, влияют на психику и поведение. Прогестерон оказывает влияние на слизистую оболочку матки, готовя ее к внедрению (имплантации) оплодотворенного яйца, росту и развитию плода, развитию плаценты, молочных желез. Без него невозможно нормальное течение беременности и вынашивание плода.

Мужской половой гормон тестостерон положительно влияет на либидо женщины.

Нервная система

Нервная система управляет деятельностью различных органов и систем, составляющих целостный организм, осуществляет его связь с внешней средой, а также координирует процессы, протекающие в организме, обеспечивает связь всех его частей в единое целое, регулирует все функции, включая человеческую сексуальность и продолжение рода (репродукция). *Все функции, включая умственную деятельность, осуществляют группы нервных клеток, связанных между собой многочисленными синапсами.* Напомним, что *структурно-функциональной единицей нервной системы является нейрон.* Основная его функция – получение, переработка, проведение и передача информации.

Нервную систему человека условно подразделяют на центральную и периферическую. К *центральной нервной системе* (ЦНС) относят спинной и головной мозг, к *периферической* (ПНС) – отходящие от них парные спинномозговые и черепные нервы с их корешками, их ветви, нервные окончания и ганглии (нервные узлы), образованные телами нейронов.

Существует еще одна классификация, согласно которой единую нервную систему также условно подразделяет на две части: соматическую (анимальную) и вегетативную (автономную). Соматическая нервная система иннервирует, главным образом, тело (кости, скелетные мышцы, кожу), обеспечивает связь организма с внешней средой. Вегетативная (автономная) нервная система (ВНС) иннервирует все внутренние органы, железы (в том числе и эндокринные), гладкие мышцы органов и кожи, сосуды и сердце, а также обеспечивает обменные процессы во всех органах и тканях. В ВНС также выделяют центральный и периферический отделы.

ВНИМАНИЕ

И. М. Сеченов доказал, что деятельность нервной системы носит рефлекторный характер (от лат. reflexus – «отражение»). Рефлекс – это ответная реакция организма на то или иное раздражение, которое происходит при участии нервной системы.

Центральная нервная система

Спинной мозг

Спинной мозг расположен в позвоночном канале. Это длинный тяж почти цилиндрической формы, который на уровне верхнего края первого шейного позвонка (атланта) переходит в продолговатый мозг, а внизу на уровне II поясничного позвонка оканчивается мозговым конусом. Длина спинного мозга в среднем 42–43 см, масса 34–38 г. По ходу спинного мозга имеются два утолщения: шейное (на уровне от III шейного до III грудного позвонков) и пояснично-крестцовое (от X грудного до II поясничного позвонка). В этих зонах число нервных клеток и волокон увеличено в связи с тем, что именно здесь берут начало нервы, иннервирующие конечности. Спинной мозг разделен на две симметричные половины. На боковых поверхностях спинного мозга симметрично входят *задние* (афферентные) и выходят *передние* (эфферентные) корешки спинномозговых нервов. Линии входа и выхода корешков делят каждую половину на три канатика спинного мозга (передний, боковой и задний). Участок спинного мозга, соответствующий каждой паре корешков, называется *сегментом* (рис. 66). Сегменты обозначаются латинскими буквами, указывающими область: С (шейную), Т (грудную), L (поясничную), S (крестцовую) и Со (копчиковую). Рядом с буквой ставят цифру, обозначающую номер сегмента данной области, например, Т₁ I – грудной сегмент, S₂ II – крестцовый сегмент. В спинном мозге выделяют части: шейную (I–VIII сегменты), нижней границей ее у взрослого человека является седьмой шейный позвонок; грудную (I–XII сегменты), нижняя граница у взрослого – X или XI грудной позвонок; поясничную (I–V сегменты), нижняя граница расположена на уровне нижнего края XI верхнего края XII грудного позвонка; крестцовую (IV–V сегменты), нижняя граница на уровне I поясничного позвонка; копчиковую (I–III сегменты), которая заканчивается на уровне нижнего края I поясничного позвонка.

Спинной мозг состоит из серого вещества, расположенного внутри и окружающего его со всех сторон белого вещества (см. рис. 66). На поперечном разрезе спинного мозга серое вещество похоже на фигуру летящей бабочки в центре которой расположен центральный канал, заполненный спинномозговой жидкостью. В сером веществе различают передние и задние столбы. На протяжении от I грудного до II–III

поясничного сегментов имеются еще боковые столбы. На поперечном сечении спинного мозга столбы представлены соответствующими рогами передними, задними, а в грудном отделе и на уровне двух верхних поясничных сегментов боковыми. Серое вещество образовано многоотростчатыми (мультиполярными) нейронами, безмиелиновыми и тонкими миелиновыми волокнами и клетками глии.

Клетки, имеющие одинаковое строение и выполняющие сходные функции, образуют ядра серого вещества. В задних столбах расположены чувствительные ядра. В передних столбах залегают очень большие (100–140 мкм в диаметре) корешковые нейроны, образующие двигательные соматические центры. В боковых столбах залегают группы мелких нейронов, образующие центры симпатической части вегетативной нервной системы. Их аксоны проходят через передний рог и совместно с аксонами корешковых нейронов передних столбов формируют передние корешки спинномозговых нервов. Белое вещество спинного мозга образовано главным образом миелиновыми волокнами, идущими продольно. Пучки нервных волокон, связывающие различные отделы нервной системы, называются проводящими путями спинного мозга.

Рассмотрим рефлекторную дугу и рефлекторный акт как основной принцип деятельности нервной системы. Простые рефлексы осуществляются через спинной мозг. Простейшая рефлекторная дуга состоит из двух нейронов – чувствительного и двигательного. Тело первого нейрона (афферентного) находится в спинномозговом, или чувствительном – узле черепного нерва. Дендрит этой клетки направляется в составе соответствующего спинномозгового или черепного нерва на периферию, где заканчивается рецепторным аппаратом, который воспринимает раздражение. В рецепторе энергия внешнего или внутреннего раздражителя перерабатывается в нервный импульс.

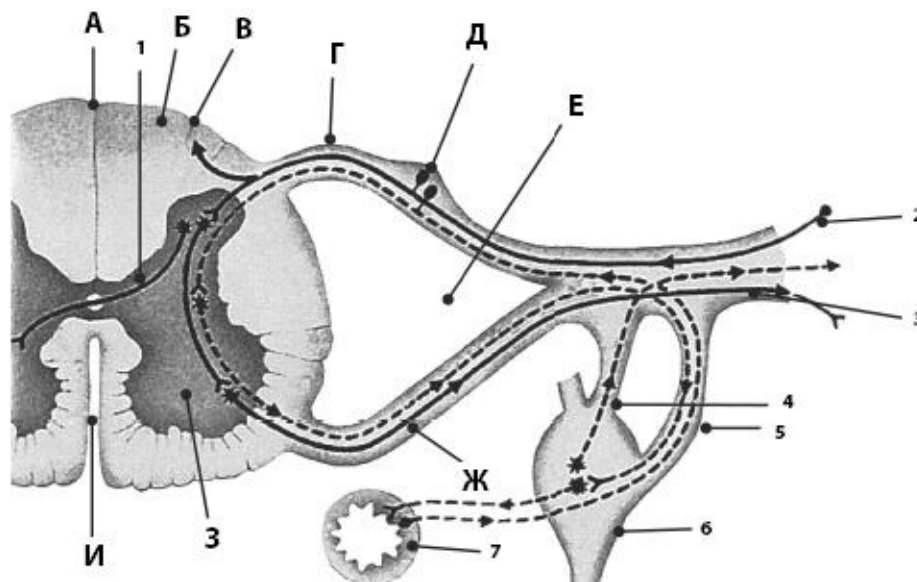


Рис. 66. Спинальный мозг (поперечный разрез) и рефлексорная дуга.
 А – задняя срединная борозда, Б – белое вещество, В – задний роr, Г – задний корешок, Д – спинномозговой узел, Е – боковой роr, Ж – передний корешок, З – передний роr, И – передняя срединная щель; 1 – вставочный нейрон, 2 – афферентное нервное волокно, 3 – эфферентное нервное волокно, 4 – серая ветвь, 5 – белая ветвь, 6 – узел симпатического ствола, 7 – нервно-секреторное окончание

Импульс передается по нервному волокну к телу нервной клетки, а затем по аксону, который входит в состав заднего (чувствительного) корешка спинномозгового или соответствующего корешка черепного нерва, следует в спинной или головной мозг. В сером веществе спинного или в ядрах головного мозга этот отросток чувствительной клетки образует синапс с телом II (эфферентного) нейрона. Его аксон выходит из спинного (головного) мозга в составе передних (двигательных) корешков спинномозгового или соответствующего черепного нерва и направляется к рабочему органу. Чаще всего рефлексорная дуга состоит из многих нейронов. Тогда между афферентными и эфферентными нейронами расположены вставочные нейроны (см. рис. 66).

Головной мозг

Головной мозг расположен в полости мозгового черепа, форма которого определяется формой мозга. Масса мозга новорожденного мальчика около 390 г (339,25–432,5 г) и девочки 355 г (329,99–368 г). До 5

лет масса мозга увеличивается быстро, в шестилетнем возрасте она достигает 85–90 % окончательной, затем до 24–25 лет возрастает медленно, после чего рост заканчивается и составляет около 1500 г (от 1100 до 2000 г).

Головной мозг подразделяется на три основных отдела: мозговой ствол, мозжечок и конечный мозг (полушария большого мозга). Мозговой ствол включает в себя продолговатый мозг, мост, средний и промежуточный мозг. Именно отсюда выходят черепные нервы. Самая развитая, крупная и функционально значимая часть мозга – это *полушария большого мозга*. Отделы полушарий, образующие плащ, наиболее важны в функциональном отношении. Поперечная щель большого мозга отделяет затылочные доли полушарий от мозжечка. Кзади и книзу от затылочных долей расположены *мозжечок* и *продолговатый мозг*, переходящий в спинной. Головной мозг состоит из переднего мозга, который подразделяется на *конечный* и *промежуточный*; среднего; ромбовидного, включающего *задний мозг* (к нему относятся *мост* и *мозжечок*) и *продолговатый мозг*. Между ромбовидным и средним расположен *перешеек ромбовидного мозга*.

Передний мозг – отдел центральной нервной системы, управляющий всей жизнедеятельностью организма. Полушария большого мозга лучше всего развиты у человека разумного, их масса составляет 78 % общей массы головного мозга. Площадь поверхности коры головного мозга человека – около 220 тыс. мм², это зависит от наличия большого количества борозд и извилин. Особого развития у человека достигают лобные доли, их поверхность составляет около 29 % всей поверхности коры, а масса более 50 % массы головного мозга. Полушария большого мозга отделены друг от друга продольной щелью большого мозга, в глубине которой видно соединяющее их *мозолистое тело*, образованное белым веществом. Каждое полушарие состоит из пяти долей. Центральная борозда (Роландова) отделяет лобную долю от *теменной*; латеральная борозда (Сильвиева) – *височную* от *лобной* и *теменной*, теменно-затылочная борозда разделяет *теменную* и *затылочную доли* (рис. 67). В глубине латеральной борозды располагается *островковая доля*. Более мелкие борозды делят доли на извилины. Три края (верхний, нижний и медиальный) делят полушария на три поверхности: верхнелатеральную, медиальную и нижнюю.

Верхнелатеральная поверхность полушария большого мозга.
Лобная доля. Ряд борозд делят ее на извилины: почти параллельно центральной борозде и впереди от нее проходит *предцентральная борозда*,

которая отделяет *предцентральную извилину*. От предцентральной борозды более или менее горизонтально проходят вперед две борозды, разделяющие *верхнюю, среднюю и нижнюю лобные извилины*. **Теменная доля.** *Постцентральная борозда* отделяет одноименную извилину; *горизонтальная внутритеменная борозда* разделяет *верхнюю и нижнюю теменные доли*. **Затылочная доля** разделена на несколько извилин бороздами, из которых наиболее постоянной является поперечная затылочная. **Височная доля.** Две продольные борозды *верхняя и нижняя височные* отделяют три *височные извилины*: *верхнюю, среднюю и нижнюю*. **Островковая доля.** Глубокая *круговая борозда островка* отделяет ее от других отделов полушария.

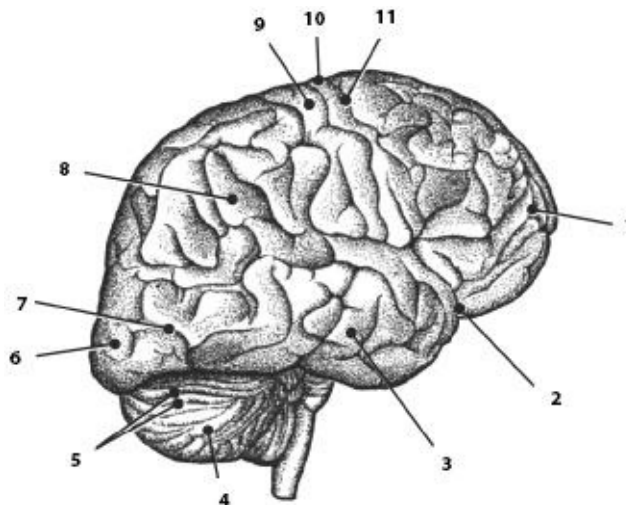


Рис. 67. Головной мозг. Верхнелатеральная поверхность полушария. 1 – лобная доля, 2 – латеральная борозда; 3 – височная доля, 4 – листки мозжечка; 5 – щели мозжечка; 6 – затылочная доля; 7 – теменно-затылочная борозда; 8 – теменная доля; 9 – постцентральная извилина; 10 – центральная борозда; 11 – предцентральная извилина

Медиальная поверхность полушария большого мозга. В образовании медиальной поверхности полушария большого мозга принимают участие все его доли, кроме островковой (рис. 68). *Борозда мозолистого тела* огибает его сверху, отделяя мозолистое тело от *поясной извилины*, направляется книзу и вперед и продолжается в *борозду гиппокампа*. Над поясной извилиной проходит *поясная борозда*, которая начинается спереди и книзу от клюва мозолистого тела, поднимается вверх, поворачивается назад, направляясь параллельно борозде мозолистого тела. На уровне его валика от поясной борозды вверх отходит

краевая часть, которая сзади ограничивает околоцентральную дольку, а спереди – предклинье, сама борозда продолжается в подтеменную борозду. Книзу и кзади через перешеек поясная извилина переходит в *парагиппокампальную извилину*, которая заканчивается спереди *крючком* и ограничена сверху *бороздой гиппокампа*. Поясную парагиппокампальную извилину и перешеек объединяют под названием *сводчатой*. В глубине борозды гиппокампа расположена *зубчатая извилина*. Медиальная поверхность затылочной доли отделена *теменно-затылочной бороздой* от теменной доли. От заднего полюса полушария до перешейка сводчатой извилины проходит *шпорная борозда*, которая ограничивает сверху *язычную извилину*. Между теменно-затылочной бороздой спереди и шпорной сзади располагается *клин*, обращенный острым углом кпереди.

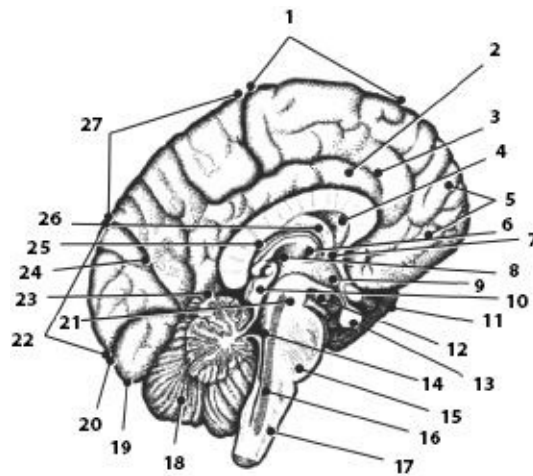


Рис. 68. Головной мозг. Медиальная поверхность полушария. 1 – парацентральная долька, 2 – поясная извилина, 3 – поясная борозда, 4 – прозрачная перегородка, 5 – верхняя лобная борозда, 6 – межталамическое сращение, 7 – передняя спайка, 8 – таламус, 9 – гипоталамус, 10 – четверохолмие, 11 – зрительный перекрест, 12 – сосцевидное тело, 13 – гипофиз, 14 – IV желудочек, 15 – мост, 16 – ретикулярная формация, 17 – продолговатый мозг, 18 – червь мозжечка, 19 – затылочная доля, 20 – шпорная борозда, 21 – ножка мозга, 22 – клин, 23 – водопровод среднего мозга, 24 – затылочно-височная борозда, 25 – сосудистое сплетение, 26 – свод, 27 – предклинье, 28 – мозолистое тело

Нижняя поверхность полушария большого мозга имеет наиболее сложный рельеф (рис. 69). Спереди расположена нижняя поверхность лобной доли, позади нее височный полюс и нижняя поверхность височной и затылочной долей, между которыми нет четкой границы. На нижней

поверхности лобной доли параллельно продольной щели проходит обонятельная борозда, к которой снизу прилежит обонятельная луковица и обонятельный тракт, продолжающийся в обонятельный треугольник. Между продольной щелью и обонятельной бороздой расположена прямая извилина. Латеральнее от обонятельной борозды лежат глазничные извилины. Язычная извилина затылочной доли ограничена коллатеральной бороздой, которая переходит на нижнюю поверхность височной доли, разделяя парагиппокаммальную и медиальную затылочно-височную извилины. Кпереди от коллатеральной находится носовая борозда, ограничивающая передний конец парагиппокампальной извилины крючок.

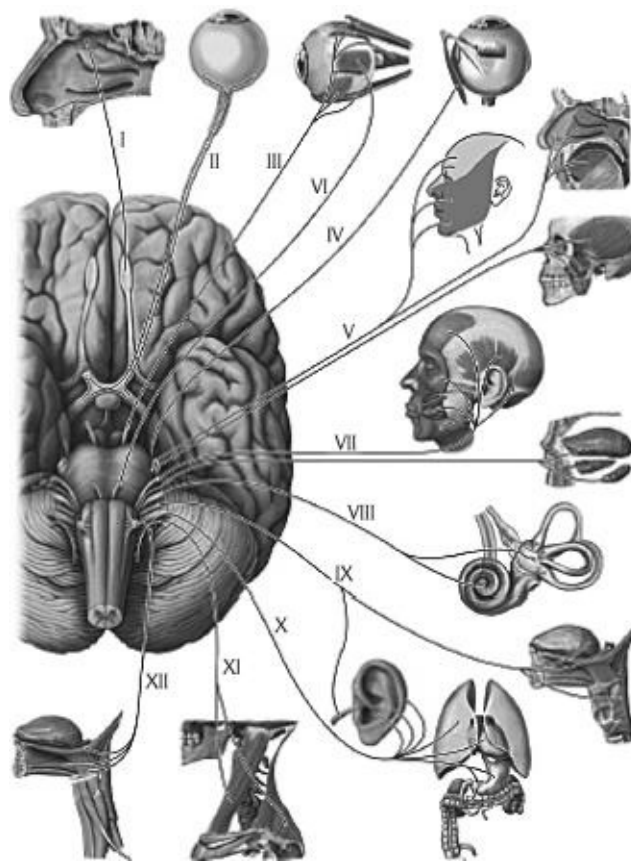


Рис. 69. Управление органов черепными нервами, схема. I – обонятельный нерв; II – зрительный нерв; III – глазодвигательный нерв; IV – блоковый нерв; V – тройничный нерв; VI – отводящий нерв; VII – лицевой нерв; VIII – преддверно-улитковый нерв; IX – языкоглоточный нерв; X – блуждающий нерв; XI – добавочный нерв; XII – подъязычный нерв

Строение коры большого мозга. Кора большого мозга образована серым веществом, которое лежит по периферии (на поверхности)

полушарий большого мозга. Толщина коры различных участков полушарий колеблется от 1,3 до 5 мм. Впервые киевский ученый В.А. Бецапоказал, что строение и взаиморасположение нейронов неодинаково в различных участках коры, что определяет нейроцитоархитектонику коры. Клетки более или менее одинаковой структуры располагаются в виде отдельных слоев (пластинок). В новой коре большинство нейронов образуют шесть пластинок. В различных отделах варьирует их толщина, характер границ, размеры клеток, их количество и т. д.

Снаружи расположена первая молекулярная пластинка, в которой залегают мелкие мультиполярные ассоциативные нейроны и множество волокон отростков нейронов нижележащих слоев. Вторая *наружная зернистая пластинка* образованная множеством мелких мультиполярных нейронов. Третья, самая широкая, *пирамидная пластинка* содержит нейроны пирамидной формы, тела которых увеличиваются в направлении сверху вниз. Четвертая *внутренняя зернистая пластинка* образована мелкими нейронами звездчатой формы. В пятой *внутренней пирамидной пластинке*, которая наиболее хорошо развита в предцентральной извилине, залегают очень крупные (до 125 мкм) пирамидные клетки, открытые В.А. Бецем в 1874 г. В шестой мультиформной пластинке расположены нейроны различной формы и размеров.

Количество нейронов в коре достигает 10–14 млрд. В каждой клеточной пластинке помимо нервных клеток располагаются нервные волокна. К. Бродман в 1903–1909 гг. выделил в коре 52 цитоархитектонических поля. **О. Фогт и Ц. Фогт** (1919–1920 гг.) с учетом волоконного строения описали в коре головного мозга 150 миелоархитектонических участков.

Локализация функций в коре полушарий большого мозга. В коре большого мозга происходит анализ всех раздражений, которые поступают из внешней и внутренней среды.

В коре *постцентральной извилины и верхней теменной доли* залегают **ядра коркового анализатора проприоцептивной и общей чувствительности** (температурной, болевой, осязательной) противоположной половины тела. При этом ближе к продольной щели мозга расположены корковые концы анализатора чувствительности нижних конечностей и нижних отделов туловища, а наиболее низко у латеральной борозды проецируются рецепторные поля верхних частей тела и головы (*рис. 70А*). **Ядро двигательного анализатора** находится, главным образом, в *предцентральной извилине и парацентральной доле* на медиальной поверхности полушария («двигательная область коры»). В

верхних участках предцентральной извилины и парацентральной доли расположены двигательные центры мышц нижних конечностей и самых нижних отделов туловища. В нижней части у латеральной борозды находятся центры, регулирующие деятельность мышц лица и головы (рис. 70Б). Двигательные области каждого из полушарий связаны со скелетными мышцами противоположной стороны тела. Мышцы конечностей изолированно связаны с одним из полушарий; мышцы туловища, гортани и глотки связаны с двигательными областями обоих полушарий. В обоих описанных центрах величина проекционных зон различных органов зависит не от их величины, а от функционального значения. Так, зоны кисти в коре полушария большого мозга значительно больше, чем зоны туловища и нижней конечности, вместе взятых.

На обращенной к островку поверхности средней части височной извилины находится **ядро слухового анализатора**. К каждому из полушарий подходят проводящие пути от рецепторов органа слуха как левой, так и правой сторон.

Ядро зрительного анализатора располагается на медиальной поверхности затылочной доли полушария большого мозга по обеим сторонам («по берегам») шпорной борозды. Ядро зрительного анализатора правого полушария связано проводящими путями с латеральной половиной сетчатки правого глаза и медиальной половиной сетчатки левого глаза; левого с латеральной половиной сетчатки левого и медиальной половиной сетчатки правого глаза.

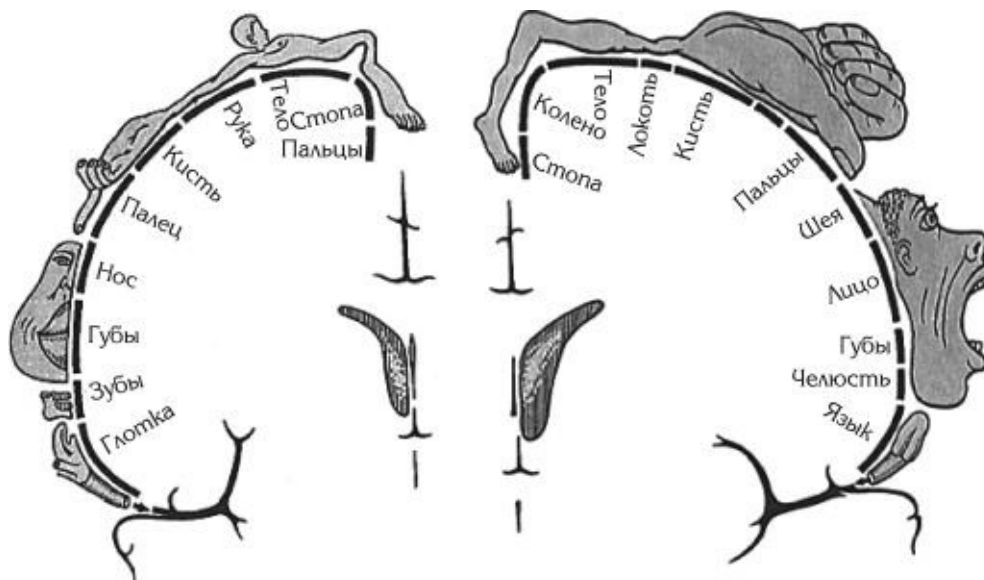


Рис. 70. Расположение корковых центров. А – Коровый центр общей чувствительности (чувствительный «гомункулус») (из В. Пенфилда)

и И. Расмуссена). Изображения на поперечном срезе мозга (на уровне постцентральной извилины) и относящиеся к ним обозначения показывают пространственное представление поверхности тела в коре большого мозга. Б – Двигательная область коры (двигательный «гомункулюс»; (из В. Пентфилда и И. Расмуссена). Изображение двигательного «гомункулюса» отражает относительные размеры областей представления отдельных участков тела в коре предцентральной извилины большого мозга

Корковый конец обонятельного анализатора – это крючок, а также старая и древняя кора. Старая кора располагается в области гиппокампа и зубчатой извилины, древняя – в области переднего продырявленного пространства, прозрачной перегородки и обонятельной извилины. Благодаря близкому расположению ядер обонятельного и вкусового анализаторов чувства обоняния и вкуса тесно связаны. Ядра вкусового и обонятельного анализаторов обоих полушарий связаны проводящими путями с рецепторами как левой, так и правой сторон.

Описанные корковые концы анализаторов осуществляют анализ и синтез сигналов, поступающих из внешней и внутренней среды организма, составляющих *первую сигнальную систему* действительности (И.П. Павлов). В отличие от первой, *вторая сигнальная система* имеется только у человека и тесно связана с развитием членораздельной речи.

Речь и мышление человека осуществляются при участии всей коры полушарий большого мозга. В то же время в коре имеются зоны, являющиеся центрами целого ряда специальных функций, связанных с речью. Двигательные анализаторы устной и письменной речи располагаются в областях коры лобной доли, прилежащих к предцентральной извилине вблизи ядра двигательного анализатора. Анализаторы зрительного и слухового восприятия речи находятся вблизи ядер анализаторов зрения и слуха. При этом речевые анализаторы у правой руки локализируются лишь в левом полушарии, а у левой руки только в правом.

Базальные (подкорковые центральные) ядра и белое вещество конечного мозга. В толще белого вещества каждого полушария большого мозга имеются скопления серого вещества, образующего отдельно лежащие ядра, которые залегают ближе к основанию мозга. Эти ядра называются *базальными* (подкорковыми центральными). К ним относятся *полосатое тело, ограда* и *миндалевидное тело*. Ядра полосатого тела образуют стриопаллидарную систему, которая, в свою очередь, относится к

экстрапирамидной системе, участвующей в управлении движениями, регуляции мышечного тонуса.

К белому веществу полушария относятся внутренняя капсула и волокна, проходящие через спайки мозга (мозолистое тело, передняя спайка, спайка свода) и направляющиеся к коре и базальным ядрам; свод, а также системы волокон, соединяющих участки коры и подкорковые центры в пределах одной половины мозга (полушария).

Боковой желудочек. Полостями полушарий большого мозга являются боковые желудочки (I и II), расположенные в толще белого вещества под мозолистым телом. Каждый желудочек состоит из четырех частей: передний рог залегает в лобной, центральная часть в теменной, задний рог в затылочной и нижний рог в височной доле.

Промежуточный мозг, расположенный под мозолистым телом, состоит из таламуса, эпиталамуса, метаталамуса и гипоталамуса. **Таламус** (зрительный бугор) парный, образованный главным образом серым веществом, является подкорковым центром всех видов чувствительности. Медиальная поверхность правого и левого таламусов, обращенных друг к другу, образует боковые стенки полости промежуточного мозга III желудочка. **Эпиталамус** включает в себя шишковидное тело (эпифиз), поводки и треугольники поводков. Шишковидное тело, являющееся железой внутренней секреции, как бы подвешен на двух поводках, соединенных между собой *спайкой* и связанный с таламусом посредством *треугольников поводков*. В треугольниках поводков заложены ядра, относящиеся к обонятельному анализатору. **Метаталамус** образован парными медиальным и латеральным коленчатыми телами, лежащими позади каждого таламуса. *Медиальное коленчатое тело* наряду с нижними холмиками пластинки крыши среднего мозга (четверохолмия) – *подкорковый центр слухового анализатора*. *Латеральное коленчатое тело* вместе с верхними холмиками пластинки крыши среднего мозга является *подкорковым центром зрительного анализатора*. Ядра коленчатых тел связаны с корковыми центрами зрительного и слухового анализаторов.

Гипоталамус находится кпереди от ножек мозга и включает в себя ряд структур: расположенную кпереди *зрительную часть* (зрительный перекрест, зрительный тракт, серый бугор, воронка, нейрогипофиз) и *обонятельную часть* (сосцевидные тела и собственно подталамическая область подбугорье). Функциональная роль гипоталамуса очень велика (см. раздел «Эндокринные железы», с. XX). В нем расположены центры вегетативной части нервной системы. В медиальном гипоталамусе залегают нейроны, которые воспринимают все изменения, происходящие в

крови и спинномозговой жидкости (температуру, состав, содержание гормонов и т. д.). Медиальный гипоталамус связан также с латеральным гипоталамусом. Последний не имеет ядер, но обладает двусторонними связями с вышележащими и нижележащими отделами мозга. Медиальный гипоталамус является связующим звеном между нервной и эндокринной системами. В последние годы из гипоталамуса выделены энкефалины и эндорфины, обладающие морфиноподобным действием. Они участвуют в регуляции поведения и вегетативных процессов. Гипоталамус регулирует все функции организма, кроме ритма сердца, кровяного давления и спонтанных дыхательных движений, которые регулируются продолговатым мозгом.

Сосцевидные тела, образованные серым веществом, покрытым тонким слоем белого, являются подкорковыми центрами обонятельного анализатора. Кпереди от сосцевидных тел расположен *серый бугор*, в котором залегают ядра вегетативной нервной системы. Они также оказывают влияние на эмоциональные реакции человека. Часть промежуточного мозга, расположенная ниже таламуса и отделенная от него гипоталамической бороздой, составляет *собственно гипоталамус*. Сюда продолжают покрывки ножек мозга, здесь заканчиваются красные ядра и черное вещество среднего мозга.

Полость промежуточного мозга – *III желудочек* – представляет собой узкое, расположенное в сагиттальной плоскости щелевидное пространство, ограниченное с боков медиальными поверхностями таламусов, снизу гипоталамусом, сверху сводом, над которым располагается мозолистое тело. Полость III желудочка кзади переходит в водопровод среднего мозга, а спереди по бокам через межжелудочковые отверстия сообщается с боковыми желудочками.

К **среднему мозгу** относятся ножки мозга и крыша среднего мозга. *Ножки* мозга – это белые округлые (довольно толстые) тяжи, выходящие из моста и направляющиеся вперед к полушариям большого мозга. Каждая ножка состоит из покрывки и основания, границей между ними является *черное вещество* (цвет зависит от обилия меланина в его нервных клетках), относящееся к экстрапирамидной системе, которая участвует в поддержании мышечного тонуса и автоматически регулирует работу мышц. *Основание ножки* образовано нервными волокнами, идущими от коры большого мозга в спинной и продолговатый мозг и мост. *Покрывка ножек мозга* содержит главным образом восходящие волокна, направляющиеся к таламусу, среди которых залегают ядра. Самыми крупными являются *красные ядра*, от которых начинается двигательный красноядерно-

спинномозговой путь. Кроме того, в покрывке располагаются *ретикулярная формация* и ядро дорсального продольного пучка (промежуточное ядро).

В крыше среднего мозга различают *пластинку крыши (четверохолмие)*, состоящую из четырех беловатых холмиков двух верхних (подкорковые центры зрительного анализатора) и двух нижних (подкорковые центры слухового анализатора). В углублении между верхними холмиками лежит шишковидное тело. Четверохолмие – это рефлекторный центр различного рода движений, возникающих, главным образом, под влиянием зрительных и слуховых раздражений. От ядер этих холмиков берет начало проводящий путь, заканчивающийся на клетках передних рогов спинного мозга.

Водопровод среднего мозга (Сильвиев водопровод) – узкий канал (длиной 2 см), который соединяет III и IV желудочки. Вокруг водопровода располагается *центральное серое вещество*, в котором заложены ретикулярная формация, ядра III и IV пар черепных нервов и др. ядра.

К **заднему мозгу** относятся мост, расположенный вентрально, и лежащий позади моста мозжечок. *Мост* (Варолиев мост), хорошо развитый у человека, выглядит в виде лежащего поперечно утолщенного валика, от латеральной стороны которого справа и слева отходят *средние мозжечковые ножки*. Задняя поверхность моста, прикрытая мозжечком, участвует в образовании ромбовидной ямки, передняя (прилежащая к основанию черепа) граничит с продолговатым мозгом внизу и ножками мозга вверху. Мост состоит из множества нервных волокон, образующих проводящие пути и связывающие кору большого мозга со спинным мозгом и с корой полушарий мозжечка. Между волокнами залегают ретикулярная формация, ядра V, VI, VII, VIII пар черепных нервов.

Мозжечок играет основную роль в поддержании равновесия тела и координации движений. Мозжечок хорошо развит у человека в связи с прямохождением и трудовой деятельностью рук, особенно развиты *полушария мозжечка*. В мозжечке различают два полушария и непарную срединную часть – *червь*. Поверхности полушарий и червя разделяют поперечные параллельные борозды, между которыми расположены узкие, длинные листки мозжечка. Благодаря этому его поверхность у взрослого человека составляет в среднем 850 см², а масса —120–160 г. Мозжечок состоит из серого и белого веществ. Белое вещество, проникая между серым, как бы ветвится, образуя белые полосы, напоминая на срединном разрезе фигуру ветвящегося дерева – «древо жизни» мозжечка (см. рис. 68). Кора мозжечка состоит из серого вещества толщиной 1–2,5 мм. Кроме

того, в толще белого вещества имеются скопления серого четыре пары ядер. Нервные волокна, связывающие мозжечок с другими отделами, образуют три пары *мозжечковых ножек*: *нижние* направляются к продолговатому мозгу, *средние* к мосту, *верхние* к четверохолмию.

В коре мозжечка различают три слоя: наружный молекулярный, средний слой грушевидных нейронов (ганглионарный) и внутренний зернистый. В молекулярном и зернистом слоях залегают в основном мелкие нейроны. Крупные грушевидные нейроны (клетки Пуркинье) размерами до 40 мкм, расположенные в среднем слое в один ряд – это эфферентные нейроны коры мозжечка. Их аксоны, отходящие от основания тел, образуют начальное звено эфферентных путей. Они направляются к нейронам ядер мозжечка, а дендриты располагаются в поверхностном молекулярном слое. Остальные нейроны коры мозжечка являются вставочными (ассоциативными), они передают нервные импульсы грушевидным нейронам.

ВНИМАНИЕ

Все нервные импульсы, поступающие в кору мозжечка, достигают грушевидных нейронов.

К моменту рождения мозжечок менее развит по сравнению с конечным мозгом (особенно полушария), но на первом году жизни он развивается быстрее других отделов мозга. Выраженное увеличение мозжечка отмечается между пятым и одиннадцатым месяцами жизни, когда ребенок учится сидеть и ходить.

Продолговатый мозг является непосредственным продолжением спинного мозга. Длина его около 25 мм, форма приближается к усеченному конусу, обращенному основанием вверх. *Передняя поверхность* разделена *передней срединной щелью*, по бокам которой располагаются *пирамиды*, образованные частично перекрещивающимися пучками нервных волокон пирамидных проводящих путей. Задняя поверхность продолговатого мозга разделена *задней срединной бороздой*, по бокам от нее расположены продолжения задних канатиков спинного мозга, которые кверху расходятся, переходя в *нижние мозжечковые ножки*. Последние ограничивают снизу *ромбовидную ямку*. Продолговатый мозг построен из белого и серого вещества, последнее представлено ядрами IX–XII пар черепных нервов, олив, центрами дыхания и кровообращения, ретикулярной формацией. Белое вещество образовано длинными и короткими волокнами, составляющими соответствующие проводящие

пути. Центры продолговатого мозга – кровяное давление сердечный ритм и спонтанные дыхательные движения. Волокна пирамидных путей соединяют кору большого мозга с ядрами черепных нервов и передними рогами спинного мозга.

Ретикулярная формация представляет собой совокупность клеток, клеточных скоплений и нервных волокон, расположенных в стволе мозга (продолговатый мозг, мост и средний мозг) и образующих сеть. Ретикулярная формация связана со всеми органами чувств, двигательными и чувствительными областями коры большого мозга, таламусом и гипоталамусом, спинным мозгом. Ретикулярная форма регулирует уровень возбудимости и тонуса различных отделов ЦНС, включая кору большого мозга, участвует в регуляции сознания, эмоций, сна и бодрствования, вегетативных функций, целенаправленных движений.

IV желудочек – это полость ромбовидного мозга, продолжающаяся книзу в центральный канал спинного мозга. Дно IV желудочка благодаря своей форме называется *ромбовидной ямкой*. Она образована задними поверхностями продолговатого мозга и моста, верхними сторонами ямки служат верхние, а нижними нижние мозжечковые ножки. В толще ромбовидной ямки залегают ядра V, VI, VII, VIII, IX, X, XI и XII пар черепных нервов.

Проводящие пути головного и спинного мозга

Импульсы, возникающие при воздействии на рецепторы, передаются по отросткам нейронов к их телам. Благодаря многочисленным синапсам нейроны контактируют между собой, образуя цепи, по которым нервные импульсы распространяются только в определенном направлении от рецепторных нейронов через вставочные к исполнительным (эффекторным). Это обусловлено особенностями синапсов, которые проводят возбуждение только от пресинаптической мембраны к постсинаптической (см. раздел «Нервная ткань», с. XX). По одним цепям нейронов импульс распространяется центростремительно от места его возникновения в коже, слизистых оболочках, органах движения, сосудах к спинному или головному мозгу. По другим цепям нейронов импульс проводится центробежно из мозга на периферию, к рабочему органу, мышце или железе. Отростки нейронов, направляющиеся из спинного мозга к различным структурам головного мозга, а от них – в обратном направлении к спинному, образуют пучки, соединяющие между собой

различные нервные центры. Эти пучки и составляют проводящие пути.

Проводящие пути – это совокупность тесно расположенных нервных волокон, проходящих в определенных зонах белого вещества головного и спинного мозга, объединенных общностью строения и функции. В спинном и головном мозге выделяют три группы нервных волокон: ассоциативные, комиссуральные и проекционные. **Ассоциативные нервные волокна** (короткие и длинные) соединяют между собой группы нейронов (нервные центры), расположенные в одной половине спинного или головного мозга. **Коммиссуральные (спаечные) нервные волокна** связывают аналогичные центры (серое вещество) правого и левого полушарий большого мозга, образуя мозолистое тело, спайку свода и переднюю спайку. Мозолистое тело соединяет между собой новые, более молодые отделы коры большого мозга правого и левого полушарий. Различают восходящие и нисходящие **проекционные нервные волокна (проводящие пути)**. Восходящие пути связывают спинной мозг с головным, а также ядра мозгового ствола с базальными ядрами и корой большого мозга. Нисходящие пути идут в обратном направлении. По **восходящим проекционным путям** (они афферентные, чувствительные) к коре большого мозга поступают нервные импульсы, возникшие в результате воздействия на организм различных факторов внешней среды, включая импульсы, идущие от органов чувств, опорно-двигательного аппарата, внутренних органов и сосудов. **В зависимости от этого восходящие проекционные пути делятся на три группы.**

1. Экстероцептивные пути несут импульсы от кожного покрова (болевые, температурные, осязания и давления), от органов чувств (зрения, слуха, вкуса, обоняния) к нейронам коры постцентральной извилины, где находится корковый конец анализатора общей чувствительности.

2. Проприоцептивные пути проводят импульсы от мышц, сухожилий, суставных капсул, связок. Они несут информацию о положении частей тела, объеме движений, а также импульсы мышечно-суставного чувства к коре постцентральной извилины. Проприоцептивная чувствительность позволяет человеку оценивать положение частей своего тела в пространстве, анализировать собственные сложные движения и дает возможность проводить их целенаправленную коррекцию. Часть волокон этих путей несет проприоцептивные импульсы к мозжечку для коррекции подсознательных движений опорно-двигательного аппарата. Имеются проприоцептивные пути, которые несут в мозжечок информацию о состоянии опорно-двигательного аппарата и двигательных центров спинного мозга.

3. Интероцептивные пути проводят импульсы от внутренних органов и сосудов. Расположенные в них рецепторы воспринимают информацию о состоянии гомеостаза (интенсивности обменных процессов, химическом составе крови и лимфы, давлении в сосудах и т. д.).

В кору большого мозга поступают импульсы по прямым восходящим чувствительным путям и из подкорковых центров. Кора (при участии сознания) управляет двигательными функциями организма непосредственно через пирамидные пути (произвольные движения). **Нисходящие двигательные пути** являются эфферентными. Они проводят импульсы от коры большого мозга и подкорковых центров к нижележащим отделам центральной нервной системы к ядрам мозгового ствола и к двигательным ядрам передних рогов спинного мозга. Эти пути подразделяются на две группы: пирамидные и экстрапирамидные. Пирамидные (главные двигательные пути) несут через соответствующие двигательные ядра головного и спинного мозга импульсы из коры большого мозга к скелетным мышцам головы, шеи, туловища, конечностей; вторые несут импульсы от подкорковых центров и различных отделов коры к двигательным ядрам черепных и спинномозговых нервов, а затем к мышцам, а также другим нервным центрам ствола головного мозга и спинного мозга. Главный двигательный, или **пирамидный, путь** представляет собой систему нервных волокон, по которым произвольные двигательные импульсы от пирамидных клеток Беца, расположенных в коре предцентральной извилины, направляются к двигательным ядрам черепных нервов и передним рогам спинного мозга, а от них к скелетным мышцам. Все пирамидные пути являются перекрещенными.

Экстрапирамидные проводящие пути имеют множество связей со стволом мозга и с корой большого мозга, которая контролирует и управляет экстрапирамидной системой. В связи с этим общим началом экстрапирамидных путей можно считать кору полушарий большого мозга, а местом где они оканчиваются, – двигательные ядра мозгового ствола и передних рогов спинного мозга. Влияние коры большого мозга осуществляется через мозжечок, красные ядра, ретикулярную формацию, вестибулярные ядра. Кора большого мозга осуществляет управление функциями мозжечка, участвующего в координации движений.

Оболочки спинного и головного мозга

Спинной и головной мозг покрыты тремя оболочками. Оболочки

головного мозга в области большого затылочного отверстия продолжают в одноименные оболочки спинного мозга: наружная твердая оболочка мозга; средняя паутинная и внутренняя мягкая оболочка мозга. Непосредственно к наружной поверхности головного и спинного мозга, прилежит **мягкая (сосудистая) оболочка**, которая заходит во все щели и борозды. От нее отходят соединительнотканые волокна, которые вместе с кровеносными сосудами проникают в вещество мозга. Кнаружи от сосудистой оболочки располагается **паутинная оболочка**. Между веществом мозга, покрытым мягкой оболочкой и паутинной оболочкой, находится *подпаутинное* (субарахноидальное) пространство, заполненное спинномозговой жидкостью. В нижней части позвоночного канала в подпаутинном пространстве свободно плавают корешки спинномозговых нервов. Кверху подпаутинное пространство продолжается в одноименное пространство головного мозга. Над крупными щелями и бороздами подпаутинное пространство широкое, образует вместилища, получившие название цистерн.

Подпаутинные пространства головного и спинного мозга сообщаются между собой в месте перехода спинного мозга в головной. В подпаутинное пространство оттекает спинномозговая жидкость, образующаяся в желудочках головного мозга. Из боковых желудочков жидкость оттекает в третий желудочек, из третьего – в четвертый, а из него – в подпаутинное пространство. Обратное всасывание спинномозговой жидкости осуществляется через *арахноидальные грануляции* – отростки паутинной оболочки, проникающие в просветы синусов твердой оболочки головного мозга, а также в кровеносные и лимфатические капилляры в местах выхода корешков черепных и спинномозговых нервов из полости черепа и позвоночного канала. Благодаря этому механизму спинномозговая жидкость постоянно образуется и всасывается в кровь с одинаковой скоростью.

Снаружи от паутинной оболочки находится **твердая оболочка мозга**, которая образована плотной волокнистой соединительной тканью и отличается прочностью. От паутинной оболочки спинного мозга твердая отделена субдуральным пространством. Вверху субдуральное пространство спинного мозга свободно сообщается с аналогичным пространством полости черепа; внизу оно слепо заканчивается на уровне II крестцового позвонка. Твердая оболочка спинного мозга прочно срастается с краями большого (затылочного) отверстия и вверху переходит в твердую оболочку головного мозга. Твердая оболочка головного мозга срастается с надкостницей внутренней поверхности костей основания мозгового

череп, особенно в местах их соединения между собой и выхода черепных нервов из полости черепа, с костями свода черепа она связана непрочно. Поверхность твердой оболочки, обращенная в сторону мозга, гладкая; между ней и паутинной оболочкой образуется узкое *субдуральное пространство*, в котором имеется небольшое количество жидкости.

В некоторых участках твердая оболочка головного мозга глубоко впячивается в виде отростков в щели, отделяющие друг от друга части мозга. В местах отхождения отростков оболочка расщепляется, образуя каналы треугольной формы, выстланные эндотелием *синусы твердой мозговой оболочки*; листки, образующие их стенки, туго натянуты и не спадаются. В синусы из мозга по венам оттекает венозная кровь, которая поступает затем во внутренние яремные вены.

Периферическая нервная система

Периферическая нервная система образована узлами (спинномозговыми, черепными и вегетативными), нервами (31 пара спинномозговых и 12 пар черепных) и нервными окончаниями: рецепторами, которые воспринимают раздражения внешней и внутренней среды, и эффекторами, передающими нервные импульсы исполнительным органам. Каждый нерв состоит из миелинизированных и немиелинизированных нервных волокон. Снаружи нерв окружен соединительнотканной оболочкой – эпиневрием, в который входят питающие нерв сосуды. Нерв состоит из пучков, которые, в свою очередь, покрыты периневрием, а отдельные волокна – эндоневрием.

ВНИМАНИЕ

В зависимости от выполняемой функции различают нервы чувствительные, двигательные и преимущественно смешанные. Говорить о чисто чувствительных или чисто двигательных нервах вряд ли возможно, потому что все нервы содержат в своем составе симпатические волокна, по которым осуществляется вегетативная иннервация органов и тканей.

Чувствительные нервы сформированы отростками нервных чувствительных узлов черепных нервов или спинномозговых узлов. *Двигательные нервы* состоят из отростков нервных клеток, лежащих в двигательных ядрах черепных нервов или в ядрах передних столбов спинного мозга. В периферической нервной системе человека преобладают *смешанные нервы*, содержащие те и другие волокна. *Вегетативные нервы* образованы отростками клеток вегетативных ядер черепных нервов или боковых столбов спинного мозга.

Черепные нервы

От ствола головного мозга отходит 12 пар черепных нервов (см. рис. 69). В их состав входят афферентные, эфферентные и вегетативные волокна. Ядра черепных нервов заложены в сером веществе головного мозга. Тела афферентных нейронов, отростки которых входят в мозг в составе некоторых черепных нервов, расположены в черепных ганглиях

(узлах), лежащих, подобно спинномозговым, вне мозга. Черепные нервы имеют собственные названия и порядковые номера, обозначаемые римскими цифрами. **Чувствительные нервы.** *Обонятельные нервы* (I) состоят из центральных отростков рецепторных клеток, располагающихся в слизистой оболочке обонятельной области полости носа. Обонятельные нервы образуют 15–20 нитей (нервов). *Зрительные* (II) образованы отростками ганглиозных клеток сетчатой оболочки глаза. Зрительный нерв формирует единый ствол. Войдя в полость черепа, правый и левый зрительные нервы частично перекрещиваются и продолжают в зрительные тракты. *Преддверно-улитковый нерв* (VIII) образован центральными отростками нейронов, залегающих в преддверном и улитковом узлах. Периферические отростки клеток преддверного и улиткового узлов формируют нервы, заканчивающиеся, соответственно, в вестибулярной части перепончатого лабиринта внутреннего уха и в спиральном органе улиткового протока.

Двигательные нервы. В составе *глазодвигательного нерва* (III) проходят двигательные и парасимпатические волокна. Двигательная ветвь иннервирует мышцы глазного яблока: три прямые мышцы (верхнюю, нижнюю, медиальную), нижнюю косую и мышцу, поднимающую верхнее веко. Смешанная ветвь иннервирует мышцы, суживающую зрачок, и ресничную. *Блоковый нерв* (IV) иннервирует верхнюю косую мышцу глаза; *отводящий нерв* (VI) наружную прямую мышцу глаза. *Добавочный нерв* (XI) делится на две ветви: внутренняя ветвь присоединяется к блуждающему нерву, наружная направляется к грудинно-ключично-сосцевидной и трапециевидной мышцам, которые иннервирует. *Подъязычный нерв* (XII) иннервирует мышцы языка.

Смешанные нервы. *Тройничный нерв* (V) осуществляет чувствительную иннервацию твердой мозговой оболочки, кожи головы и слизистых оболочек глаза, полости носа и рта, придаточных пазух носа, передних 2/3 языка, слюнных желез, двигательную иннервацию жевательных мышц и некоторых мышц шеи. В состав *лицевого нерва* (VII) входят двигательный собственно лицевой, ветви которого иннервируют мимические мышцы, и смешанный (промежуточный) нервы. Последний образован чувствительными (вкусовыми) и парасимпатическими волокнами. Чувствительные (вкусовые) волокна иннервируют передние 2/3 языка, парасимпатические волокна – слезную железу, а также железы слизистой оболочки полости носа, подчелюстную и подъязычную слюнные железы. В составе *языкоглоточного нерва* (IX) проходят двигательные, чувствительные и парасимпатические волокна. Нерв осуществляет

чувствительную иннервацию слизистой оболочки задней трети языка, глотки, среднего уха, сонного синуса и сонного клубочка, а также иннервирует мышцы глотки и околоушную слюнную железу.

Блуждающий нерв (X) осуществляет парасимпатическую иннервацию органов шеи, грудной и брюшной полостей, а также содержит чувствительные и двигательные волокна, которые иннервируют часть твердой оболочки головного мозга, кожу наружного слухового прохода и ушной раковины, слизистую оболочку и мышцы-сжиматели глотки, мышцы мягкого неба, слизистую оболочку и мышцы гортани, трахею, бронхи пищевод, сердце. В брюшной полости отходят желудочные, печеночные и чревные ветви. Последние иннервируют органы брюшной полости (до сигмовидной ободочной кишки).

Спинномозговые нервы

Спинномозговые нервы 31 пары формируются из корешков, отходящих от спинного мозга: 8 шейных (С), 12 грудных (Th), 5 поясничных (L), 5 крестцовых (S) и 1 копчиковая (Co). Спинномозговые нервы соответствуют сегментам спинного мозга, поэтому обозначаются латинскими буквами соответственно сегментам спинного мозга, из которого выходят корешки нерва (например, C_I, T_V и т. д.).

Спинномозговые нервы формируются из двух корешков переднего (двигательного) и заднего (чувствительного), которые, соединяясь между собой в межпозвоночном отверстии, образуют ствол спинномозгового нерва (см. рис. 66). К заднему корешку прилежит чувствительный спинномозговой узел. Тела крупных афферентных нейронов (100–120 мкм в диаметре) расположены в спинномозговых узлах, залегающих в межпозвоночных отверстиях с каждой стороны. У человека эти нейроны ложноуниполярные. Длинный отросток (дендрит) направляется на периферию, где заканчивается рецептором, а нейрит (аксон) в составе заднего корешка входит в задние рога спинного мозга. Волокна обоих корешков (переднего и заднего) образуют смешанные спинномозговые нервы, содержащие чувствительные (афферентные), двигательные (эфферентные) и вегетативные (симпатические) волокна (последние имеются в VIII шейном, всех грудных и I–II поясничных нервах).

Каждый спинномозговой нерв тотчас по выходе из отверстия, делится на четыре ветви: переднюю, заднюю, соединительную, менингеальную. Последняя возвращается через межпозвоночное отверстие (в позвоночный

канал) и иннервирует оболочки спинного мозга. Задние ветви сохраняют метамерное строение и иннервируют кожу затылочной области, кожу и мышцы задней области шеи, спины, поясничной области и ягодиц. Передние ветви иннервируют кожу и мышцы шеи, груди, живота, конечностей. Они сохраняют метамерное строение лишь в грудном отделе (межреберные нервы), а в остальных соединяются друг с другом петлями, образуя сплетения: шейное, плечевое, поясничное, крестцовое, от которых отходят периферические нервы (рис. 71).

Шейное сплетение, образованное передними ветвями четырех верхних шейных нервов, расположено на глубоких мышцах шеи. От сплетения отходят чувствительные (кожные) нервы, иннервирующие кожу затылочной области, ушной раковины, наружного слухового прохода, шеи; двигательные (мышечные) ветви к близлежащим мышцам шеи и смешанный диафрагмальный нерв.

Во внутриутробном периоде диафрагма, опускаясь, увлекает за собой нерв. Этот пример подтверждает одну из важных анатомических закономерностей: сохранение структурной связи нерва с мышцей в процессе индивидуального развития.

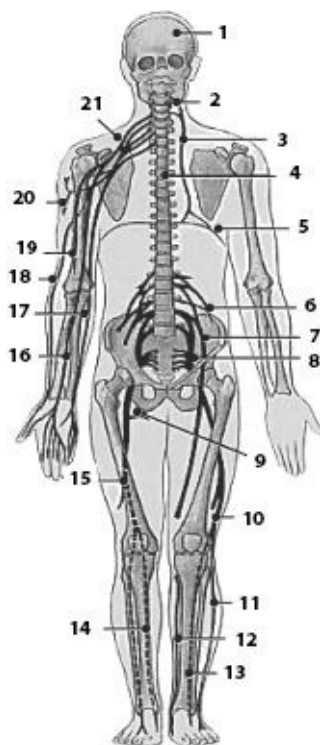


Рис. 71. Спинномозговые нервы. 1 – головной мозг в полости черепа, 2 – шейное сплетение (СI–VIII), 3 – диафрагмальный нерв, 4 – спинной мозг в позвоночном канале, 5 – диафрагма, 6 – поясничное

сплетение (LI–IV), 7 – бедренный нерв, 8 – крестцовое сплетение (LIV,V; SI–III), 9 – мышечные ветви седалищного нерва, 10 – общий малоберцовый нерв, 11 – поверхностный малоберцовый нерв, 12 – подкожный нерв, 13 – глубокий малоберцовый нерв, 14 – большеберцовый нерв, 15 – седалищный нерв, 16 – срединный нерв, 17 – локтевой нерв, 18 – лучевой нерв, 19 – мышечно-кожный нерв, 20 – подмышечный нерв, 21 – плечевое сплетение (CV–VIII; TI)

Плечевое сплетение образовано передними ветвями V, VI, VII, VIII шейных и частично I грудного спинномозговых нервов. От сплетения отходят короткие ветви, иннервирующие часть мышц шеи, мышцы плечевого пояса, плечевой сустав; и длинные нервы плеча и предплечья (локтевой, срединный, мышечно-кожный, лучевой и подмышечный), иннервирующие кожу и мышцы верхней конечности.

Двенадцать пар передних ветвей **грудных нервов** – это смешанные межреберные нервы, иннервирующие все вентральные мышцы стенок грудной и брюшной полостей: наружные и внутренние межреберные, подреберные; мышцы, поднимающие ребра; поперечную мышцу груди, прямую мышцу живота, наружную и внутреннюю косые мышцы живота, поперечную мышцу живота, кожу передней и боковой поверхностей груди и живота, молочную железу и осуществляющие чувствительную иннервацию кожи туловища.

Поясничное сплетение образовано передними ветвями I–III поясничных и частично XII грудного и IV поясничного спинномозговых нервов, оно расположено в толще большой поясничной мышцы и на передней поверхности квадратной мышцы поясницы. Нервы, выходящие из этого сплетения, иннервируют кожу нижнего отдела передней брюшной стенки и частично бедра, голени и стопы, наружных половых органов. Мышечные ветви иннервируют мышцы стенок живота, передней и медиальной групп мышц бедра. Наиболее крупный нерв этого сплетения – *бедренный*.

Самое мощное из всех сплетений – **крестцовое**. Оно образовано передними ветвями V поясничного I–IV крестцовых и частично IV поясничного спинномозговых нервов, иннервирует мышцы и частично кожу ягодичной области и промежности, кожу наружных половых органов, кожу и мышцы задней поверхности бедра, кости, суставы, мышцы и кожу голени и стопы, кроме небольшого участка кожи, который иннервируется подкожным нервом (из поясничного сплетения). Наиболее крупный нерв крестцового сплетения – *седалищный*. **Копчиковое сплетение** образовано

передними ветвями V крестцового и I копчикового нервов, его ветви иннервируют кожу в области копчика и в окружности заднего прохода.

Автономный отдел периферической нервной системы (вегетативная нервная система)

Автономный отдел, вегетативная (от лат. *vegeto* – «возбуждаю, оживляю») нервная система, координирует и регулирует деятельность внутренних органов, обмен веществ, постоянство внутренней среды организма, функциональную активность тканей. Пожалуй, наиболее важна универсальность этого отдела нервной системы, которая иннервирует весь (без исключения) организм, все органы и ткани. В то же время следует подчеркнуть, что все вегетативные функции связаны с анимальными. Автономный отдел имеет две части: симпатическую (от греч. *sympathies* – «чувствительный, восприимчивый к влиянию») и парасимпатическую (от греч. *para* – «возле, при»). Большинство внутренних органов иннервируется обеими частями вегетативной нервной системы, которые оказывают на них различное, иногда противоположное влияние. Каждая из них имеет центральную и периферическую части.

Центры автономного отдела расположены в четырех отделах головного и спинного мозга, три из них *парасимпатические* (рис. 72). В *среднемозговом* отделе находится ядро глазодвигательного нерва (III). В *бульбарном* (продолговатый мозг и мост) ядра лицевого (промежуточного) нерва (VII), языкоглоточного (IX) и блуждающего нерва (X). В *крестцовом* отделе крестцовые парасимпатические ядра, залегающие в латеральном промежуточном веществе II–IV крестцовых сегментов спинного мозга. Центр *симпатической части* (груднопоясничный) расположен в правом и левом боковых промежуточных столбах боковых рогах VIII шейного, всех грудных и I–II поясничных сегментов спинного мозга.

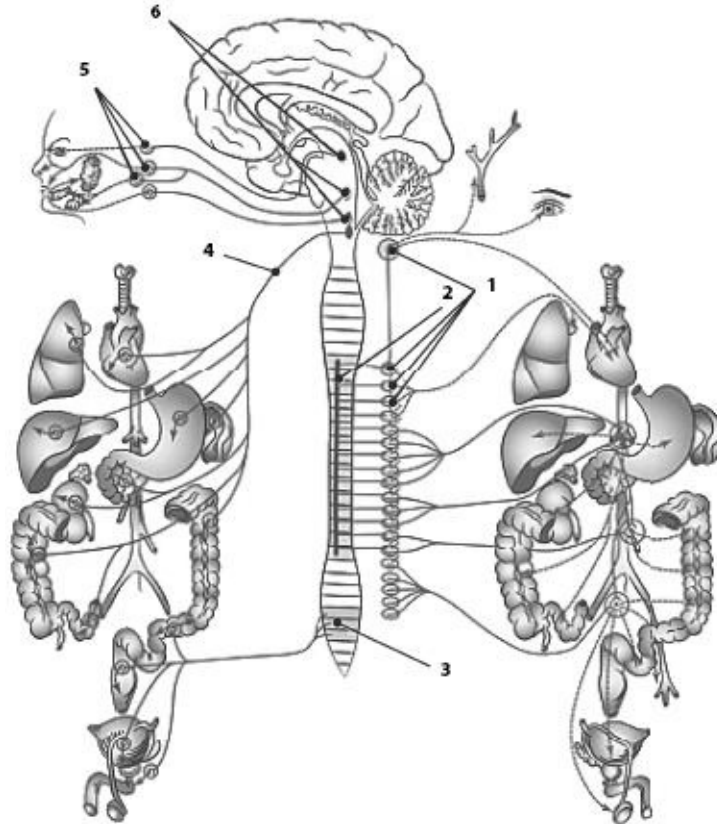


Рис. 72. Вегетивная (автономная) нервная система. Справа – симпатическая часть, слева – парасимпатическая часть. 1 – узлы симпатического ствола; 2 – боковые рога спинного мозга; 3 – крестцовый отдел парасимпатической части; 4 – блуждающий нерв; 5 – вегетативные нервные узлы парасимпатической части; 6 – головной отдел парасимпатической части

Периферическая часть автономного отдела образована выходящими из головного и спинного мозга вегетативными нервами, ветвями и нервными волокнами, вегетативными сплетениями и их узлами, лежащими впереди от позвоночника (предпозвоночные превертебральные) и рядом с позвоночником (околопозвоночные паравертебральные), а также расположенными вблизи крупных сосудов возле органов и в их толще; нервами, отходящими от этих узлов и сплетений к органам и тканям.

Одной из основных особенностей строения вегетативной нервной системы является наличие двухнейронного эфферентного пути: тело первого нейрона залегает в центральной части (вегетативные ядра в головном и спинном мозге), а второго – в вегетативном ганглии.

Рефлекторная дуга автономного отдела может быть представлена следующим образом (см. рис. 66). От рецепторов передается возбуждение

по волокнам чувствительных (афферентных) нейронов, расположенных в спинномозговых узлах либо в узлах черепных нервов или в узлах вегетативных сплетений. Аксон этого нейрона в составе задних корешков вступает в спинной мозг, направляясь в боковые рога, или в составе черепных нервов в вегетативные ядра среднемозгового или бульбарного отделов головного мозга. В боковых рогах, а также в указанных ядрах ствола головного мозга, залегают вставочные нейроны. Их аксоны выходят из мозга в составе передних корешков спинномозговых или черепных нервов. Это *преганглионарные (предузловые) волокна*, которые обычно миелинизированы. Они следуют к вегетативным ганглиям вегетативных сплетений (внеорганных или внутриорганных), где образуют синапсы с их клетками. В узлах лежат вторые нейроны эфферентного вегетативного пути. Их аксоны, выйдя из ганглиев, образуют *постганглионарные волокна* (чаще всего немиелинизированные), которые направляются к органам и тканям. Вегетативные волокна идут в составе соматических нервов или самостоятельно в виде вегетативных нервов, в оболочках стенок кровеносных сосудов.

ВНИМАНИЕ

Особенностью вегетативной нервной системы является образование сплетений, к которым подходят симпатические или парасимпатические преганглионарные волокна.

Околопозвоночные узлы симпатической части вегетативной нервной системы, соединяясь между собой с каждой стороны позвоночника межузловыми ветвями, образуют правый и левый *симпатические стволы*, расположенные по бокам от позвоночника. В каждом стволе различают три шейных, 10–12 грудных, четыре поясничных и четыре крестцовых узла. На передней поверхности крестца оба ствола сходятся, образуя непарный узел. Аксоны нейронов боковых рогов спинного мозга вначале идут в составе передних корешков спинномозговых нервов, затем в составе этих нервов и отходящих от них соединительных ветвей (белых) и вступают в симпатический ствол (*преганглионарные волокна*). Часть этих волокон заканчивается синапсами на клетках узлов симпатического ствола. Аксоны этих клеток в виде постганглионарных волокон выходят из симпатического ствола (паравертебральных узлов) в составе серых соединительных ветвей (немиелинизированные), присоединяются к спинномозговым нервам и иннервируют все органы и ткани, где эти нервы разветвляются, в том числе кровеносные сосуды, волосяные луковицы и потовые железы кожи.

Другая часть преганглионарных волокон (отростки клеток первого нейрона эфферентного пути) не прерывается в узлах симпатического ствола, а проходит через них транзитом и в составе ветвей симпатического ствола (внутренностных нервов) входит в узлы симпатических сплетений брюшной полости и таза (чревное, аортальное, брыжеечные, верхнее и нижнее подчревные). В узлах (превертебральных) этих сплетений преганглионарные волокна заканчиваются синапсами на нейронах узлов. Нервные клетки, расположенные в превертебральных узлах сплетений, являются *вторыми нейронами* эфферентного пути симпатической иннервации внутренних органов брюшной полости, таза, кровеносных и лимфатических сосудов.

Аксоны эфферентных нейронов, расположенных в узлах симпатических сплетений брюшной полости и таза, идут по двум направлениям: в составе вегетативных нервов, содержащих постганглионарные волокна, к внутренним органам; в виде постганглионарных волокон, расположенных в оболочках кровеносных сосудов, также к внутренним органам и другим органам, где эти сосуды разветвляются.

Преганглионарные волокна парасимпатической части обычно более длинные, чем преганглионарные симпатические, они идут в составе III, VII, IX и X пар черепных и II–IV крестцовых нервов. Аксоны парасимпатических нейронов доходят до околоорганных вегетативных узлов или органных узлов вегетативных сплетений (сердечного, легочного, пищеводного, желудочных, кишечного и др.), в которых залегают тела вторых эфферентных парасимпатических нейронов, чьи аксоны идут к рабочим органам. *Парасимпатическая часть глазодвигательного нерва* иннервирует ресничную мышцу и сфинктер зрачка. *Парасимпатическая часть лицевого нерва* иннервирует слезную железу, а также железы слизистой оболочки полости носа, неба, поднижнечелюстную и подъязычную слюнные железы. *Парасимпатическая часть языкоглоточного нерва* иннервирует околоушную слюнную железу. *Парасимпатическая часть блуждающего нерва* осуществляет парасимпатическую иннервацию гладкой мускулатуры и желез органов шеи, груди и живота. Крестцовый отдел парасимпатической части вегетативной нервной системы осуществляет парасимпатическую иннервацию гладких мышц и желез органов таза.

Влияние симпатической и парасимпатической частей автономного отдела различное (табл. 14).

Таблица 13

Влияние симпатической и парасимпатической части автономного отдела на органы (по Шмидту и Тевсу)

Орган или система	Стимуляция	
	<i>парасимпатических нервов</i>	<i>симпатических нервов</i>
Сердце	Уменьшение частоты сокращений	Увеличение частоты сокращений
	Уменьшение силы сокращений (предсердий)	Увеличение силы сокращений
<i>Кровеносные сосуды</i>		
Артерии кожи и слизистых		Сужение
Артерии брюшной полости		Сужение
Артерии скелетных мышц		Сужение Расширение (только под действием адреналина крови) Расширение (холинергическое)
Коронарные артерии	Расширение	Сужение Расширение (только под действием адреналина крови)
Артерии полового члена, а также, возможно, клитора и малых половых губ	Расширение	
Вены		Сужение
Сосуды мозга	Расширение	Сужение
<i>Желудочно-кишечный тракт</i>		
Продольные и циркулярные мышцы	Усиление моторики	Ослабление моторики
Сфинктеры	Расслабление	Сокращение

<i>Мочевой пузырь</i>		
Детрузор (мышца, выталкивающая мочу)	Сокращение	Расслабление
Внутренний сфинктер		Сокращение
<i>Половые органы</i>		
Семенные пузырьки		Сокращение
Семявыносящий проток		Сокращение
Матка		Сокращение Расслабление (в зависимости от вида животного и гормонального фона)
Мышца, расширяющая зрачок		Сокращение (мидриаз)
Сфинктер зрачка	Сокращение (миоз)	
Цилиарная мышца	Сокращение (аккомодация)	Незначительное расслабление
Трахеобронхиальные мышцы	Сокращение	Расслабление (в основном под действием адреналина)
Мышцы, поднимающие волосы		Сокращение
<i>Эзокринные железы</i>		
Слюнные железы	Обильное выделение серозного секрета	Небольшое выделение слизистого секрета (из подчелюстной железы)
Слезные железы	Секреция	
Пищеварительные железы	Секреция	Снижение секреции
Железы носоглотки	Секреция	
Бронхиальные железы	Секреция	
Потовые железы		Секреция (холинергическая)
<i>Метаболизм</i>		
Печень		Гликогенолиз Гликонеогенез
Жировые клетки		Липолиз (повышение уровня свободных жирных кислот в крови)
Секреция инсулина (В-клетками островка Лангерганса)		Снижение

Осуществление функций нервной системы возможно благодаря функциональному объединению ее анатомических структур в функциональные системы, каждая из которых включает в себя все анатомические образования, участвующие в выполнении определенных функций. Перечислим некоторые из них. *Лимбическая* (от лат. *Limbus* – «край») *система* – комплекс образований, объединяющих внутренние края коры полушарий большого мозга, регулирует эмоции. *Сенсорная* (от лат. *sensus* – «чувство, ощущение») *система* объединяет рецепторы

(воспринимающие аппараты) в органах чувств и в собственном теле, которые трансформируют энергию раздражения (например, световых или звуковых волн) в энергию нервного импульса; нервы, по которым импульс направляется в центральную нервную систему; ядра (скопления нейронов) в спинном и головном мозге, где происходит переключение этих импульсов, и, наконец, корковые центры. Сенсорные системы воспринимают специфические ощущения. *Двигательная система* включает в себя двигательные центры коры больших полушарий, которые запускают движения; базальные ганглии больших полушарий, мозжечок, таламус (зрительный бугор), которые координируют движения; двигательные нейроны спинного мозга, которые передают команды, поступающие из двигательного центра мышцам, и, наконец, мышцы с их нервными механизмами, которые осуществляют движение.

Лимбическая, сенсорная и двигательная системы тесно связаны между собой, ибо ощущения, приобретая эмоциональную окраску, приводят к движению.

Регуляторные системы включают в себя гипоталамус и гипофиз, которые осуществляют контроль информации, поступающей из внутренней среды организма, регуляцию всех функций организма и сохранение постоянства внутренней среды через вегетативные нервы, гипофиз и железы внутренней секреции. *Системы, ответственные за человеческие психические функции* (сознание, мышление, речь, научение, память, творчество, сексуальность) и поведение, включают кору полушарий большого мозга и его ствол. Эти системы функционально связаны с предыдущими.

Высшая нервная деятельность

Высшая нервная деятельность (ВНД) – это интегративная функция коры полушарий большого мозга и подкорковых центров, обеспечивающая наиболее оптимальное приспособление человека и (животных) к окружающей среде. ВНД основана на взаимодействии врожденных безусловных рефлексов и приобретенных условных рефлексов, в котором у человека важную роль играет речь вторая сигнальная система.

И.М. Сеченов(1829–1905) в книге «Рефлексы головного мозга» распространил рефлекторный принцип на все виды сознательной и бессознательной деятельности организма, включая и психику. И.П. Павлов (1849–1935) разработал лабораторные методы объективного изучения приспособительной деятельности человека и животных, в первую очередь метод условных рефлексов. И.П. Павлов впервые установил, что в основе психической деятельности человека лежат физиологические процессы, происходящие в коре полушарий большого мозга.

Особенности высшей нервной деятельности человека

Человек воспринимает внешний мир органами чувств, т. е. первой сигнальной системой. Общими для животных и человека являются анализ и синтез конкретных сигналов, предметов и явлений внешнего мира, составляющих первую сигнальную систему. Однако только человек обладает второй сигнальной системой действительности, специфическим раздражителем которой является слово с заложенным в него смыслом, слово, которое обозначает предметы и явления окружающего мира.

ВНИМАНИЕ

И.П. Павлов называет второй сигнальной системой действительности нервные процессы, возникающие в полушариях большого мозга в результате восприятия сигналов окружающего мира в виде речевых обозначений предметов и явлений.

Слово воспринимается человеком как услышанное (слуховой анализатор), как написанное (зрительный анализатор) или как произнесенное (двигательный анализатор). Во всех случаях данные

раздражители объединяются смыслом слова. Слова приобретают смысл в результате возникновения прочной связи в коре полушарий большого мозга между центрами возбуждения, возникающими под действием конкретных объектов окружающего мира, и центрами возбуждения, возникающими при произнесении слов, обозначающих эти предметы или действия. В результате образования таких связей **слова могут заменить конкретный раздражитель окружающей среды и сделаться его символом**. Наличие второй сигнальной системы вносит новый принцип в деятельность мозга человека. Слово как сигнал сигналов дает возможность отвлечься от конкретных предметов и явлений. Развитие словесной сигнализации сделало возможным обобщение и отвлечение, что находит свое выражение в характерных для человека явлениях мышления и понятиях. Способность мыслить путем абстрактных (отвлеченных) образов, понятий, выражаемых произнесенными или написанными словами, сделало возможным возникновение абстрактно-обобщенного мышления.

Вторая сигнальная система человека является основой сугубо человеческого словесно-логического мышления, основой формирования знаний об окружающем мире посредством словесных абстракций и основой человеческого сознания.

Типы нервной деятельности

Нервные реакции у разных людей различают по силе и подвижности. Эти индивидуальные особенности обусловлены взаимоотношениями процессов возбуждения и торможения. На основании различий нервных реакций, в первую очередь по силе нервных процессов, И.П. Павлов выделил сильный и слабый типы нервной системы. Сильный тип нервной системы может быть неуравновешенным или уравновешенным. *Неуравновешенный тип* (безудержный, холерик) отличается повышенной возбудимостью, взрывчатостью, процессы возбуждения преобладают над процессами торможения. *Уравновешенный тип* нервной системы может различаться по подвижности нервных процессов, по скорости реагирования, перестройке поведения. При *подвижном типе* нервных процессов (сангвиник) возможна быстрая переориентация в ответ на смену жизненных обстоятельств. При *инертном типе* нервной системы (флегматик) переориентация деятельности дается с трудом, протекает медленно.

Типы нервной системы, выделенные И.П. Павловым, соответствуют

классификации темпераментов человека, предложенной почти 2500 лет назад великим врачом древнего мира Гиппократом. Он подразделял людей по темпераменту на *холериков* (неуравновешенных, легковозбудимых), *сангвиников* (уравновешенных, с живой, подвижной нервной системой оптимистов), *флегматиков* (уравновешенных, спокойных, рассудительных, инертных) и *меланхоликов* (слабый тип нервной системы: мрачные, подавленные, вечные скептики).

Тип нервной системы наследуется, однако существенное влияние на него оказывает окружающая среда. Особенности характера формируются в индивидуальной жизни человека. *Слабый тип* (меланхолик) формируется при воспитании в тепличных условиях, когда за ребенка все и всегда решают взрослые, когда ему шагу не дают сделать самостоятельно, лишают его инициативы. Изоляция ребенка от трудностей, от влияния внешней среды, даже при врожденном сильном типе нервной системы, может сформировать лишь пассивно-защитные реакции. Постановка слишком трудных, непосильных задач может вызвать перенапряжение корковых процессов возбуждения или торможения, что приводит к срывам нервной деятельности, неврозам. Психические функции у человека нарушаются при действии алкоголя, наркотиков, при этом серьезно страдают механизмы нервных процессов.

В зависимости от преобладания у человека функции первой или второй сигнальной систем различают три типа высшей нервной деятельности. *Художественный тип*. Это люди, у которых восприятие внешней среды отличается яркой образностью. Первая сигнальная система доминирует. *Мыслительный тип*. Доминирует вторая сигнальная система, преобладает способность к анализу и синтезу, установлению причинно-следственных связей. *Средний тип*. Роль обеих сигнальных систем уравновешена.

Интегративная функция нервной системы

Интегративные функции лежат в основе ритмов мозга, в т. ч. цикла «сон—бодрствование», сознания и мышления, членораздельной речи, научения и памяти, мотиваций и эмоций, интеллекта и творчества. Морфологическим субстратом интегративных функций является кора полушарий большого мозга, а именно новая кора и лимбическая система. Интегративные функции ЦНС не связаны с управлением движениями и вегетативными функциями, а также с обработкой сигналов, поступающих от органов чувств.

Ритмы мозга

Жизнедеятельность организма человека происходит ритмично, и эта ритмичность также координируется и регулируется нервной системой. Ритмы подчиняются общему принципу иерархичности строения живого. Так, существуют клеточные, тканевые, органые, системные и организменные ритмы. Различают несколько типов биологических ритмов: *околосуточные*, или *циркадианные* (от лат. *Circa* – «около»; *dies* – «день»), это ритмы с периодичностью примерно равной суткам. У человека их около 300. Основной из них – это *цикл сна и бодрствования*, с которым синхронизированы многие другие, например суточные колебания температуры тела, выделения многих гормонов, мочеотделение, подъем и спад умственной и физической работоспособности. *Инфрадианные* (от лат. *infra* – «меньше») ритмы более продолжительные, они повторяются реже одного раза в сутки. Например, репродуктивный цикл у женщины. Хорошо изучены сезонные и годовые ритмы животных.

Большинство людей ощущают сезонные ритмы. В последние годы изучены и описаны трехлетние и семилетние циклы у людей. Так, например, у многих спортсменов достижения подчиняются трехлетним ритмам, у многих художников, поэтов, композиторов, писателей творческие подъемы и спады подчиняются семилетним ритмам. Все они начинаются с рождения человека и протекают в течение всей жизни. *Ультрадианные* (от лат. *ultra* «сверх») ритмы повторяются чаще одного раза в сутки, например фазы сна и бодрствования. У человека наблюдаются циклические колебания познавательной деятельности и внимания с периодом 90–100 мин. Цикличность электрической активности мозга,

независимо от сна или бодрствования, составляет около 90 мин. В основе ритмов лежат взаимоотношения между Солнцем, Землей и Луной. Все циркадианные ритмы связаны с главным ритмом природы вращением Земли.

Сон и бодрствование

Сон – это не перерыв в деятельности мозга, а просто иное состояние сознания». Во время сна активно функционируют нейроны, причем во сне спонтанная активность многих нейронов даже усиливается.

Сон является одной из важных биологических потребностей вида «человек разумный». Назначение его до конца не известно.

Сознание и мышление

Сознание – это, пожалуй, главный признак существования человека, которое характеризуется в первую очередь осознанием своего «я», своей собственной индивидуальности и индивидуальности других людей.

Морфологической основой сознания являются функционирующие нейроны коры больших полушарий головного мозга. Сознание порождается в результате определенной функциональной активности ЦНС в процессе взаимодействия коры больших полушарий и подкорковых структур. Важнейшую роль играет ретикулярная формация.

Мышление – это понимание и способность манипулировать словесными символами, или понятиями. Мышление представляет собой процесс познавательной деятельности человека, который предполагает мысленную манипуляцию любыми словесными символами, идеями, образами, суждениями, воспоминаниями, понятиями, образами восприятия, убеждениями или намерениями. Мышление включает решение задач, интеллектуальные функции, творчество, научение, память, воображение и т. д. В основе мышления лежат память и членораздельная речь, иными словами, *мышление вербально*. Мышление является функцией мозга. Главную роль в этом процессе играют лобные доли больших полушарий головного мозга. Сущность мышления – это мысленное моделирование человеком различных событий.

Членораздельная речь

Сознание человека тесно связано с членораздельной речью и зависит от нее. Человек осознает только те предметы и явления, которые превращаются в словесные символы. Большинство животных общаются между собой с помощью различных сигналов. Членораздельная речь уникальна и отличается от этих сигналов, которые, кстати, существуют и у человека (например, гримаса или вскрик боли), тем, что передает не только то, что имеется в настоящее время в данной конкретной ситуации, но и то, что было в прошлом, что может произойти в будущем. Речь передает сведения об опыте, которым говорящий не обладает. И.П. Павлов назвал речь *второй сигнальной системой*, которая отличается от *первой (органы чувств)* отвлечением и обобщением.

В коре полушарий большого мозга находятся три важнейших центра, связанных с речью: *зрительный* на медиальной поверхности затылочных долей в области шпорной борозды; *слуховой* в обеих височных долях; *сомато-сенсорный* в прецентральных извилинах обоих полушарий, именно его нейроны управляют мышцами лица, туловища и конечностей. Следует знать о *межполушарных различиях*, открытых Р. Сперри, который показал, что изолированное левое полушарие столь же эффективно обеспечивает сознание человека и членораздельную речь как оба полушария, в то время как изолированное правое полушарие не может обеспечить устную и письменную речь.

Левое полушарие не только воспринимает речь, но и генерирует звуки речи. Левое полушарие доминирует и в двигательных актах речи. Правое полушарие способствует выделению сигналов из шума, опознает интонации и музыкальные мелодии, оно обеспечивает понимание устной и письменной речи, участвует в модуляции голоса. Однако правильнее говорить не о доминировании левого полушария, а о взаимодополняющей специализации обоих полушарий с преобладанием речевых функций (как правило) у левого.

Именно левое полушарие определяет, главным образом, лингвистические (вербальные) способности человека. Коровые центры левого полушария играют основную (специфическую) роль в восприятии, запоминании и воспроизведении речи. Только их нормальное функционирование приводит к полноценной речевой функции.

Научение и память

Научение – это процесс усвоения знаний или овладения ими. Самая

простая и самая распространенная форма научения – это *привыкание*. *Память* – это психическая функция сохранения информации о каких-либо раздражениях, а также идеях, образах, событиях после того, как они уже не действуют на человека, и способность сохранять и впоследствии использовать (извлекать) эту информацию. Память характеризуется пятью процессами: *запоминание информации*, ее *сохранение*, *извлечение*, *воспроизведение* и *забывание*.

ВНИМАНИЕ

Основная отличительная особенность памяти человека – способность формулировать идеи в виде словесных символов и сохранять их в абстрактной форме.

Различают три вида памяти. *Сенсорная память*. Информация, полученная рецепторами, сохраняется около 1/4 с, в течение которых в головном мозгу решается вопрос о необходимости ее сохранения. *Кратковременная (первичная) память*. Если сенсорная информация необходима мозгу, она обрабатывается, интегрируется и сохраняется около 20 с. Емкость кратковременной памяти ограничивается семью элементами (от 5 до 9). Если необходимо сохранить в кратковременной памяти большее число элементов, мозг группирует их в соответствующее количество. Кратковременная память является основой выполнения текущих поведенческих и мыслительных операций. *Долговременная память*. Если информация, хранящаяся в кратковременной памяти, не нужна или не используется, она быстро стирается. Если она необходима, то переводится в долговременную память. Чем чаще человек извлекает эту информацию, тем лучше она фиксируется. Долговременная память зависит от частоты повторения, от контекста, уровня мотивации, т. е. необходимости запомнить ту или иную информацию. Долговременную память подразделяют на вторичную и третичную. Долгосрочная память является основным видом памяти человека, благодаря ей человек может существовать как индивидуум. В этой памяти хранятся все без исключения образы, события, знания, умения, навыки. Долговременная память является основой условнорефлекторной деятельности человека. *Забывание*. Способность забывать имеет огромное значение в выживании людей. Мозг должен освобождаться от ненужного груза впечатлений и сведений. Память как бы сама регулирует нагрузку, готовится к приему новой информации. При этом старая информация не исчезает бесследно, но переходит из активной памяти в пассивную, откуда иногда ее удается

извлечь. Это замечательное свойство спасает многих людей в трагических ситуациях. Забывание зависит от многих причин: если информация, хранящаяся в памяти не используется, она забывается; помехи, связанные с наложением какой-то предшествующей или последующей информации; также способствует забыванию предыдущих сведений, часто происходит подавление или активное забывание, связанное с бессознательной психической защитой.

Распространенное заблуждение, что если возрастом память ухудшается. Это не совсем так. Память ухудшается, если ее не тренировать. Безделье – худший враг памяти. При высокой умственной активности память сохраняется независимо от возраста. Особенно важно это для людей старше 70–80 лет.

Поведение

Поведение включает различные действия, деятельность, реакции, движения, процессы, операции, совершаемые индивидуумом. Поведение человека связано с его умственной деятельностью, мышлением, способностью к умозаключениям и членораздельной речью. Формы поведения человека принято подразделять на врожденные и приобретенные. Наследственно закрепленные рефлексы лежат в основе приспособительных поведенческих актов, проявляющихся без предварительного обучения. И.П. Павлов рассматривал врожденное поведение как совокупность сложнейших безусловных рефлексов (инстинктов).

Индивидуальный опыт приобретается различными путями, в основе которых лежит общая способность живых организмов к обучению. Поведение человека – это, во-первых, генетически детерминированная видоспецифическая программа, а во-вторых, гибкая система конкретных приспособлений к изменяющимся условиям внешней среды. Среди факторов, ответственных за организацию конкретного поведения, выделяют генетические, субъективные (мотивации и эмоции) и объективные внешние (пространство и время). Важную роль играет *пищевое поведение* (поиск пищи, слюноотделение, усиление двигательной активности и кровообращения желудочно-кишечного тракта и т. д.); *половое поведение*, направленное на реализацию человеческой сексуальности, включая репродукцию; *социальное поведение* (взаимоотношения в социальной группе).

Поведенческие реакции человека могут быть вызваны воздействием на организм физиологически значимых раздражителей внешней или внутренней среды и возникновением *потребностей*. В настоящее время общепризнанно, что все формы поведения имеют определенный мотив, т. е. направлены на удовлетворение потребностей организма. И.П. Павлов считал потребности фундаментом поведения и психики «рефлексом цели». Различают три вида потребностей: биологические, социальные и идеальные (И.В. Симонов). *Биологические*, или *жизненные*, потребности направлены на сохранение целостности организма и вида (потребности в еде, питье, сне и т. д.).

Социальные – это потребности принадлежать к определенной группе и следовать поведенческим нормам данной группы, следовать нравственным и эстетическим нормам общества. *Идеальные* потребности, или потребности познания и творчества, – это потребности человека в познании мира и своего места в нем, смысла жизни, потребности приобретения знаний. Биологические потребности являются преимущественно врожденными, в то время как социальные и идеальные приобретаются в процессе индивидуального развития на основе биологических потребностей. Согласно *иерархической теории потребностей человека*, созданной американским психологом А. Маслоу, самореализация является высшей потребностью человека. Путь к ней идет через последовательное удовлетворение нижележащих потребностей.

Самореализация человека – это любовь и творчество (*рис. 73*).



Рис. 73. Иерархия потребностей человека (по Ж. Годфруа, с изм.)

Мотивация

Мотивация (лат. *movere* – «двигаться» или франц. *motif* – «побудительная причина»). «Мотивация это совокупность факторов, определяющих поведение» (Ж. Годфруа, 1992). Мотивации связаны, в первую очередь, с потребностями человека и его влечениями. Мотивация всегда порождается потребностью. Мотивация это толчок к целенаправленному действию, вызванный потребностью. **Влечение** – это внутреннее состояние человека, заставляющее его действовать определенным образом. Склонность к добру и склонность ко злу – два врожденных инстинкта, свойственные каждому человеку и оказывающие влияние на принимаемые им решения.

Мотивации человека, лежащие в основе его поведения, неотделимы от эмоций. **Эмоции** (от лат. *emovere* «возбуждать, волновать») – это психические переживания, душевные волнения, возникающие в результате воздействия тех или иных стимулов внешней или внутренней среды. Различают десять фундаментальных эмоций: интерес, радость, удивление, горе, гнев, отвращение, презрение, страх, стыд, вина. Эти функциональные эмоции, взаимодействуя между собой, могут создавать устойчивые

комплексы (например, любовь, враждебность, тревожность, депрессия и др.). *Эмоция* – психическое переживание, душевное волнение, которое может быть приятным или неприятным для человека. Эмоции имеют обычно три составляющие: субъективную, физиологическую и поведенческую. Например, страх может доставлять человеку неприятные субъективные ощущения, приводить к изменению некоторых физиологических характеристик (например, к учащению сердцебиения, усиленному потоотделению и т. д.) и заставлять его избегать таких ситуаций, которые провоцируют у него страх.

Эмоции проявляются в виде субъективных переживаний человека, в его поведении и реакциях вегетативной нервной системы. Эмоции связаны и с удовлетворением потребностей. Анатомическим субстратом эмоции являются *лимбическая система, ретикулярная формация, гипоталамус, кора лобных долей больших полушарий головного мозга* (см. раздел «Головной мозг», с. XX). Реализация эмоций осуществляется лимбической системой мозга, все структуры которой связаны между собой многочисленными прямыми и обратными нервными связями.

Эмоции могут быть положительными и отрицательными: чувство безопасности и страх, любовь и ненависть, радость и горе, симпатия и антипатия, расположение и гнев и др. Положительные эмоции способствуют сохранению и укреплению здоровья и долголетию, отрицательные ухудшают здоровье, угнетают защитные силы организма. Интенсивность эмоций связана с уровнем активации организма, но направленность эмоций, их положительная или отрицательная окраска зависит от того, как человек воспринимает данную ситуацию оптимисты воспринимают эмоции иначе, чем пессимисты. Первые легче достигают самоуважения и самореализации, чем вторые.

ВНИМАНИЕ

Оптимисты менее подвержены заболеваниям сердечно-сосудистой системы, злокачественным заболеваниям, стрессу и т. д.

Интеллект

Память и членораздельная речь являются основой мышления. Мышление – это процесс познавательной деятельности, характеризующийся обобщенным и опосредованным отражением действительности. Интеллект человека связан с мышлением (от лат.

intellectus «ум, рассудок, разум») человека.

Интеллект – это глобальная способность разумно действовать, рационально мыслить и хорошо справляться с жизненными обстоятельствами, т. е. адаптироваться к постоянно меняющимся условиям внешней среды. Различают *конкретный интеллект*, который позволяет решать ежедневные практические проблемы; *абстрактный интеллект*, с помощью которого человек способен оперировать абстрактными символами. Абстрактный интеллект связан с разговорной речью. Человек рождается, имея генетически детерминированные определенные врожденные способности (*потенциальный интеллект*). Использование их, решение различных проблем способствует развитию *кристаллического интеллекта*, который включает в себя знания в различных областях. Иными словами, потенциальный интеллект является основой развития кристаллического, который формируется в результате взаимодействий первого с внешней средой.

Физическое и психическое состояние матери во время беременности оказывает большое влияние на потенциальный интеллект ребенка. После его рождения важную роль играет питание, психическая стимуляция, количество детей в семье, социальное положение, тип воспитания в семье и многие другие факторы.

В начале XX в. немецкий психолог **Штерн** разработал концепцию *коэффициента интеллектуальности (IQ)*, согласно которой у нормального ребенка интеллектуальный (умственный) и хронологический возраст совпадают. Сегодня существуют специальные таблицы, позволяющие оценить IQ у людей различных возрастных групп. Серьезные исследования, проведенные уже во второй половине XX в., показали, что примерно у 70 % людей IQ лежит в пределах от 84 до 116 баллов, около 2 % страдают умственной отсталостью ($IQ < 70$), у 13 % интеллект снижен (70–84), у 13 % – повышен (116–132) и примерно 2 % имеют очень высокий интеллект – сверходаренные люди. Однако многочисленные исследования показали, что сверходаренные люди далеко не всегда гениальные художники, ученые, музыканты, писатели. Они удачливы, имеют прекрасное социальное положение, довольны жизнью. И этого вполне достаточно.

Органы чувств

Ощущения, вызванные внешней средой, воспринимаются органами чувств. *Органы чувств* (анализаторы) – это комплекс анатомических структур, которые воспринимают энергию внешнего раздражения, превращают ее в нервный импульс и передают в определенные отделы мозга, в т. ч. и в кору головного мозга, где происходит высший анализ и синтез. К органам чувств относятся органы зрения, слуха, вкуса, обоняния, кожного чувства, чувства земного тяготения (гравитации). С помощью органов чувств человек не только «ощущает» внешний мир, благодаря труду и членораздельной речи, на основе ощущений у человека возникли особые, присущие только ему социальные формы отражения сознания, самосознание и способность предвидения (прогнозирования).

И.П. Павлов разработал принципиально новое учение об анализаторах. Согласно ему каждый анализатор является комплексным «механизмом», который не только воспринимает сигналы внешней среды и преобразует их энергию в нервный импульс, но и производит высший анализ и синтез. Каждый анализатор состоит из трех частей: *периферической*, которая воспринимает энергию внешнего раздражения и перерабатывает ее в нервный импульс; *проводящих путей*, по которым нервный импульс следует к нервному центру; *коркового конца анализатора*, расположенного в соответствующих участках коры головного мозга, где происходит высший анализ (см. раздел «Головной мозг», с. XV).

Под влиянием различных воздействий внешней среды (стимулов) в периферической части анализатора возникают потенциалы, которые вызывают возбуждение чувствительных (афферентных) нервных волокон. Они передаются в корковые концы анализаторов сенсорные центры коры полушарий большого мозга. Любое ощущение имеет четыре параметра: пространственный, временной, количественной (интенсивность) и качественный (модальность). Каждый анализатор реагирует оптимально только на определенные адекватные стимулы. Однако специфичность анализаторов связана со специфичностью рецепторов и характером центральной обработки информации. Каждый нейрон сенсорной системы имеет свое рецептивное поле, представляющий собой все точки периферического отдела анализатора, возбуждение которых влияет на данный нейрон. В проводящих путях, по которым импульс следует к корковому концу анализатора, имеется несколько ядер (в спинном мозге,

стволе, головном мозге и таламусе). В нейронах, залегающих в этих ядрах, происходит переключение импульса. Все эти структуры и кора объединены в афферентную систему. Из нее информация направляется в системы, осуществляющие сличение и интеграцию сигналов, поступающих от различных анализаторов, с информацией, которая хранится в памяти.

Орган зрения

Орган зрения состоит из глазного яблока, расположенного в глазнице, со зрительным нервом и вспомогательных органов глаза.

Глазное яблоко

Глазное яблоко человека шаровидной формы, относительно велико, его объем у взрослого человека в среднем $7,448 \text{ см}^3$. Глазное яблоко состоит из ядра, покрытого тремя оболочками: фиброзной, сосудистой и внутренней, или сетчаткой (рис. 74). Снаружи глазное яблоко покрыто фиброзной оболочкой, которая подразделяется на задний отдел склеру и прозрачный передний роговицу. *Склера* – плотная соединительнотканная оболочка толщиной 0,3–0,4 мм в задней части, 0,6 мм вблизи роговицы. *Роговица* – прозрачная выпуклая пластинка блюдцеобразной формы толщиной около 0,8–1,2 мм, лишенная кровеносных сосудов. Ее питание происходит за счет диффузии из сосудов склеры и жидкости передней камеры глаза.

Сосудистая оболочка глазного яблока расположена под склерой, толщина ее 0,1–0,22 мм. Она богата кровеносными сосудами и состоит из трех частей: собственно сосудистой оболочки, ресничного тела и радужки. Основу *собственно сосудистой оболочки* составляет сосудистая пластинка густая сеть переплетающихся между собой артерий и вен, между которыми располагается рыхлая волокнистая соединительная ткань, богатая крупными пигментными клетками. Впереди собственно сосудистая оболочка переходит в утолщенное ресничное тело кольцевидной формы, которое участвует в аккомодации глаза, поддерживая, фиксируя и растягивая хрусталик.

Ресничное тело подразделяется на две части: внутреннюю *ресничный венец* и наружную *ресничный кружок*. От поверхности последнего по направлению к хрусталику отходят 70–75 *ресничных отростков* длиной около 2 мм каждый, к которым прикрепляются волокна *ресничного пояса* (цинновой связки), идущие к хрусталику. Сзади ресничное тело и его отростки покрыты ресничной частью сетчатки. Большая часть ресничного тела это *ресничная мышца*. Сокращение мышцы приводит к расслаблению волокон ресничного пояса (цинновой связки), хрусталик расправляется, округляется, вследствие этого выпуклость хрусталика и его преломляющая

сила увеличиваются, происходит аккомодация на близлежащие предметы. После 70–765 лет миоциты частично атрофируются, вместо них развивается соединительная ткань, что приводит к нарушению аккомодации.

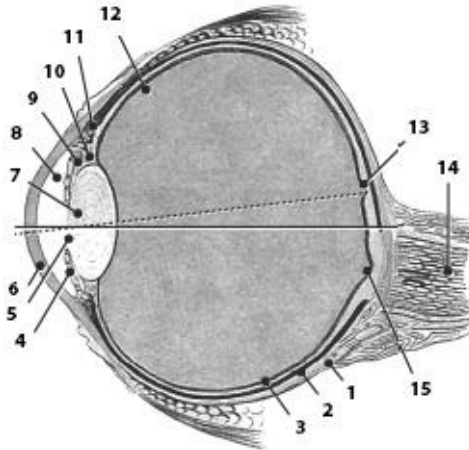


Рис. 74. Строение глазного яблока. Горизонтальный разрез. 1 – фиброзная оболочка (склера); 2 – собственно сосудистая оболочка; 3 – сетчатка; 4 – радужка; 5 – зрачок; 6 – роговица; 7 – хрусталик; 8 – передняя камера глазного яблока; 9 – задняя камера глазного яблока; 10 – ресничный пояс; 11 – ресничное тело; 12 – стекловидное тело; 13 – центральная ямка; 14 – зрительный нерв; 15 – диск зрительного нерва. Сплошной линией показана наружная ось глаза, пунктирной – зрительная

Ресничное тело кпереди продолжается в *радужку*, которая представляет собой круглый диск с отверстием в центре (*зрачок*). Радужка расположена между роговицей и хрусталиком. Она отделяет *переднюю камеру глаза*, ограниченную спереди роговицей, от *задней камеры*, ограниченной сзади хрусталиком. Зрачковый край радужки зазубрен, латеральный периферический ресничный край переходит в ресничное тело. В толще сосудистого слоя радужки проходят две мышцы: циркулярно в зрачковой зоне расположены пучки миоцитов, которые образуют *сфинктер зрачка* (суживатель). Пучки миоцитов, расширяющих зрачок, *дилататор зрачка* (расширитель) имеют радиальное направление и лежат в задней части сосудистого слоя. Дилататор зрачка иннервируется симпатическими, сфинктер парасимпатическими волокнами.

Различное количество и качество пигмента меланина обуславливает цвет глаз: карий, черный (при наличии большого количества пигмента) или голубой, зеленоватый (если мало пигмента).

Внутренняя (светочувствительная) оболочка глазного яблока, сетчатка, на всем протяжении прилежит к сосудистой оболочке. Она состоит из двух листков: внутреннего светочувствительного (нервная часть) и наружного пигментного. В сетчатке различают две части: заднюю зрительную и переднюю (ресничную и радужковую). Последняя не содержит фоторецепторов. В сетчатке различают 10 слоев. Однако с функциональной точки зрения главной является радиально ориентированная трехнейронная цепь, состоящая из наружного фоторецепторного, среднего ассоциативного и внутреннего ганглионарного нейронов (см. рис. 74). К сосудистой оболочке прилежит слой пигментных клеток, лежащих на базальной мембране. К пигментному эпителию прилежит *слой палочек и колбочек*, которые представляют собой периферические отростки фоторецепторных клеток (первый нейрон). От внутренней поверхности пигментных клеток отходит по 8–10 цитоплазматических отростков, заполненных пигментом меланином, отделяющих друг от друга палочки и колбочки. Каждая *палочка* состоит из наружного и внутреннего сегментов. В наружном светочувствительном сегменте лежат мембранные диски, в которую встроен зрительный пурпур родопсин. Во внутреннем сегменте залегают органеллы клетки. *Колбочки* отличаются от палочек большей величиной и характером дисков. В наружном сегменте колбочек располагаются полудиски, которые сохраняют связь с мембраной. Зрительный пигмент поглощает часть падающего на него света и отражает остальную часть. Каждая палочка или колбочка содержит пигмент, который лучше поглощает свет определенной длины волн. Поглощая фотон света, зрительный пигмент меняет свою конфигурацию. При этом освобождается энергия, которая используется для осуществления цепи химических реакций, что и приводит к возникновению нервного импульса.

Количество колбочек в сетчатке глаза человека достигает 6–7 млн, количество палочек – в 10–20 раз больше. В области желтого пятна имеются лишь колбочки, причем они уже и длиннее, чем на остальной сетчатке, палочки воспринимают слабый свет, действующий в темноте, колбочки при ярком свете. Цветовое зрение связано с функционированием колбочек разного типа. Палочки воспринимают информацию об освещенности и форме предметов. При попадании света на палочки и колбочки (отростки первых нейронов) генерируется нервный импульс, который передается биполярным нейронам (вторые нейроны), от них ганглиозным нейронам (третьи нейроны). Аксоны последних формируют зрительный нерв, который выходит из глазницы через канал зрительного

нерва.

Хрусталик – абсолютно прозрачная двояковыпуклая линза диаметром около 9 мм. Коэффициент светопреломления хрусталика в поверхностных слоях равен 1,32, в центральных – 1,42. Хрусталик как бы подвешен на цинновой связке, волокна которой также прозрачны, они сливаются с веществом хрусталика и передают ему движения ресничной мышцы. При натяжении связки (расслабление ресничной мышцы) хрусталик уплощается (установка на дальнее видение), при расслаблении связки (сокращение ресничной мышцы) выпуклость хрусталика увеличивается (установка на ближнее видение). Это и называется аккомодацией глаза.

Стекловидное тело заполняет пространство между сетчаткой, хрусталиком и задней стороной ресничного пояска. Оно представляет собой аморфное межклеточное вещество желеобразной консистенции, его индекс светопреломления 1,334. На передней поверхности стекловидного тела имеется ямка, в которой располагается хрусталик.

Камеры глаза. Радужка разделяет пространство между роговицей, с одной стороны и хрусталиком с цинновой связкой и ресничным телом, с другой, на две камеры – переднюю и заднюю, сообщающиеся между собой через зрачок. Они играют важную роль в циркуляции водянистой влаги. *Водянистая влага* жидкость с очень низкой вязкостью, она содержит около 0,02 % белка, благодаря отсутствию фибриногена она не сворачивается. Водянистая влага вырабатывается капиллярами цилиарных отростков и радужки.

Световые лучи проходят через роговицу, водянистую влагу передней камеры, зрачок, водянистую влагу задней камеры, хрусталик, стекловидное тело и, наконец, попадает на сетчатку. При этом пучок света направляется благодаря светопреломляющим средам (и в первую очередь аккомодации хрусталика) на *желтое пятно* сетчатки, являющееся зоной наилучшего видения.

На нижней поверхности мозга образуется перекрест зрительных нервов, причем перекрещиваются лишь волокна, идущие от медиальной части сетчатки. В каждом зрительном тракте проходят волокна, несущие импульсы от клеток медиальной половины сетчатки противоположного глаза и латеральной половины своей стороны. Часть волокон зрительного тракта после «переключения» в одном из подкорковых центров (нейроны латерального коленчатого тела) несет импульсы к клеткам коры затылочной доли больших полушарий возле шпорной борозды, где и заканчиваются (корковый конец зрительного анализатора). Другая часть волокон образует синапсы с нейронами верхнего холмика четверохолмия,

откуда нервные импульсы следуют в ядра глазодвигательного нерва, иннервирующие мышцы глаза, мышцу, суживающую зрачок, и ресничную. Таким образом, в ответ на попадание световых волн в глаз, зрачок суживается, а глазные яблоки поворачиваются в направлении пучка света.

Вспомогательные органы глаза

Мышцы глазного яблока. Глазное яблоко может лишь вращаться так, чтобы на рассматриваемом предмете сходились обе зрительные оси. Четыре прямые (верхняя, нижняя, медиальная, латеральная) и две косые (верхняя и нижняя) поперечнополосатые мышцы составляют двигательный аппарат глаза. Благодаря содружественному действию указанных мышц движения обоих глазных яблок согласованы.

Веки кожные складки, ограничивающие глазную щель и закрывающие ее при смыкании, защищают глазное яблоко спереди. В толще век расположены хрящи слезные (мейбомиевы) железы. Передняя поверхность век покрыта кожей, задняя – выстлана конъюнктивой, которая продолжается в конъюнктиву глаза, ограничивающую конъюнктивальный мешок. По краям век располагаются в 2–3 ряда ресницы, в их волосяные сумки открываются выводные протоки слезных и потовых ресничных желез.

Слезный аппарат включает в себя слезную железу и систему слезных путей. *Слезная железа*, расположенная в ямке слезной железы лобной кости, продуцирует слезу, которая имеет слабощелочную реакцию. В слезе имеется лизоцим, обладающий бактерицидным действием.

От 5 до 12 выводных канальцев открываются в верхний свод конъюнктивы. У медиального угла глаза, на краях век, там где они расходятся, окружая слезное озеро, расположены слезные сосочки, на которых имеются узкие отверстия слезные точки, дающие начало слезным канальцам длиной около 1 см. Канальцы впадают в *слезный мешок*, который обращен слепым концом вверх, нижний конец переходит в *носослезный проток*, открывающийся в нижний носовой ход.

Ухо

Органы слуха и равновесия (статического чувства) объединены между собой в сложную систему, морфологически разделенную на три отдела (рис. 75). *Наружное ухо*: наружный слуховой проход и ушная раковина с мышцами и связками. *Среднее ухо*: барабанная полость, сосцевидные придатки, слуховая труба. *Внутреннее ухо*: перепончатый лабиринт, располагающийся в костном лабиринте внутри пирамиды височной кости.

Наружное ухо. *Ушная раковина* – эластический хрящ сложной формы, покрытый кожей, на дне которого находится наружное слуховое отверстие, ведущее в *наружный слуховой проход*, длиной у взрослого человека около 33–35 мм, диаметр просвета колеблется на разных участках от 0,6 до 0,9 см. В многослойном плоском эпителии, выстилающем наружный слуховой проход, наряду с большим количеством сальных, имеются особые трубчатые железы ушной серы (видоизмененные потовые), вырабатывающие вязкий желтоватый секрет ушную серу. Ушную серу необходимо периодически удалять.

Барабанная перепонка разделяет наружное и среднее ухо. Она представляет собой пластинку толщиной 0,1 мм, имеющую форму эллипса, размерами 9 × 11 мм состоящую из двух слоев коллагеновых волокон. В центре перепонки имеется небольшое втяжение *пупок барабанной перепонки*. Барабанная перепонка вставлена в борозду барабанной части височной кости.

Среднее ухо. Воздухоносная *барабанная полость* объемом около 1 см³ расположена в основании пирамиды височной кости, выстлана однослойным плоским эпителием, содержит три слуховые косточки, сухожилия мышц, натягивающих барабанную перепонку, и стремени (обе мышцы поперечнополосатые). Барабанная полость продолжается в слуховую трубу, которая открывается в носовой части глотки. Полость имеет 6 стенок. На медиальной стенке, отделяющей барабанную полость от костного лабиринта внутреннего уха, имеются два окна (преддверия и улитки), ведущие в соответствующие отделы костного лабиринта. Окно преддверия закрыто основанием стремени, окно улитки закрыто вторичной барабанной перепонкой. Барабанная полость сообщается с сосцевидной пещерой полостью сосцевидного отростка височной кости.

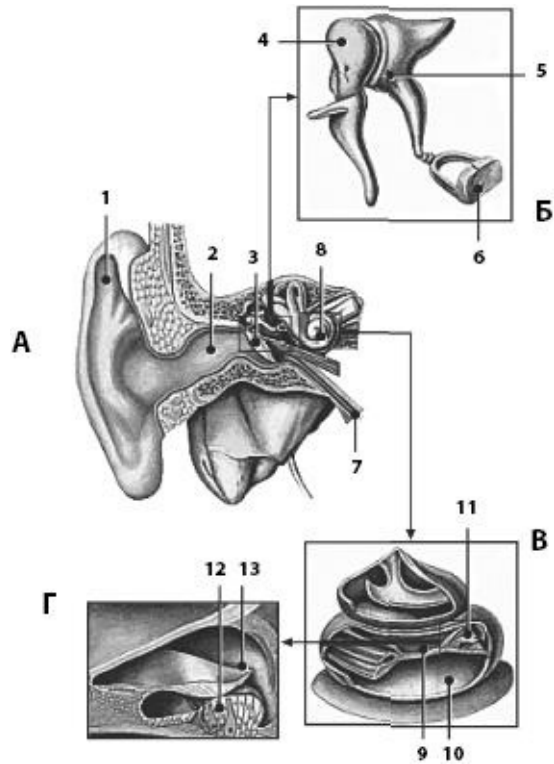


Рис. 75. Орган слуха и равновесия и его части. А – орган слуха и равновесия на продольном разрезе. Б – слуховые косточки. В – улитка (улитковые протоки «лестницы» вскрыты). Г – улитковый проток на поперечном разрезе; 1 – ушная раковина, 2 – наружный слуховой проход, 3 – барабанная перепонка, 4 – молоточек, 5 – наковальня, 6 – стремя, 7 – слуховая труба, 8 – улитка, 9 – лестница преддверия, 10 – барабанная лестница, 11 – улитковый проток, 12 – спиральный (кортиев) орган, 13 – покровная мембрана

Слуховые косточки (см. рис. 75) – стремя, наковальня, молоточек, названные так благодаря своей форме составляют цепь, соединяющую барабанную перепонку с окном преддверия, ведущим во внутреннее ухо. Они передают звуковые колебания от барабанной перепонки окну преддверия, кроме того, служат костными проводниками звука. Рукоятка молоточка сращена с барабанной перепонкой, а его головка сочленена с телом наковальни. Длинный отросток наковальни сочленяется с головкой стремечка, основание которого входит в окно преддверия. Косточки покрыты слизистой оболочкой. Мышца, напрягающая барабанную перепонку, и стременная мышца регулируют движение косточек.

Слуховая труба (евстахиева) длиной около 3,5 см, диаметром просвета около 1–2 мм, способствует выравниванию давления воздуха

внутри барабанной полости по отношению к наружному воздуху. Щелевидное глоточное отверстие слуховой трубы, расположенное на боковой стенке носовой части глотки, открывается при акте глотания.

Внутреннее ухо расположено в пирамиде височной кости (см. рис. 75). **Перепончатый лабиринт** залегает в костном лабиринте, изнутри выстланном надкостницей, в основном повторяющей его формы. Между обоими лабиринтами имеется щель, заполненная перилимфой. *Костный лабиринт* состоит из преддверия, трех полукружных каналов и улитки. *Преддверие* – овальная полость, сообщающаяся с полукружными каналами, на ее латеральной стенке имеется окно преддверия, у начала улитки окно улитки. Три *костных полукружных канала* лежат в трех взаимно перпендикулярных плоскостях: сагиттальной передней, горизонтальной латеральной, фронтальной задней. Каждый канал имеет по две ножки, одна из которых (*ампулярная костная ножка*) перед впадением в преддверие расширяется, образуя ампулу. Соседние ножки переднего и заднего каналов соединяются, образуя *общую костную ножку*, поэтому три канала открываются в преддверие пятью отверстиями.

Костная улитка образует 2,5 витка вокруг горизонтально лежащего стержня улитки. Вокруг него, наподобие винта, накручена *костная спиральная пластинка*, пронизанная тонкими продольно расположенными каналами, где залегают волокна улитковой части VIII пары черепных нервов. В основании пластинки расположен *спиральный канал стержня*, в котором залегает спиральный узел улитки. Пластинка делит полость канала улитки на *лестницу преддверия* и *барабанную лестницу*, сообщающиеся между собой в области купола через *отверстие улитки*. Стенка перепончатого лабиринта, лежащего в костном и повторяющего его форму, образована соединительной тканью. Изнутри она выстлана эпителием, лежащим на базальной мембране, и заполнена эндолимфой.

Вестибулярный лабиринт (рис. 76) – периферический отдел *органа равновесия* (*стато-кинетического анализатора*) – состоит из *эллиптического мешочка* (*маточка*) и *сферического мешочка*, которые сообщаются между собой, и трех *полукружных протоков*, залегающих в одноименных костных каналах. Одна из ножек каждого протока, расширяясь, образует *перепончатые ампулы* (переднюю, заднюю и латеральную). Оба конца каждого полукружного протока открываются в маточку. Участки мешочков, содержащие чувствительные клетки, называются *пятнами*, аналогичные участки ампул *гребешками*. Эпителий *пятен* состоит из рецепторных *вестибулярных волосковых клеток* и *вестибулярных поддерживающих клеток*. На апикальных поверхностях

волосковых клеток имеется по 60–80 волосков (миковорсинок), которые обращены в полость лабиринта. Каждая клетка снабжена одной ресничкой (киноцилией). Поверхность эпителия покрыта тонковолокнистой, студенистой *отолитовой мембраной*, содержащей кристаллы углекислого кальция. Мембрана поддерживается волосками рецепторных клеток. Нервные окончания разветвляются и формируют синапсы с телами клеток. *Пятна воспринимают изменение силы тяжести и линейного ускорения. Ампулярные гребешки* располагаются в каждой ампуле. Они покрыты такими же рецепторными и поддерживающими клетками, которые покрыты *желатинообразным куполом*, не содержащим кристаллов, куда проникают волоски. *Ампулярные гребешки воспринимают изменение углового ускорения.*

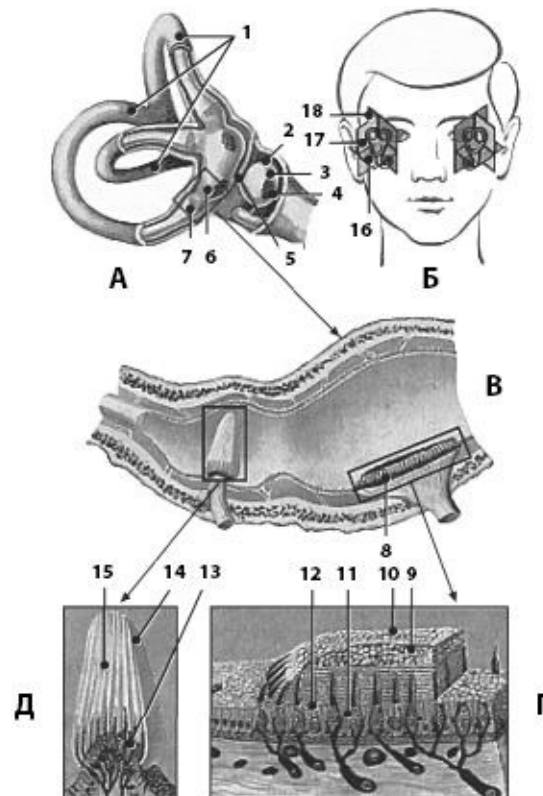


Рис. 76. Орган равновесия и детали его строения. А – полукружные протоки и эндолимфатические мешочки преддверного лабиринта (костная стенка лабиринта частично удалена); Б – ориентация полукружных протоков преддверного лабиринта внутреннего уха; В – расположение ампулярного гребешка и пятна в стенке перепончатого лабиринта; Г – строение пятна (на продольном разрезе); Д – строение ампулярного гребешка (на продольном разрезе). Стрелками показаны места расположения структур в лабиринте. 1 – полукружные каналы; 2 –

преддверие; 3 – сферический мешочек; 4 – пятно сферического мешочка; 5 – эндолимфатический проток; 6 – эллиптический мешочек; 7 – ампула; 8 – отолитовый аппарат; 9 – стаконии; 10 – мембрана стаконий; 11 – поддерживающие клетки; 12, 13 – волосковые сенсорные клетки; 14 – ампулярный гребешок; 15 – купол; 16 – латеральный полукружный канал; 17 – передний полукружный канал; 18 – задний полукружный канал

При изменении силы тяжести, положения головы, тела, при ускорении, движениях отолитовая мембрана скользит, а купол смещается. Это приводит к напряжению волосков, что вызывает возбуждение мембран и возникновение импульса, который в конечном итоге передается ядрам мозжечка, спинному мозгу и коре теменной и височной долей больших полушарий, где находится корковый центр анализатора, равновесия.

Улитковый лабиринт – периферический конец слухового анализатора – залегает в костной улитке. Улитковый проток заполнен эндолимфой и окруженный перилимфой, представляет собой соединительнотканый мешок длиной около 3,5 см. Костный спиральный канал разделяет проток на три части, занимая среднюю из них; верхняя лестница преддверия, нижняя барабанная лестница.

Улитковый проток на поперечном разрезе имеет треугольную форму (см. рис. 75). Верхняя стенка улиткового протока, обращенная к лестнице преддверия, образована преддверной (рейснеровой) мембраной. Наружная стенка срастается с надкостницей наружной стенки костной улитки и представлена спиральной связкой, которая проходит через все завитки улитки. На связке расположена сосудистая полоска, богатая капиллярами и покрытая кубическими клетками, которые продуцируют эндолимфу. Нижняя барабанная стенка устроена наиболее сложно. На ней по всей длине улиткового канала располагается *спиральный орган* (Кортиев), воспринимающий звук.

Спиральный орган лежит на базилярной пластинке, которая одним концом прикрепляется к спиральной костной пластинке, противоположным к спиральной связке. Костная спиральная пластинка в той части, которая заходит в полость улиткового протока раздваивается, образуя две губы: преддверного края и барабанного края. К первой прикрепляется *покровная мембрана* лентовидная пластинка желеобразной консистенции, которая тянется в виде спирали по всей длине Кортиева органа, над вершинами его волосковых клеток. Ко второй – базилярная соединительнотканная мембрана, на которой в два ряда лежат около 15 000 рецепторных *волосковых сенсорных клеток улитки* и множество

поддерживающих клеток. Мембрана образована тонкими радиальными коллагеновыми волокнами (около 24 тыс.), длина которых возрастает от основания улитки к ее вершине.

Волосковые клетки не доходят до базилярной пластинки, а лежат как бы в чашах, образованных телами опорных (поддерживающих) клеток. Волосковые клетки несут на своей поверхности слуховые волоски микроворсинки. Верхушки волосков прикрепляются к покровной мембране. К телам волосковых клеток подходят нервные окончания, образующие с ними синапсы. Тела афферентных нейронов (первые нейроны) залегают в спиральном ганглии, расположенном в толще спиральной костной пластинки. Высокие звуки раздражают только волосковые клетки, расположенные на нижних завитках улитки, а низкие звуки волосковые клетки вершины улитки и часть клеток на нижних завитках.

Функция слухового анализатора. Функциональная роль ушной раковины мала. Звуковые волны передаются через наружный слуховой проход и достигают барабанной перепонки. Ее колебания передаются через цепь слуховых косточек на окно преддверия. Движения стремени в окне преддверия вызывает передвижение перилимфы лестницы преддверия, которое через отверстие улитки передается к перилимфе барабанной лестницы и по ней к окну улитки. Колебания перилимфы воспринимаются эндолимфой, происходит волнообразное движение базилярной мембраны, которая в зависимости от частоты и интенсивности звука имеет соответствующую амплитуду колебаний по всей своей длине. Благодаря этим колебаниям в волосковых клетках возникают нервные импульсы. Эти импульсы в конечном итоге проводятся к коре верхней височной извилины больших полушарий мозга, где расположен центральный (корковый) конец слухового анализатора.

Орган обоняния

Обонятельная область слизистой оболочки носа, которая у взрослого человека занимает 250–500 мм² (верхняя носовая раковина и лежащая на этом же уровне зона носовой перегородки), покрыта обонятельным эпителием. Эпителий представлен тремя видами клеток: обонятельными нейросенсорными клетками (их у человека около 40 тыс.), которые расположены среди поддерживающих клеток, а также базальными клетками, которые делятся. *Обонятельные клетки* имеют длинные центральные и короткие периферические отростки.

Периферический отросток *дендрит* заканчивается утолщением *луковицей дендрита* на вершине которой располагается 10–12 подвижных обонятельных *ресничек*. Центральные отростки (аксоны) образуют в обонятельные нити (20–40), которые проходят через решетчатую пластинку одноименной кости и направляются к обонятельным луковицам. Молекулы пахучих веществ взаимодействуют с рецепторными белками ресничек, предварительно растворяясь в секрете обонятельных желез, что генерирует нервный импульс. Он распространяется по обонятельным нервам и в конечном итоге достигает коркового центра обонятельного анализатора, который располагается в крючке и парагиппокампальной извилине больших полушарий головного мозга.

Орган вкуса

Орган вкуса образован множеством *вкусовых почек*, расположенных в толще многослойного эпителия боковых поверхностей желобовидных, листовидных и грибовидных сосочков языка, а также в слизистой оболочке неба, зева и надгортанника. У человека около 2000 вкусовых почек. На вершине почки имеется вкусовая пора, которая ведет в маленькую вкусовую ямку, образованную верхушками вкусовых клеток. *Вкусовые чувствительные клетки* лежат между *поддерживающими* клетками, непосредственно на базальной мембране располагаются *базальные клетки*. На апикальной поверхности каждой вкусовой клетки имеется около 40–50 микроворсинок. Вершины вкусовых клеток достигают вкусовой ямки, вершины поддерживающих клеток не достигают.

Нервные волокна заходят во вкусовую почку, проходят вдоль боковых поверхностей поддерживающих клеток и заканчиваются на боковой поверхности вкусовых, образуя с ними множество синапсов. Растворенное вещество проникает во вкусовые почки через вкусовую пору, реагируют с рецепторными белками плазмолеммы микроворсинок, в результате этого возникает нервный импульс, передающийся от передних 2/3 языка по ветви лицевого нерва; от мягкого неба и небных дужек по языкоглоточному нерву; от надгортанника по блуждающему нерву. Тела первых нейронов залегают в соответствующих узлах VII, IX, X пар черепных нервов, нервные импульсы направляются в составе указанных нервов в подкорковые центры, где залегают вторые и третьи нейроны, а от них нервные импульсы, проходя через ряд подкорковых центров, идут к корковому концу вкусового анализатора, расположенному в коре парагиппокампальной извилины, крючка и аммонова рога больших полушарий головного мозга в близ коркового центра обонятельного анализатора.

Общий покров

Кожа выполняет многообразные функции: защитную, терморегуляторную, дыхательную, обменную, а также является депо крови. Железы кожи вырабатывают пот и кожное сало. С потом у человека в течение суток в обычных условиях выделяется около 500 мл воды (при высокой температуре окружающей среды и интенсивной физической нагрузке в 2–4 раза больше), солей, конечных продуктов азотистого обмена. Кожа активно участвует в обмене витаминов, особенно важен синтез витамина D под влиянием ультрафиолетовых лучей. Площадь кожи взрослого человека достигает 1,5–2 м². Эта поверхность является рецепторным полем тактильной, болевой, температурной чувствительности.

Кожа состоит из эпидермиса и дермы (рис. 77). Эпидермис – это многослойный плоский ороговевающий эпителий, толщина которого зависит от выполняемой функции. Так, на участках, подвергающихся постоянному механическому давлению, его толщина достигает 0,5–2,3 мм (например, подошвы). На груди, животе, бедре, плече, предплечье, шее и т. д. толщина его не превышает 0,02–0,05 мм.

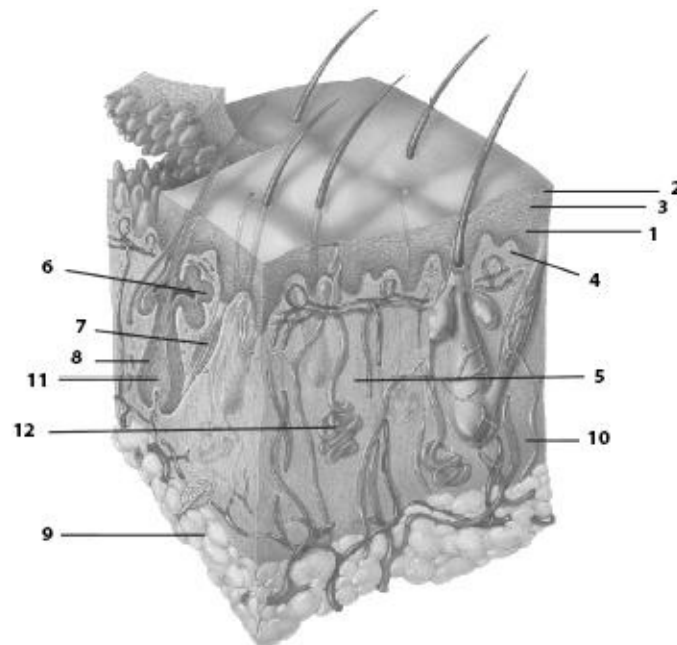


Рис. 77. Строение кожи. 1 – эпидермис, 2 – роговой слой, 3 – базальный слой, 4 – сосочковый слой, 5 – сальная железа, 6 –

соединительнотканые волокна (коллагеновые, эластические, ретикулярные) и клетки, 7 – пучки миоцитов, 8 – волосяная луковица, 9 – дольки жирной ткани, 10 – сетчатый слой, 11 – корень волоска, 12 – потовая железа

Дерма, или собственно кожа, толщиной 1–2,5 мм образована соединительной тканью. В ней различают сосочковый и сетчатый слои. *Сосочковый слой* находится под базальной мембраной эпидермиса, он сформирован рыхлой волокнистой неоформленной соединительной тканью, которая расположена в виде сосочков, внедряющихся в эпидермис. Будучи богато снабженным кровеносными сосудами, сосочковый слой осуществляет питание эпидермиса, который лишен сосудов. В сосочковом слое имеются гладкие мышечные клетки. Благодаря наличию сосочков на поверхности кожи видны *гребешки*, разделенные *бороздками кожи*. Сложное переплетение гребешков и бороздок образует рисунок, индивидуальный для каждого человека и не меняющийся в течение всей жизни.

Сетчатый слой состоит из плотной неоформленной соединительной ткани. В сетчатом слое залегают корни волос, потовые и сальные железы.

Пучки коллагеновых волокон проходят в *подкожную основу*, содержащую жировую ткань. Этот слой играет важную роль в терморегуляции и является жировым депо организма. Волосы сменяются в сроки от 2–3 месяцев до 2–3 лет.

Волосы являются производными эпидермиса. Почти вся кожа покрыта волосами. Исключение составляют ладони, подошвы, переходная часть губ, головка мужского полового члена и малых половых губ женщины. Наибольшее число волос обычно на голове. Характер оволосения зависит от пола, возраста и относится к вторичным половым признакам. Волос имеет выступающий над поверхностью кожи стержень и корень, лежащий в толще кожи. Длина *стержня* колеблется в пределах от 1–2 мм до 1,5 м, а толщина – от 0,005 до 0,6 мм.

Стержень волоса состоит из мозгового и коркового вещества, преобладает последнее. Корковое вещество образовано плоскими роговыми чешуйками, заполненными в основном кератином. Кроме того, в них содержатся зерна пигмента и пузырьки воздуха. Клетки мозгового вещества лежат друг на друге, они богаты трихогиалином, который превращается в каратин, а также содержат пузырьки воздуха и зерна пигмента. С возрастом количество пузырьков воздуха увеличивается, а синтез пигмента постепенно прекращается, волосы седеют. *Корень волоса*

расположен в *волосяном фолликуле*, образованном эпителиальным фолликулом и соединительнотканной сумкой волоса. К сумке прикрепляется гладкая *мышца, поднимающая волос*. Лишь волосы, расположенные на подбородке и в области лобка, лишены этой мышцы. В сумку открывается сальная железа. Сокращаясь, мышца поднимает волос, сдавливает сальную железу, благодаря чему выделяется ее секрет.

Корень переходит в расширенную *волосяную луковицу*, в которую впячивается сосочек волоса, богатый кровеносными капиллярами. Над сосочком расположен матрикс, который представляет собой ростковую часть волоса. За счет деления клеток, которые передвигаются вверх, волос растет. Между эпителиальными клетками матрикса залегают пигментные пятна, синтезирующие пигмент меланин. Как и в клетках эпидермиса, зерна меланина захватываются эпителиальными клетками, в которых по мере их ороговения меланин входит в состав кератина, тем самым окрашивая волос. Сосуды сосочка волоса питают луковицу.

Подобно волосам, **ногти** также являются производными эпидермиса. Ноготь представляет собой роговую *пластинку*, лежащую на соединительнотканном *ногтевом ложе*, ограниченную у основания и с боков *ногтевыми валиками*. Ноготь впячивается в щели, расположенные между ложем и валиками. В задней ногтевой щели залегают корень ногтя, тело лежит на ногтевом ложе, а свободный край выступает за его пределы. Ноготь растет за счет деления клеток росткового слоя эпителия ногтевого ложа в области корня. Делящиеся клетки, подобно эпителиоцитам эпидермиса, продвигаясь вперед, ороговевают.

Железы кожи. К железам кожи относятся потовые, сальные и молочные железы. Последние описаны ранее. Количество **потовых желез** около 2–2,5 млн, они представляют собой простые трубчатые железы. Их концевые отделы закручиваются, образуя клубочки. Длинный выводной проток, извиваясь, прободает кожу и открывается на ее поверхности в потовой поре. Секрет потовых желез пот на 98 % состоит из воды, 2 % составляют органические и неорганические вещества (минеральные соли, мочевины, мочевая кислота). Различают два типа потовых желез: мерокриновые (преобладают, их около 3 млн) и апокриновые, которые развиваются лишь в периоде полового созревания в коже лба, лобка, больших половых губ, окружности заднего прохода, подмышечных впадин. Секрет апокриновых желез обладает специфическим запахом. При испарении пота теплоотдача усиливается, что является одним из важных механизмов терморегуляции.

Простые альвеолярные **сальные железы** располагаются на границе

между сосочковым и сетчатым слоями дермы. Сальные железы отсутствуют лишь на ладонях и подошвах, наибольшее количество их на голове, спине. Железа состоит из альвеолярного секреторного отдела диаметром 0,2–2,0 мм и короткого выводного протока, который открывается в волосяной мешочек. На участках кожи, лишенных волос (головка полового члена, переходная часть губы), протоки открываются на поверхности кожи. Секреторные отделы образованы двумя типами клеток. Малодифференцированные клетки, располагающиеся на базальной мембране, делятся митотически и, постепенно обогащаясь каплями жира, передвигаются к центру, в сторону выводного протока. Клетки, насыщенные жиром, гибнут, образуя *кожное сало*, которое, будучи бактерицидным, не только смазывает волосы и эпидермис, но, в известной мере, предохраняют его от микробов. В периоде полового созревания у мальчиков функция сальных желез активизируется, что связано с влиянием мужских половых гормонов.

Кожная чувствительность

Кожа иннервируется чувствительными нервами, отходящими от спинномозговых и черепных нервов, а также волокнами вегетативных нервов, иннервирующими сосуды, гладкие миоциты и железы. Густое нервное сплетение кожи залегает в подкожной основе. От него отходят ветви, формирующие сплетения вокруг корней волос, желез, жировых долек, сосочкового слоя. От сплетения отходят волокна, иннервирующие сосочковый и сетчатый слои, а также эпидермис. Кожа богата снабжена рецепторами. В зависимости от характера раздражителя различают терморецепторы, воспринимающие изменения температуры; механорецепторы, реагирующие на прикосновение к коже, ее сдавление; и ноцирецепторы, воспринимающие болевые раздражения. Эти виды кожной чувствительности в совокупности с проприорецепцией и болевой чувствительностью всего тела объединены в *соматовисцеральную чувствительность*, которая отличается от описанных выше чувств (зрение, слух, обоняние, вкус).

Рецепторы соматовисцеральной чувствительности разбросаны по всему телу и не образуют обособленных органов чувств. Аfferентные нервные волокна, по которым распространяются импульсы от указанных рецепторов, являются дендритами чувствительных псевдоуниполярных клеток, залегающих в спинномозговых узлах и чувствительных узлах

черепных нервов.

Осязание (механорецепция) включает в себя восприятие ощущений давления, прикосновения, вибрации, щекотки, которые воспринимаются лишь в определенных осязательных точках кожи. Наибольшая плотность осязательных точек в коже губ и подушечках пальцев, наименьшая – на спине, плечах, бедре. В коже человека преобладают рецепторы прикосновения. По-видимому, каждый отдельный рецептор воспринимает определенное осязательное ощущение, но при воздействии на кожу различных механических стимулов одновременно реагирует несколько типов рецепторов. Терморецепторы воспринимают температурные раздражения, причем различные точки кожи воспринимают тепло или холод, последние преобладают. Наиболее чувствительна к температурным раздражителям кожа лица, на 1 см² которой находится от 16 до 19 холодных точек, в то время как вся кожа лица воспринимает тепло. На 10 см² кожи кисти находится 10–15 холодных и 3–4 тепловые точки.

Количество болевых точек кожи значительно больше, чем тактильных (примерно в 9 раз) и чем температурных (примерно в 10 раз). Болевые ощущения воспринимаются ноцирецепторами.

Рекомендуемая литература

Билич Г.Л. Морфология человека. М., 1994.

Билич Г.Л., Крыжановский В.А. Анатомия. Физиология. М.: Оникс, 2012.

Билич Г.Л., Крыжановский В.А. Анатомия человека. М.: Эксмо, 2013.

Билич Г.Л., Крыжановский В.А. Анатомия человека: русско-латинский атлас. М.: Эксмо, 2013.

Билич Г.Л., Крыжановский В.А. Биология для поступающих в ВУЗы. Интенсивный курс. Ростов-на-Дону: Феникс, 2013.

Гистология / Под ред. Ю.И. Афанасьева, Н.А. Юриной. М.: Медицина, 1983.

Сапин М.Р., Билич Г.Л. Анатомия человека. М.: Высшая школа, 1989.

Сапин М.Р., Билич Г.Л. Руководство к практическим занятиям по анатомии человека. М.: Высшая школа, 1992.

Синельников Р.Д. Атлас анатомии человека. М.: Медицина, 1990. Т. I, II, III.

Хэм А., Кормак Д. Гистология. М.: Мир, 1982–1983. Т. I, II, III, IV, V.

notes

Примечания

1

1 микрометр (мкм) = 10^{-6} м; 1 нанометр (нм) = 10^{-9} м; 1 ангстрем (А°)
 10^{-10} м.

2

Молекула, часть которой гидрофильная, а другая часть гидрофобная.

Базальная мембрана – слой межклеточного вещества (белков и полисахаридов), располагающийся на границах между различными тканями, например между эпителиальным пластом и подлежащей соединительной тканью.

4

Тельце Барра – одна из двух X-хромосом женских соматических клеток, которая в интерфазе остается в конденсированном состоянии.