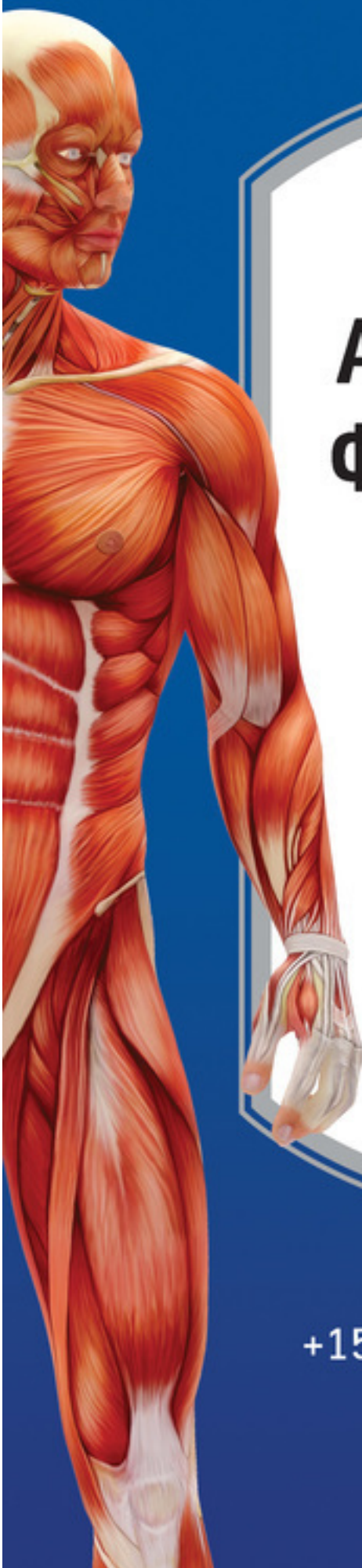


БИЛИЧ Г. Л., ЗИГАЛОВА Е. Ю.



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

Полное
практическое
пособие

Все уровни и системы
+150 подробных иллюстраций

Медицинский атлас

Габриэль Билич

**Атлас: анатомия и
физиология человека.
Полное практическое пособие**

«ЭКСМО»

2017

УДК 611+612
ББК 28.706+28.707

Билич Г. Л.

Атлас: анатомия и физиология человека. Полное практическое пособие / Г. Л. Билич — «Эксмо», 2017 — (Медицинский атлас)

ISBN 978-5-699-95865-8

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 более 150 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. 2-е издание, дополненное.

УДК 611+612
ББК 28.706+28.707

ISBN 978-5-699-95865-8

© Билич Г. Л., 2017
© Эксмо, 2017

Содержание

Введение	6
Человек: общие данные	8
Клетка	9
Химический состав клетки	11
Строение клетки человека	15
Немембранные органеллы	17
Мембранные органеллы. Транспорт через мембраны	22
Клеточный цикл	33
Цитозоль. Рибосомы и синтез белка	39
Ткани	41
Эпителиальные ткани	41
Соединительные и опорные ткани	43
Кровь	43
Собственно соединительные ткани	50
Жировая ткань	61
Хрящевая ткань	62
Мышечная ткань	65
Нервная ткань	71
Органы, системы и аппараты органов	79
Особенности строения, роста и развития человека	80
Опорно-двигательный аппарат	88
Система скелета	88
Система соединений костей	94
Строение скелета	101
Осевой скелет	101
Соединения позвоночного столба	110
Череп	112
Череп как целое	121
Конец ознакомительного фрагмента.	123

Габриэль Билич, Елена Зигалова

Атлас. Анатомия и физиология

человека. Полное практическое пособие

Билич Габриэль Лазаревич – доктор медицинских наук, профессор, академик РАЕН, автор 474 научных работ, 17 учебников, 18 учебных пособий и 12 монографий, академик Международной академии наук, директор Северо-Западного филиала Восточно-Европейского института психоанализа.

Зигалова Елена Юрьевна – старший научный сотрудник НИИ «Квалитет», автор более 20 работ, среди них 3 учебных пособия, 4 монографии, в том числе о здоровом питании и мужском здоровье.

© Билич Г. Л., Зигалова Е. Ю., текст, 2017

© ООО «Издательство «Э», 2017

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. *phylen* – «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 общebiологические 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, органный, системный, организменный (табл. 1).

Клетка

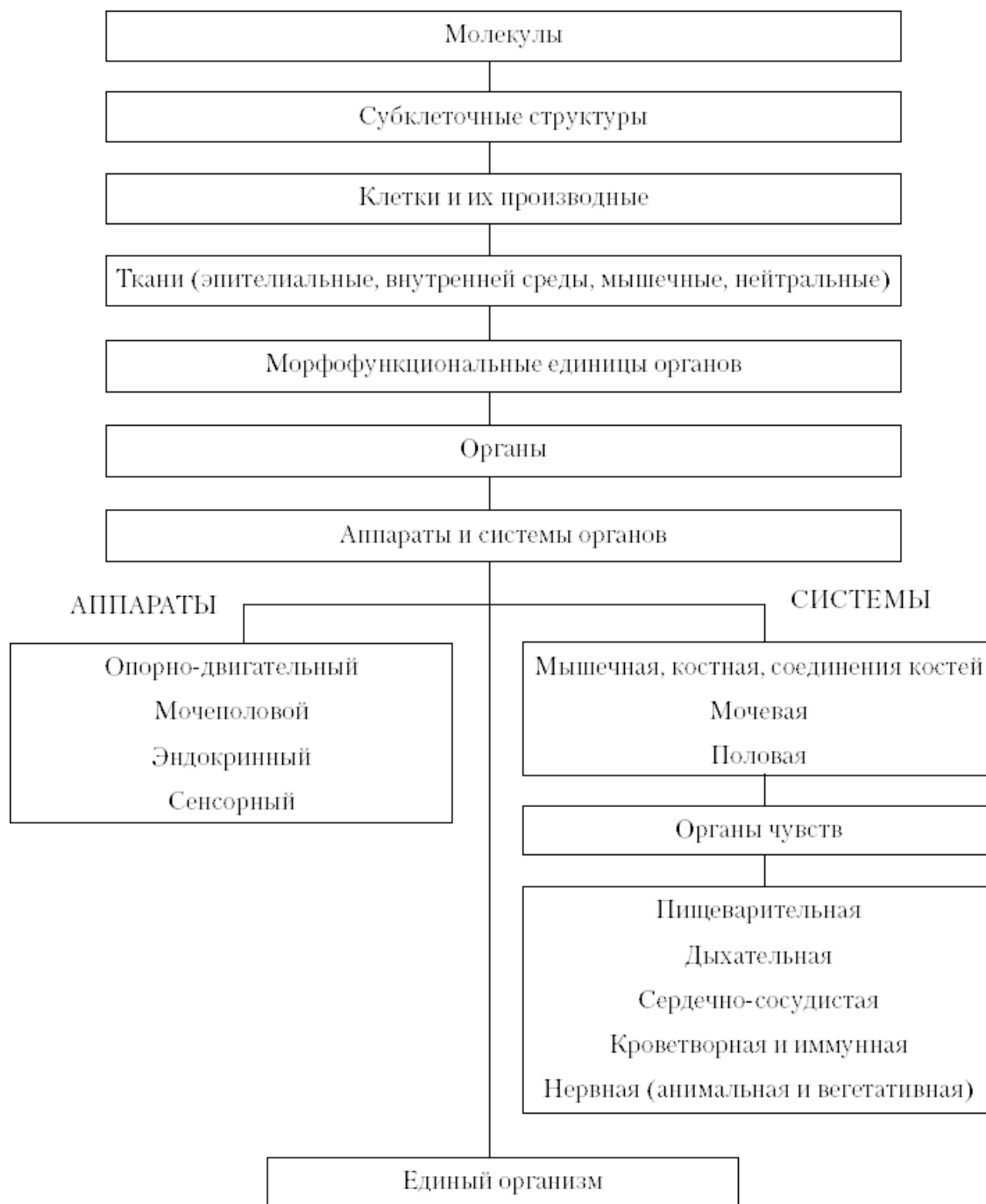
Клетка является основной структурной и функциональной единицей живых организмов, осуществляющей рост, развитие, обмен веществ и энергии, хранящейся, перерабатывающей и реализующей генетическую информацию. Клетка представляет собой сложную систему биополимеров, отделенную от внешней среды плазматической мембраной (цитолеммой, плазмалеммой) и состоящую из ядра и цитоплазмы, в которой располагаются органеллы и включения.

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.

Таблица 1

Иерархические уровни строения организма



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 строе-

ния, 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.

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 %.

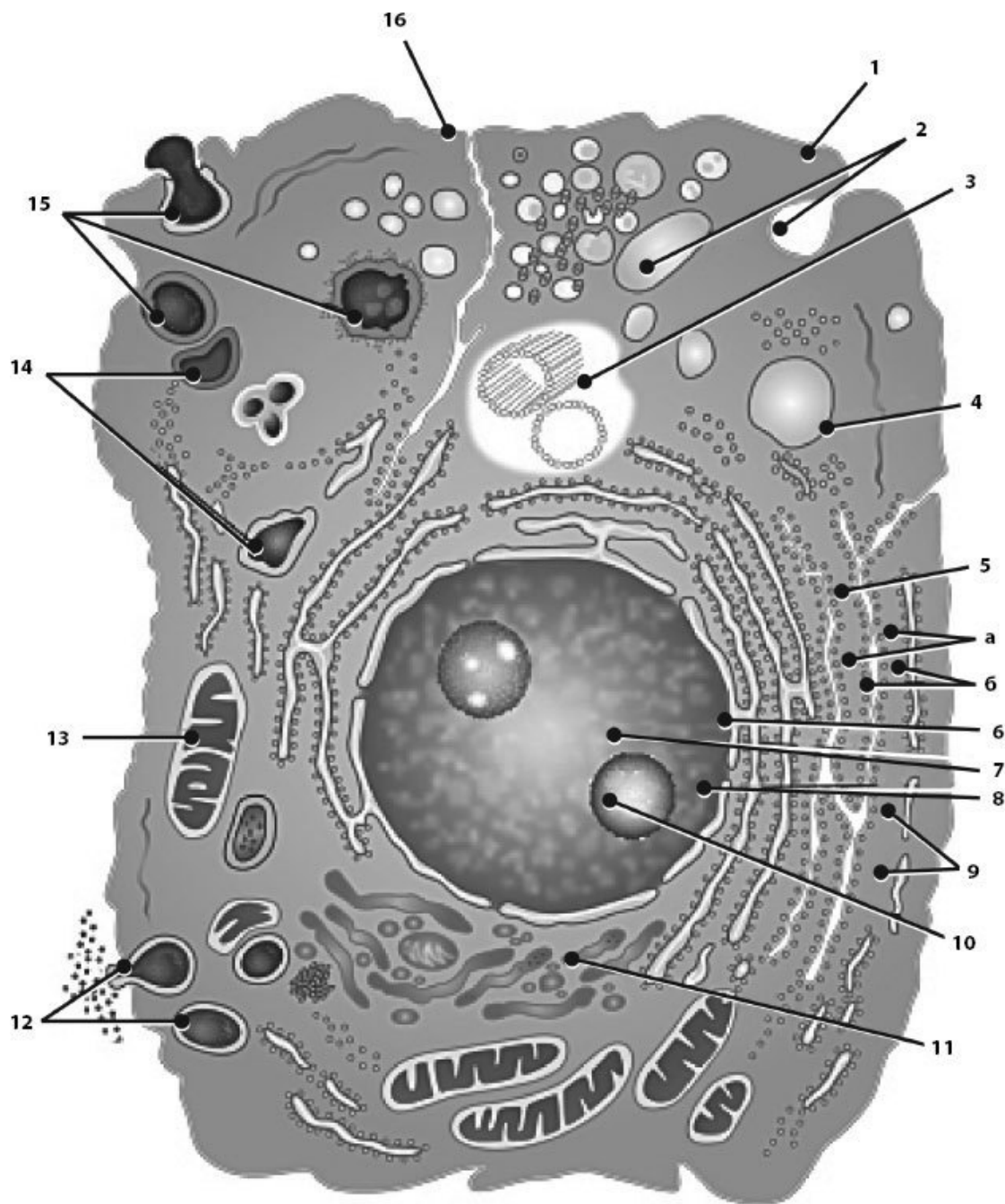


Рис. 1. Ультрамикроскопическое строение клетки

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

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, 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. Ферменты являются белками.

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. 2, рис. 2*).

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.

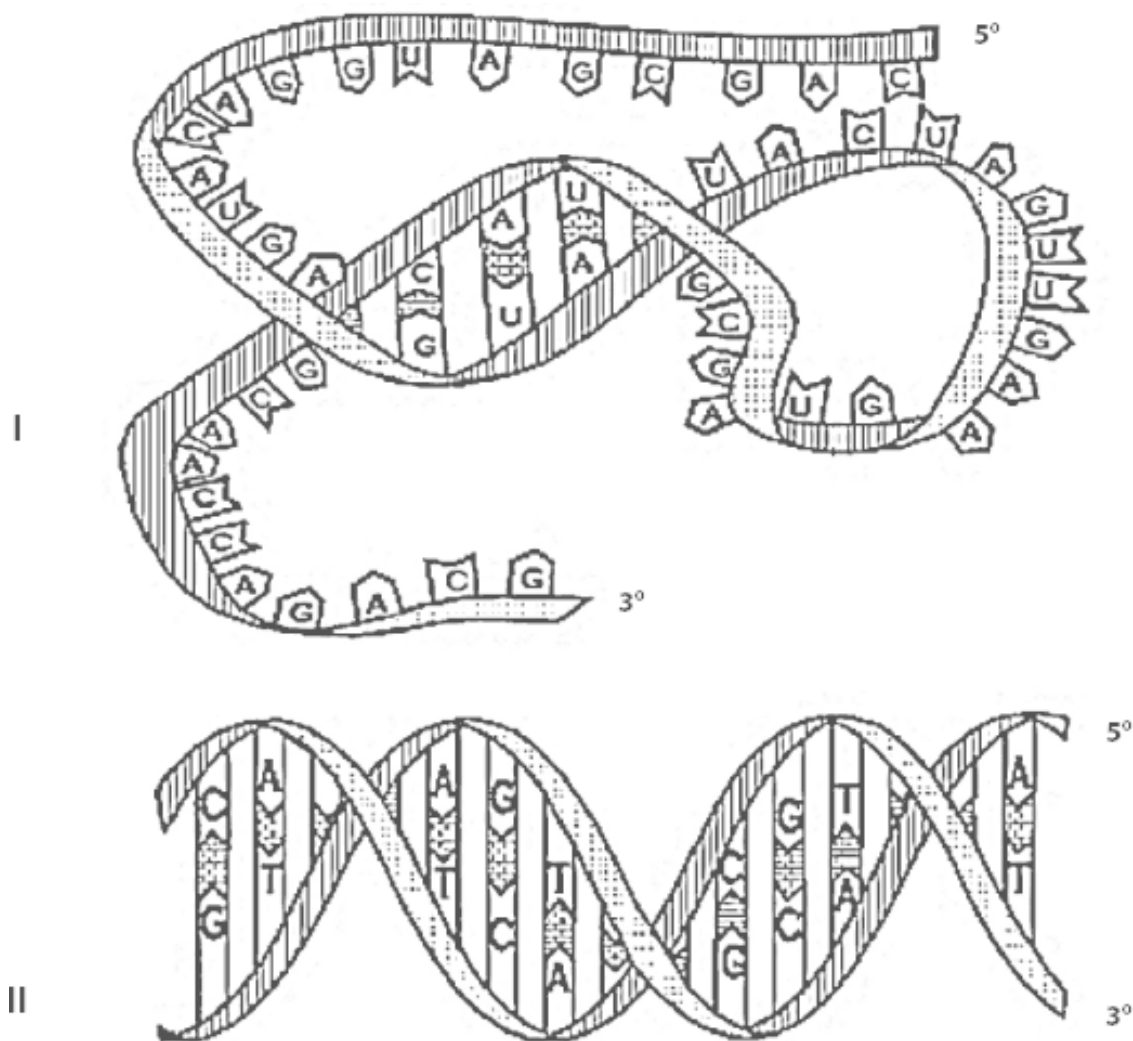


Рис. 2. Пространственная структура нуклеиновых кислот (по Б. Албертсу и соавт., с изм.)

I – РНК; II – ДНК; ленты – сахарофосфатные остовы; А, С, G, Т, U – азотистые основания, решетки между ними – водородные связи

Молекула 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 2

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. В клетках встречаются также временные клеточные структуры включения.

Размеры клеток человека варьируют от нескольких микрометров¹ (например, малый лимфоцит) до 200 мкм (яйцеклетка). В организме человека встречаются клетки различной формы: овоидные, шаровидные, веретеновидные, плоские, кубические, призматические, полигональные, пирамидальные, звездчатые, чешуйчатые, отростчатые, амёбовидные.

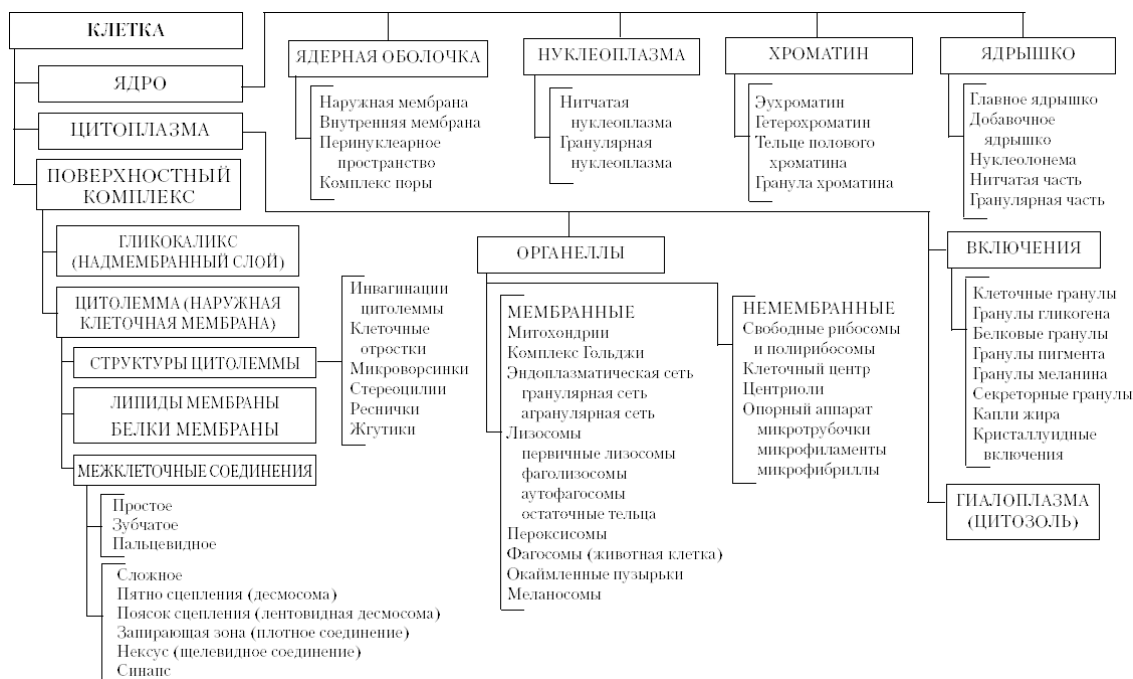
Снаружи каждая клетка покрыта **плазматической мембраной (плазмалеммой)** толщиной 9–10 нм, ограничивающей клетку от внеклеточной среды. Она выполняет следующие функции: транспортную, защитную, разграничительную, рецепторную восприятия сигналов внешней (для клетки) среды, участие в иммунных процессах,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

Будучи очень тонкой, плазмалемма 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 тонкофибрилярным гликокаликсом толщиной от 75 до 2000 Å, совокупность молекул, связанных с белками плазмолеммы.

Таблица 3

Структурные компоненты клетки

¹ 1 микрометр (мкм) = 10⁻⁶ м; 1 нанометр (нм) = 1⁻⁹ м; 1 ангстрем (Å) 10⁻¹⁰ м.



Плазмалемма, как и другие мембранные структуры, состоит из двух слоев амфипатических² 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.

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

Микроворсинки – это лишённые органелл пальцевидные выросты клетки, покрытые плазмалеммой, 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.).

² Молекула, часть которой гидрофильная, а другая часть гидрофобная.

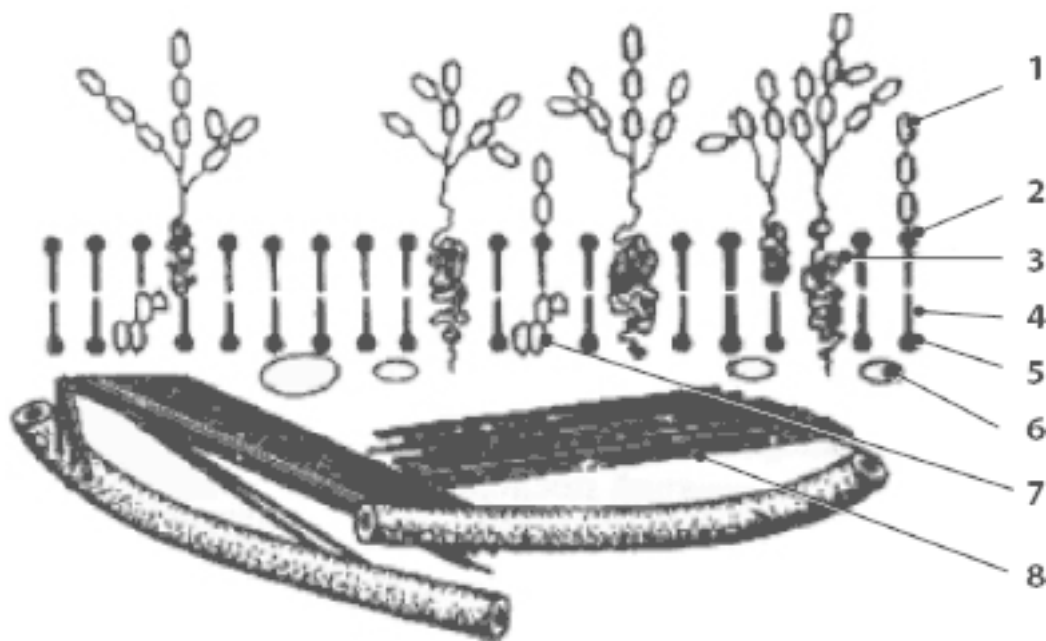


Рис. 3. Строение клеточной мембраны, схема (по А. Хэму и Д. Кормаку)

1 – углеводные цепи; 2 – гликолипид; 3 – гликопротеид; 4 – углеводородный «хвост»; 5 – полярная «головка»; 6 – белок; 7 – холестерин; 8 – микротрубочки

Немембранные органеллы

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 плазмалеммы апикальной части клетки триплеты переходят в дуплеты, здесь же начинается и центральная пара микротрубочек (рис. 4). **Жгутики** эукариотических клеток напоминают реснички. Реснички совершают координированные колебательные движения.

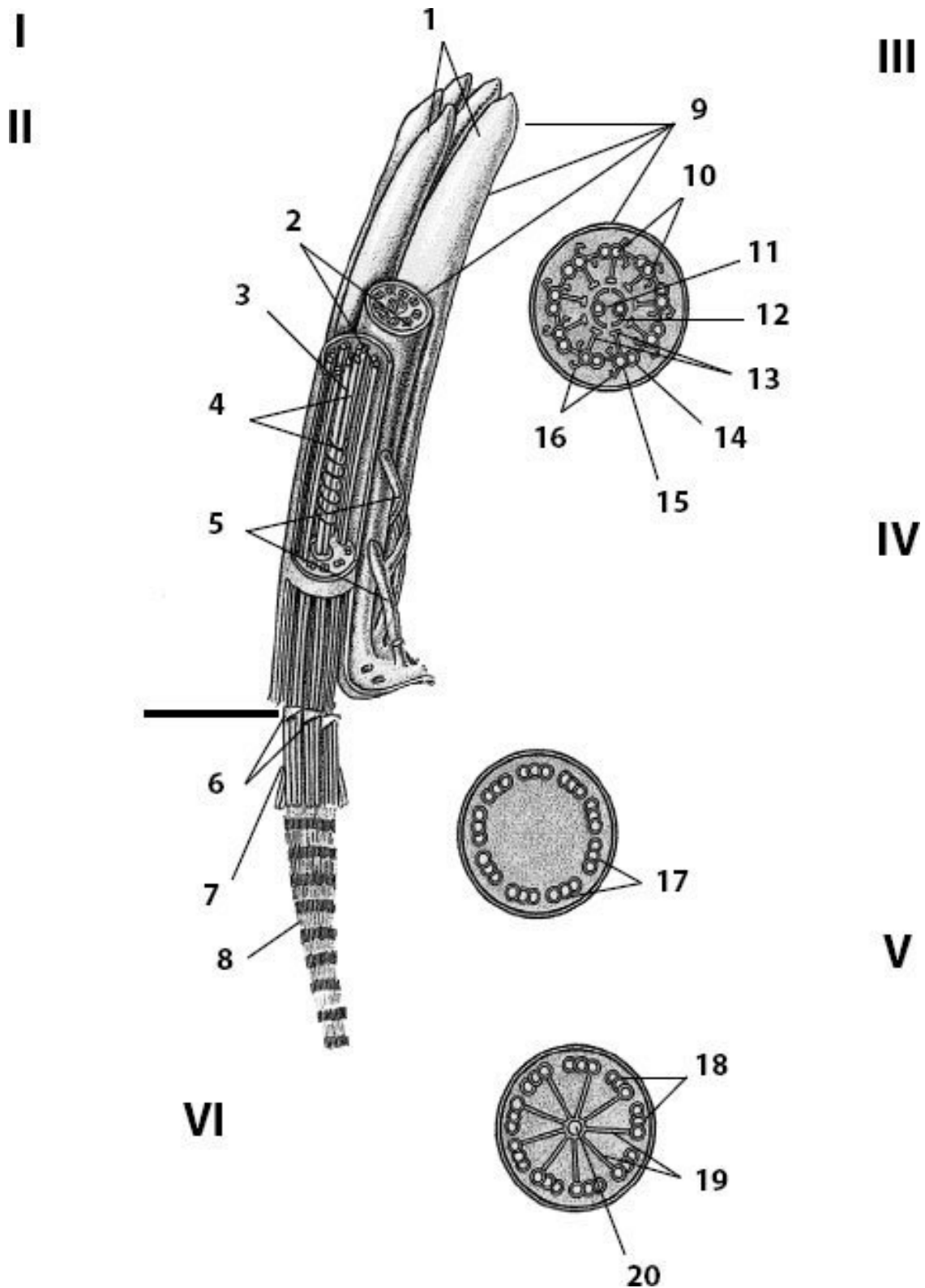


Рис. 4. Ресничка

I – ресничка на продольно-поперечном разрезе; II – внеклеточная часть; III – поперечный срез через внеклеточную часть; IV – поперечный срез через промежуточную область, соединяющую аксонему с базальным тельцем; V – срез через базальное тельце; 1 – ресничка; 2 – периферические дуплеты; 3 – центральный дуплет; 4 – центральная капсула; 5 – микроворсинки; 6 – наружные микротрубочки; 7 – базальное тельце; 8 – базальный корешок; 9 – цитолемма; 10 – периферические дуплеты; 11 – центральный дуплет; 12 – центральная

капсула; 13 – спица; 14 – субфибрилла а; 15 – субфибрилла б; 16 – динеин; 17 – триплеты микротрубочек; 18 – триплеты; 19 – спицы; 20 – центральный цилиндр

Клеточный центр, образованный двумя **центриолями** (диплосома), находится вблизи ядра, расположенными под углом друг к другу (рис. 5). 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.

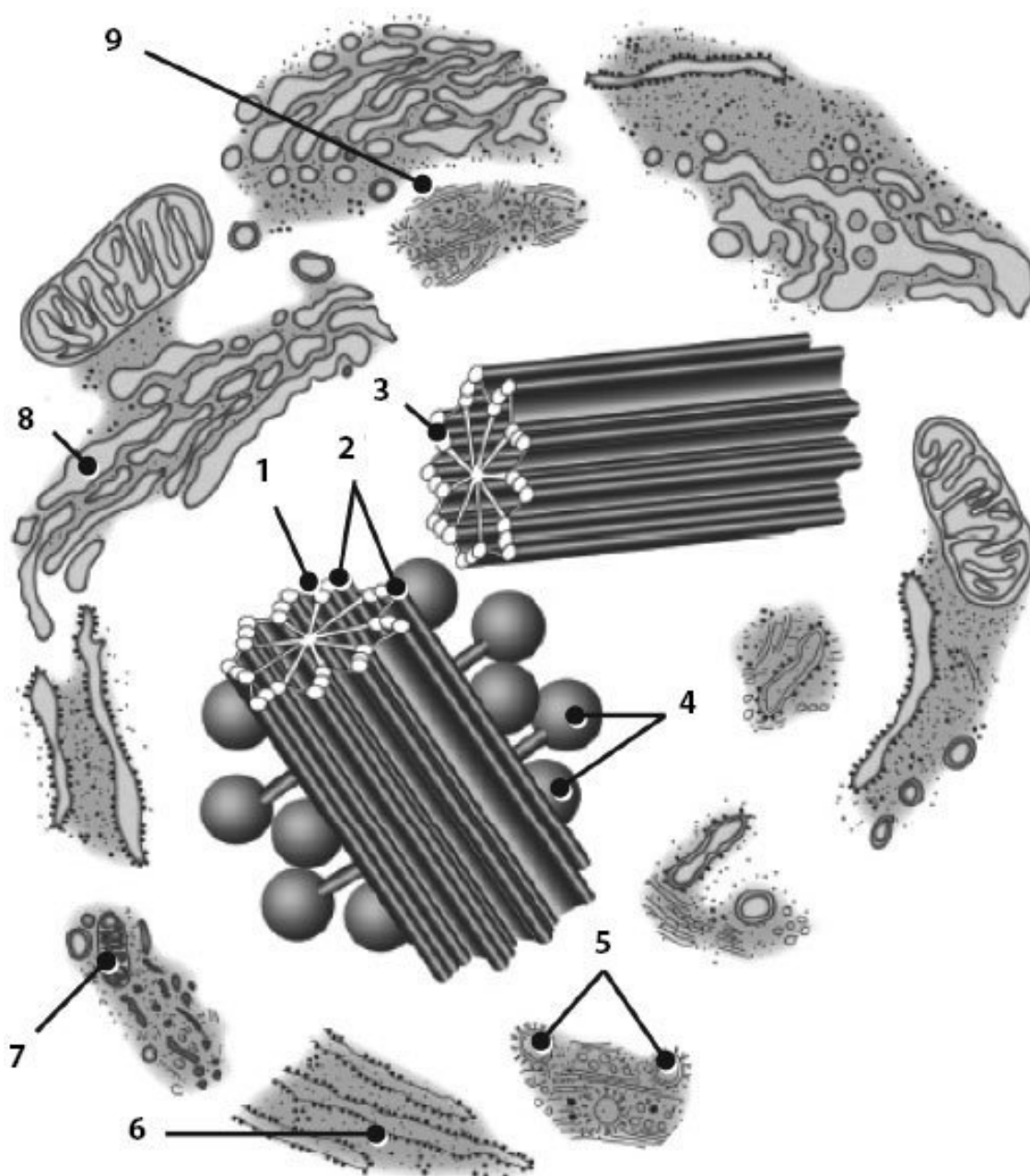


Рис. 5. Клеточный центр и другие структуры цитоплазмы, схема (по Р. Крстичу, с изм.)

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

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. **Микротрубочки**, имеющиеся в цитоплазме всех эукариотических клеток, образованы белком тубулином. Микротрубочки образуют клеточный скелет (цитоскелет) и участвуют в транспорте веществ внутри клетки (*рис. 6*).

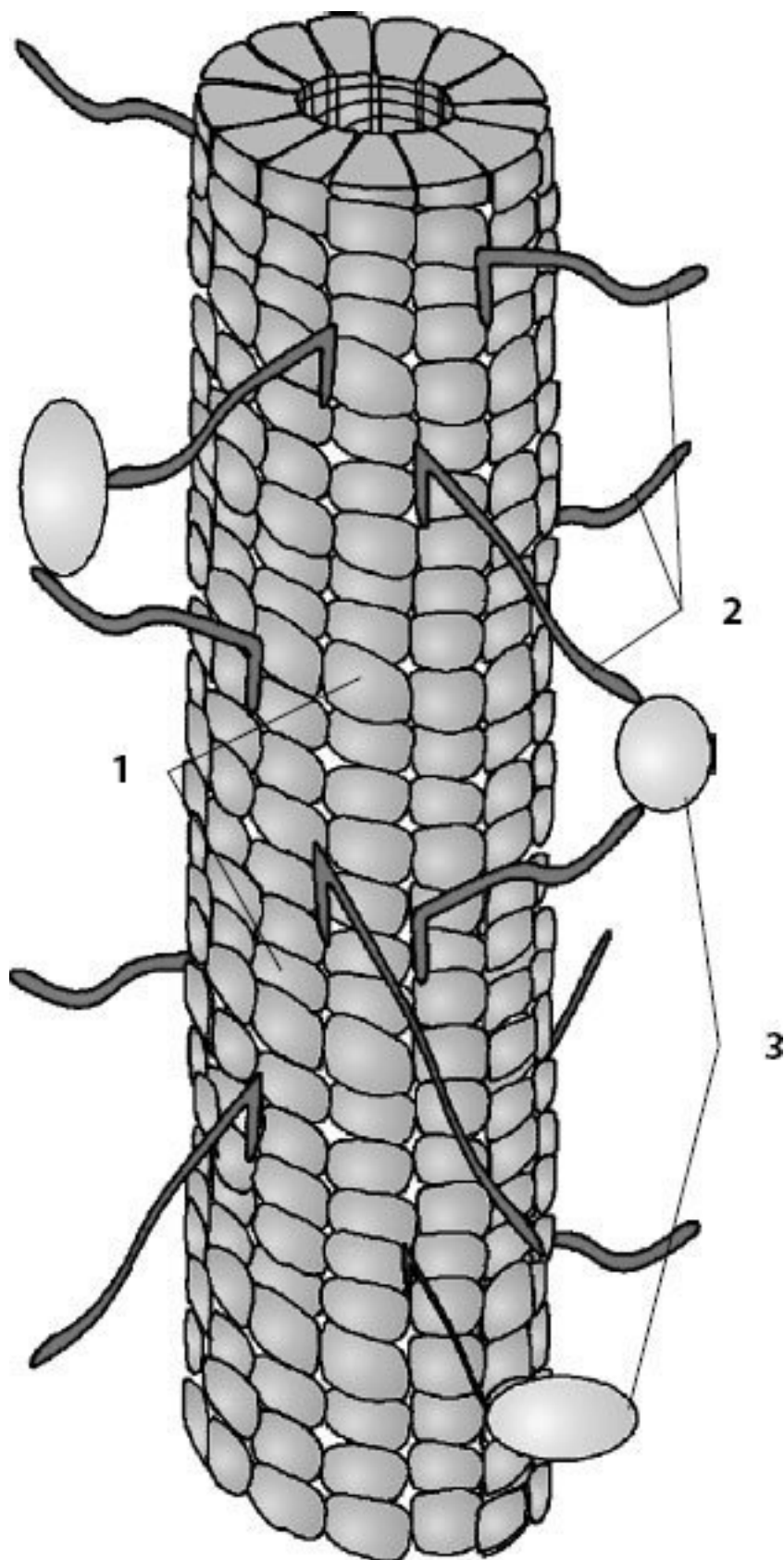


Рис. 6. Микротрубочка

1 – тубулиновые субъединицы; 2 – ассоциированные белки; 3 – перемещаемые частицы

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 плазмалеммы. Поглощение клетками макромолекул и частиц происходит путем эндоцитоза (от греч. endon – «внутри», kytos – «клетка»), выделение – путем экзоцитоза (от греч. exo – «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. Известны две разновидности **эндоцитоза**: **фагоцитоз** – поглощение твердых частиц (от греч. phagos – «пожирающий» и kytos – «клетка») и **пиноцитоз** – поглощение растворенных веществ (от греч. Pino – «пью»). Фагоцитированная частичка, заключенная в мембрану, называется фагосомой. В процессе эндо- и экзоцитоза транспортируемые вещества заключены в мембранные пузырьки. 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, не сущий в себе захваченные молекулы. Образуется эндосома, 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 обособляются в комплексе Гольджи в виде транспортных пузырьков и направляются к клеточной поверхности. Мембрана пузырька встраивается в плазмалемму, и содержимое пузырька оказывается за пределами клетки.

Эндоплазматическая сеть, или эндоплазматический ретикулум (ЭР), представляет собой единую непрерывную полость, ограниченную мембраной, образующей множество инвагинаций и складок (рис. 7). 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 мегакариocyтах. Одной из важнейших функций ЭР является синтез мембранных белков и липидов для всех клеточных органелл.

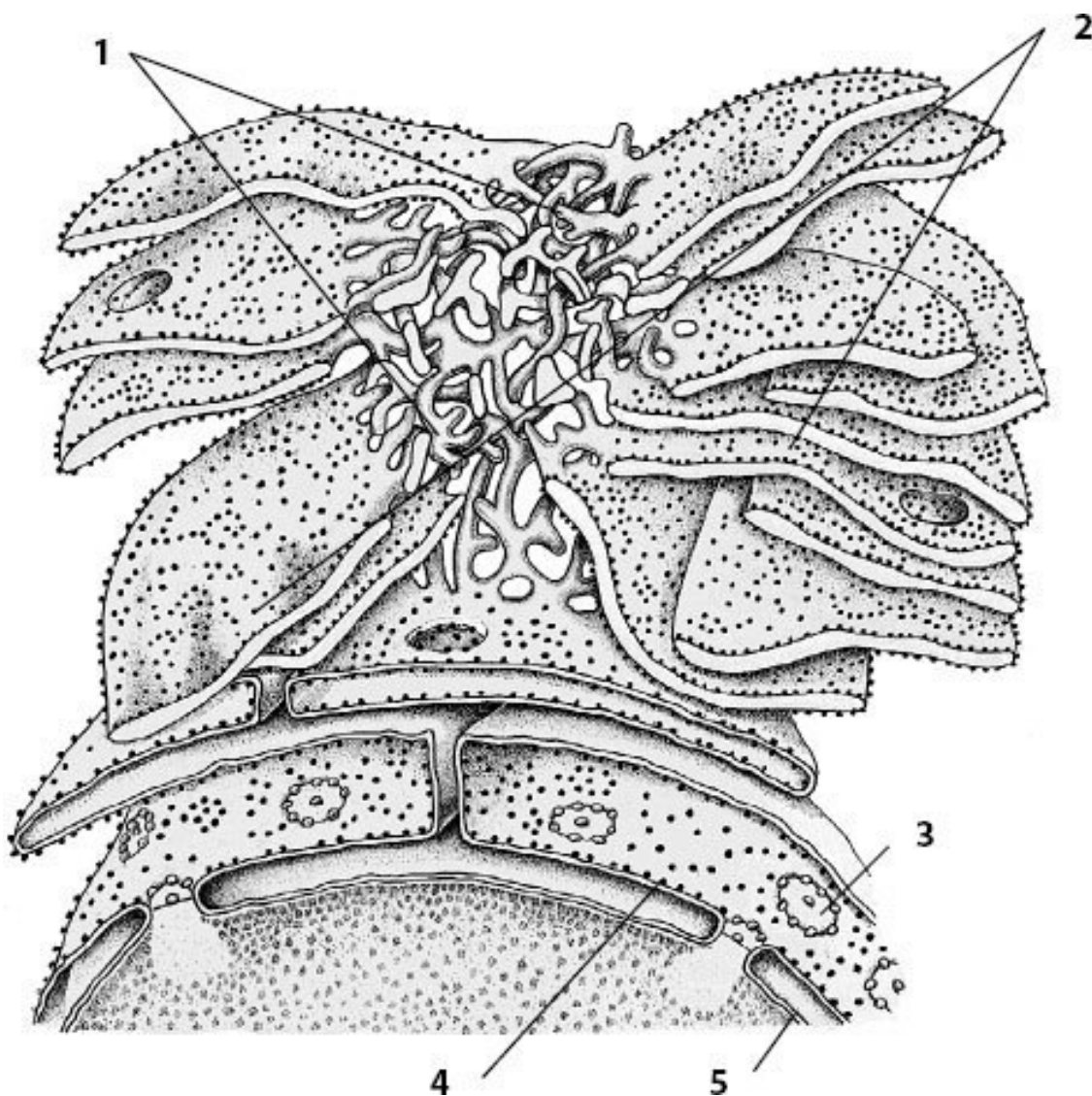


Рис. 7. Эндоплазматическая сеть (по Крстичу, с изм.)

1 – трубочки гладкой (агранулярной) эндоплазматической сети; 2 – цистерны шероховатой гранулярной сети; 3 – поровый комплекс; 4 – наружная ядерная мембрана, покрытая рибосомами; 5 – внутренняя ядерная мембрана

Комплекс, или аппарат Гольджи (КГ), представляет собой совокупность цистерн, пузырьков, пластинок, трубочек, мешочков, ограниченных мембраной, в которых накапливаются и упаковываются синтезированные продукты (*рис. 8*). 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.

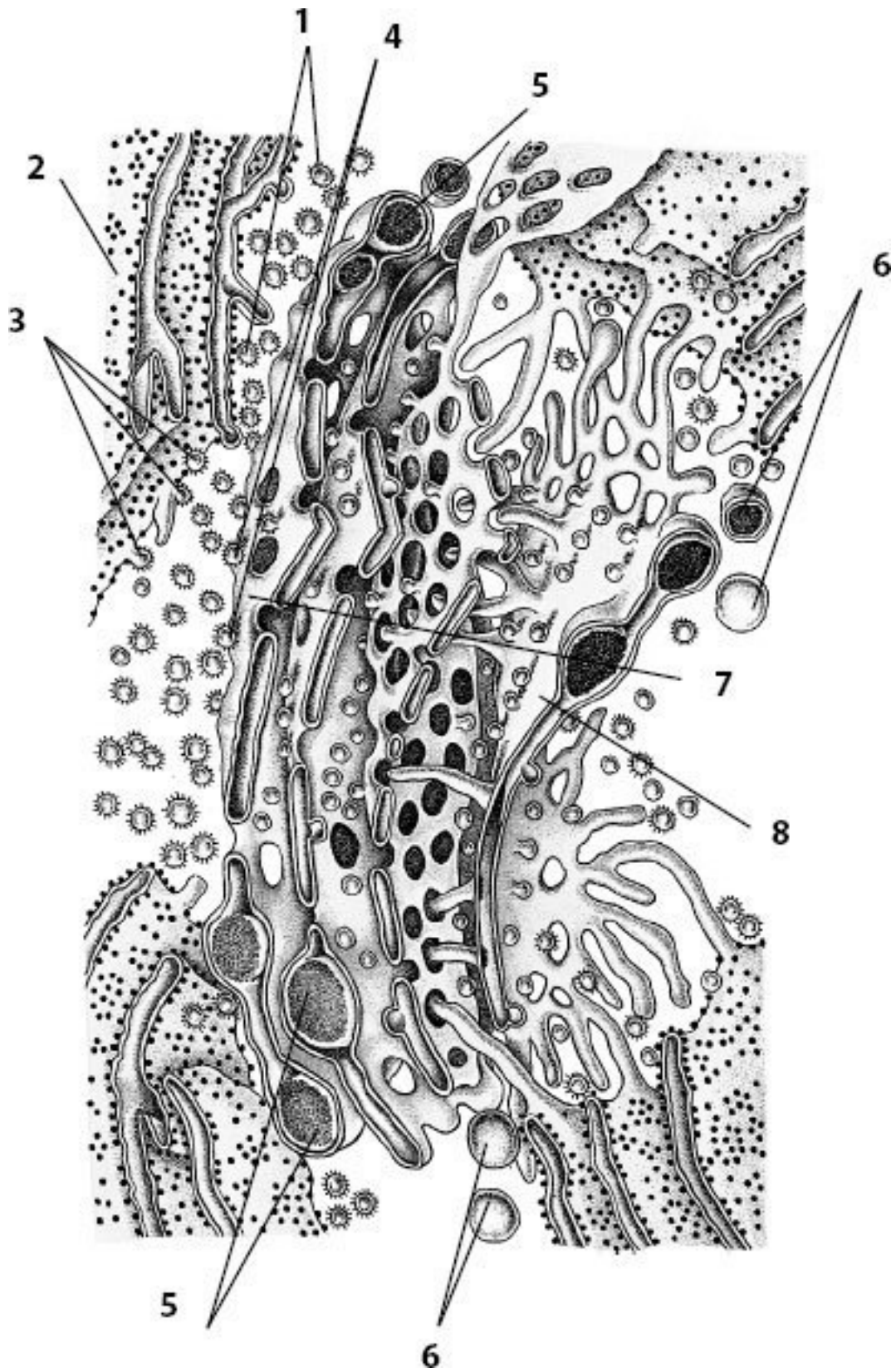


Рис. 8. Комплекс Гольджи (по Крстичу, с изм.)

1 – транспортные пузырьки; 2 – цистерна гранулярной ЭПС; 3 – транспортные пузырьки, отпочковывающиеся от гранулярной ЭПС; 4 – слияние транспортного пузырька с формирующейся поверхностью комплекса Гольджи; 5 – конденсирующие вакуоли; 6 – пузырьки, отщепляющиеся от комплекса Гольджи; 7 – формирующаяся поверхность комплекса Гольджи; 8 – зрелая поверхность комплекса Гольджи

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 pH 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 (*рис. 9.*). *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*).

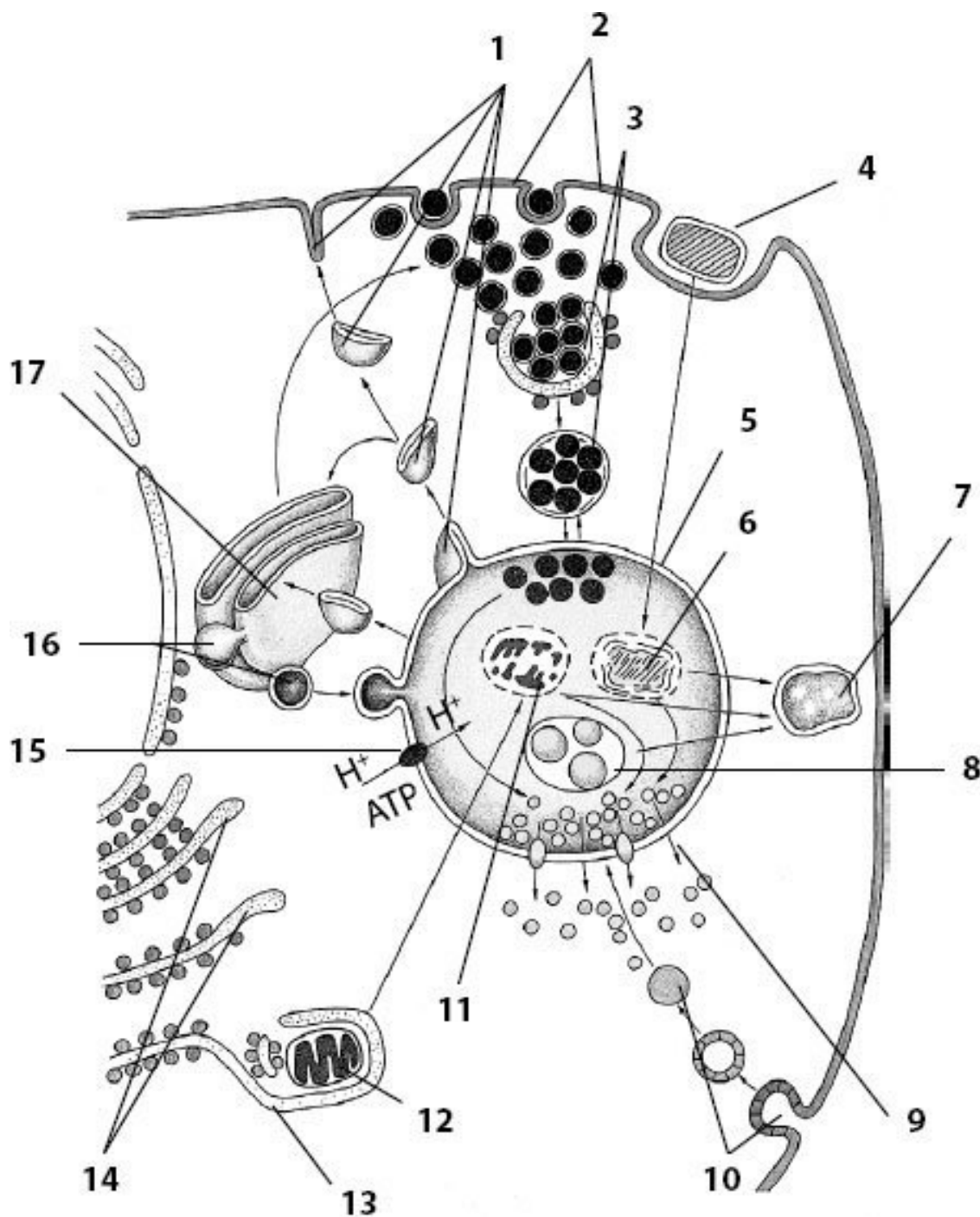


Рис. 9. Строение и функционирование лизосом (возможные пути формирования вторичных лизосом путем слияния мишеней с первичными лизосомами, содержащими ново-синтезированные гидролитические ферменты); стрелки – направления движения (по де Дюву и по Албертсу и соавт., с изм.)

1 – рециклирование мембран; 2 – цитолемма; 3 – кринофагия; 4 – фагоцитоз; 5 – вторичная лизосома; 6 – фагосома; 7 – остаточное тельце; 8 – мультивезикулярное тельце; 9 – очистка лизосом от мономеров; 10 – пиноцитоз; 11 – аутофагосома; 12 – начало аутофагии; 13 – участок агранулярной эндоплазматической сети; 14 – гранулярная эндоплазматическая сеть; 15 – протонный насос; 16 – первичные лизосомы; 17 – комплекс Гольджи

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. 10). 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.

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.

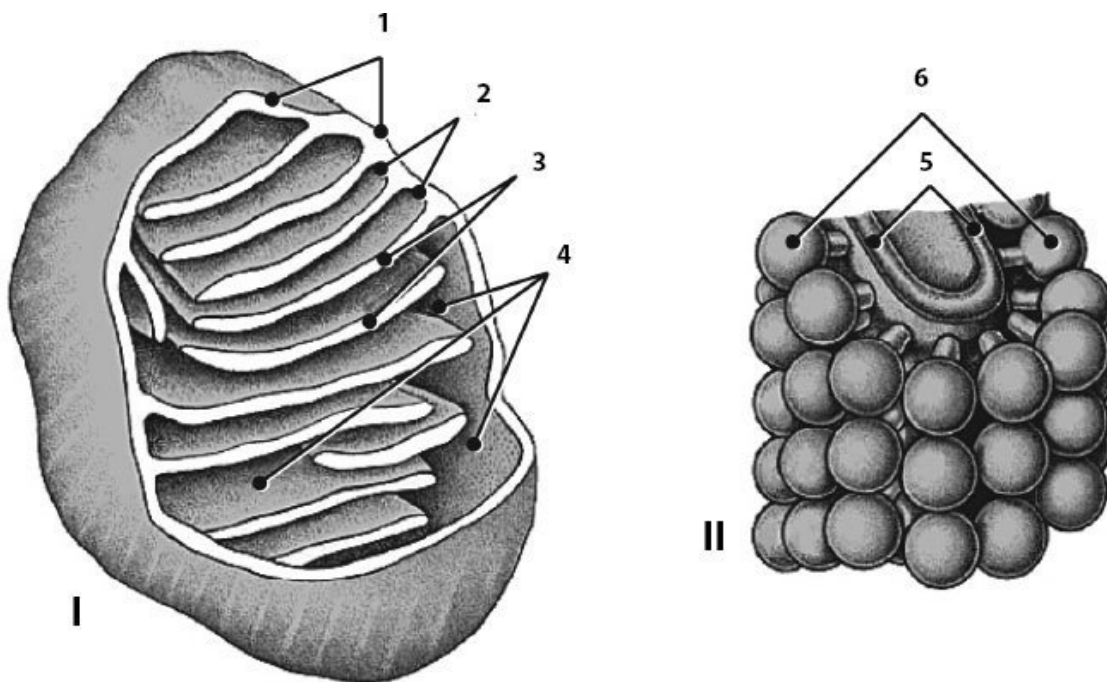


Рис. 10. Митохондрия (по Б. Албертсу и др.; по К. де Дюву, с изм.)

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

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 АТР (с учетом двух молекул АТР, затрачиваемых для осуществления реакций). Пировиноградная кислота подвергается дальнейшему окислению (аэробному при участии кислорода) в митохондриях, в которых имеются цепи ферментов, катализирующие реакции синтеза АТР (аденозинтрифосфат). АТР является универсальным переносчиком и основным аккумулятором энергии в клетке. Энергия заключена в высокоэнергетических связях между остатками фосфорной кислоты.

При отщеплении от АТР 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 АТР. В результате гликолиза освобождается лишь около 5 % энергии, остальная освобождается в митохондриях в процессе аэробного окисления и запасается в АТР. В расчете на одну молекулу глюкозы образуется 36 молекул АТР.

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 ретикулом (*рис. 11*).

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.

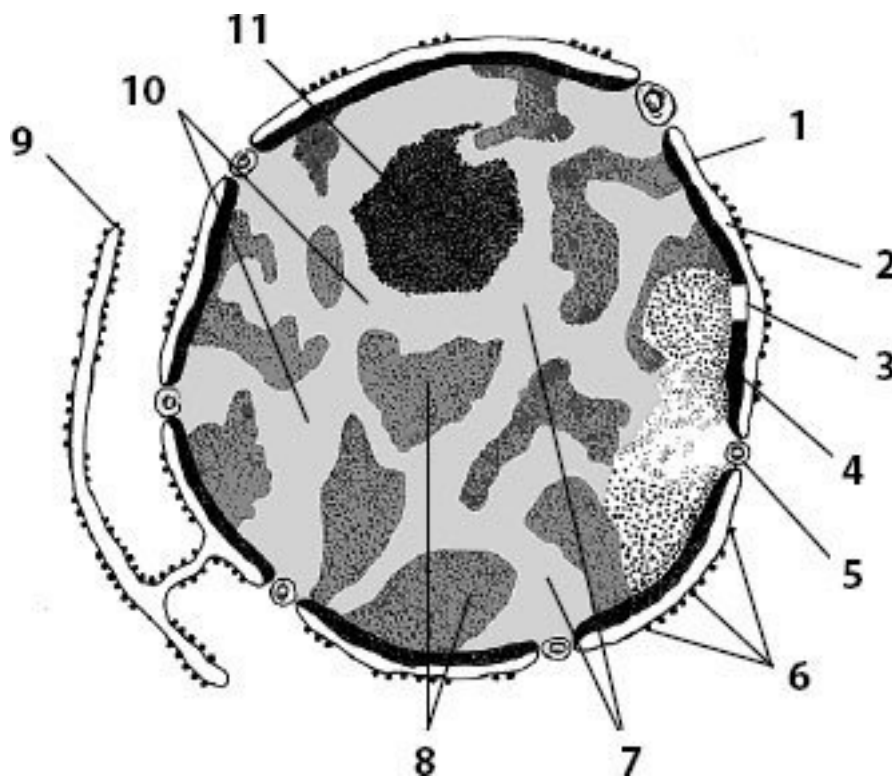


Рис. 11. Ядро (по Албертсу и др., с изм.)

1 – наружная мембрана кариотеки (наружная ядерная мембрана); 2 – перинуклеарное пространство; 3 – внутренняя мембрана кариотеки (внутренняя ядерная мембрана); 4 – ядерная пластинка; 5 – поровый комплекс; 6 – рибосомы; 7 – нуклеоплазма; 8 – гетерохроматин; 9 – цистерна зернистой эндоплазматической сети; 10 – эухроматин; 11 – ядрышко

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).

Каждая хромосома образована одной длинной молекулой дезоксирибонуклеопротеида, который представляет собой двойную цепь ДНК, окруженную сложной системой белков. В результате многократной упаковки образуются удлинённые палочковидные структуры, имеющие два плеча, разделённые центромерой (рис. 12).

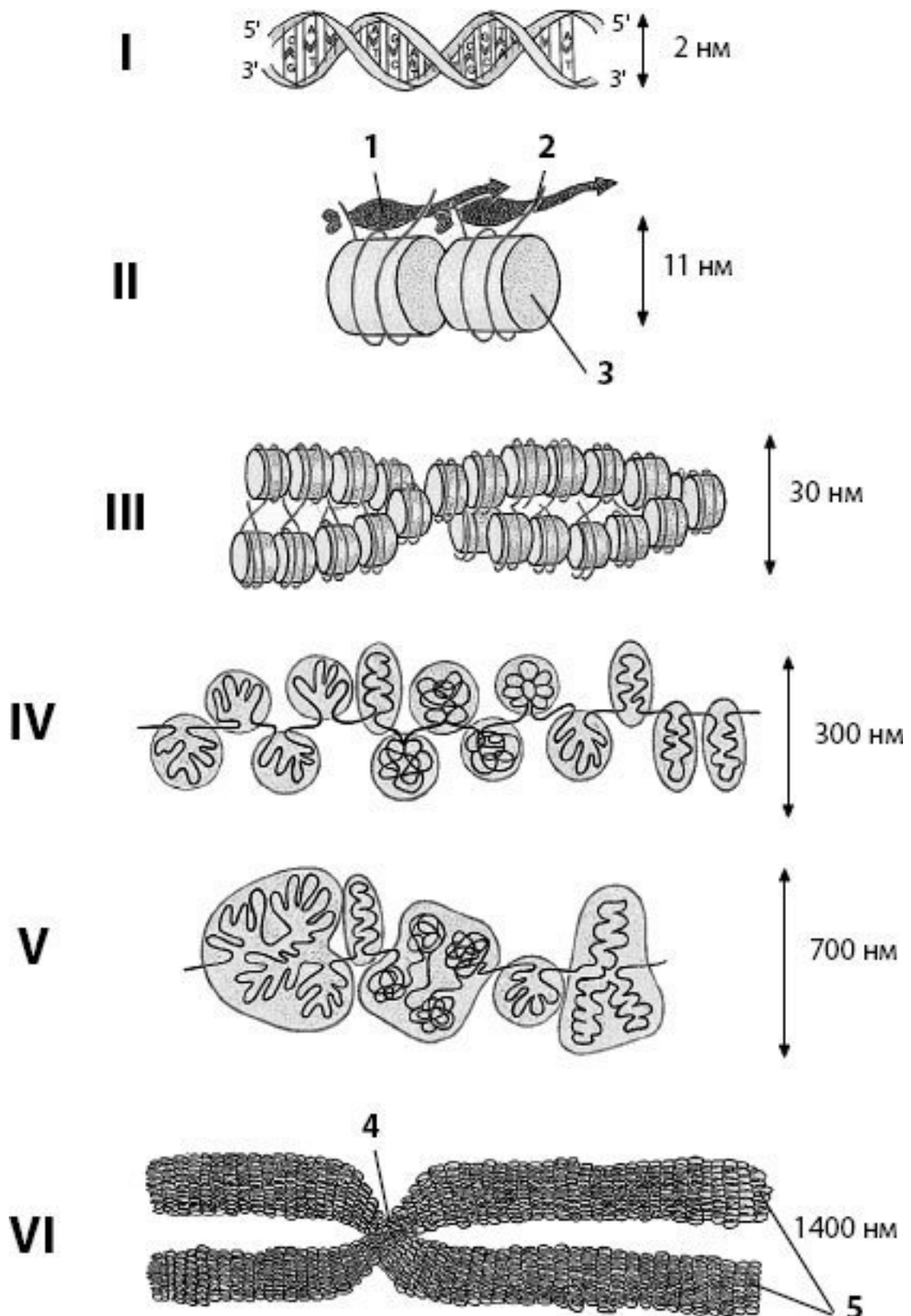


Рис. 12. Уровни упаковки ДНК в хромосоме (по Албертсу и др., с изм.)

I – двойная спираль молекулы ДНК; II – нуклеосомная нить; 1 – гистон H1; 2 – ДНК; 3 – прочие гистоны; III – хроматиновая фибрилла; IV – серия петельных доменов; V – конденсированный хроматин в составе петельного домена; VI – метафазная хромосома; 4 – центромера; 5 – сестринские хроматиды

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. 13).

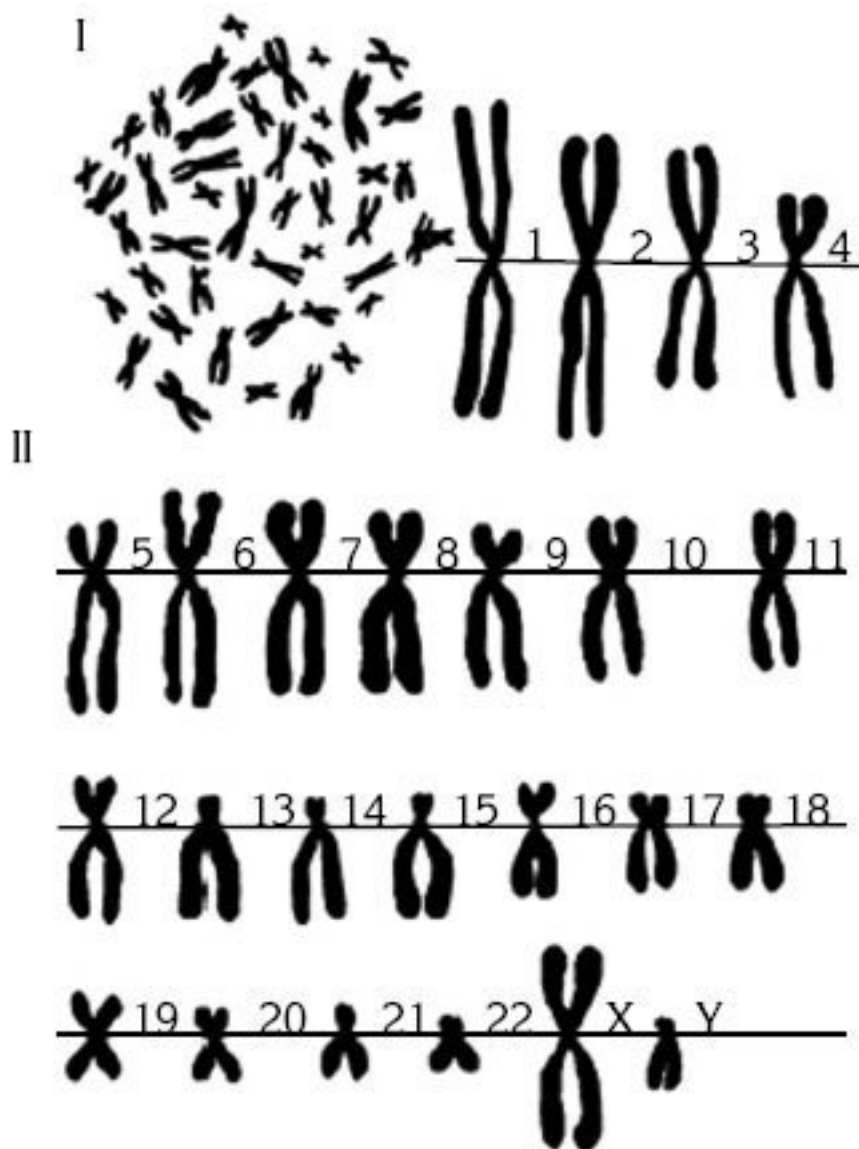


Рис. 13. Кариотип человека (здорового мужчины)
I – кариотип, общий вид; II – метафазные хромосомы

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 кото-

рого 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. 14*) 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.

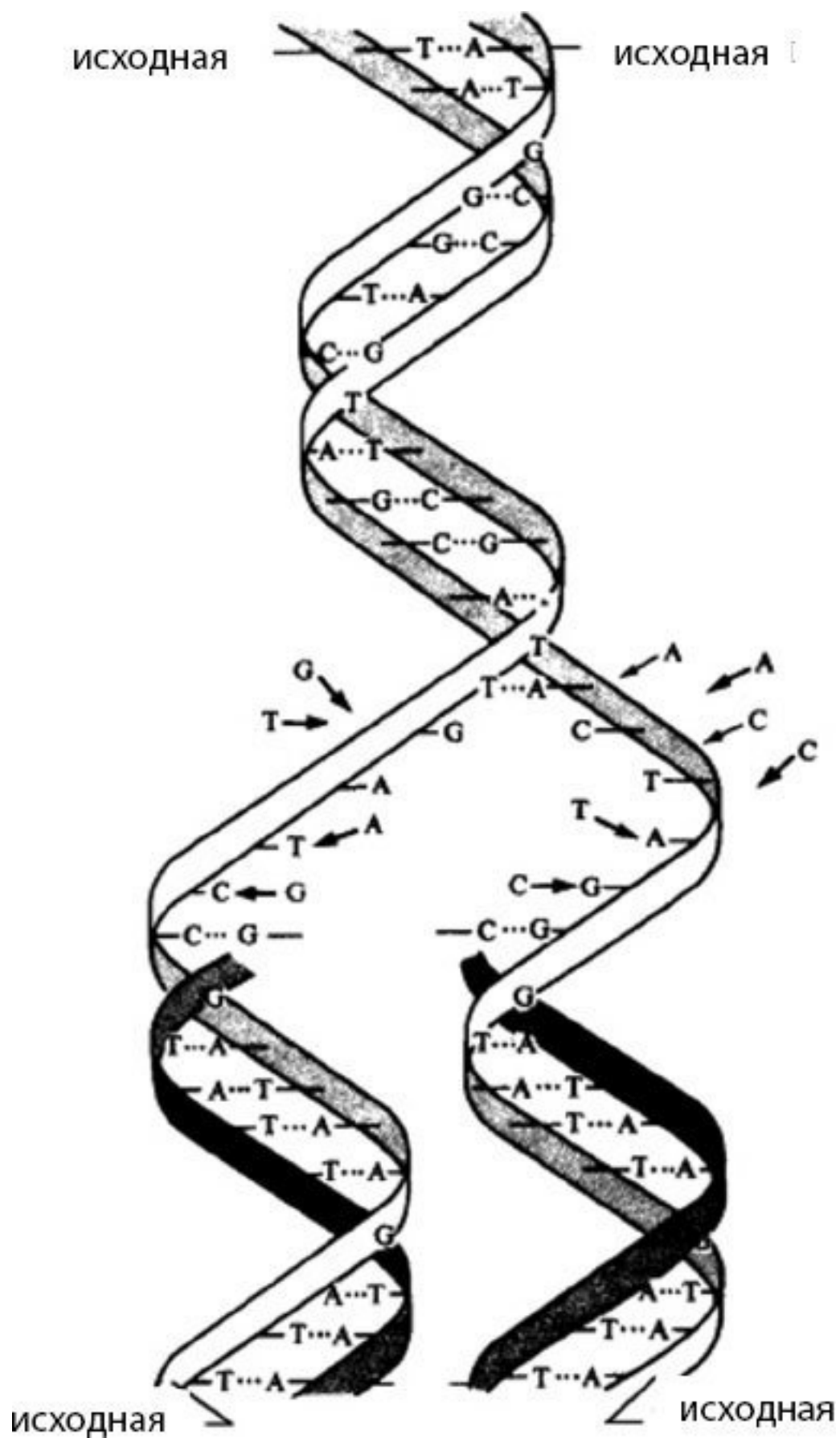


Рис. 14. Строение и репликации ДНК, схема

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. 15*).

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. 16*).

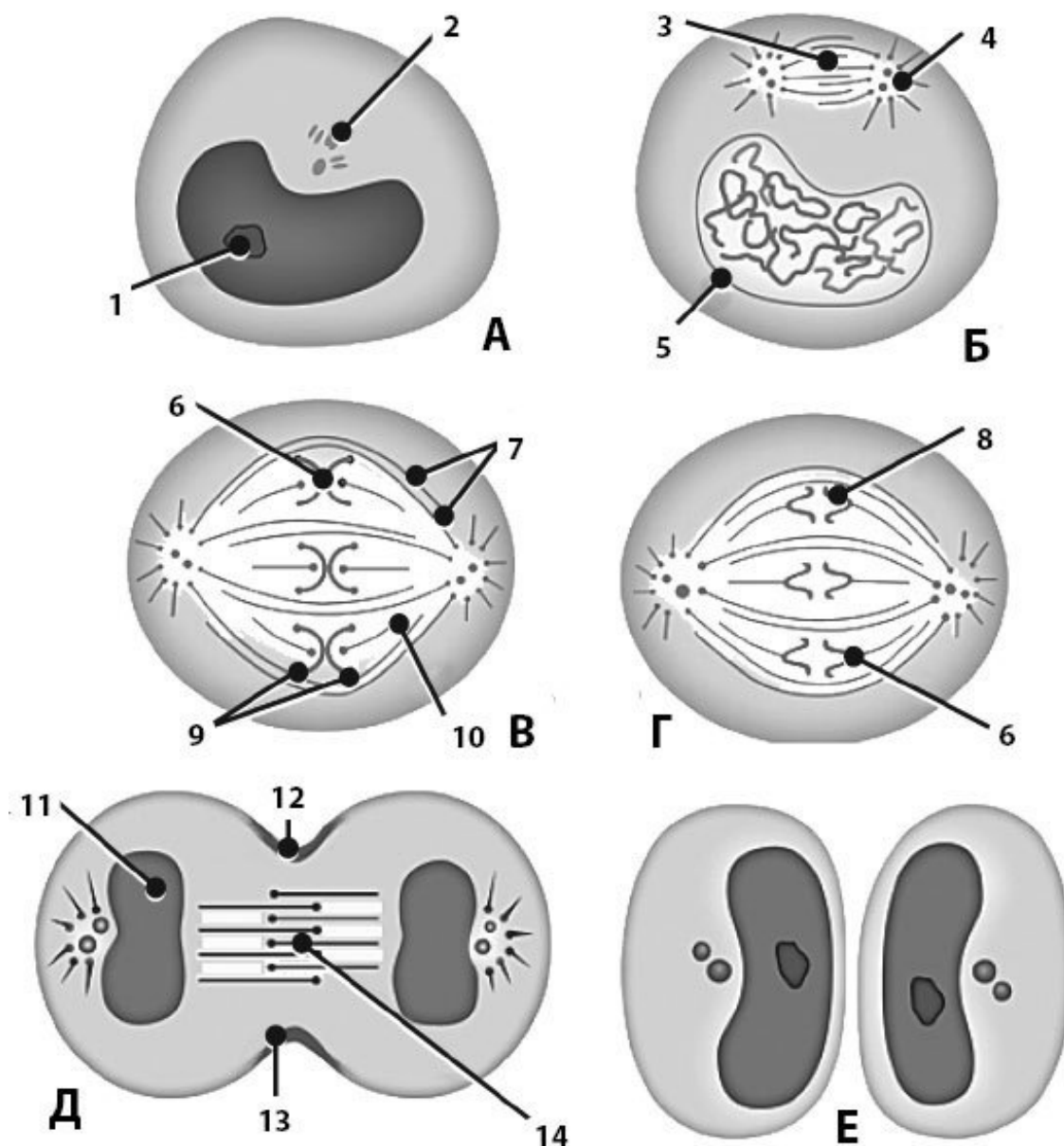


Рис. 15. Стадии митоза. Показаны конденсация хроматина с образованием хромосом, образование веретена деления и равномерное распределение хромосом и центриолей по двум дочерним клеткам (по А. Хэму и Д. Кормаку, с изменениями)

А – интерфаза; Б – профаза; В – метафаза; Г – анафаза; Д – телофаза; Е – поздняя телофаза; 1 – ядрышко, 2 – центриоли; 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; 14 – остаточное (срединное) тельце

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. 16). 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.

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 (рис. 17).

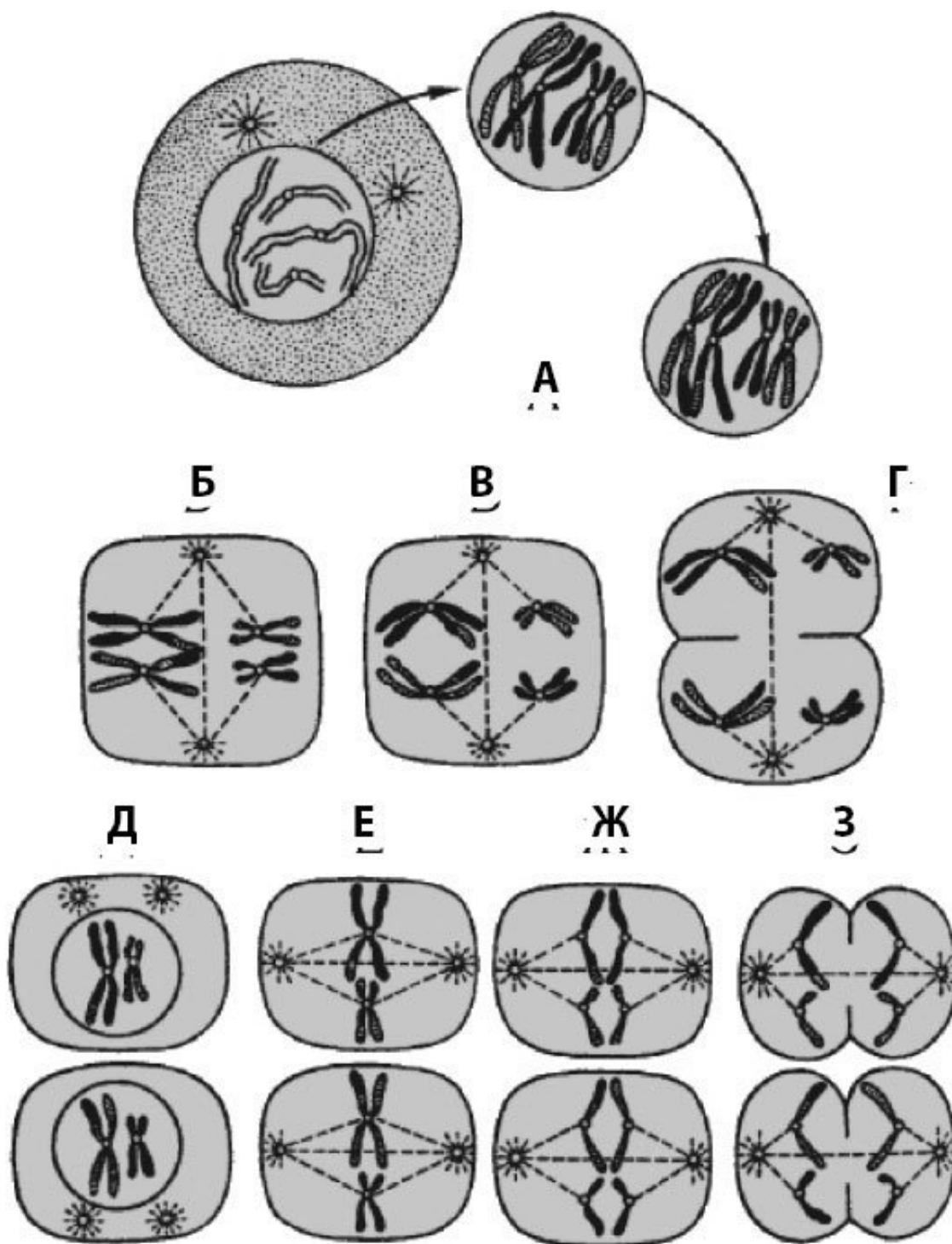


Рис. 16. Основные стадии мейоза (по Мамонтову)

А – проффаза I; Б – метафаза I; В – анафаза I; Г – телофаза I; Д – проффаза II; Е – метафаза II, Ж – анафаза II, З – телофаза II

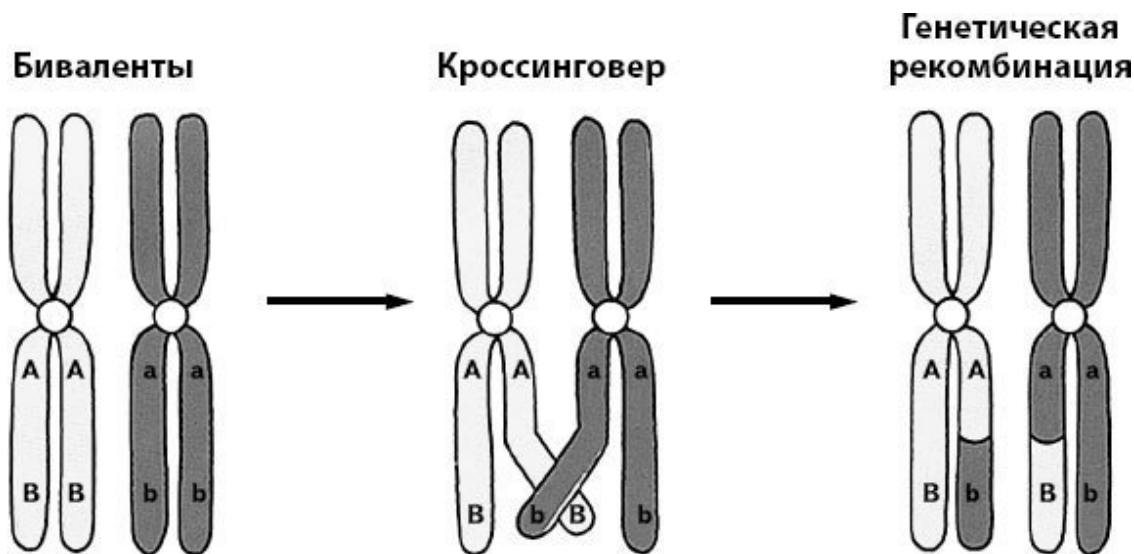


Рис. 17. Схема обмена генами двух хромосом (кроссинговер) (по Дж. Тортора и С. Грабовски)

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 ретикула. Свободные рибосомы синтезируют белок, необходимый для жизнедеятельности самой клетки, прикрепленные белок, подлежащий выведению из клетки.

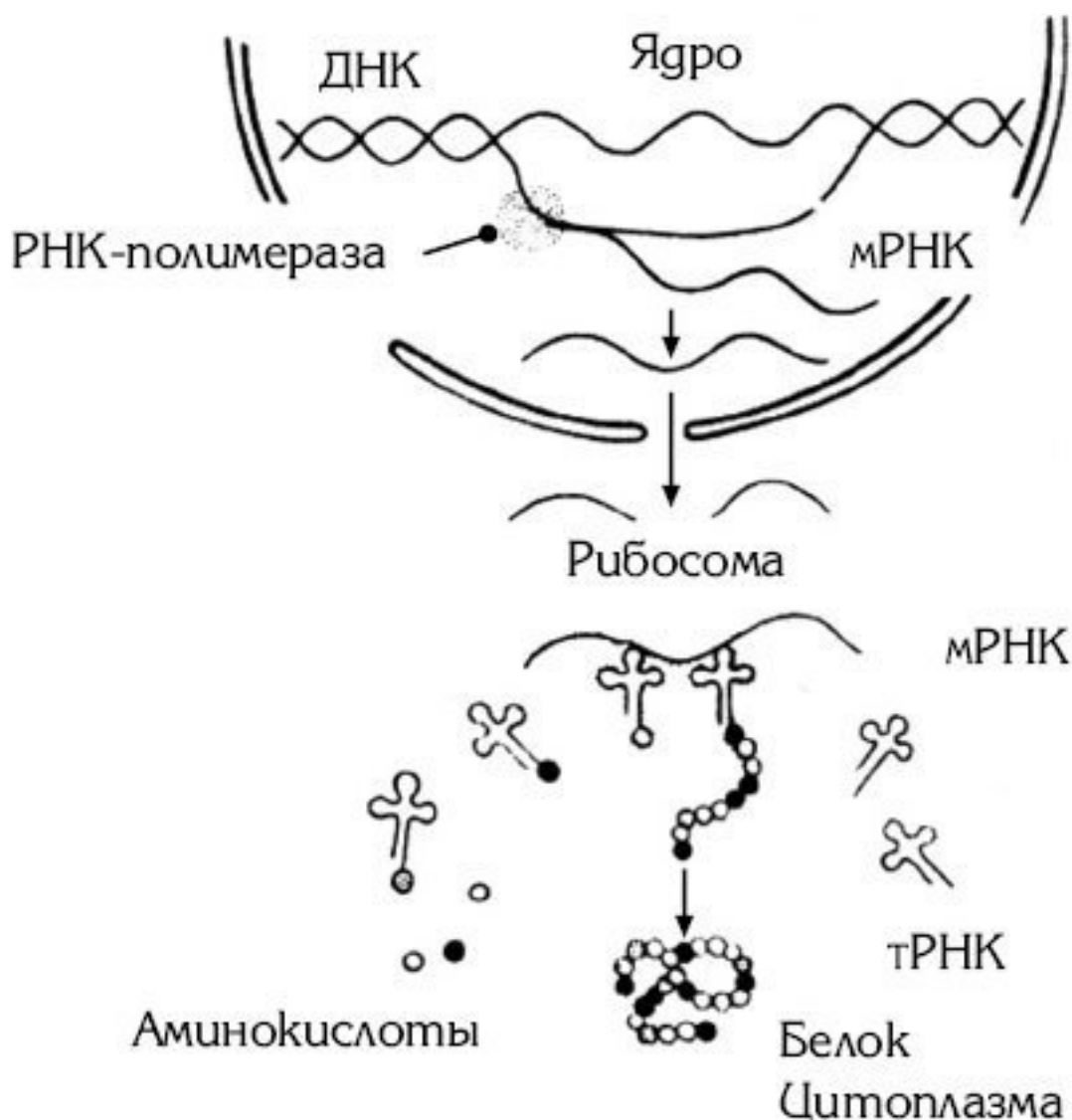


Рис. 18. Общая схема белкового синтеза в клетке

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. 18*).

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 мембране³ 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. 19).

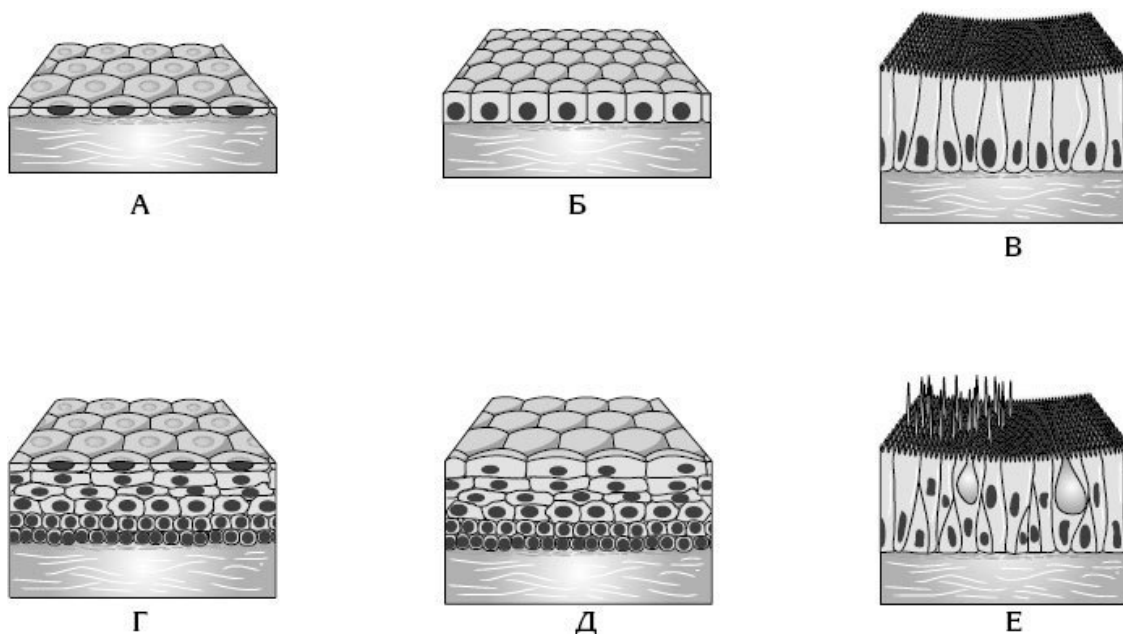


Рис. 19. Строение эпителиальной ткани

А – однослойный плоский эпителий; Б – однослойный кубический эпителий; В – однослойный цилиндрический эпителий Г – многослойный плоский неороговевающий эпителий; Д – переходный эпителий; Е – псевдомногослойный реснитчатый эпителий

³ Базальная мембрана – слой межклеточного вещества (белков и полисахаридов), располагающийся на границах между различными тканями, например между эпителиальным пластом и подлежащей соединительной тканью.

Клетки эпителия (**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 (гландулоцитов).

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 ретикулула. Клетки, продуцирующие стероиды, – элементами гладкого эндоплазматического ретикулула, 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. 20*). 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.

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 удлиненную 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.

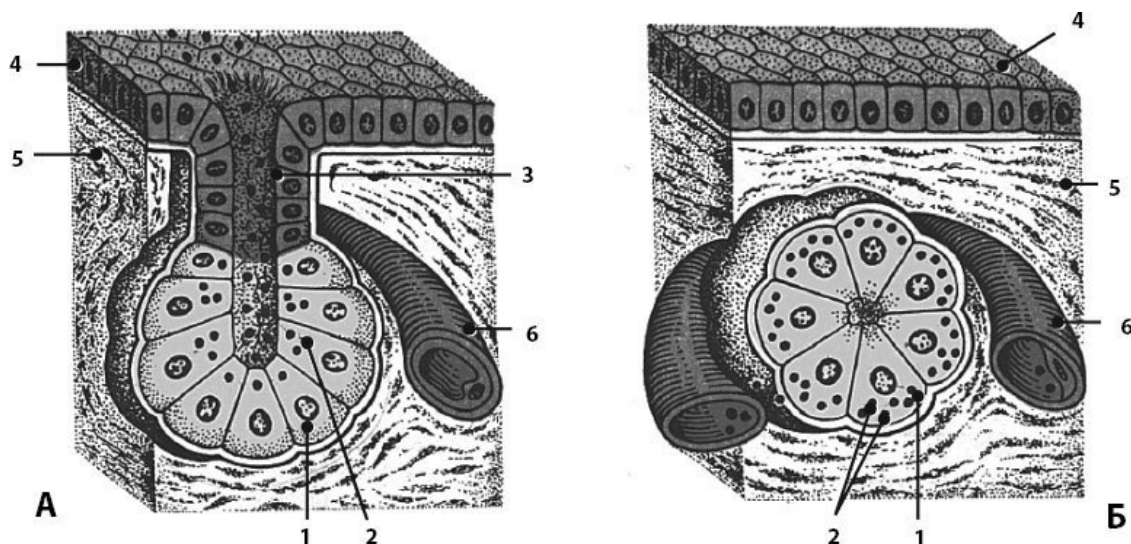


Рис. 20. Схема строения экзокринных и эндокринных желез

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

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 протеоглики, 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 $(4,0\text{--}5,0) \times 10^{12}/\text{л}$, лейкоциты $(4,0\text{--}6,0) \times 10^9/\text{л}$, среди которых выделяют зернистые, или гранулоциты (нейтрофильные, эозинофильные и базофильные), а также незернистые, или агранулоциты (моноциты). В крови имеются также кровяные пластинки (тромбоциты), число которых составляет $(180,0\text{--}320,0) \times 10^9$ в литре и лимфоциты, являющиеся структурными элементами лимфоидной системы (рис. 21).

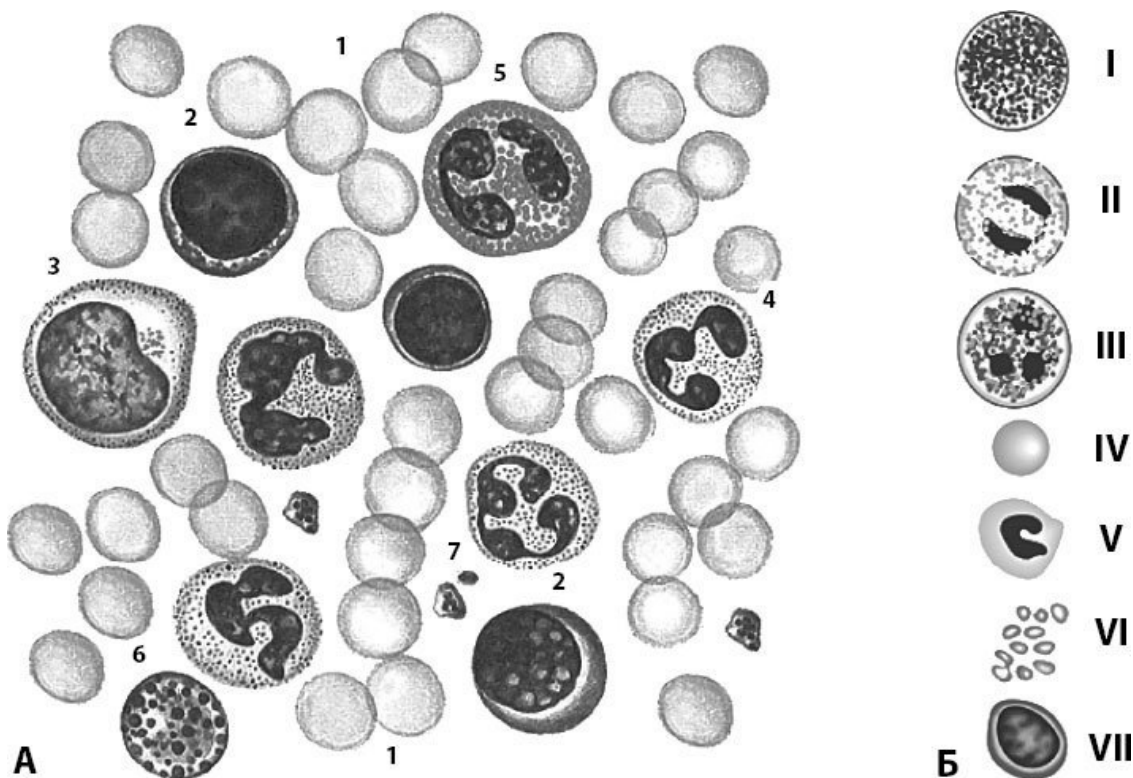


Рис. 21. Кровь

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 – эозинофильный 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. $4 \times 10^{12}\text{--}5,6 \times 10^{12}/\text{л}$, ж. $3,4 \times 10^{12}\text{--}5,0 \times 10^{12}/\text{л}$. Общее количество эритроцитов у мужчин достигает 25×10^{12} , у женщин – 18×10^{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 (рис. 22).

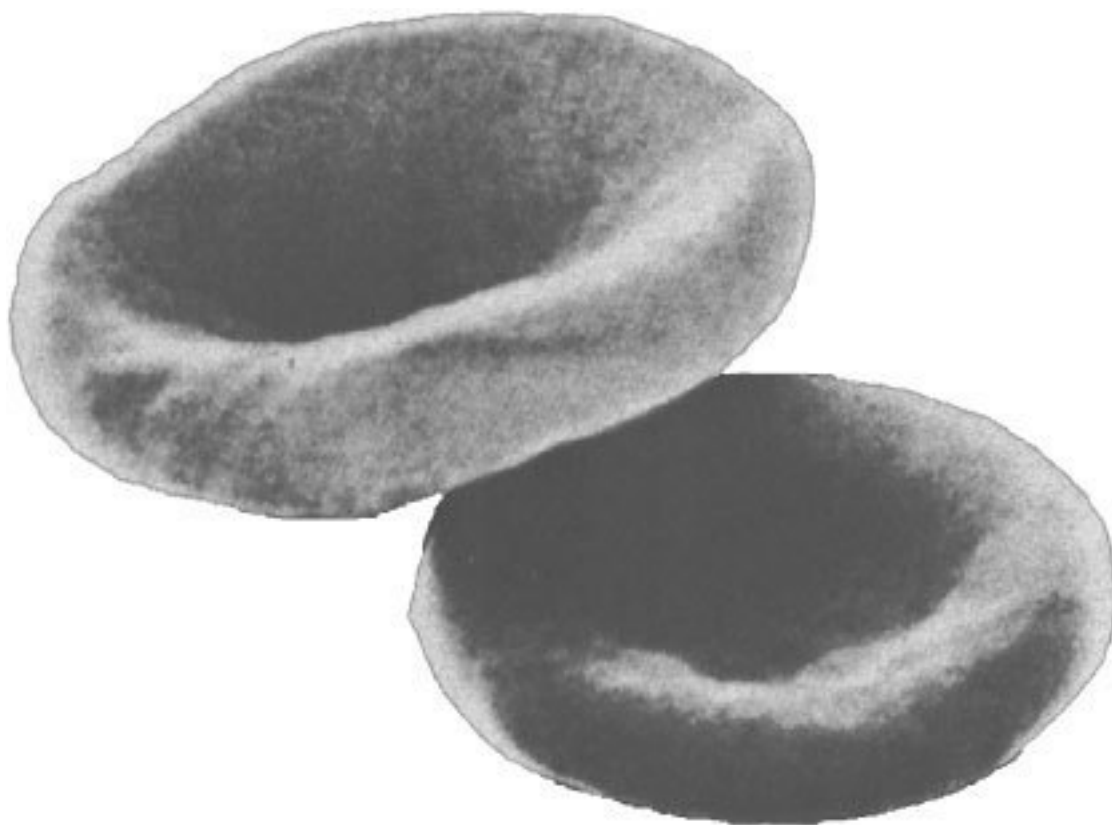


Рис. 22. Нормальные эритроциты в форме двояковогнутого диска

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 – $4,3 \times 10^9$ – $11,3 \times 10^9$ /л, у женщин – $3,2 \times 10^9$ – $10,2 \times 10^9$ /л.

К зернистым лейкоцитам (гранулоцитам) относятся нейтрофильные, или полиморфноядерные, которые составляют от 47 до 72 % всех лейкоцитов, содержание их составляет $2,0$ – $5,5 \times 10^9$ /л, 2000–5500 в 1 мкл крови, а общее их количество в крови взрослого человека колеблется в пределах 3×10^{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 (рис. 23).

⁴ Тельце Барра – одна из двух X-хромосом женских соматических клеток, которая в интерфазе остается в конденсированном состоянии.

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 ($0,02\text{--}0,3 \times 10^9/\text{л}$). 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, $0\text{--}0,65 \times 10^9/\text{л}$), 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.

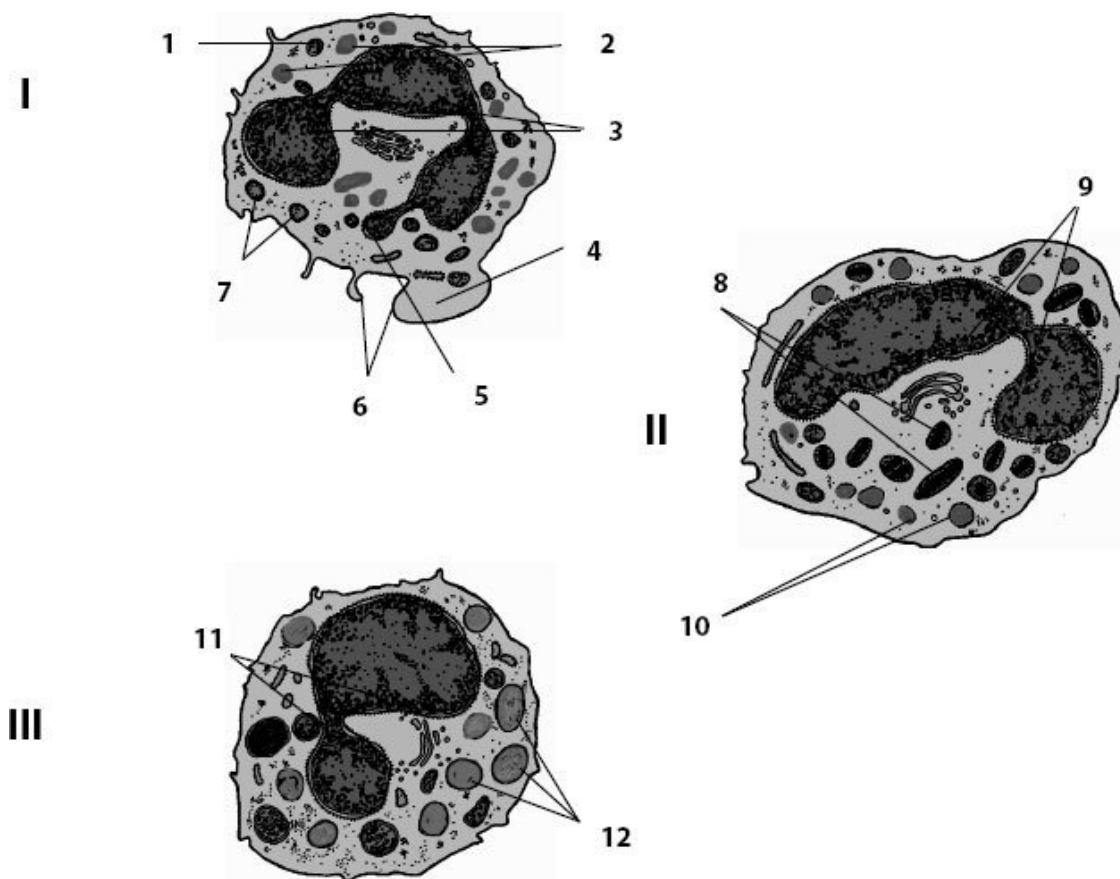


Рис. 23. Гранулоциты (по Юриной и Румянцевой)

I – сегментоядерный нейтрофильный гранулоцит; 1 – вторичные (специфические) гранулы; 2 – первичные (азурофильные) гранулы; 3 – сегменты ядра; 4 – периферическая зона, не содержащая органелл; 5 – тельце полового хроматина; 6 – микроворсинки и псевдоподии; 7 – вторичные (специфические) гранулы; II – ‘эозинофильный (ацидофильный) гранулоцит 8 – зрелые специфические гранулы, содержащие кристаллоиды; 9 – сегменты ядра; 10 – первичные (азурофильные) гранулы; III – базофильный гранулоцит; 11 – сегменты ядра; 12 – гранулы базофила различной величины и плотности

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, $1,2\text{--}3,0 \times 10^9/\text{л}$), преобладают в лимфе и ответственны за иммунитет. В организме взрослого человека их число достигает $6\text{--}10^{12}$. 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, $0,09\text{--}0,6 \times 10^9/\text{л}$). 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 (рис. 24).

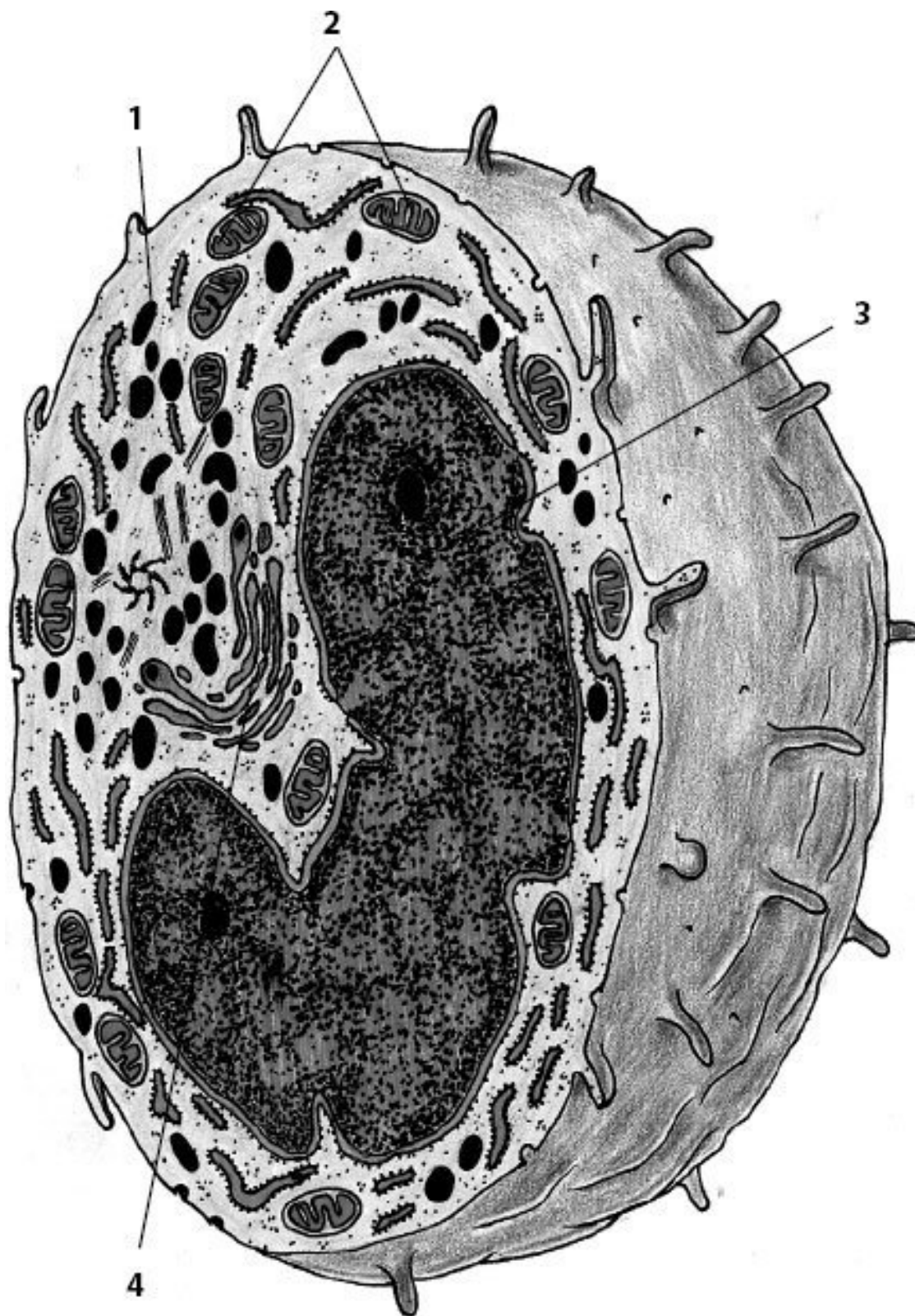


Рис. 24. Моноцит (по Крстичу, с изм.)

1 – лизосома; 2 – митохондрия; 3 – ядро; 4 – комплекс Гольджи

Тромбоциты, или кровяные пластинки, уплощенные овальные двояковыпуклые безъядерные фрагменты крупных клеток мегакриоцитов диаметром 2–4 и толщиной 0,5–0,75 мкм. Количество их достигает 180–320 тыс. в 1 мкл крови ($180,0 \times 10^9$ – $320,0 \times 10^9$ /

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 (*рис. 25*).

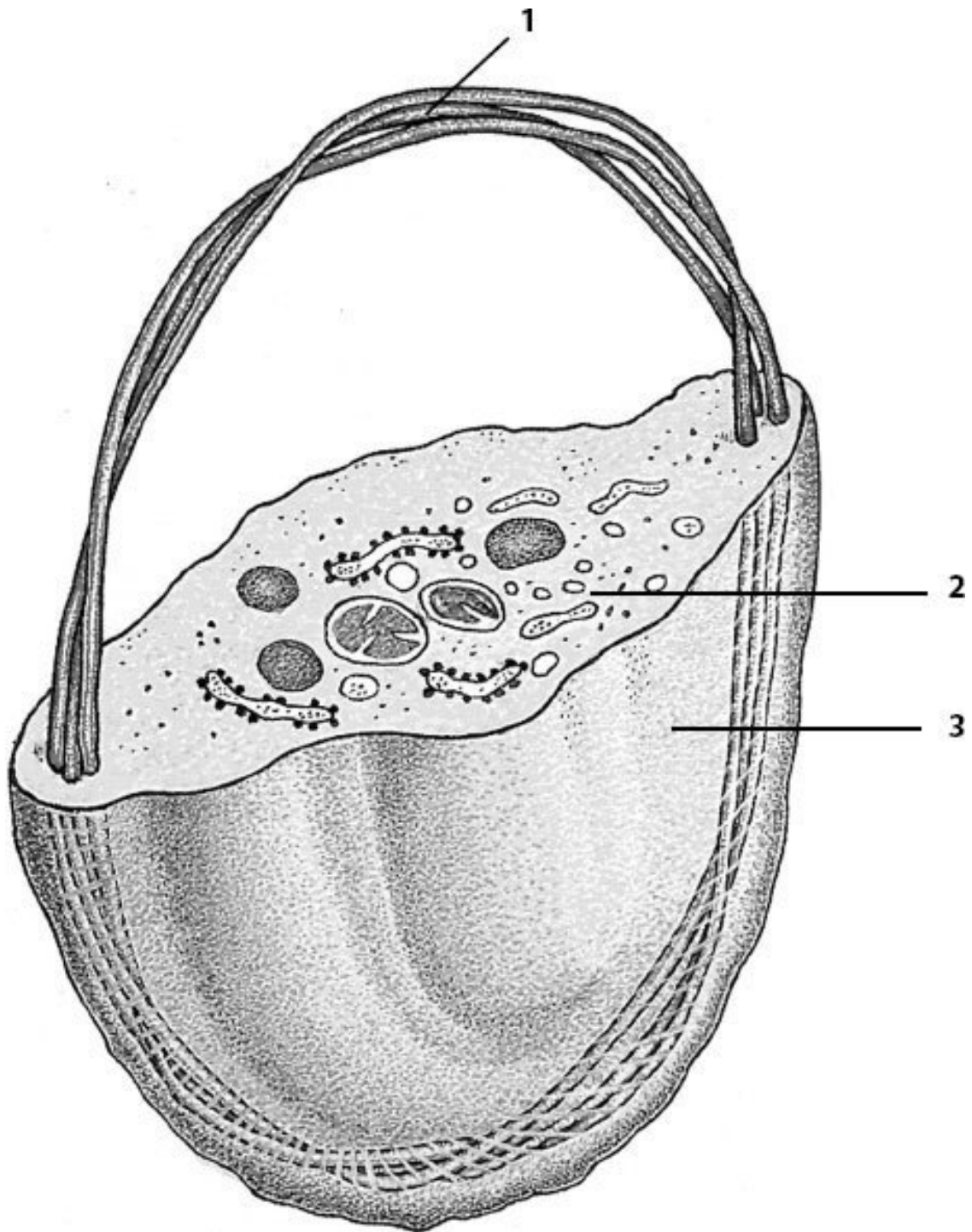


Рис. 25. Тромбоцит (по Альбертсу и соавт., с изм.)

1 – пучок микротрубочек; 2 – грануломер; 3 – гиаломер

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 (рис. 26). 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.

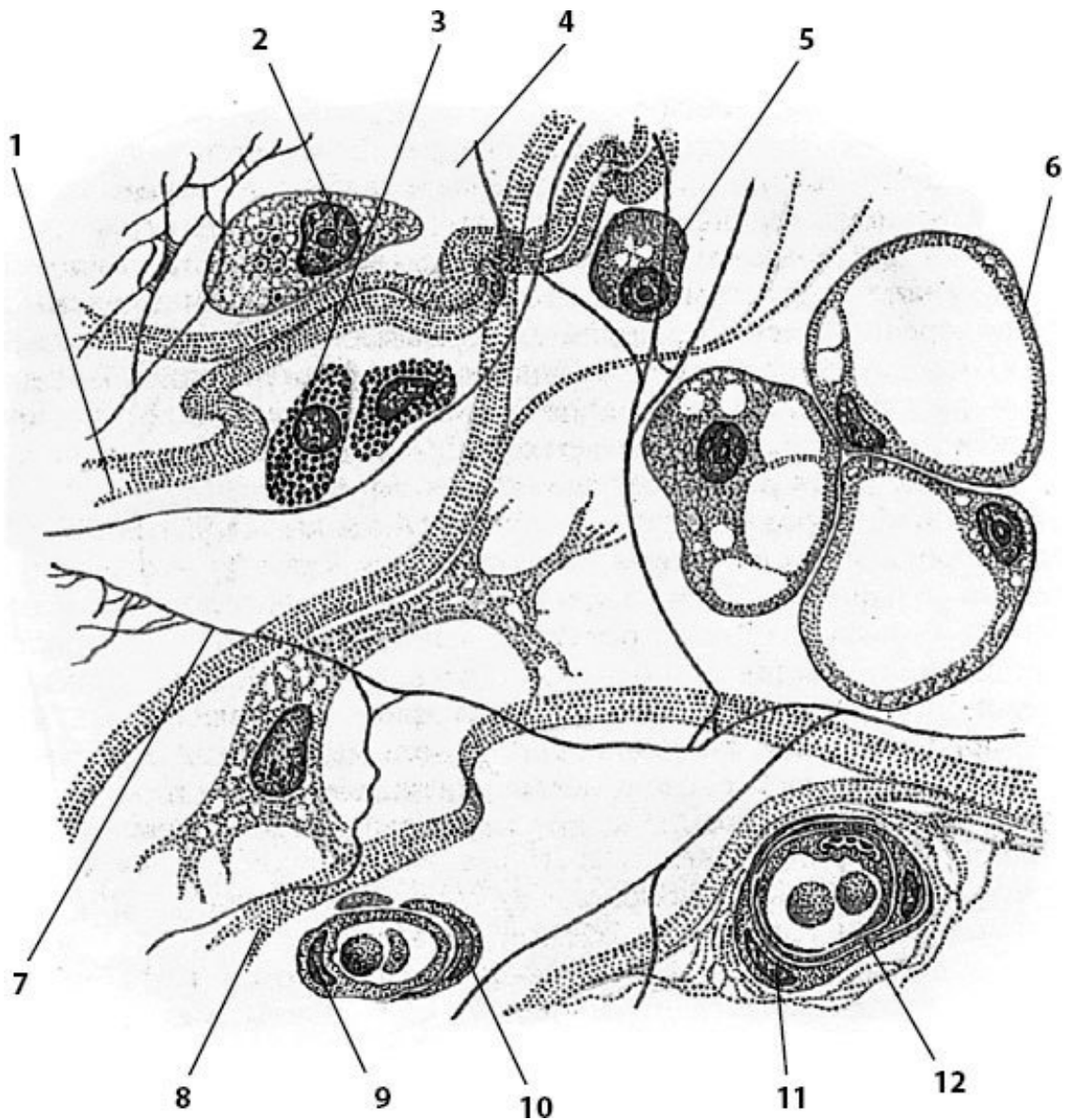


Рис. 26. Рыхлая волокнистая соединительная ткань

1 – коллагеновое волокно; 2 – макрофагоцит; 3 – тканевый базофил; 4 – аморфное межклеточное (основное) вещество; 5 – плазмоцит (плазматическая клетка); 6 – адипоцит (жировая клетка); 7 – эластическое волокно; 8 – фибробласт; 9 – эндотелиоцит; 10 – перицит; 11 – миоцит; 12 – кровеносный сосуд

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.

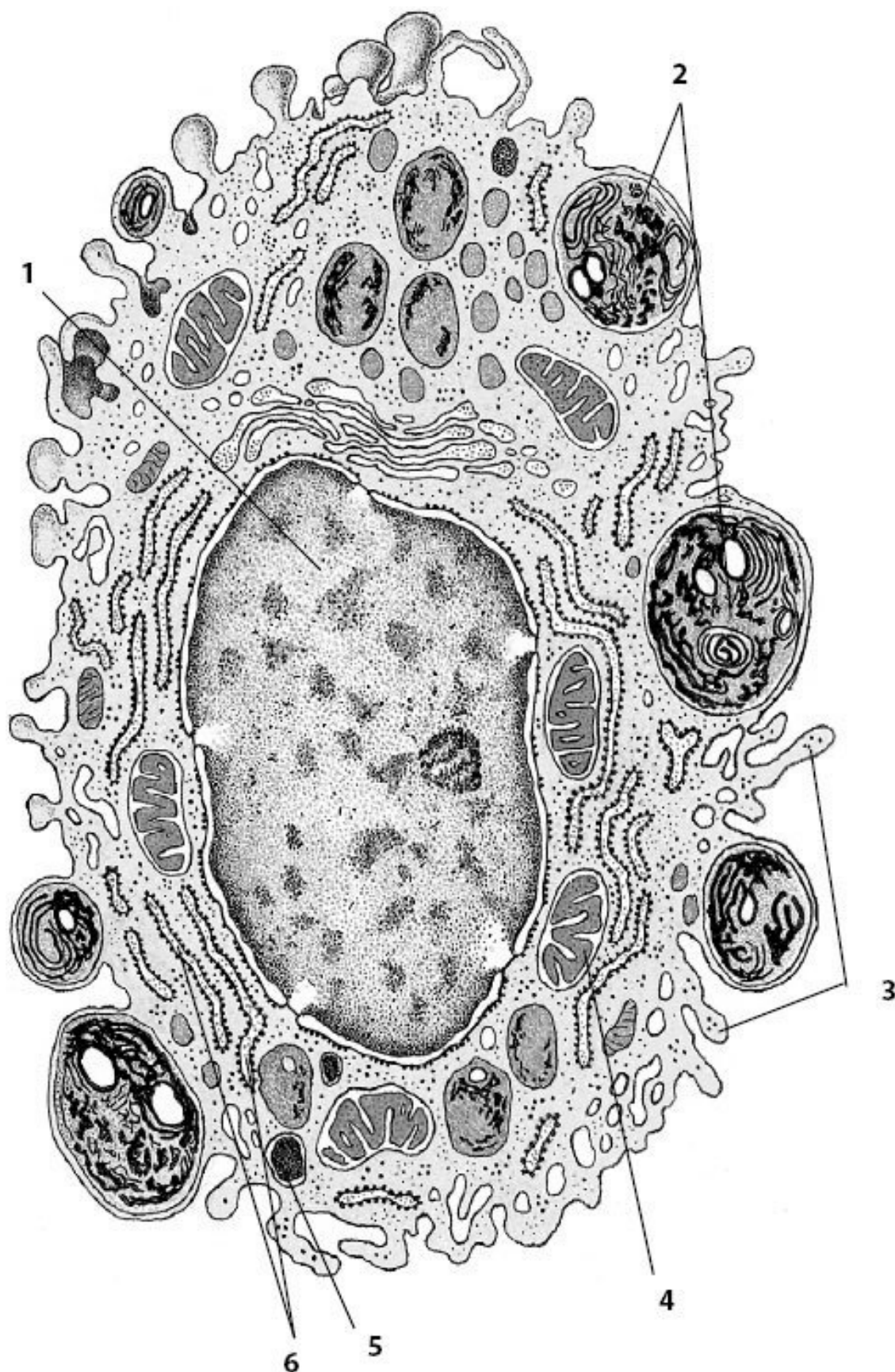


Рис. 27. Макрофаг (по Крстичу, с изм.)

1 – ядро; 2 – фаголизосомы (вторичные лизосомы); 3 – псевдоподии; 4 – митохондрия;
5 – остаточное тельце; 6 – цистерны гранулярной эндоплазматической сети

Макрофаг (макрофагоцит). В 1882 г. **И. И. Мечников** впервые описал фагоцитоз. За это открытие он был удостоен Нобелевской премии. После двух-трех суток циркуляции моноцит покидает кровеносное русло. За сутки у человека обменивается $0,5-1,0 \times 10^9$ 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 (*рис. 27*).

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 (пл. кл.) вырабатывают антитела (иммуноглобулины), это определяет их важнейшую роль в защите организма. Следует обратить внимание на происхождение пл. 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. (*рис. 29*).

Тучные клетки содержат множество крупных (до 2 мкм) мембранных гранул, богатых биологически активными веществами, влияющими на кровеносные сосуды.

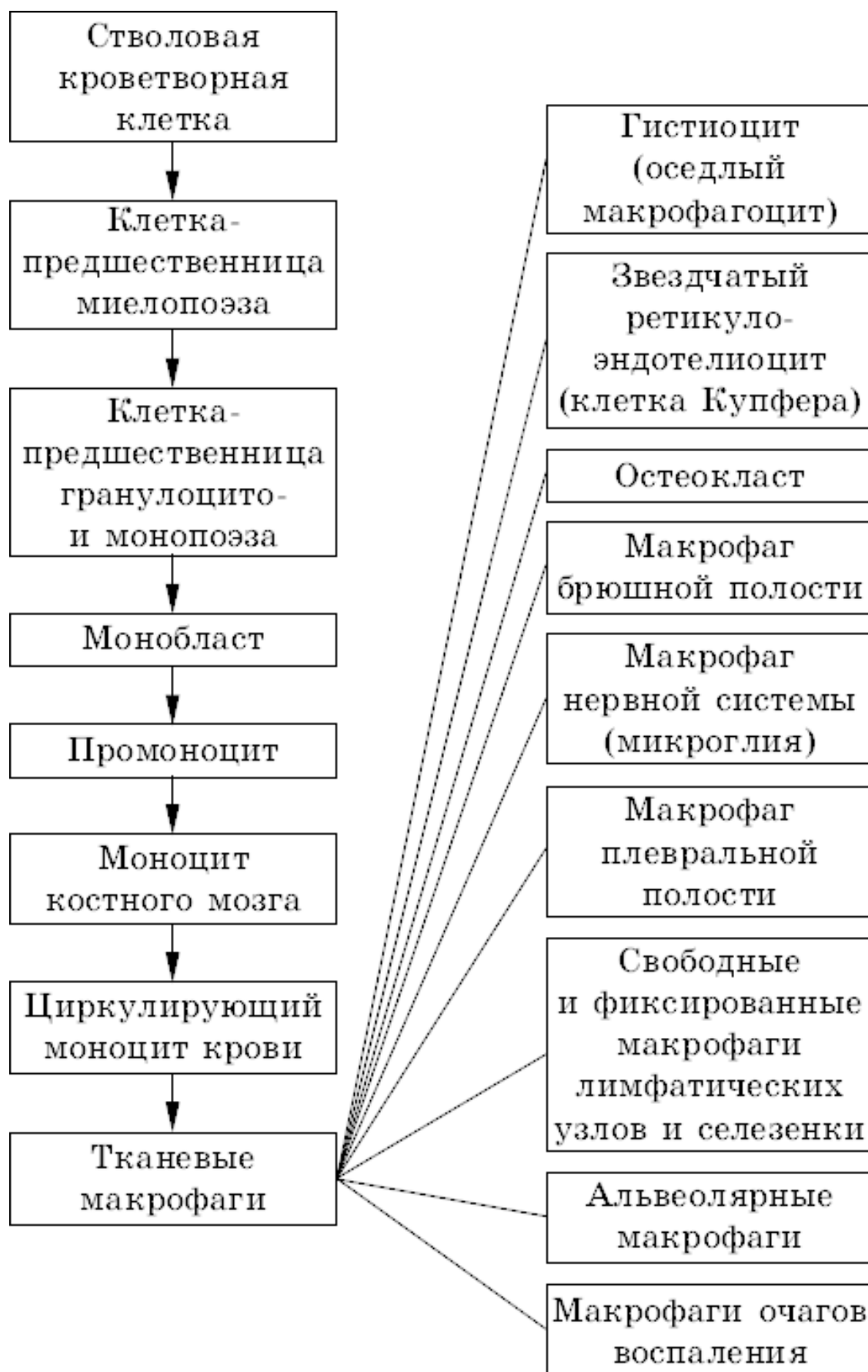


Рис. 28. Происхождение и структура системы мононуклеарных фагоцитов (СМФ)

Ретикулярная клетка (Р. кл.) – удлинённая клетка, ее многочисленные отростки соединяются с отростками других Р. кл., формируя сеть. Ретикулярные волокна располагаются в углублениях, образованных плазмалеммой 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 (рис. 30).

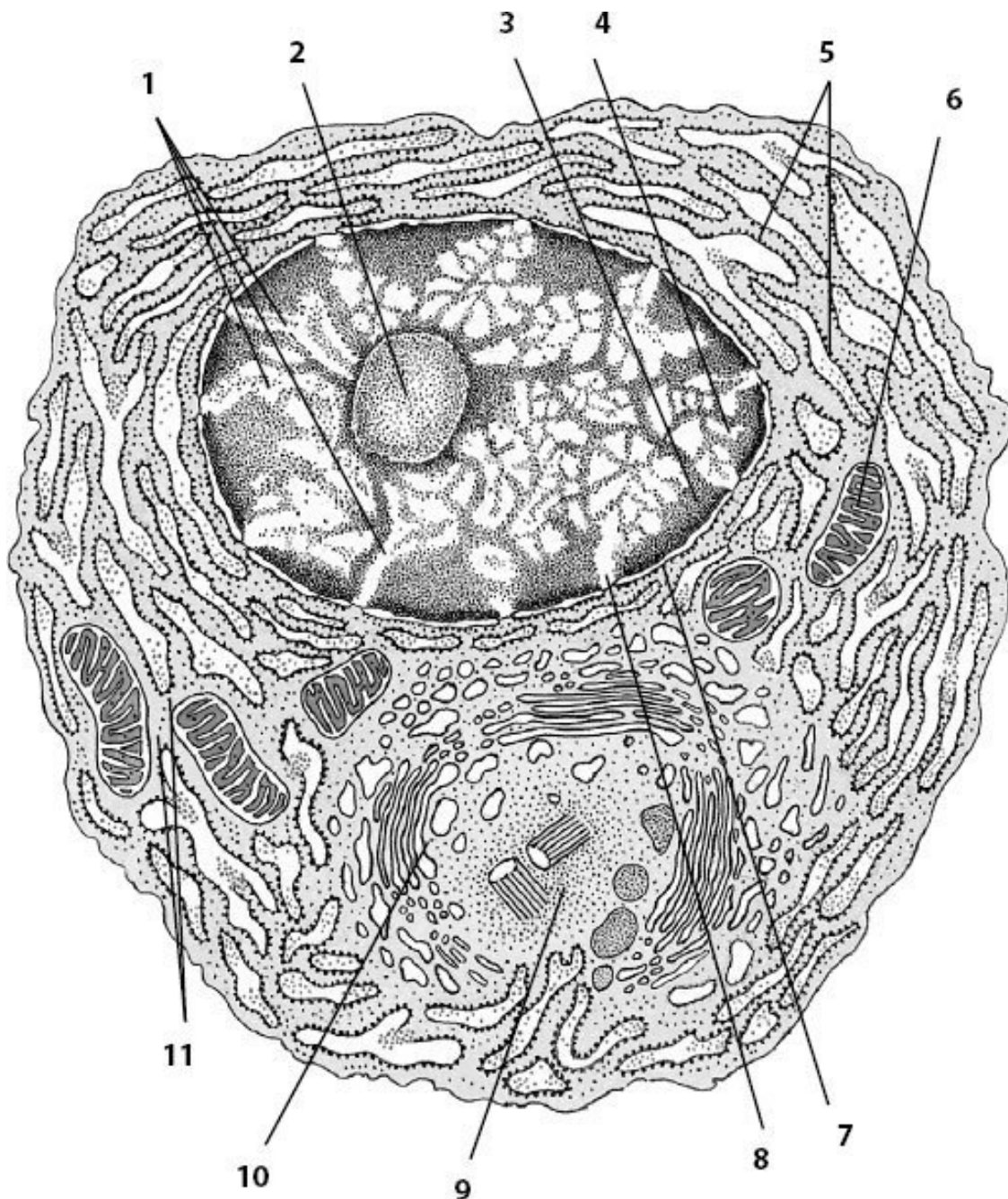


Рис. 29. Плазматическая клетка (по Крстичу, с изм.)

1 – радиально ориентированные скопления хроматина («спицы»); 2 – ядрышко; 3 – гетерохроматин; 4 – ядро; 5 – гранулярная эндоплазматическая сеть; 6 – митохондрия; 7 – ядерная мембрана; 8 – пора в ядерной оболочке; 9 – клеточный центр; 10 – комплекс Гольджи; 11 – свободные рибосомы

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 каждым эндотелиальной клеткой. Они передают последним нервное возбуждение, что способствует накоплению или потере клеткой жидкости. Это приводит к расширению или сужению просвета капилляра (*рис. 31*).

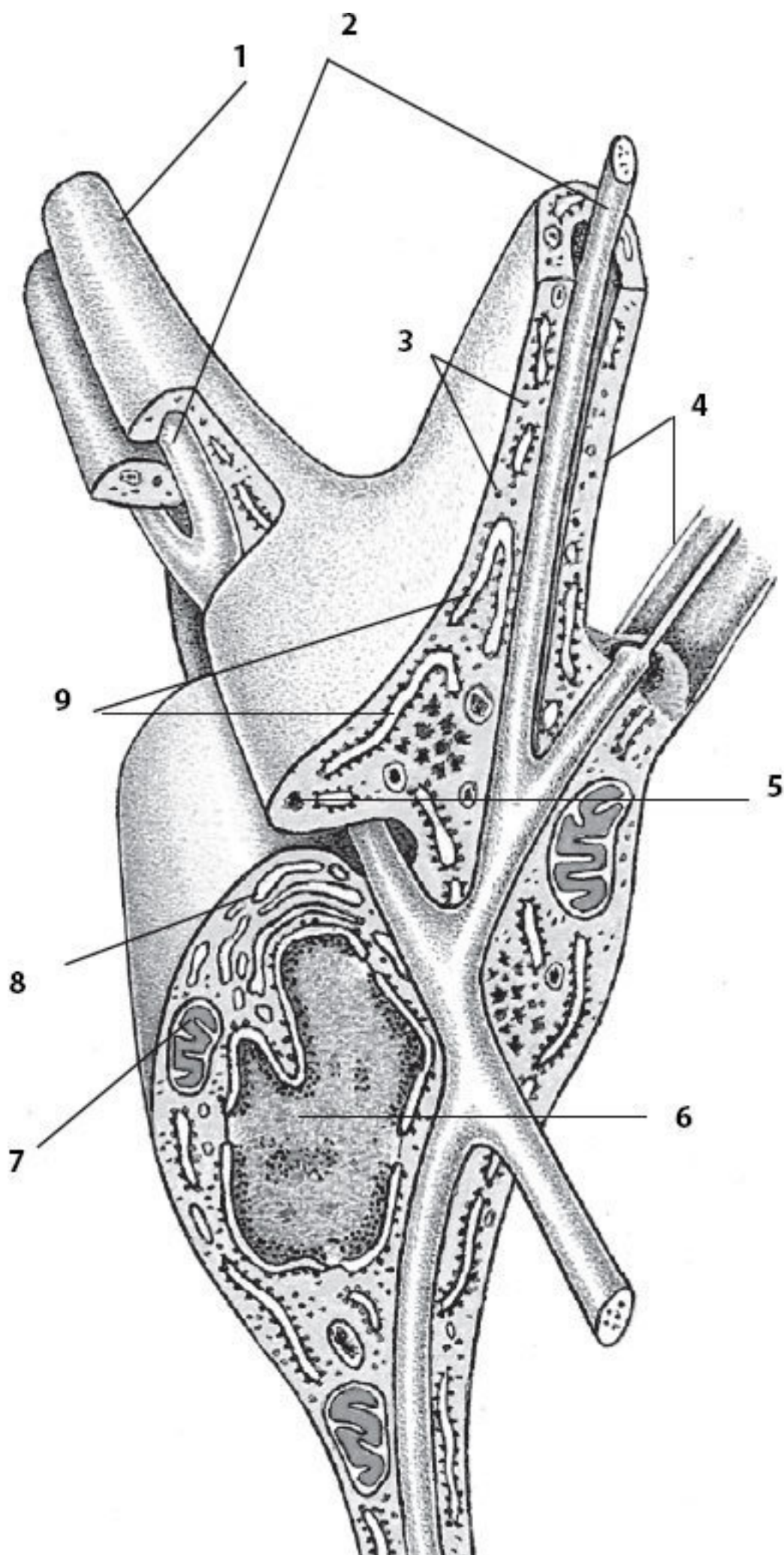


Рис. 30. Ретикулярная клетка (по Крстичу, с изм.)

1 – отростки; 2 – ретикулярные волокна; 3 – лизосомы; 4 – отростки; 5 – ундулирующая мембрана; 6 – ядро; 7 – митохондрия; 8 – комплекс Гольджи; 9 – гранулярная эндоплазматическая сеть

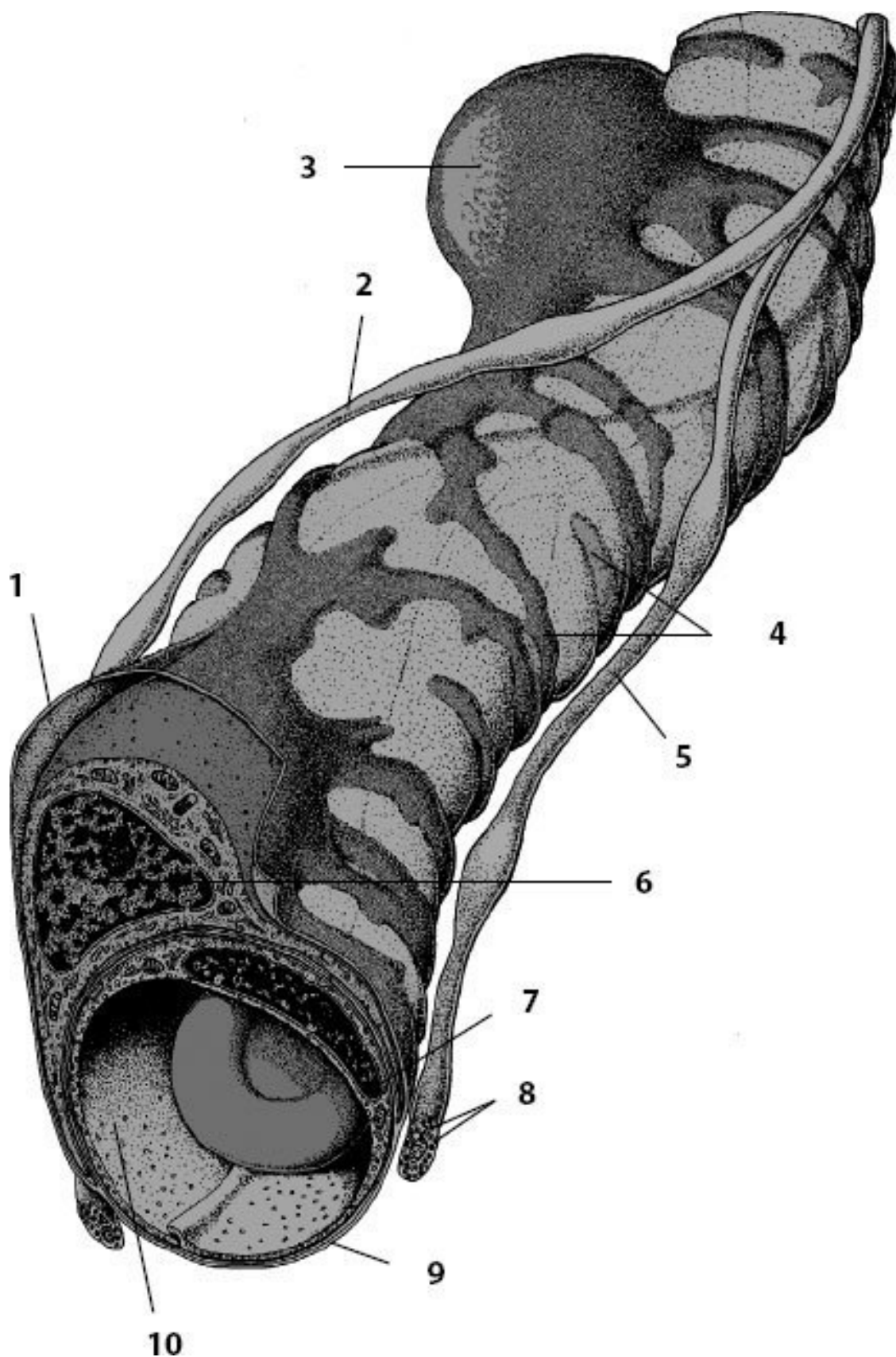


Рис. 31. Перицит (по Крстичу, с изм.)

1 – базальная мембрана; 2 – нервное волокно; 3 – тело перицита; 4 – отростки; 5 – нервное волокно; 6 – тело перицита; 7 – эндотелиоцит; 8 – синаптические пузырьки; 9 – базальная мембрана; 10 – капилляр

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 (фиibroцитов) 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 похудании 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, эпифизарные 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, надгортаник, хрящ ушной раковины, хрящевая часть слуховой трубы и наружного слухового прохода. В отличие от гиалинового эластический хрящ не окостеневает. Хрящи лишены кровеносных сосудов, их питание осуществляется за счет диффузии из окружающих тканей. Хрящ как орган построен из хрящевой ткани, покрытой надхрящницей (рис. 32).

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.

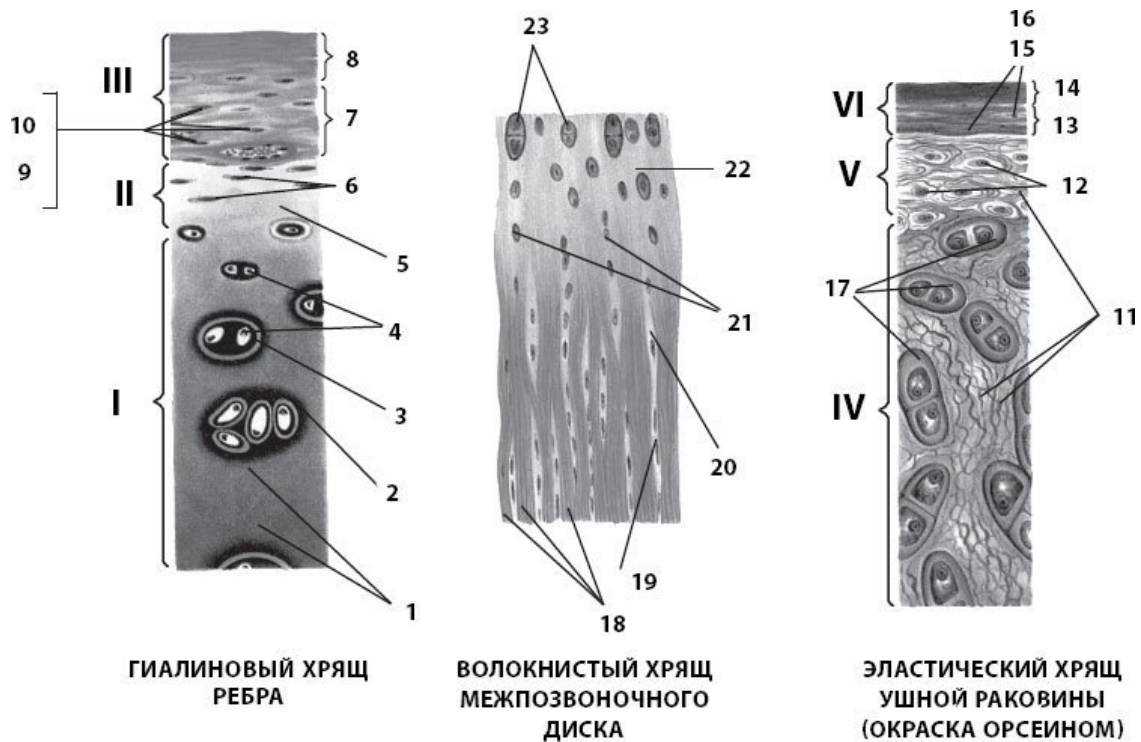


Рис. 32. Хрящевая ткань (по Алмазову, Сутулову)

I – зона зрелого хряща; II – зона молодого хряща; III – надхрящница; 1 – базофильный интерриториальный хрящевой матрикс; 2 – базофильный территориальный хрящевой матрикс; 3 – хрящевая лакуна; 4 – изогенная группа хондроцитов; 5 – хрящевой матрикс; 6 – уплощенные одиночные хондроциты; 7 – хондрогенный слой; 8 – волокнистый слой; 9 – хондрогенные клетки; 10 – хондробласты; IV – зона зрелого хряща; V – зона молодого хряща; VI – надхрящница; 11 – эластические волокна; 12 – уплощенные одиночные хондроциты; 13 – хондрогенный слой; 14 – волокнистый слой; 15 – хондрогенные клетки; 16 – хондробласты; 17 – изогенная группа хондроцитов; 18 – пучки коллагеновых волокон; 19 – фиброциты; 20 – основное вещество; 21 – уплощенные одиночные хондроциты; 22 – хрящевой матрикс; 23 – изогенная группа хондроцитов

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 тонково-

локнистого 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. 33). 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. 34). 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.

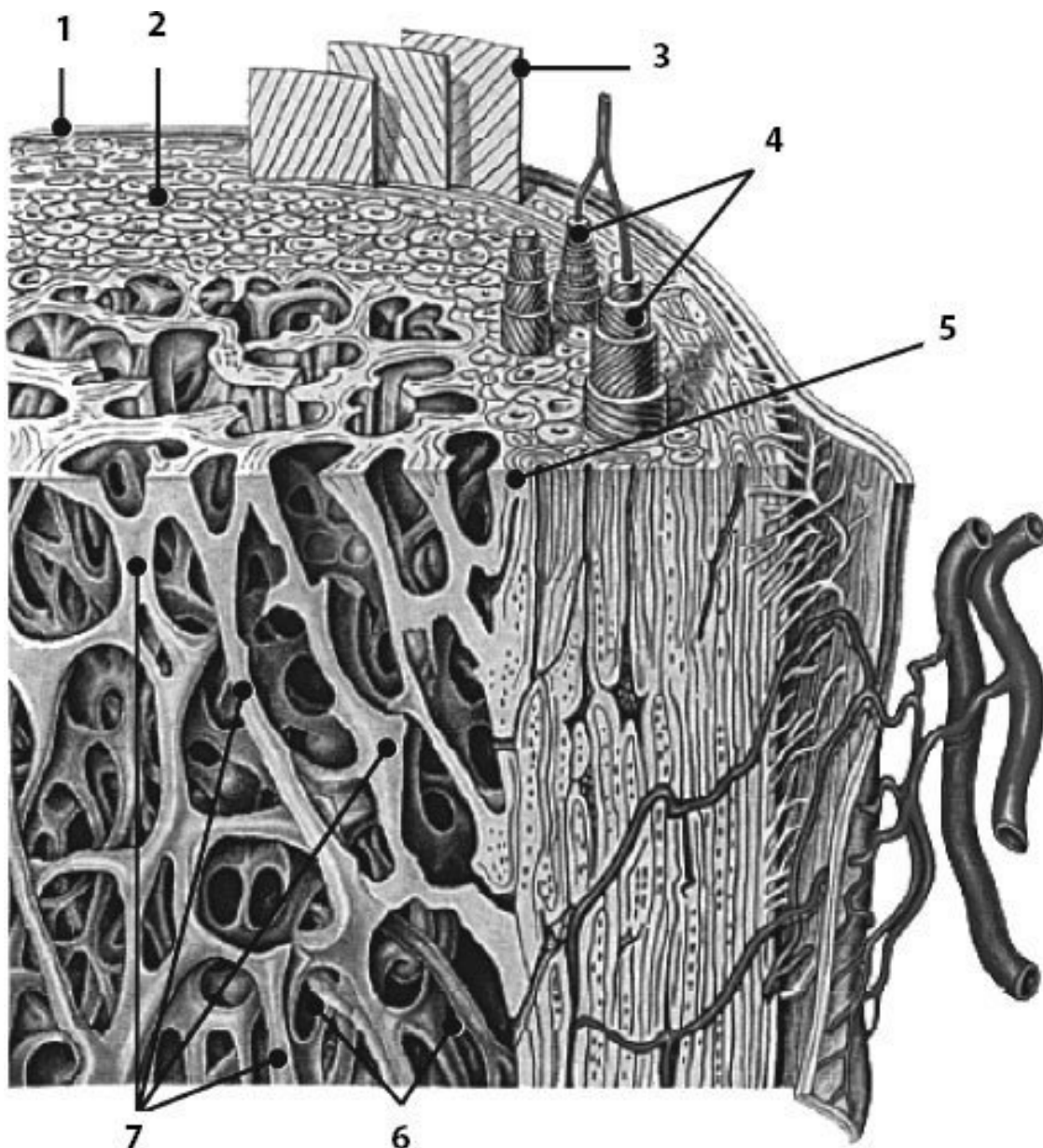


Рис. 33. Строение трубчатой кости (по В. Баргману)

1 – надкостница; 2 – компактное вещество кости; 3 – слой наружных окружающих пластинок; 4 – остеоны; 5 – слой внутренних окружающих пластинок; 6 – костномозговая полость; 7 – костные перекладки губчатой кости

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 расположена в стенках внутренних органов, протоков желез, кровеносных и лимфатических сосудов и других органов. Гладкие миоциты сокращаются под влиянием импульсов, поступающих из вегетативной нервной системы, помимо усилий воли человека.

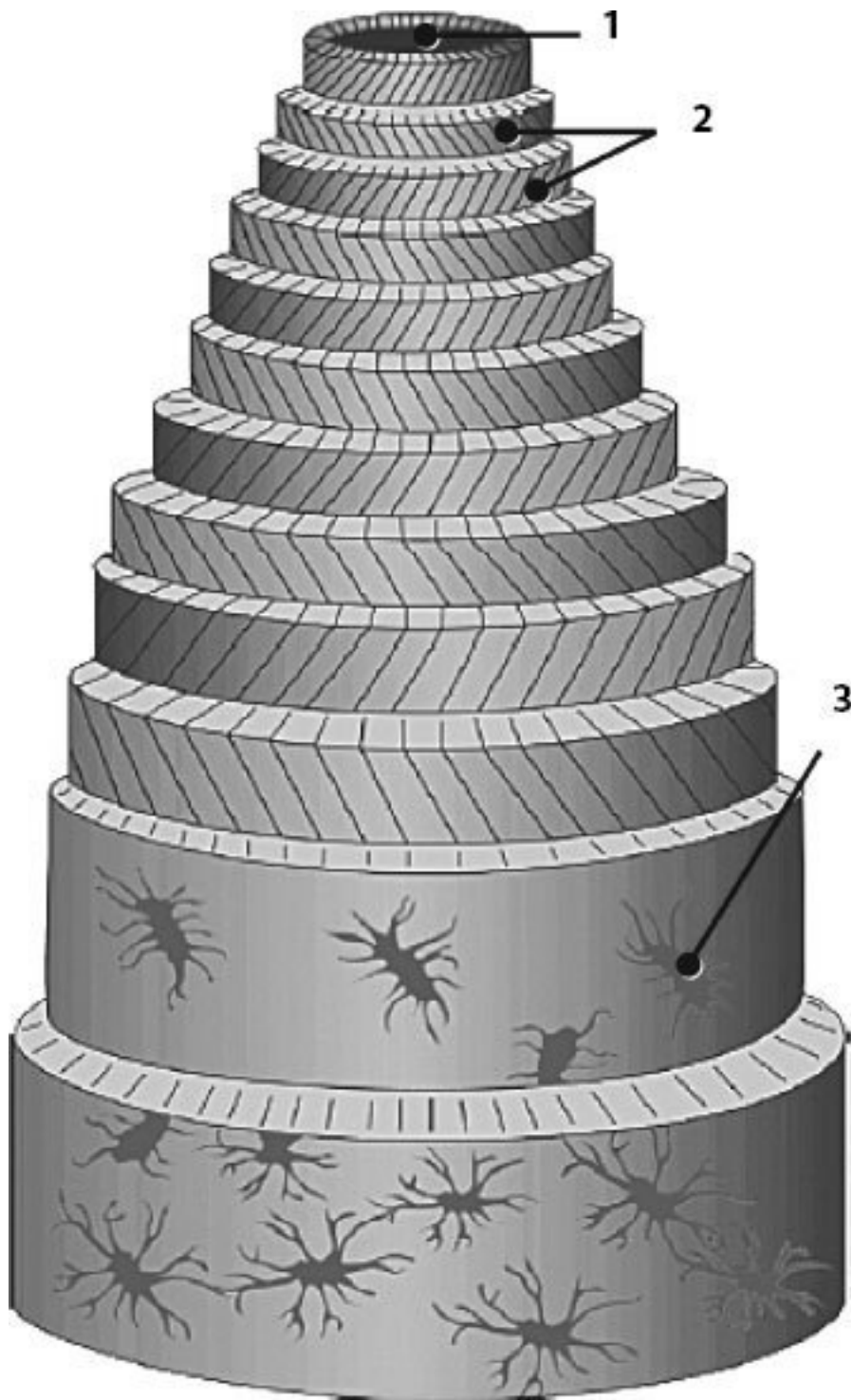


Рис. 34. Строение остеона

1 – центральный канал (канал остеона); 2 – пластинки остеона; 3 – костная клетка (остеоцит)

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 миосателлитов, 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. 35*): темные полосы (диск *A*) чередуются со светлыми (диск *I*). Диск *A* разделен светлой зоной (полоса *H*), диск *I* темной линией *Z* (телофрагма). Волокна содержат сократительные элементы миофиламенты, среди которых различают толстые (миозиновые), занимающие диск *A*, и тонкие (актиновые), лежащие в диске *I* и прикрепляющиеся к телофрагмам, причем концы их проникают в диск *A* между толстыми филаментами. Участок миофибриллы, расположенный между двумя телофрагмами, представляет собой саркомер – сократительную единицу. На границе между дисками *A* и *I* сарколемма впячивается, образуя *T*-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 *T*-трубочкам, соприкасаются с ними.

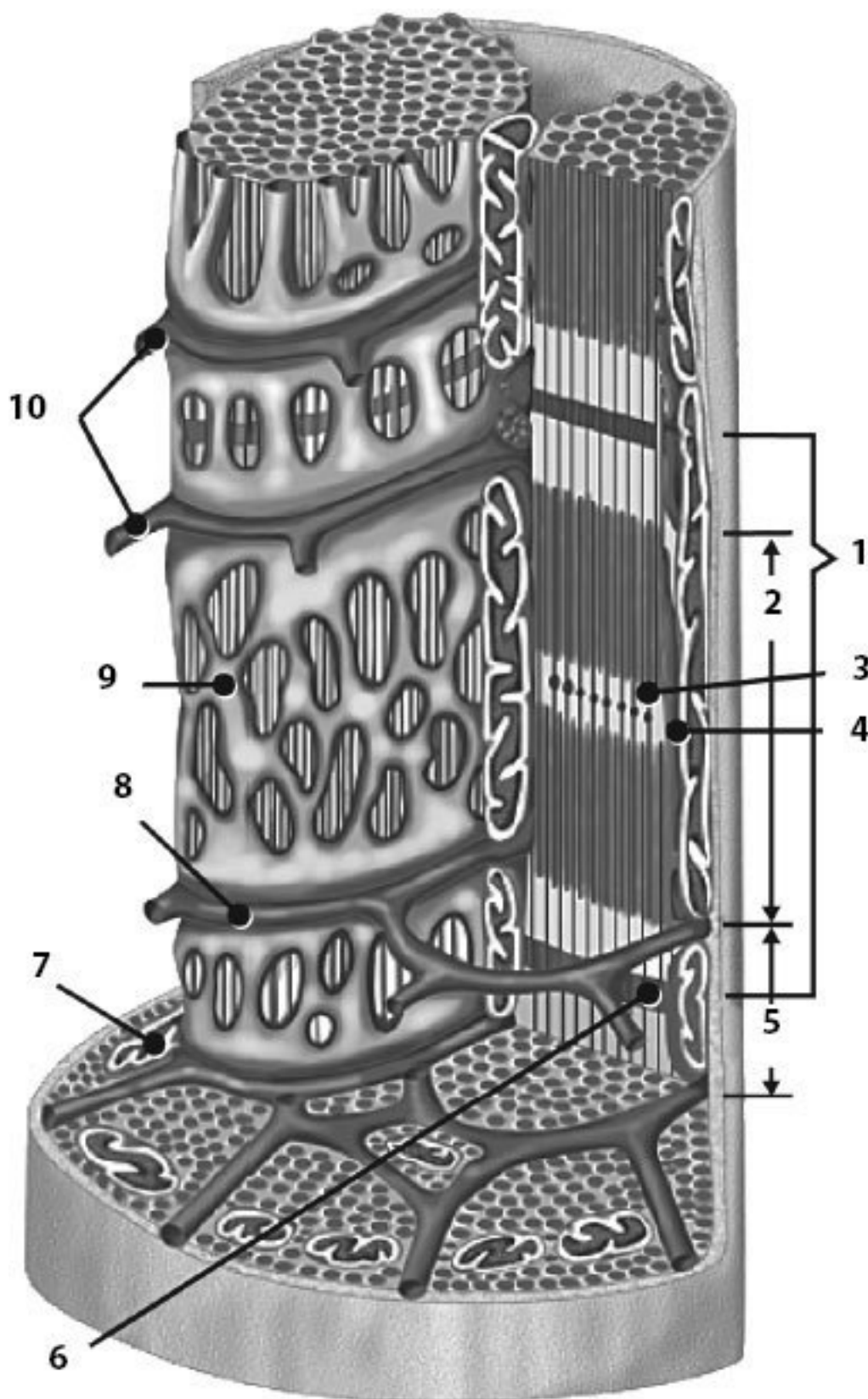


Рис. 35. Строение двух миофибрилл поперечнополосатого мышечного волокна, схема (по В. Г. Елисееву и др.)

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 синапсopodobное 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. Хэсли 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.

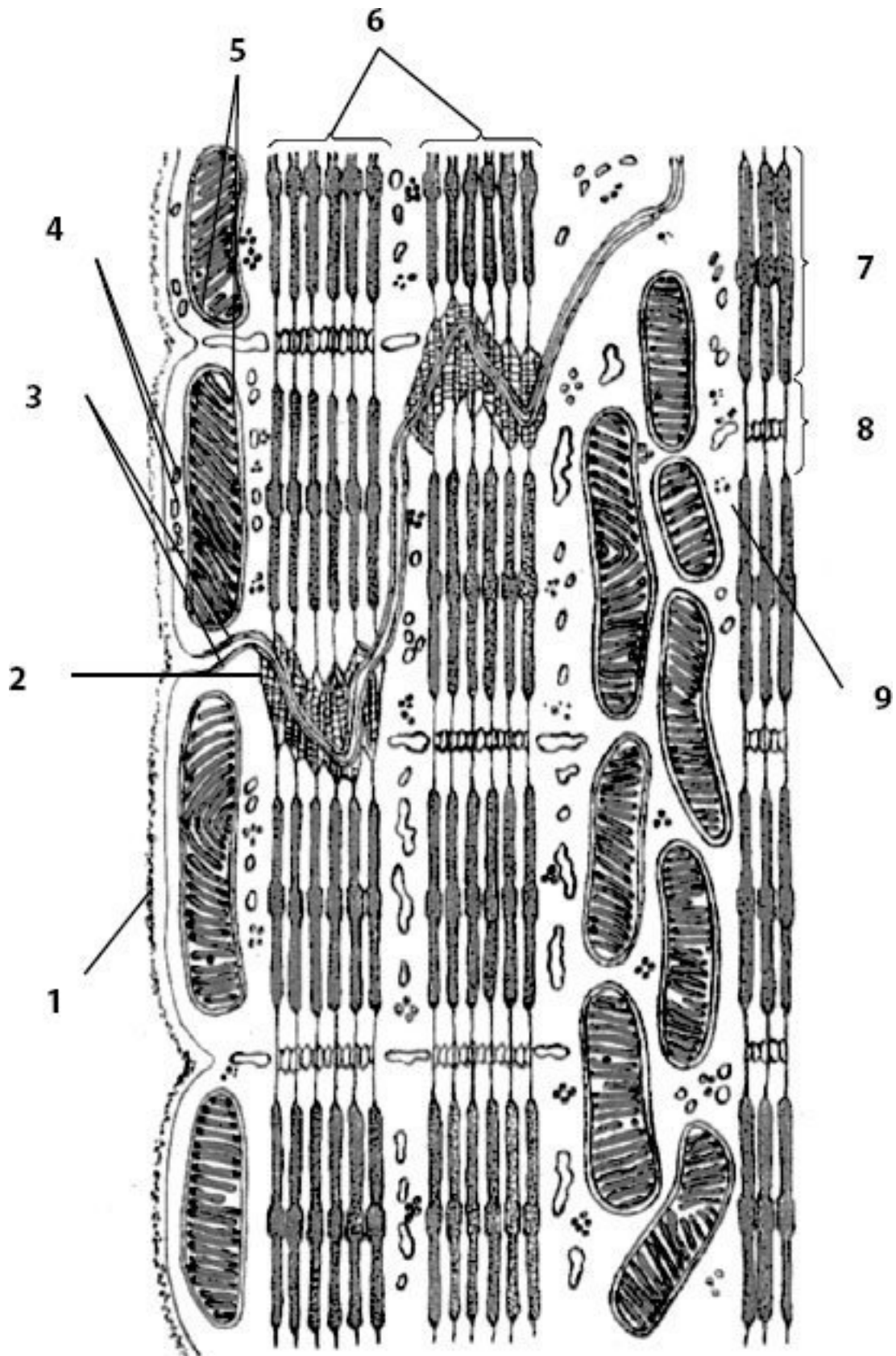


Рис. 36. Кардиомиоцит (по Елисееву и др.)

1 – базальная мембрана; 2 – окончание миопротофибрилл на цитолемме кардиомиоцита; 3 – вставочный диск между кардиомиоцитами; 4 – саркоплазматическая сеть; 5 – саркосомы (митохондрии); 6 – миопротофибриллы; 7 – диск А (анизотропный диск); 8 – диск I (изотропный диск); 9 – саркоплазма. Источником движущей 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. 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.

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. 37*). Основными особенностями строения нейронов является наличие многочисленных *нейрофибрилл* и скоплений хроматофильного вещества (вещество Ниссля), богатого РНК, которое представляет собой группы параллельных цистерн зернистого эндоплазматического ретикулума и полирибосомы. Вещество Ниссля 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.

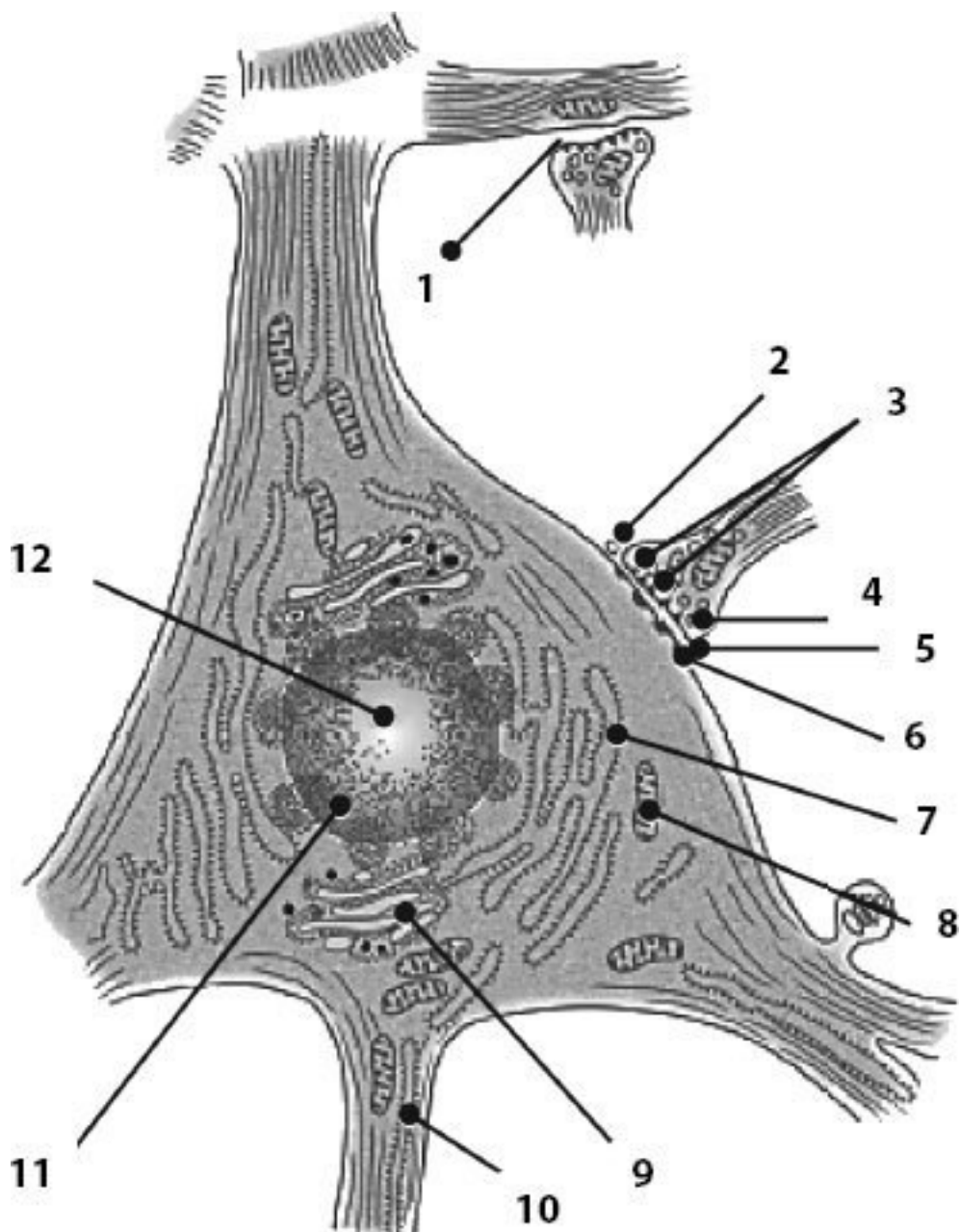


Рис. 37. Строение нервной клетки

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

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 (рис. 38). В *синапсах* происходит преобразование электрических сигналов в химические и обратное химические в электрические. Различают синапсы аксоносоматические, в которых окончания аксона одного нейрона образуют контакты с телом другого, аксонодендритические 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.

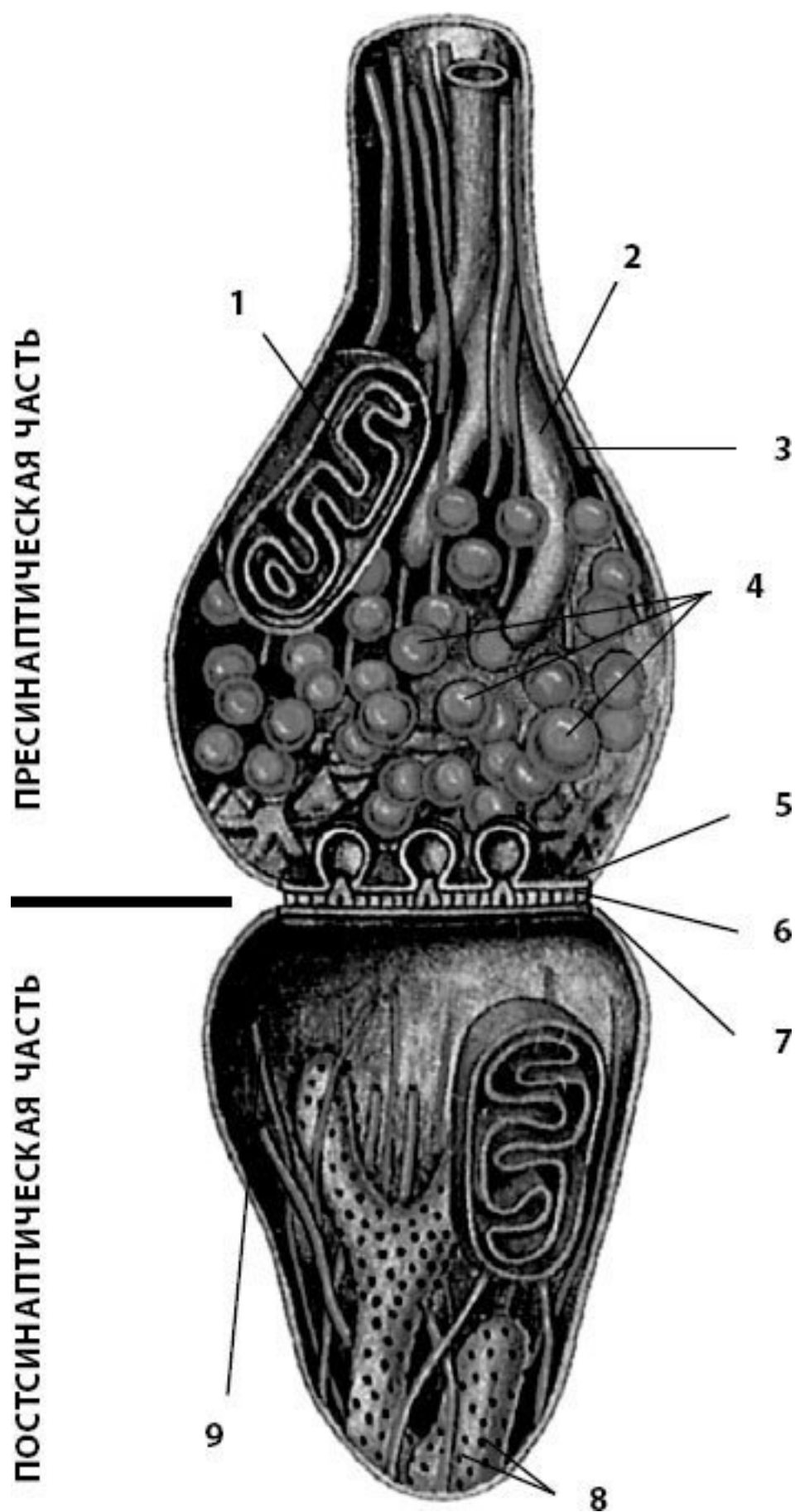


Рис. 38. Химический синапс

1 – митохондрия, 2 – гладкий эндоплазматический ретикулум; 3 – нейротрубочка; 4 – синаптические пузырьки; 5 – пресинаптическая мембрана с гексагональной сетью; 6 – синаптическая щель; 7 – постсинаптическая мембрана; 8 – зернистая эндоплазматическая сеть; 9 – нейрофиламенты

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: эпендимocyты (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 глиии 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. 39А*). 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. 39 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).

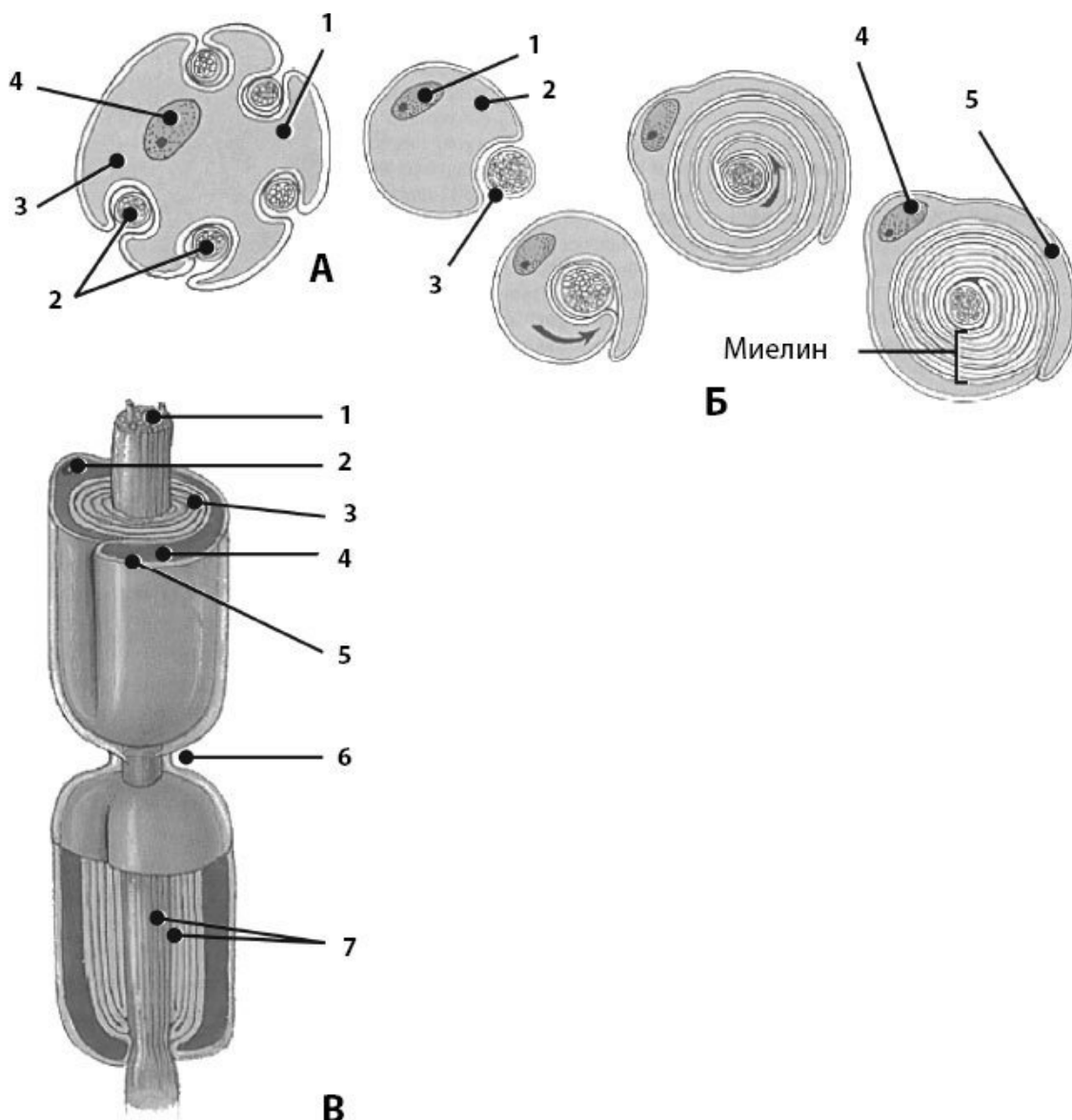


Рис. 39. Строение нервных волокон, схема

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. 40).

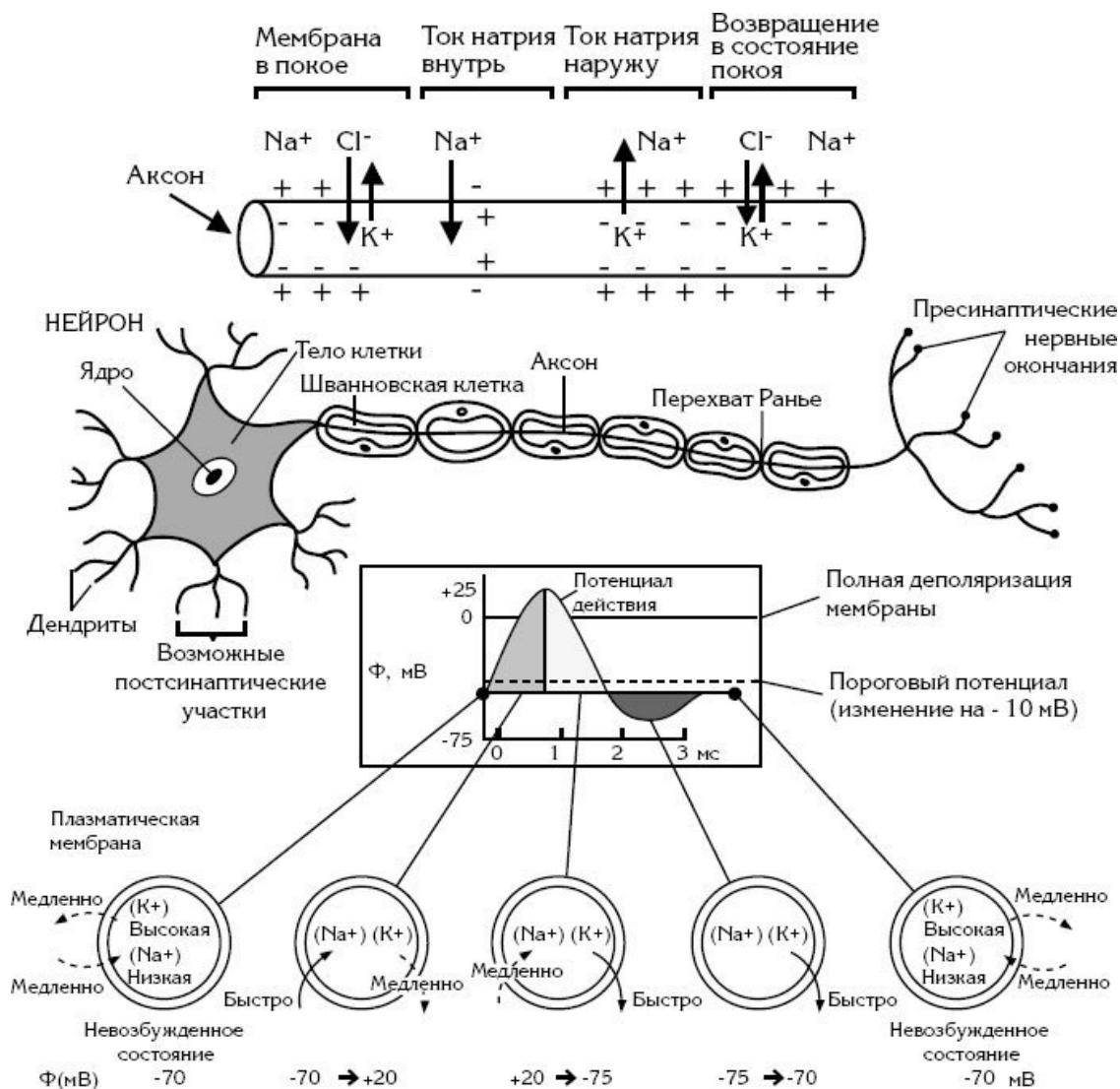


Рис. 40. Ионные токи через мембрану аксона при прохождении потенциала действия развитие потенциала действия, сопровождающееся изменением электрического напряжения (от -70 до +40 мВ), обусловлено восстановлением равновесия между положительными и отрицательными ионами по обе стороны мембраны, проницаемость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

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. 40). 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.

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 внутренних органов, 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. 4*).

Таблица 4

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. 5*).

Таблица 5

Антропометрические показатели

Показатели	Новорожденные		Взрослые	
	м	ж	м	ж
Длина тела, см	50,8±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 маль-

чиков 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. 6).

Таблица 6

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. *герон* – «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».

В табл. 7 приведены пропорции тела у людей разных типов телосложения.

Таблица 7

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

Типы	Относительные размеры частей тела к длине тела, %				
	Длина		Ширина		
	туловища	ноги	руки	плеч	таза
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. 41). Для обозначения расположения органов по отношению к горизон-

тальной 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.

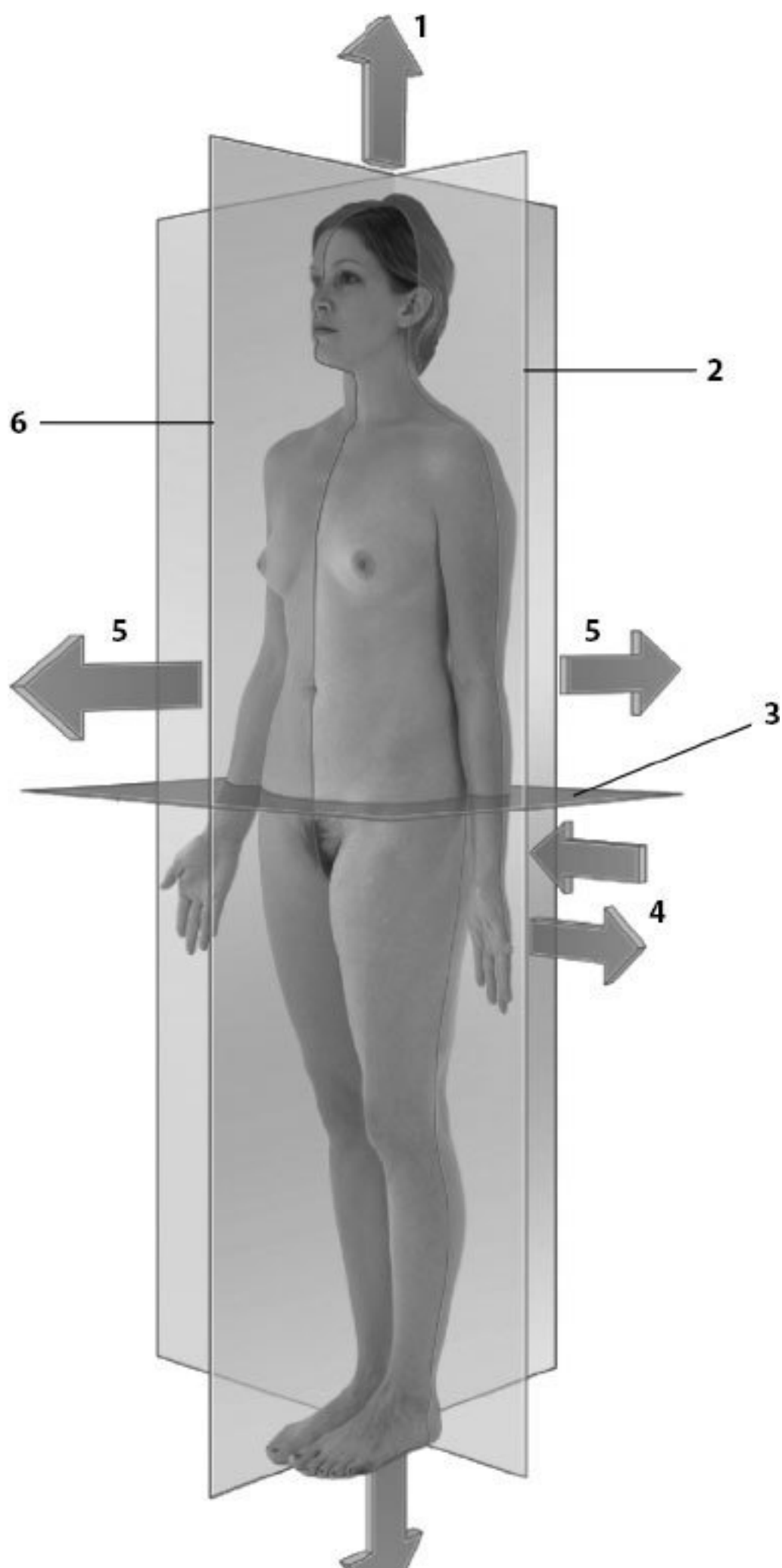


Рис. 41. Оси и плоскости в теле человека, схема

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. 42*). 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).

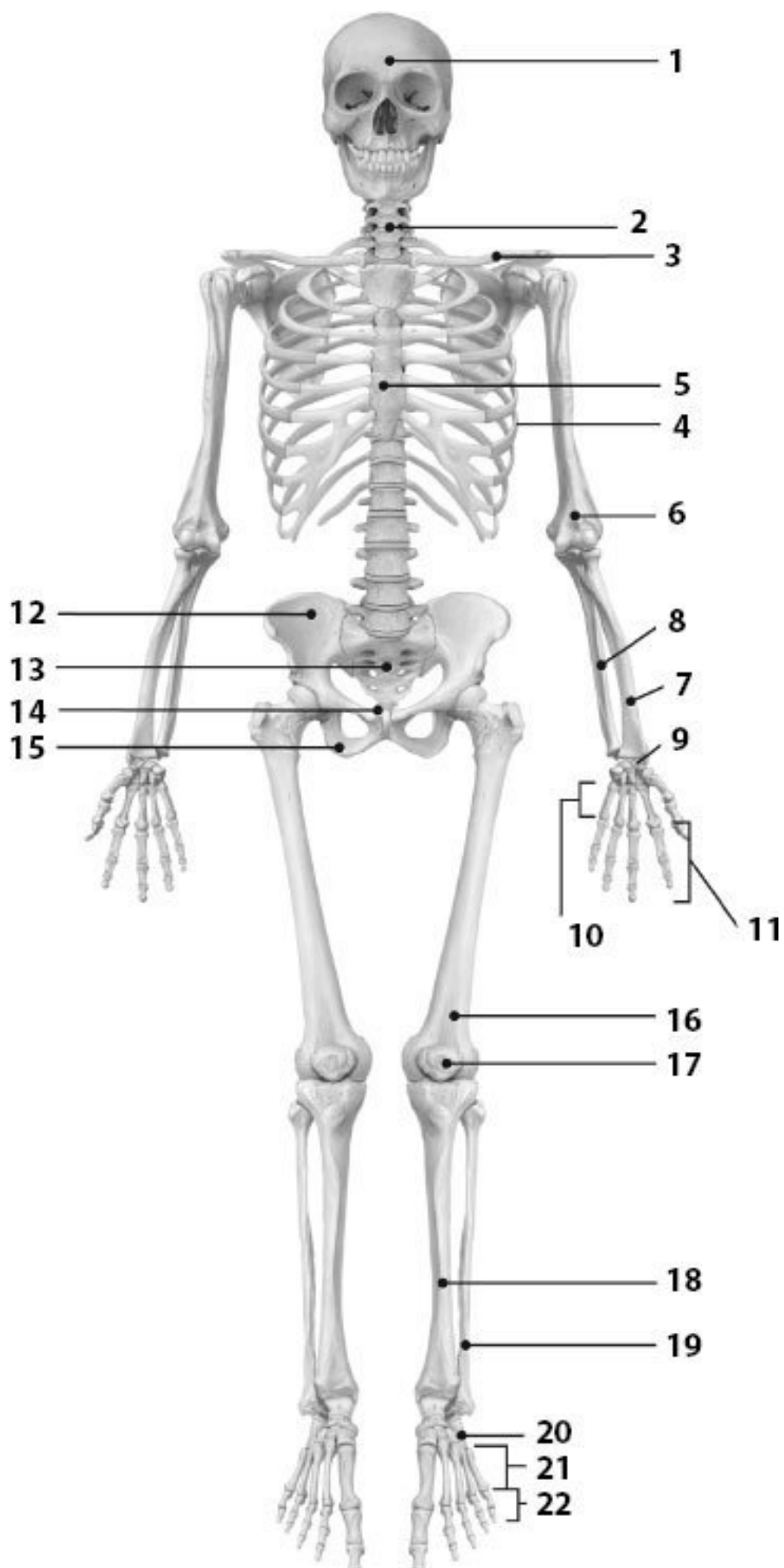


Рис. 42. Скелет человека, вид спереди

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 прободающих 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. Сопротивление 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. 44).

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 (рис. 43).

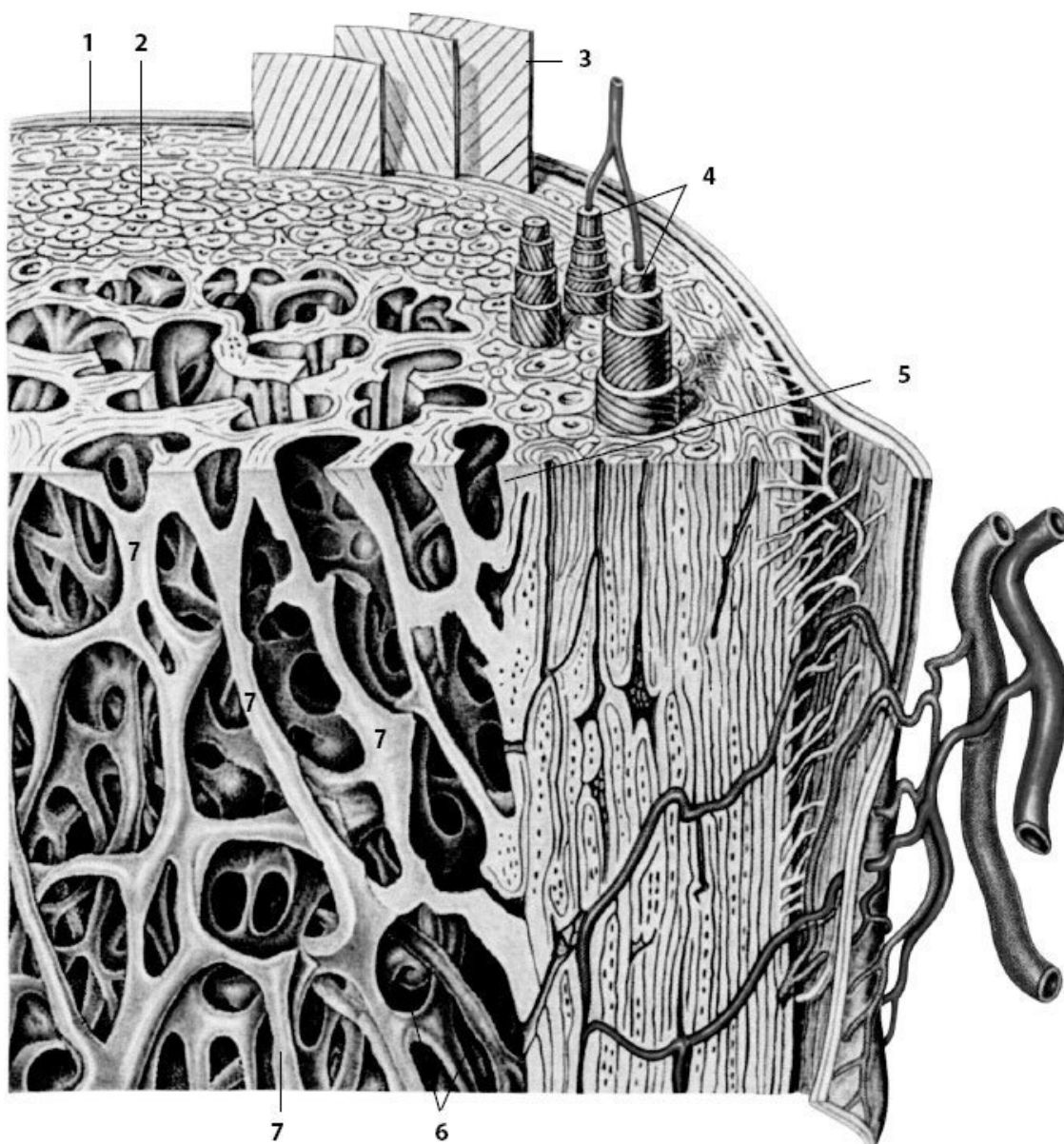


Рис. 43. Строение трубчатой кости

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

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.

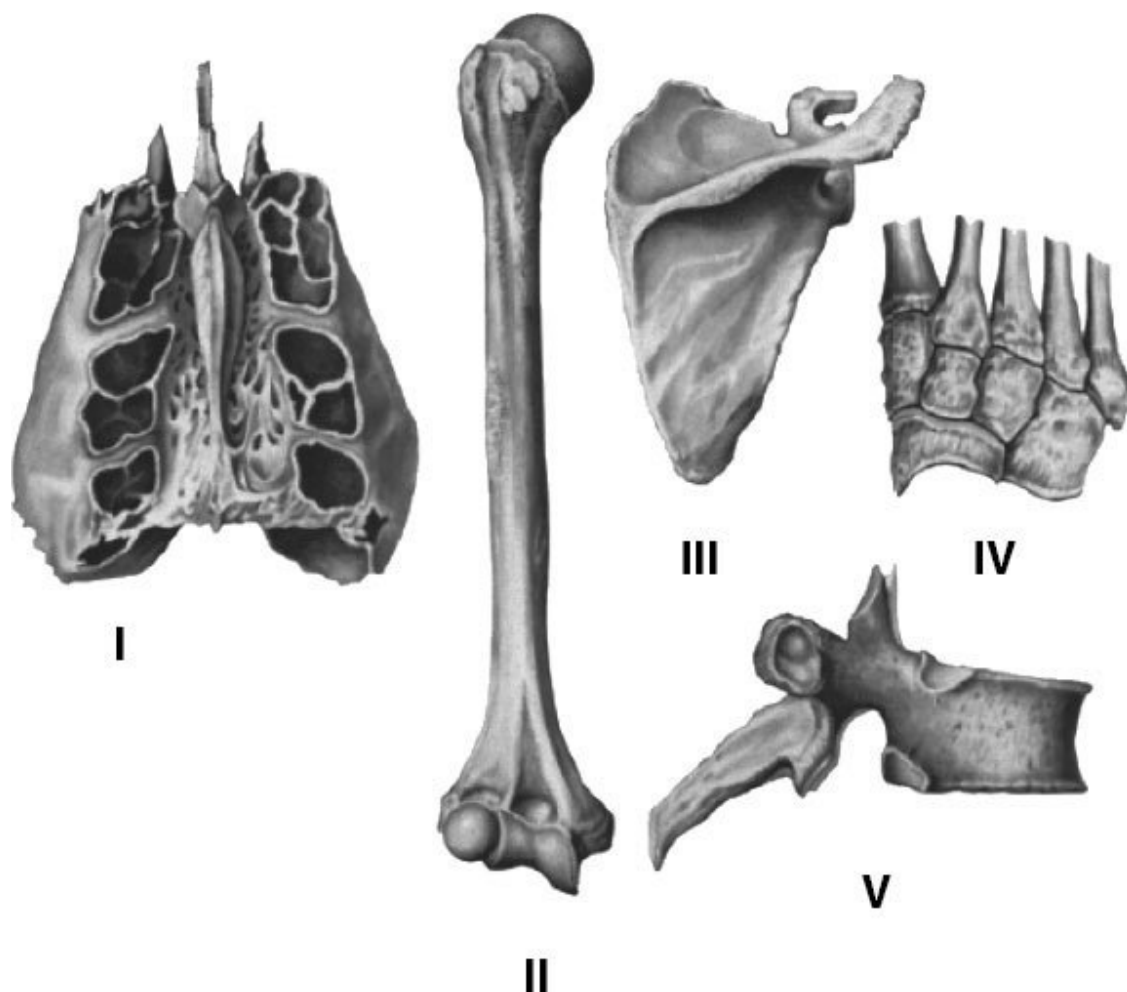


Рис. 44. Различные виды костей

I – воздухоносная (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. 8).

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.

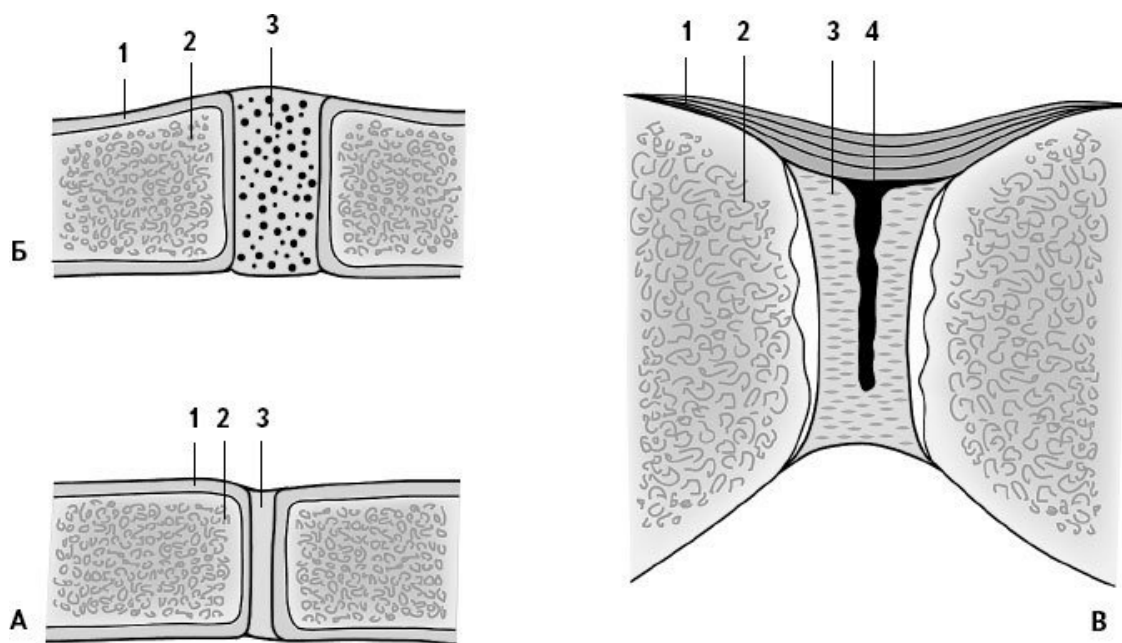


Рис. 45. Различные виды соединений костей

А – синдесмоз: 1 – надкостница; 2 – кость; 3 – волокнистая соединительная ткань; Б – синхондроз: 1 – надкостница; 2 – кость; 3 – хрящ; В – симфиз (гемиартроз): 1 – надкостница; 2 – кость; 3 – межлобковый диск; 4 – щель в межлобковом диске

Симфизы (от греч. symphysis – «срастание») также представляют собой хрящевые соединения, лишенные суставной капсулы. В толще хряща имеется небольшая щелевидная полость, синовиальная оболочка отсутствует. К ним относятся межпозвоночные симфизы, лобковый и симфиз рукоятки грудины (рис. 45).

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 (рис. 46). 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.

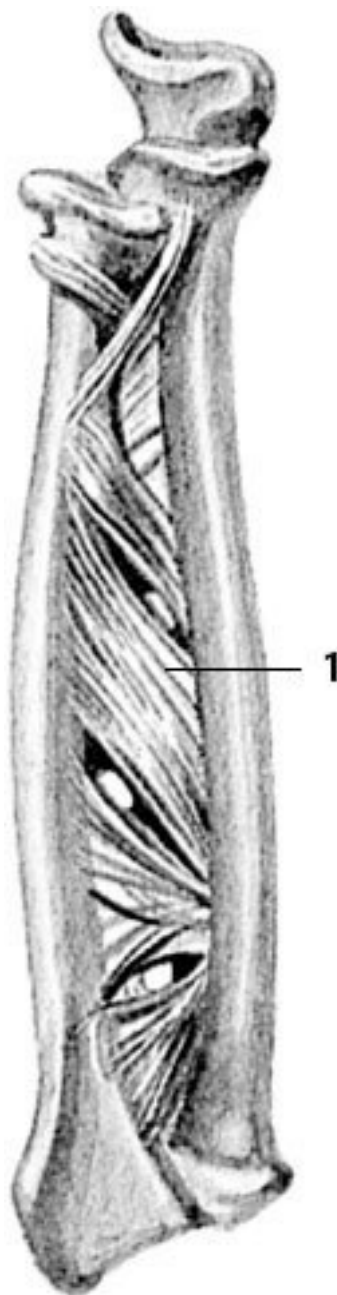


Рис. 46. Непрерывное соединение костей (синдесмоз)
1 – межкостная перепонка предплечья

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 (рис. 47).

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

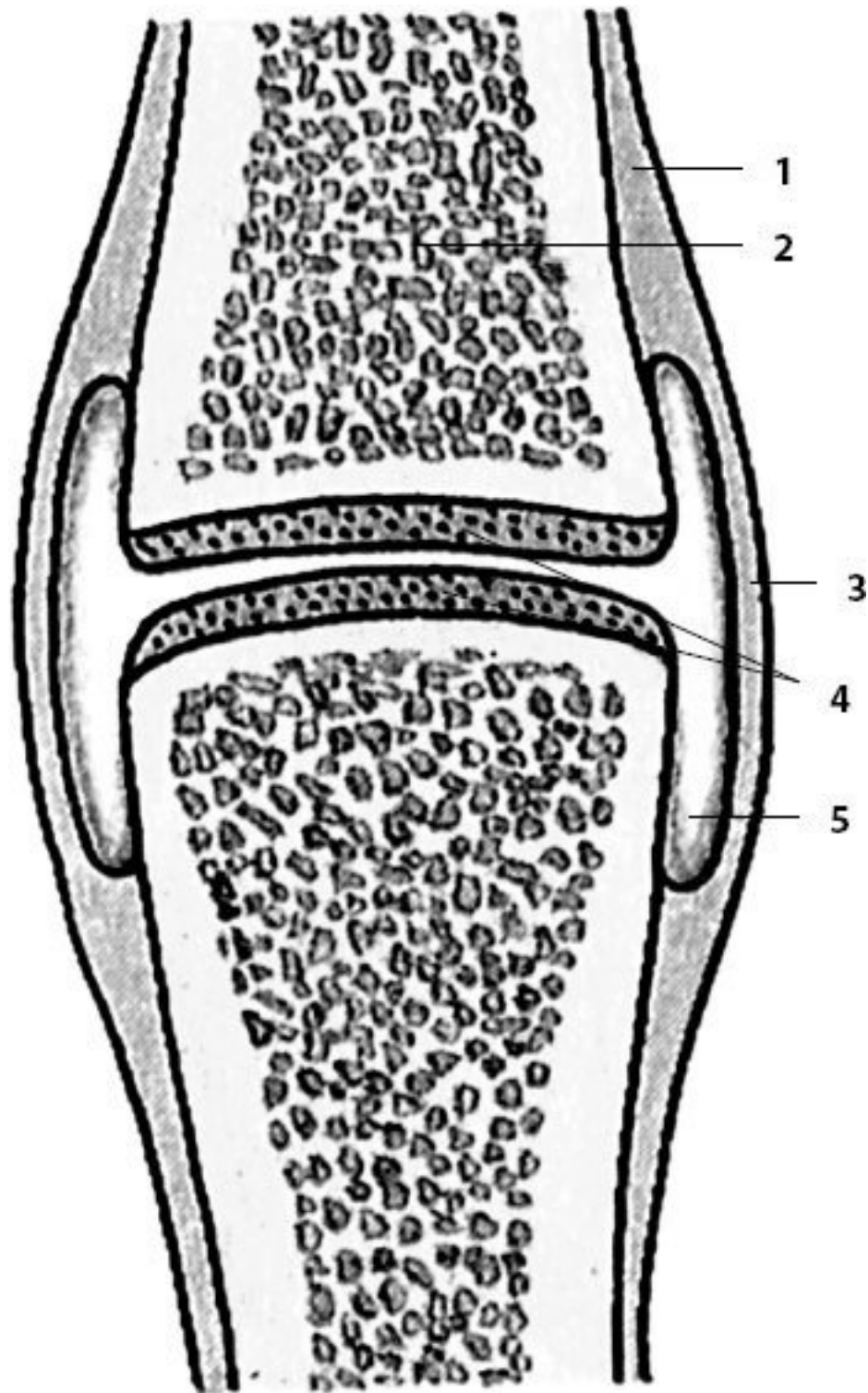


Рис. 47. Схема строения сустава

1 – надкостница; 2 – кость; 3 – суставная капсула; 4 – суставной хрящ; 5 – суставная полость

Таблица 8
Соединения костей

Тип	Характеристика	Движения	Примеры
<i>Непрерывные соединения</i> <i>Фиброзные (синдесмозы)</i>			
Связки, мембраны	Соединения с помощью соединительной ткани, волокна которой срастаются с надкостницей	Подвижные	Связки (межкостистые, желтые межпоперечные, надостистые 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, пяточнокубовидный, предплюсневые, 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, атланто-затылочный латеральный, атлантоосевые, реберно-позвоночные, проксимальный и дистальный лучелоктевые
Комплексный	Наличие диска или мениска, который расположен между сочленяющимися поверхностями и делит полость сустава на две части		Коленный, грудинно-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 (рис. 48).

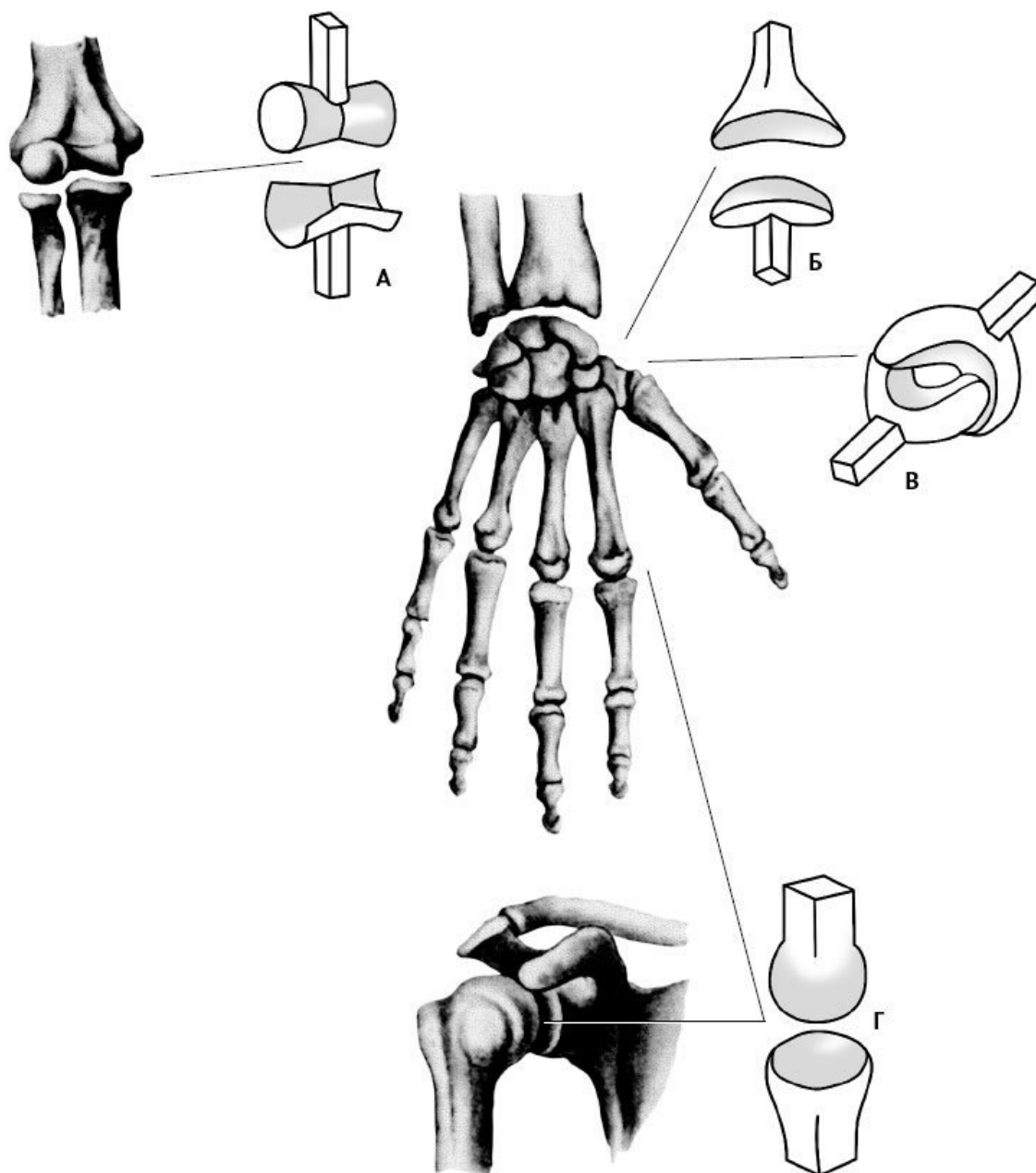


Рис. 48. Схематическое изображение суставных поверхностей суставов различной формы

А – блоковидный; Б – эллипсоидный; В – седловидный; Г – шаровидный

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 атланто-осевой), блоковидные (голеностопный), винтообразный (плечелоктевой). *Двуосные* суставы: эллипсоидный (лучезапястный), седловидный (запястно-пястный большого пальца кисти), мыщелковый (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 перекладин 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. 49); 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. 50). 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 *ости-*

стый 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.

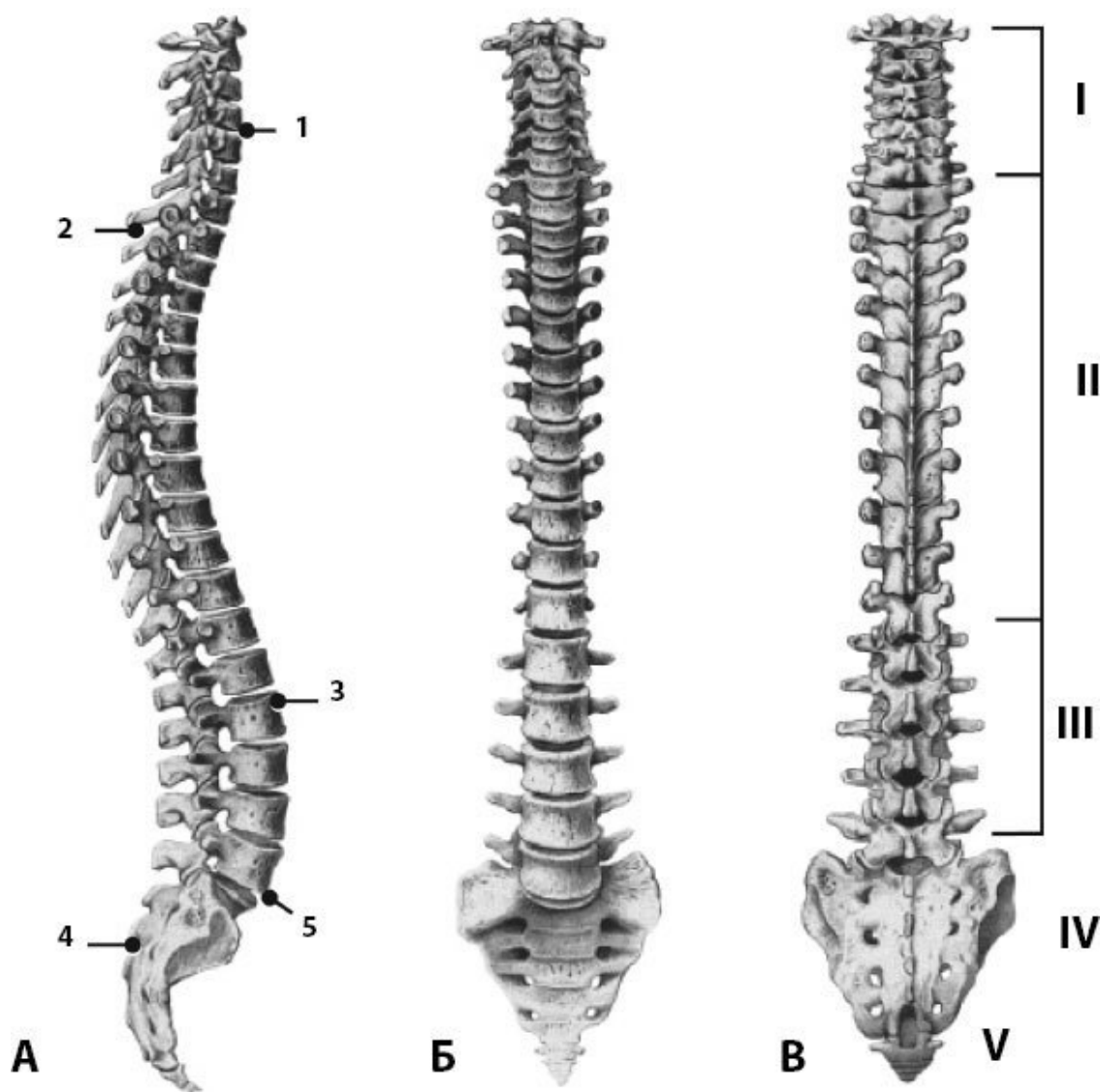


Рис. 49. Позвоночный столб

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

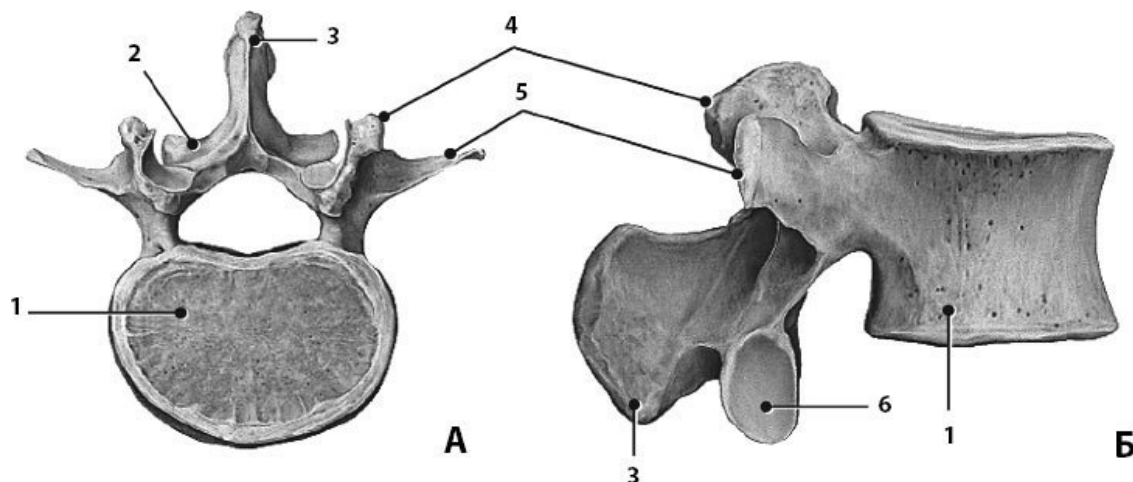


Рис. 50. Позвонок

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

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.

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. 51*).

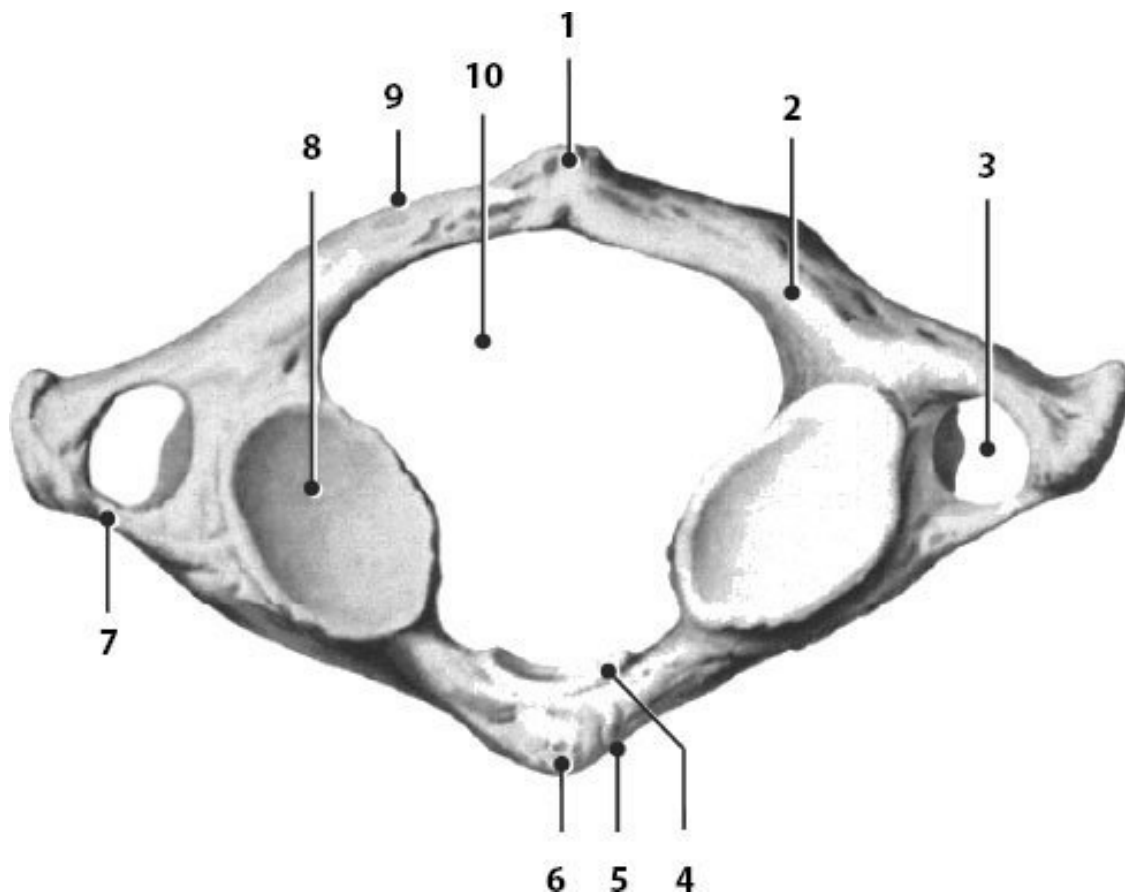


Рис. 51. Первый шейный позвонок, или атлант, вид сверху

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

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. 52). Седьмой шейный позвонок (*выступающий*) имеет длинный остистый отросток, который прощупывается под кожей на нижней границе шеи.

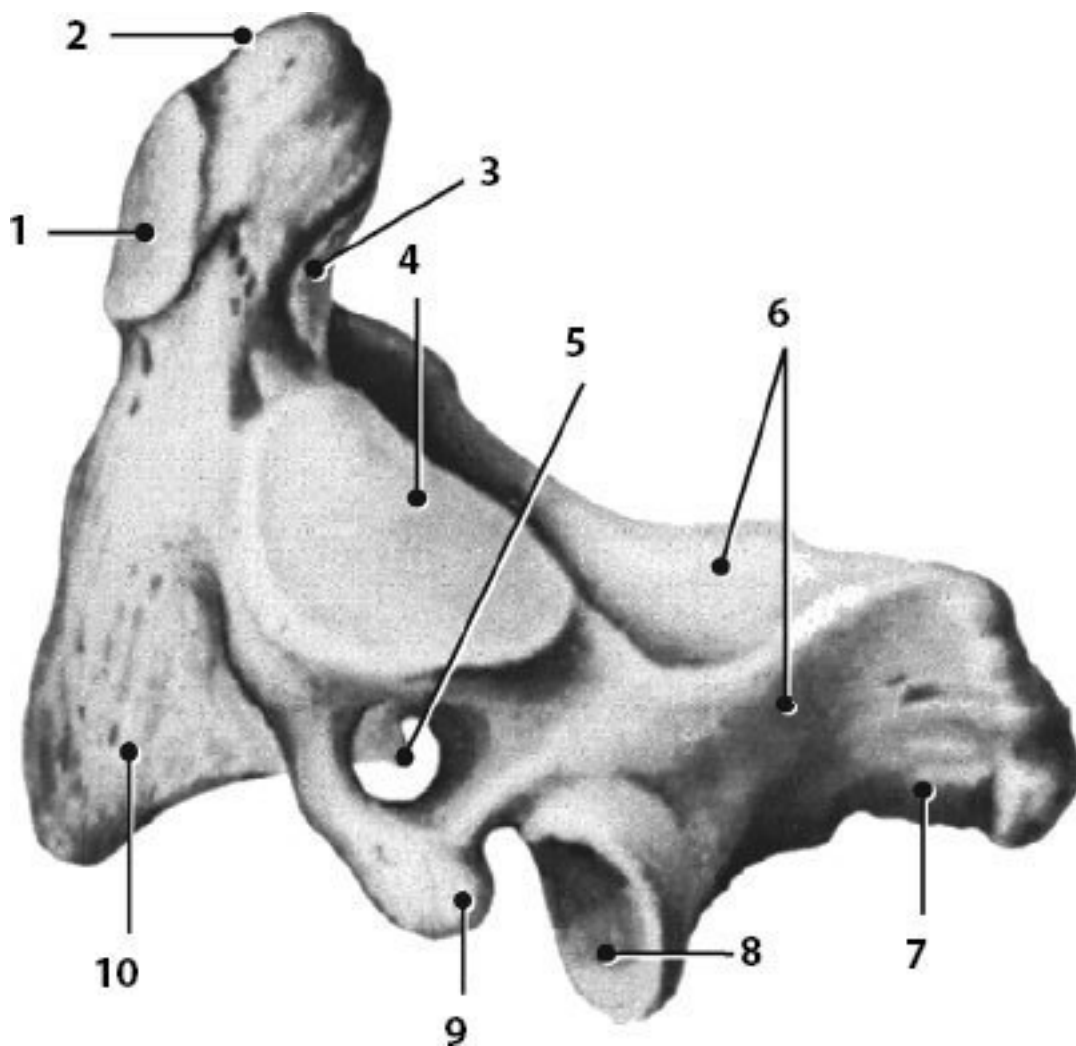


Рис. 52. Второй шейный позвонок, или осевой позвонок, вид сбоку

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. 49). 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 вогну-

тая, 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. 53). 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 (рис. 54). 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.

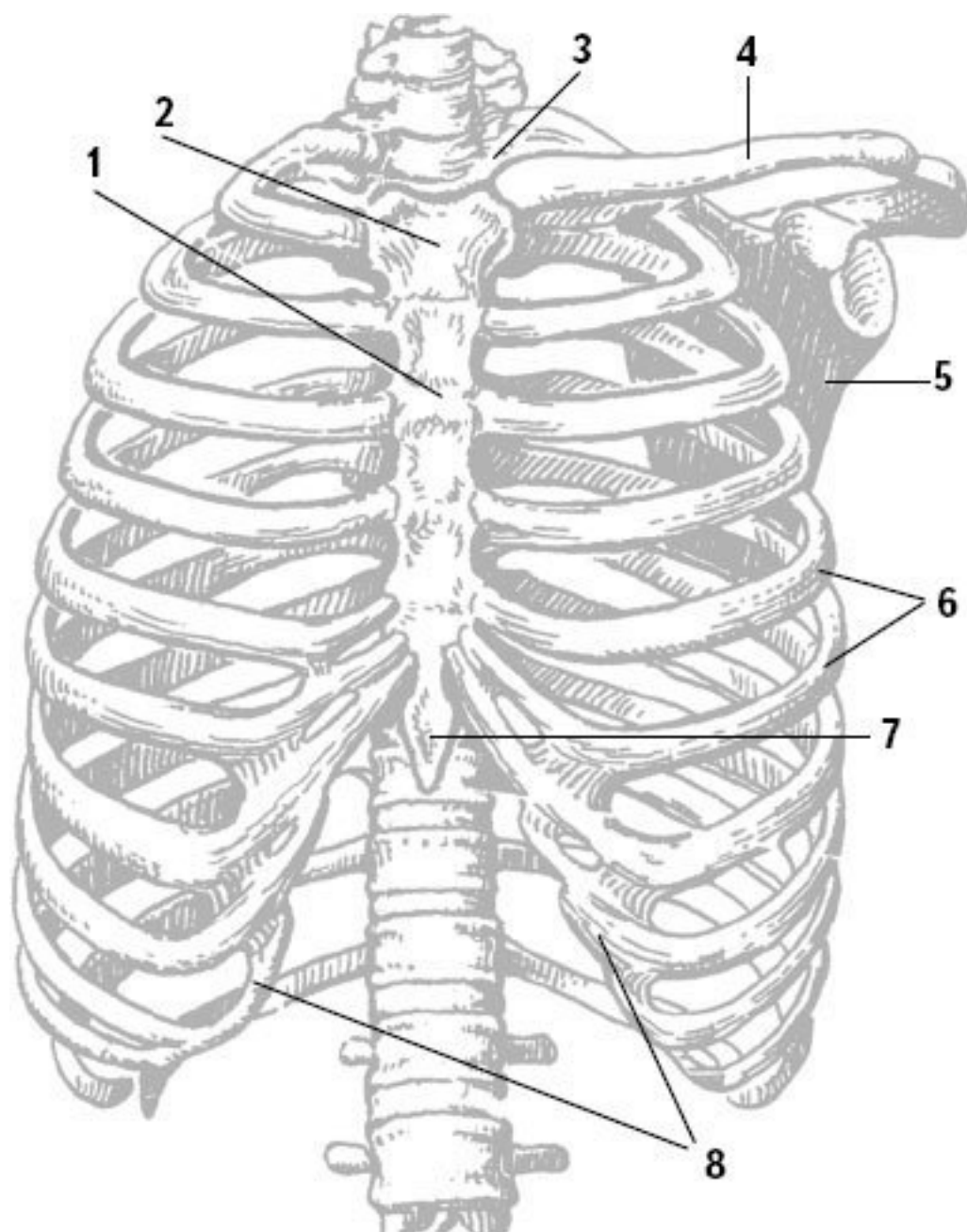


Рис. 53. Грудная клетка; вид спереди

1 – тело грудины; 2 – рукоятка грудины; 3 – верхняя апертура грудной клетки; 4 – ключица; 5 – лопатка; 6 – ребра; 7 – мечевидный отросток грудины; 8 – реберная дуга

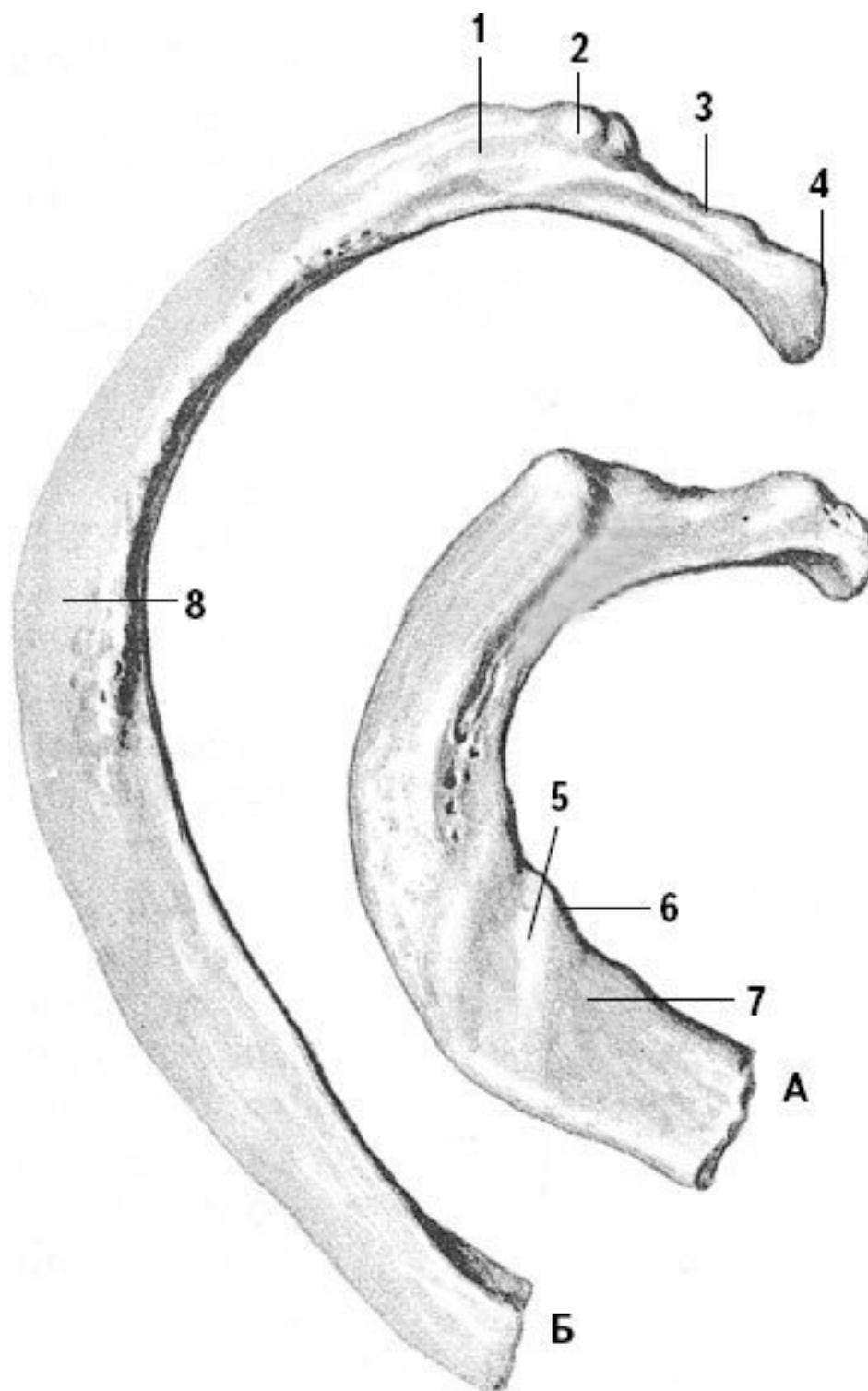


Рис. 54. Ребра правые; вид сверху

А – первое ребро; Б – второе ребро; 1 – угол ребра; 2 – бугорок ребра; 3 – шейка ребра; 4 – головка ребра; 5 – борозда подключичной вены; 6 – бугорок передней лестничной мышцы; 7 – борозда подключичной артерии; 8 – тело ребра

Грудина – плоская кость, в которой различают три части: широкую рукоятку вверху, 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 руко-

ятки – *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 (рис. 55).

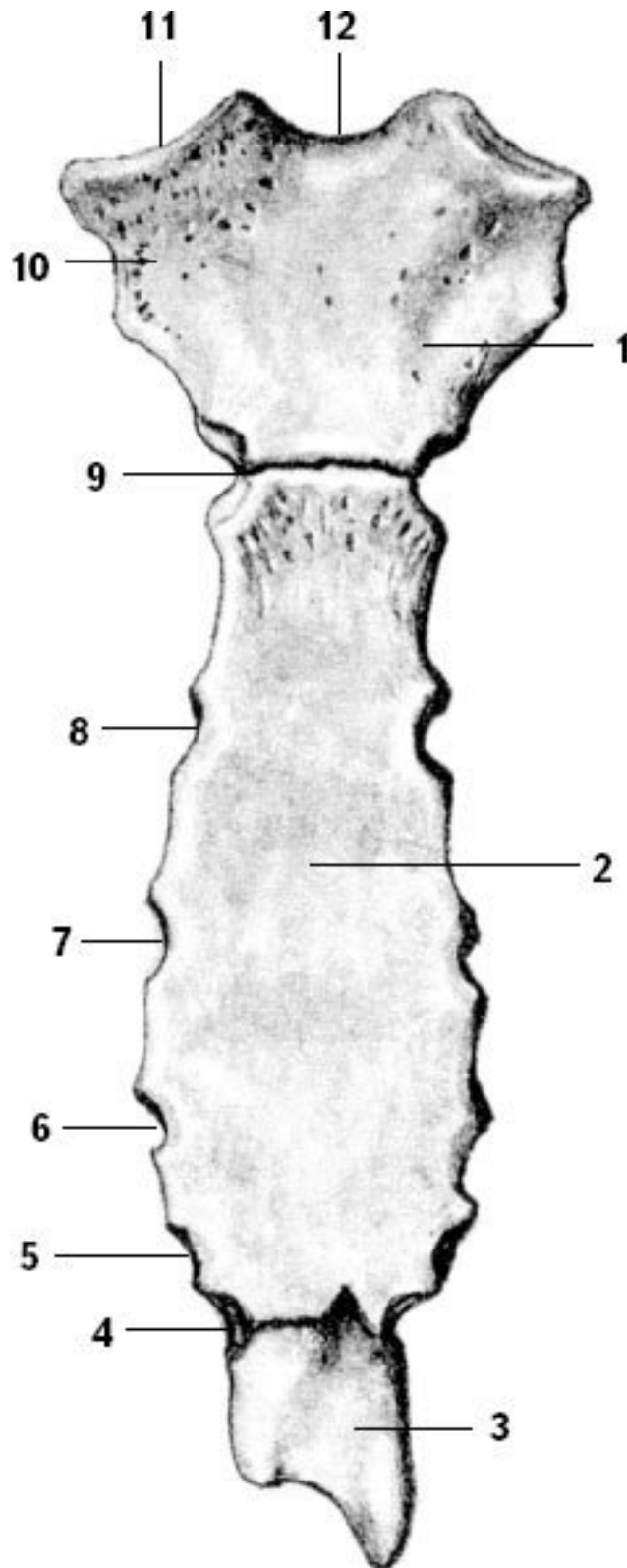


Рис. 55. Грудина; вид спереди

1 – рукоятка грудины; 2 – тело грудины; 3 – мечевидный отросток; 4 – реберная вырезка VII ребра; 5 – реберная вырезка VI ребра; 6 – реберная вырезка V ребра; 7 – реберная вырезка IV ребра; 8 – реберная вырезка III ребра; 9 – реберная вырезка II ребра; 10 – реберная вырезка I ребра; 11 – ключичная вырезка; 12 – яремная вырезка

Соединения позвоночного столба

Позвонки связаны между собой с помощью различного вида соединений. 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 дугоотростчатými 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 *атлантозатылочные 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 мыщелки 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.

Позвочник человека имеет изгибы (см. рис. 49). 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 кпереди 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 большей 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. 53). 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 увели-

чивается. 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 являетсяместилищем 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. 56, 57). **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.

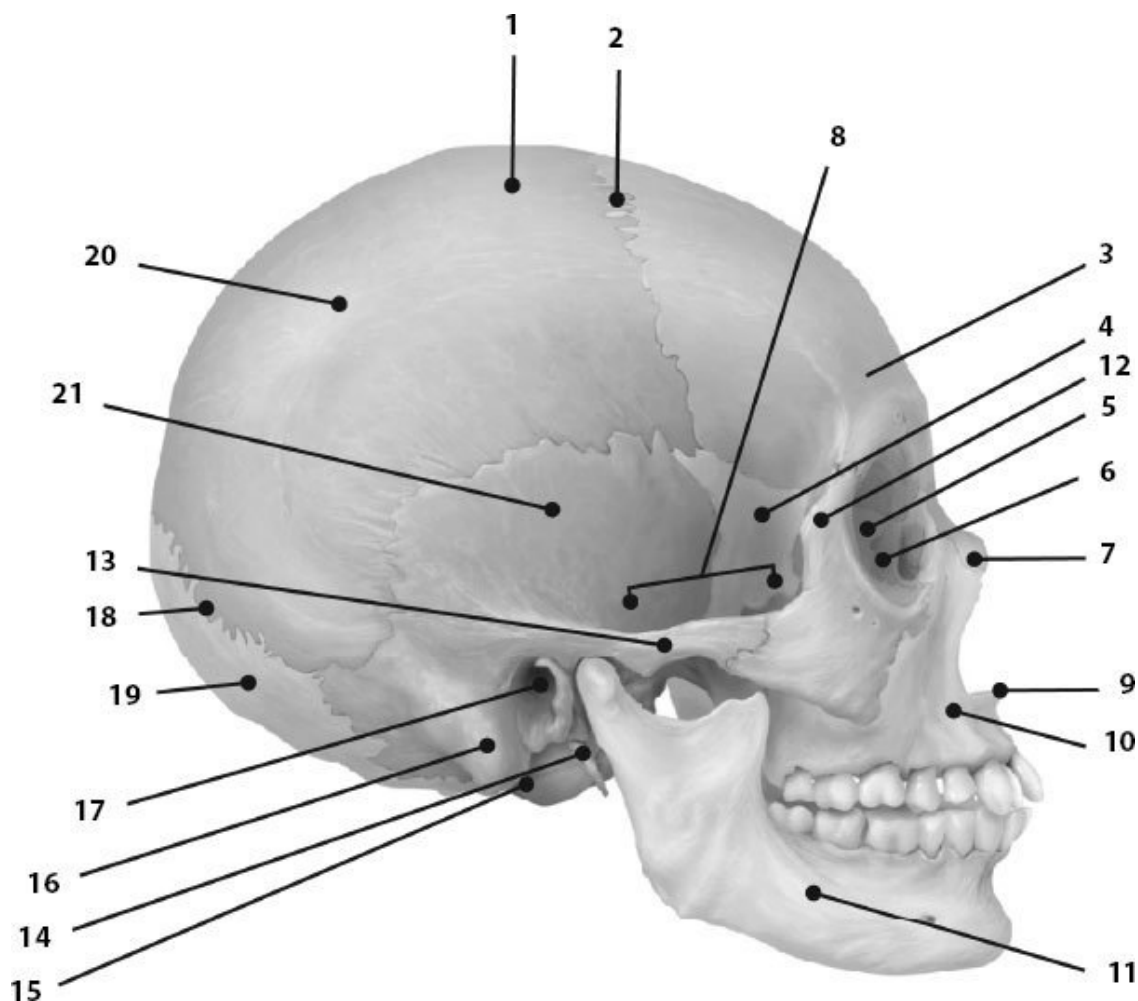


Рис. 56. Череп человека, вид сбоку

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

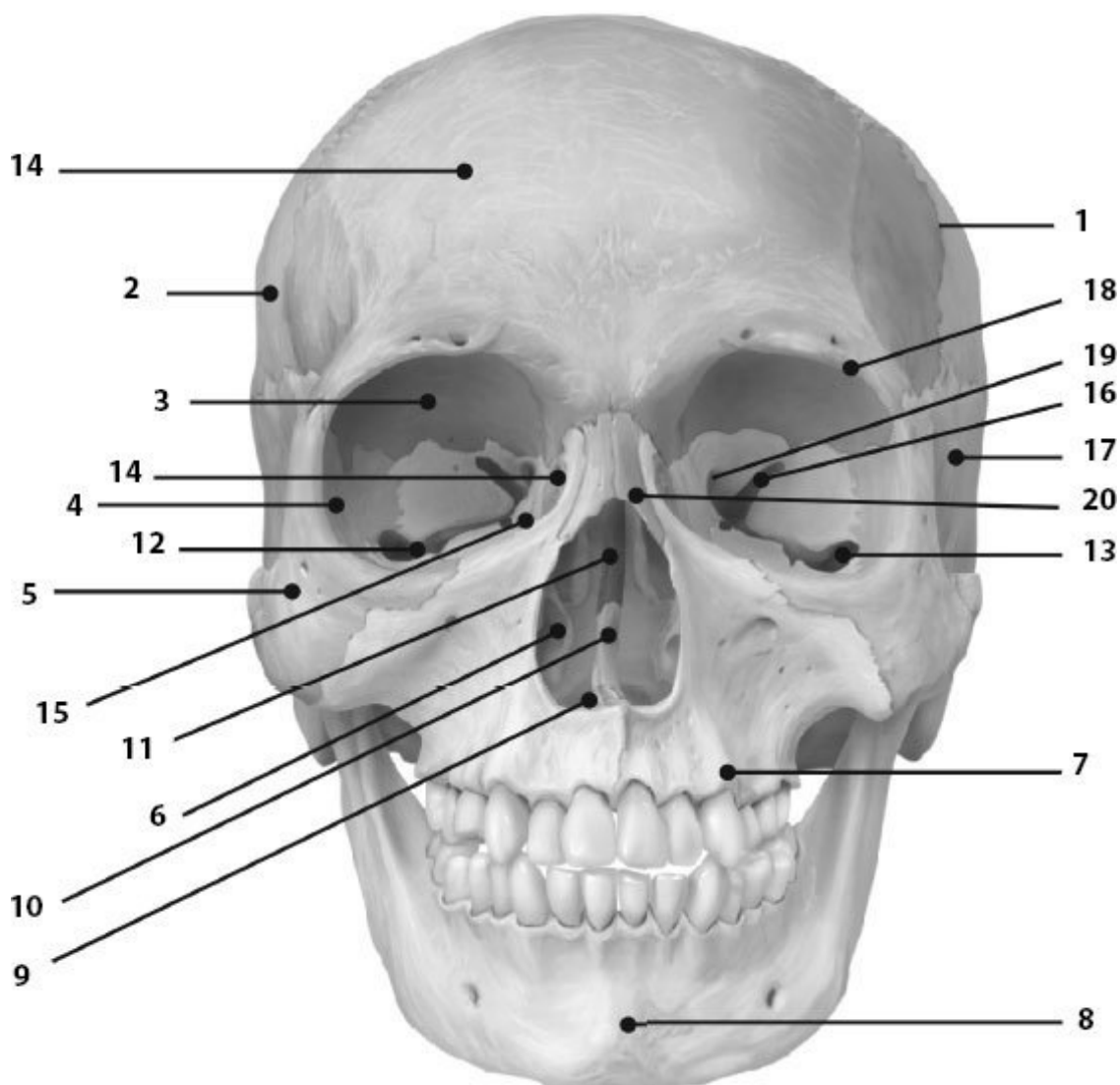


Рис. 57. Череп человека, вид спереди

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. 57). 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 мыщелки*, сочленяющиеся с первым шейным позвонком. Базиллярная 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, впереди 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 *барабан-*

ная 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 мышечковый 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 спереди и вогнутую сзади, отходящую от тела верхней челюсти вниз. Нижний свободный край отростка – *альвеолярная дуга* несет *зубные альвеолы*, отделенные друг от друга *межальвеолярными 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 соответствует *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 – чешуйчатый. *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.

Таблица 9
Кости черепа

Название кости	Основные части, края поверхности	Анатомические образования
Лобная кость (воздухоносная) Формирует лоб, верхнюю стенку глазницы, верхнюю стенку носовой полости, височную ямку, нижнюю и переднюю стенки передней черепной ямки	Лобная чешуя	Лобный бугор Надбровная дуга Глабелла Надглазничный край Надглазничная вырезка (отверстие) Скуловой отросток Височная линия Надбровная дуга Лобный гребень Слепое отверстие
	Носовая часть	Борозда верхнего сагиттального синуса
	Глазничная часть Лобная пазуха	Носовая ость Гребешок Ямка слезной железы Апертура лобной пазухи

<i>Теменная кость</i> Участвует в формировании свода (крыши) черепа	Внутренняя поверхность Наружная поверхность Сагиттальный край Затылочный край Чешуйчатый край Лобный край Чешуя	Теменной бугор Лобный угол Клиновидный угол Затылочный угол Сосцевидный угол
<i>Затылочная кость</i> Участвует в образовании свода и основании черепа, задней черепной ямки	Базиллярная часть	Мозговая поверхность Борозда нижнего каменистого синуса Глоточный бугорок
	Затылочная чешуя	Наружный затылочный гребень Верхняя выйная линия Нижняя выйная линия Крестообразное возвышение Подъязычный канал Мыщелковая ямка Мыщелковый канал
	Латеральная часть	Наружный затылочный выступ Внутренний затылочный выступ Внутренний затылочный гребень Борозда верхнего сагиттального синуса Борозда поперечного синуса Борозда сигмовидного синуса Затылочный мыщелок Мыщелковая ямка Мыщелковый канал Подъязычный канал Яремная вырезка
	Большое затылочное отверстие	

<i>Клиновидная кость</i> (воздухоносная) Участвует в формировании глазницы, средней черепной ямки, подвисочной и крыловиднонебной ямок	Тело	Турецкое седло Гипофизарная ямка Спинка седла Сонная борозда Клиновидный гребень Клиновидная пазуха
	Малое крыло	Зрительный канал Верхняя глазничная щель Верхняя поверхность Нижняя поверхность
	Большое крыло	Круглое отверстие Овальное отверстие Остистое отверстие Мозговая поверхность Глазничная поверхность Верхнечелюстная поверхность Височная поверхность
	Крыловидный отросток	Крыловидный канал
		Латеральная пластинка Медиальная пластинка Крыловидная вырезка Крыловидный крючок

<i>Височная кость</i> Участвует в формировании свода основания черепа, образует вместилище преддверно-улиткового органа	Пирамида (каменистая часть) Передняя поверхность Задняя поверхность Нижняя поверхность	Верхушка пирамиды Сосцевидный отросток Сосцевидная пещера Сосцевидные ячейки Лицевой канал Сонный канал Мышечно-трубный канал Крыша барабанной полости Дугообразное возвышение Тройничное вдавление Расщелины каналов большого и малого каменистых нервов Внутреннее слуховое отверстие
		Внутренний слуховой проход Водопровод преддверия Яремная ямка Яремная вырезка Яремное отверстие Наружное отверстие сонного канала Внутреннее отверстие сонного канала Шиловидный отросток Шилососцевидное отверстие
	Барабанная часть	Барабанная полость Наружное слуховое отверстие Наружный слуховой проход
	Чешуйчатая часть Мозговая поверхность Височная поверхность	Скуловой отросток Нижнечелюстная ямка

<i>Решетчатая кость</i> (воздухоносная) Участствует в формировании передней черепной ямки и носовой полости	Решетчатая пластинка	Решетчатые отверстия Петушинный гребень
	Перпендикулярная пластинка	
	Решетчатый лабиринт	Решетчатые ячейки Большой решетчатый пузырек Наивысшая носовая раковины
	Глазничная пластинка	Верхняя носовая раковина Средняя носовая раковина Полулунная расщелина
<i>Верхняя челюсть</i> (воздухоносная) Участствует в формировании нижней стенки глазницы и латеральной стенки полости носа, подвижной и крыловидно-небной ямок	Тело верхней челюсти	Глазничная поверхность Подглазничный канал Подглазничный край Подглазничное отверстие Клыковая ямка Носовая вырезка Передняя ость
	Передняя поверхность	Бугор верхней челюсти Слезная борозда
	Подвисочная поверхность	Верхнечелюстная расщелина Верхнечелюстная пазуха (гайморова)
	Носовая поверхность	
	Скуловой отросток Носовой отросток Небный отросток	
	Альвеолярный отросток	Верхняя альвеолярная дуга Зубные альвеолы Межальвеолярные перегородки
	Лобный отросток	

<i>Небная кость</i> Участвует в формировании твердого неба и носовой перегородки	Перпендикулярная пластинка Горизонтальная пластинка Пирамидальный отросток Глазничный отросток	Скулоглазничное отверстие
<i>Скуловая кость</i>	Латеральная поверхность Височная поверхность Глазничная поверхность Височный отросток Лобный отросток	
<i>Нижняя челюсть</i>	Тело нижней челюсти Основание нижней челюсти	Подбородочный выступ Двубрюшная ямка Подбородочная ость Подбородочное отверстие Альвеолярная часть Альвеолярная дуга Зубные альвеолы Межальвеолярные перегородки
	Ветвь нижней челюсти	Угол нижней челюсти Венечный отросток Вырезка нижней челюсти Мыщелковый отросток Головка нижней челюсти Шейка нижней челюсти Канал нижней челюсти
<i>Подъязычная кость</i>	Тело Большой рог Малый рог	

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. 56, 57). 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 базиллярная – 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 *ламбдовидный 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 *выйные 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 верхушка 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.

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.