

М.Р. Сапин, З.Г. Брыксина, С.В. Ключкова

АНАТОМИЯ ЧЕЛОВЕКА

**УЧЕБНИК
ДЛЯ МЕДИЦИНСКИХ УЧИЛИЩ И КОЛЛЕДЖЕЙ**

Министерство образования и науки РФ

Рекомендовано к использованию в образовательных учреждениях, реализующих образовательные программы по дисциплине «Анатомия и физиология человека» и обучающих по специальностям 34.02.01 «Сестринское дело» по ОП.02 «Анатомия и физиология человека» и 31.02.01 «Лечебное дело» по ОП.03 «Анатомия и физиология человека»



Москва
ИЗДАТЕЛЬСКАЯ ГРУППА
«ГЭОТАР-Медиа»
2020

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие.....	3
Краткий исторический очерк развития анатомии	4
Развитие отечественной анатомии.....	7
ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ ЧЕЛОВЕКА В ОНТОГЕНЕЗЕ.....	11
Пренатальное развитие	11
Постнатальное развитие.....	15
СТРОЕНИЕ ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА.....	20
Клетки.....	20
Строение клеток.....	20
Ткани.....	25
Эпителиальные ткани.....	25
Соединительные ткани	27
Мышечные ткани	35
Нервная ткань	39
Органы. Системы и аппараты органов	35
Органы. Системы и аппараты органов	41
ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНЫЙ АППАРАТ.....	43
Учение о костях (остеология) и их соединениях (артрология)	43
Общая анатомия скелета	43
Общая анатомия соединений костей.....	49
Скелет туловища.....	55
Позвонки и соединения позвонков.....	55
Грудная клетка	66
Кости черепа	68
Соединения костей черепа	84
Возрастные особенности черепа	91
Кости конечностей и их соединения.....	95
Кости верхних конечностей.....	96
Соединения костей верхних конечностей	102
Кости нижних конечностей	108
Соединения костей нижних конечностей	115
Варианты строения скелета человека.....	124
УЧЕНИЕ О МЫШЦАХ (МИОЛОГИЯ).....	126
Общая анатомия мышц	126
Вспомогательные аппараты мышц	130
Двигательная функция мышц.....	133
Развитие мышц, их возрастные особенности и изменения при физических нагрузках	136
Мышцы и фасции тела человека	138
Мышцы и фасции туловища	138
Мышцы и фасции головы и шеи	147
Мышцы и фасции верхних конечностей.....	152
Мышцы и фасции нижних конечностей	159

Анализ положений и движений тела человека	168
УЧЕНИЕ О ВНУТРЕННОСТЯХ (СПЛАНХНОЛОГИЯ).....	176
Пищеварительная система	178
Полость рта.....	178
Язык.....	181
Зубы.....	182
Железы рта.....	184
Пищеварение в полости рта.....	185
Глотка и пищевод	186
Желудок	188
Тонкая кишка.....	191
Толстая кишка	194
Печень	197
Поджелудочная железа	201
Развитие пищеварительной системы в онтогенезе.....	202
Полость живота. Брюшина	203
Дыхательная система.....	206
Наружный нос и полость носа.....	208
Гортань	208
Трахея и бронхи	214
Легкие и плевра. Средостение	216
Плевра	220
Средостение	221
Развитие дыхательной системы в онтогенезе	221
Мочеполовой аппарат.....	222
Мочевые (мочевыделительные) органы.....	222
Почки.....	222
Мочевой пузырь.....	229
Мочеиспускательный канал	230
Половые органы.....	231
Мужские половые органы.....	231
Женские половые органы	238
Развитие мочеполового аппарата в онтогенезе.....	245
Органы иммунной системы.....	247
Костный мозг.....	251
Тимус	252
Лимфоидные структуры стенок органов пищеварительной, дыхательной системы и мочеполового аппарата.....	253
Лимфатические узлы	256
Селезенка	259
Лимфатическая система	261
Эндокринные железы (железы внутренней секреции)	267
Гипофиз	269
Щитовидная железа.....	271
Надпочечники	271
Эндокринная часть половых желез	273

Паращитовидные железы	274
Шишковидное тело	274
Эндокринная часть поджелудочной железы	275
Кровеносная система	275
Сердце.....	282
Артерии малого круга кровообращения	291
Артерии большого круга кровообращения.....	292
Аорта и ее ветви	292
Артерии верхней конечности	297
Грудная часть аорты и ее ветви.....	300
Брюшная часть аорты и ее ветви.....	300
Артерии нижней конечности.....	305
Вены большого круга кровообращения	309
Анастомозы кровеносных сосудов.....	315
Развитие сердца и сосудов в онтогенезе.....	316
УЧЕНИЕ О НЕРВНОЙ СИСТЕМЕ (НЕВРОЛОГИЯ)	319
Центральная нервная система	320
Спинной мозг.....	320
Развитие спинного мозга в онтогенезе.....	326
Головной мозг.....	327
Локализация функций в коре полушарий большого мозга	346
Проводящие пути головного и спинного мозга	349
Развитие головного мозга в онтогенезе	356
Оболочки спинного и головного мозга	357
Периферическая нервная система.....	361
Черепные нервы	361
Спинномозговые нервы	366
Вегетативная нервная система.....	372
Симпатическая часть вегетативной нервной системы	378
Парасимпатическая часть вегетативной нервной системы	381
ОРГАНЫ ЧУВСТВ	383
Орган зрения.....	383
Преддверно-улитковый орган (орган слуха и равновесия)	390
Орган обоняния	398
Орган вкуса.....	400
Общий покров (кожа).....	400
Список литературы.....	406

ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ ЧЕЛОВЕКА В ОНТОГЕНЕЗЕ

Индивидуальное развитие (онтогенез) человека включает комплекс последовательных преобразований организма — от стадии оплодотворения яйцеклетки до окончания жизненного цикла.

В онтогенезе человека различают два основных периода: *внутриутробный*, или *пренатальный* (до рождения), и *внеутробный*, или *постнатальный* (после рождения). Каждый период имеет свои особенности.

ПРЕНАТАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ

Пренатальный период развития продолжительностью 10 лунных месяцев протекает внутри организма матери. В эмбриологии и акушерстве пренатальный период подразделяют на *эмбриональный* и *плодный* периоды, границей между которыми служит конец 2–3-го месяца развития. На 9-й неделе зародыш приобретает черты строения, характерные для человека, и называется *плодом*. Первые 8 нед развития называются эмбриональным периодом, сам зародыш — *эмбрионом*.

Эмбриональный период развития начинается с оплодотворения яйцеклетки сперматозоидом и включает ряд последовательных стадий: дробление оплодотворенной яйцеклетки и образование бластулы, гаструляцию и дифференцировку зародышевых листков с образованием зачатков тканей (гистогенез), образование органов (органогенез).

В результате слияния мужской и женской половых клеток образуется качественно новая одноклеточная особь — *зигота* (рис. 1). Объединение ядра мужского сперматозоида с ядром женской яйцеклетки образует в зиготе характерный для человека диплоидный набор из 46 хромосом. Пол будущего ребенка зависит от половых хромосом отца.

В результате дробления зиготы, которое длится 3–4 дня и происходит в полости маточной трубы, образуется *бластула*, пузырек, у которого различают заполненную жидкостью полость — *бластоцель*. Стенки пузырька образованы слоем клеток, бластомерами, двух видов: крупных темных и мелких светлых. Из поверхностного слоя светлых клеток формируется стенка пузырька, *трофобласт*, дающая в дальнейшем начало внешнему слою оболочек зародыша. Скопление более крупных клеток (бластомеров) получило название *эмбриобласта* (зачатка зародыша), который прилежит к трофобласту изнутри, образуя зародышевый узелок. Из этого скопления крупных клеток развивается тело зародыша (рис. 2).

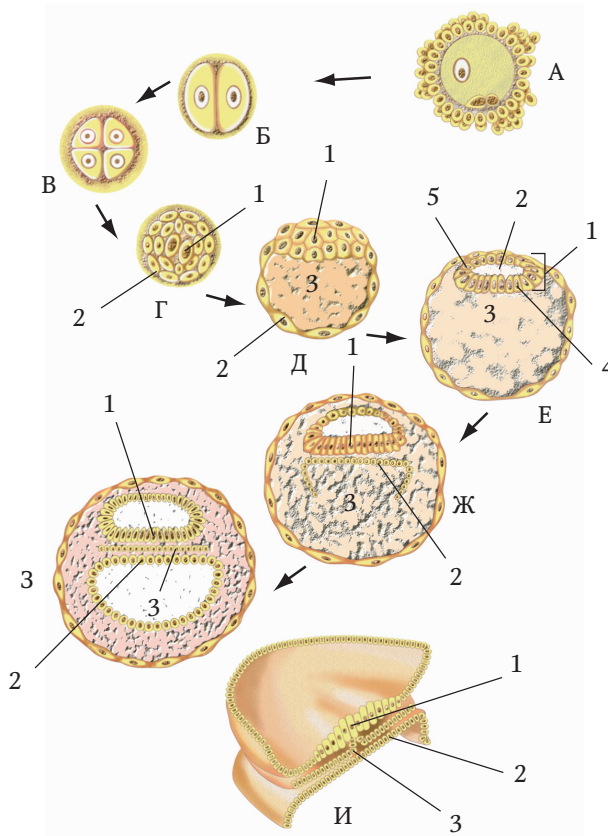


Рис. 1. Дробление зиготы и образование зародышевых листков: А – зигота; Б – дробление зиготы; В–Г – морула: 1 – эмбриобласт; 2 – трофобласт; Д – бластоциста: 1 – эмбриобласт; 2 – трофобласт; 3 – полость амниона; Е – бластоциста: 1 – эмбриобласт; 2 – полость амниона; 3 – бластоцель; 4 – эмбриональная энтодерма; 5 – амниотический эпителий; Ж–И: 1 – эктодерма; 2 – энтодерма; 3 – мезодерма (по Р. Крстичу, с изменениями)

Зародыш, имеющий вид пузырька, на 6–7-й день после оплодотворения внедряется (имплантируется) в слизистую оболочку матки. На 2-й неделе развития эмбриобласт расщепляется на две пластинки – *зародышевые листки*. Одна пластинка, прилежащая к трофобласту, образует *эктодерму*, наружный зародышевый листок. Другая пластинка, обращенная в полость пузырька, образует *энтодерму*, внутренний зародышевый листок, края которого изгибаются, соединяются между собой и образуют *желточный пузырек*. Эктодермальная пластинка также растет в ширину и формирует *амниотический пузырек*. Полость трофобласта вокруг желточного и амниотического пузырьков рыхло заполнена клетками, так называемой *внезародышевой мезодермы*. Участок, где желточный и амниотические пузырьки соприкасаются друг с другом и образуют двухслойную пластинку, называют *зародышевым щитком*. Пластинка зародышевого щитка, обращенная в сторону амниотического пузырька, является эктодермой,

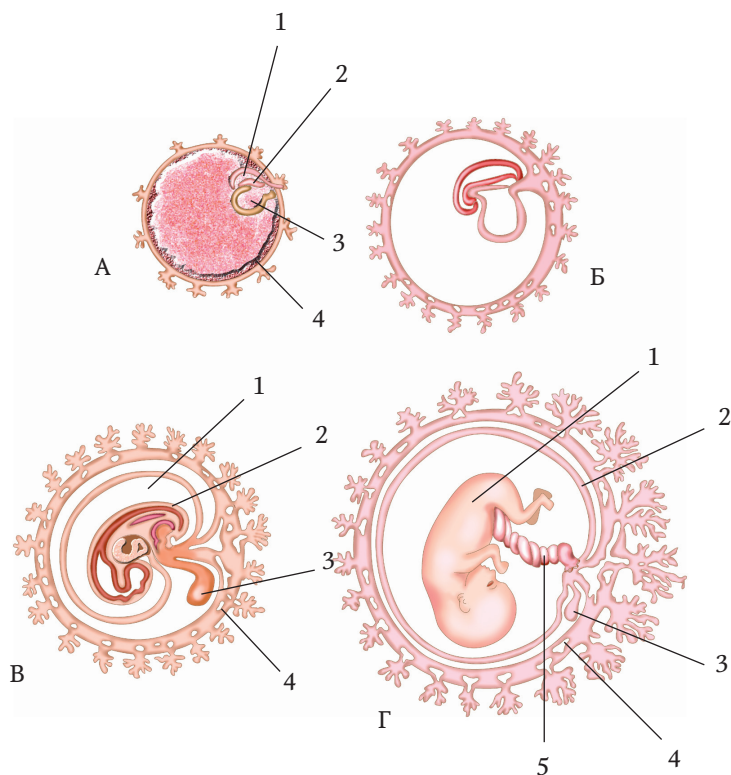


Рис. 2. Развитие эмбриона и зародышевых оболочек на ранних стадиях онтогенеза человека: А — 2–3 нед; Б — 4 нед; В — 6 нед; 1 — полость амниона; 2 — тело эмбриона; 3 — желточный мешок; 4 — трофобласт; Г — плод 4–5 мес: 1 — тело эмбриона (плод); 2 — амнион; 3 — желточный мешок; 4 — хорион; 5 — пупочный канатик

из которой в дальнейшем развиваются эпителиальный покров кожи, нервная система и ряд других органов. Пластинка зародышевого щитка, прилежащая к желточному пузырьку, является энтодермой, из которой образуется эпителий, покрывающий изнутри органы пищеварительной системы и органы дыхания, а также образующие их железы.

С 15–17-го дня после оплодотворения (3-я неделя беременности) начинается формироваться трехслойный зародыш и его осевые органы. Из наружного (эктодермального) зародышевого листка часть клеток перемещается к заднему концу зародышевого щитка, в результате чего образуется утолщение — *первичная полоска*. Передняя часть первичной полоски имеет небольшое возвышение, *первичный (гензеновский) узелок*, а сама полоска по срединной линии образует первичную бороздку. Клетки эктодермы, лежащие впереди первичного узелка, перемещаются между экто- и энтодермой и образуют хордальный (головной) отросток, дающий начало спинной струне — *хорде*. Клетки первичной полоски, прорастая по обе стороны между наружным и внутренним зародышевыми листками, по бокам от хорды образуют срединный зародышевый листок — *мезодерму*.

Из мезодермы образуются все органы и ткани, кроме производных эктодермы и энтодермы. Зародыш становится трехслойным. На 3-й неделе развития из эктодермы начинает формироваться нервная трубка. В это же время от задней части энтодермы во внезародышевую мезодерму (амниотическую ножку) впячивается слепой отросток — *аллантаис*. От зародыша через амниотическую ножку к ворсинкам хориона прорастают кровеносные (пупочные) сосуды.

На 3–4-й неделе развития трехслойный зародышевый щиток изгибается и становится выпуклым, формирующаяся глубокая борозда, туловищная складка, отграничивает этот щиток от амниона. Образующееся тело зародыша постепенно обособляется от внезародышевых органов (желточного мешка, аллантаиса, амниона). Зародыш из плоского щитка превращается в объемное тело. Эктодерма покрывает зародыш со всех сторон, а энтодерма, оказавшаяся внутри тела зародыша, свертывается в трубку, зачаток будущей кишки.

Узкое отверстие, сообщающее эмбриональную кишку с желточным мешком, в дальнейшем превращается в *пупочное кольцо*. Из энтодермы образуются эпителий желез желудочно-кишечного тракта и дыхательных путей. Из эктодермы формируются нервная система, кожный эпидермис и его производные (ногти, волосы, железы), эпителиальная выстилка заднепроходного отдела прямой кишки и ротовой полости. Из мезодермы образуются все остальные органы и ткани (кости, мышцы, внутренние органы и т.д.).

Эмбриональная (первичная) кишка вначале замкнута спереди и сзади. У переднего и заднего концов кишки имеются впячивания эктодермы — ротовая ямка (будущая ротовая полость) и заднепроходная ямка. Эти ямки отделены от просвета первичной кишки двухслойными мембранами (перепонками). На 3–4-й неделе развития зародыша прорывается передняя (глочная) мембрана, на 3-м месяце — задняя (заднепроходная).

Амнион (водная оболочка) ограничивает полость, заполненную жидкостью, которая окружает зародыш, предохраняя его от различных повреждений. Амнион постепенно увеличивается в размерах, а желточный мешок редуцируется.

В конце 3-й недели развития начинается дифференцировка мезодермы. Из мезодермы образуется эмбриональная соединительная ткань — *мезенхима*. Дорсальная часть мезодермы, расположенная по бокам от хорды, образует парные сегменты — сомиты, число которых на 34-й день развития достигает 43–44. У сомитов различают три части: переднемедиальную, *склеротом*, из которого развиваются кости и хрящи скелета; латеральнее расположен *миотом*, из которого формируется поперечнополосатая (скелетная) мускулатура; кнаружи лежит *дерматом*, из которого образуется собственно кожа (рис. 3).

Вентральная несегментированная часть мезодермы состоит из двух пластинок. Одна пластинка, медиальная (висцеральная), прилежащая к первичной кишке, называется *спланхноплеврой*. Другая пластинка, латеральная, прилежащая к стенке тела зародыша, называется *соматоплеврой*. Из этих пластинок образуются серозные оболочки (брюшина, плевра, перикард), а пространство между пластинками превращается в полости (брюшинную, плевральную, перикардальную). Из мезенхимы пластинок образуются клетки крови, неисчерченная (гладкая) мышечная ткань в стенках полых внутренних органов, кровеносные и лимфатические сосуды, соединительная ткань. Из мезенхимы

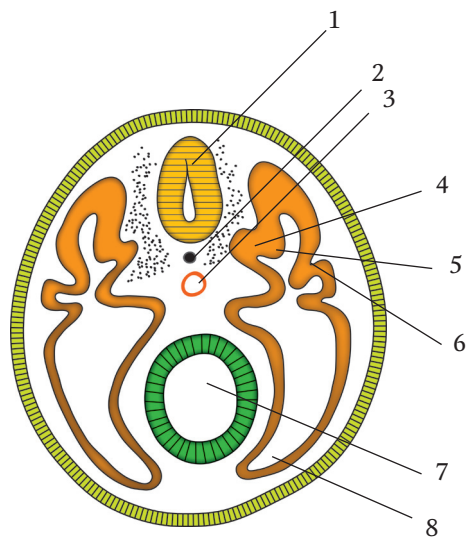


Рис. 3. Схема распределения тканей в теле зародыша на ранних этапах его развития. Поперечный разрез: 1 – нервная трубка; 2 – хорда; 3 – аорта; 4 – склеротом; 5 – миотом; 6 – дерматом; 7 – первичная кишка; 8 – вторичная полость (целом)

этих пластинок образуется также сердечная мышечная ткань, корковое вещество надпочечников и половые железы (яички, яичники).

На границе между сомитами и пластинками (спланхнотомами) из мезодермы образуются *нефротомы*, из которых развивается эпителий почек и семявыносящих путей.

К концу 1-го месяца эмбрионального развития заканчивается закладка осевых органов зародыша, который имеет длину 6,5 мм. На 5–8-й неделе у зародыша начинают развиваться органы, появляются зачатки вначале верхних, а затем нижних конечностей в виде кожных складок, в которые позднее вырастают закладки будущих костей, мышц, сосудов и нервов.

Плодный период. Зародыш продолжает расти. К концу 4-го месяца теменно-копчиковая длина зародыша составляет 100–110 мм. На 5-м месяце быстро растет туловище. В течение 7–8-го месяца формируется подкожный жировой слой. К концу 10-го лунного месяца масса плода достигает 3–3,5 кг, а его длина 50–52 см.

ПОСТНАТАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ

Схема возрастной периодизации постнатального развития человека, учитывающая анатомические, физиологические, социальные факторы, была принята на VII конференции по проблемам возрастной морфологии, физиологии и биохимии (1965). В этой периодизации выделяют следующие *возрастные периоды*.

1. Новорожденный – 1–10 дней.
2. Грудной возраст – 10 дней – 1 год.
3. Раннее детство – 1–3 года.
4. Первое детство – 4–7 лет.
5. Второе детство – 8–12 лет (мальчики); 8–11 лет (девочки).
6. Подростковый возраст – 13–16 лет (мальчики); 12–15 лет (девочки).
7. Юношеский возраст – 17–21 год (юноши); 16–20 лет (девушки).

8. Зрелый возраст:

I период — 22–35 лет (мужчины); 21–35 (женщины);

II период — 36–60 (мужчины); 36–55 (женщины).

9. Пожилой возраст — 61–74 года (мужчины); 56–74 года (женщины).

10. Старческий возраст — 75–90 лет (мужчины и женщины).

11. Долгожители — 90 лет и старше.

Период сразу после рождения называют *периодом новорожденности*. В это время ребенок кормится материнским молоком — молозивом (в течение 8–10 дней).

Грудной период продолжается до 1 года. В грудной период ребенок кормится молоком матери (грудным молоком) и быстро растет. Длина тела в этот период увеличивается в 1,5 раза, масса тела в 3 раза. С 6 мес начинают прорезываться молочные зубы.

Период раннего детства длится от 1 года до 4 лет. В конце 2 года жизни заканчивается прорезывание молочных зубов, замедляется рост ребенка.

Период первого детства длится от 4 до 7 лет. Начиная с 6 лет появляются первые постоянные зубы: первый моляр (большой коренной зуб), медиальный резец на нижней челюсти.

Период второго детства длится у мальчиков с 8 до 12 лет, у девочек с 8 до 11 лет. В этот период выявляются половые различия в размерах и форме тела, которое быстро растет в длину. Девочки растут быстрее, чем мальчики. Половое созревание у девочек начинается примерно на 2 года раньше, чем у мальчиков. В период второго детства у девочек начинают формироваться вторичные половые признаки.

У девочек вначале начинают расти грудные железы, затем появляются волосы на лобке, а потом в подмышечных впадинах.

Матка и влагалище начинают развиваться одновременно с формированием грудных желез. У мальчиков лишь к концу второго детства начинается ускоренный рост яичек, мошонки, а затем полового члена.

Следующий период, *подростковый*, или пубертатный, продолжается у мальчиков с 13 до 17 лет, у девочек с 12 до 15 лет. В этот период ускоряется рост тела и у девочек, и у мальчиков. У девочек наибольшая прибавка в длине тела наблюдается между 11 и 12 годами, а масса тела между 12 и 13 годами. У мальчиков длина тела увеличивается между 13 и 14 годами, масса же между 14 и 15 годами. В результате в 13,5–14 лет мальчики обгоняют девочек в длине тела. В подростковый период формируются вторичные половые признаки. У девочек продолжают развиваться грудные железы, рост волос на лобке и в подмышечных впадинах. Ярким показателем полового созревания у девочек является менструация.

У мальчиков к 13 годам происходит огрубение голоса (мутация), появляются волосы на лобке, а в 14 лет волосы в подмышечных впадинах. В 14–15 лет у мальчиков появляются первые поллюции (непроизвольное извержение спермы). У мальчиков по сравнению с девочками более продолжительный пубертатный период и сильнее выражен пубертатный скачок роста.

Юношеский возраст продолжается у юношей от 17 до 21 года, а у девушек от 16 до 20. В этот период в основном заканчивается процесс роста и формирования организма.

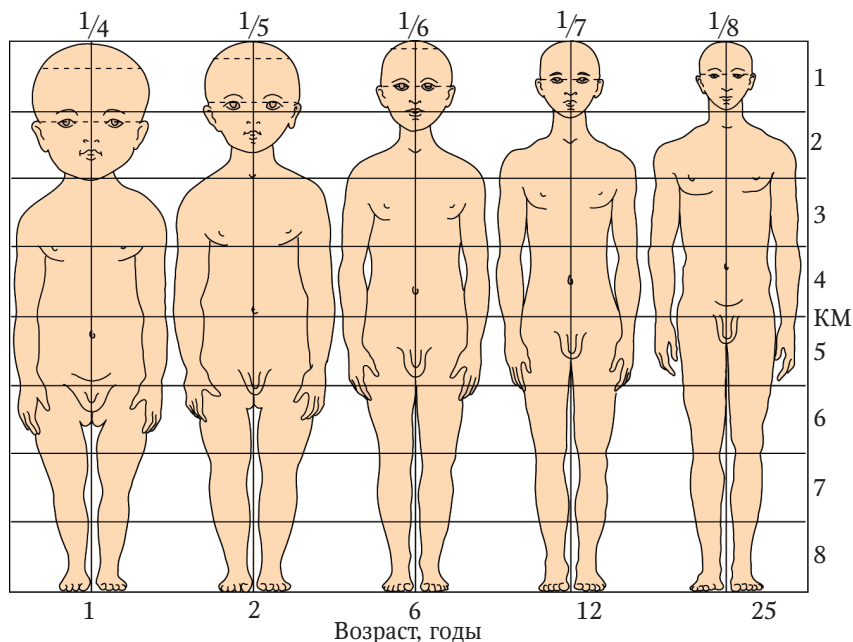


Рис. 4. Изменение пропорций тела человека в процессе роста: КМ — средняя линия. По вертикальной оси справа цифрами показано соответствие отделов тела детей и взрослых, по верхней горизонтальной оси — отношение длины головы к длине тела (по А. Андронеску)

В зрелом возрасте (21–60 лет) форма и строение тела человека изменяются мало, затем длина начинает уменьшаться. В пожилом и старческом возрасте наблюдаются соответствующие возрасту изменения организма.

Индивидуальные различия строения тела человека могут варьировать в широких пределах. Индивидуальные колебания процессов роста и развития дало основание для введения такого понятия, как *биологический возраст* (в отличие от паспортного возраста). Критериями биологического возраста считаются порядок и сроки окостенения костей скелета, время прорезывания молочных и постоянных зубов; развитие вторичных половых признаков и др.

Факторы, влияющие на развитие и строение человека (онтогенез), подразделяют на *наследственные* (генетические) и *внешние, средовые* (влияние внешней среды). Наследственное влияние проявляется в наличии признаков, свойственных родителям.

Влияние фактов внешней среды прослеживается на особенностях телосложения, сроков менструации у девочек. Географические зоны показали, что климатические факторы почти не оказывают влияния на рост и развитие. Правда, экстремальные условия иногда вызывают глубокую перестройку функционирования всего организма, что сказывается на процессах роста и развития. У человека выделяют *тотальные* (от фр. *total* — целиком) и *парциальные* (от лат. *pars* — часть) размеры тела.

Тотальные размеры тела — это длина и масса тела, а также обхват груди. *Парциальные размеры тела* показывают величину отдельных частей тела.

Размеры тела определяются при антропометрических обследованиях населения. В книге «Человек. Медико-биологические данные» (1977), изданной Всемирной организацией здравоохранения, и в книге «Морфология человека» (под ред. Никитюка Б.А. и Чтецова В.П., 1990) приведены средние данные размеров и массы у людей разного возраста и пола.

Пропорции тела зависят от возраста человека и его пола (рис. 4). Длина тела и ее возрастные показатели индивидуальны. Например, при нормальной по срокам беременности длина тела у новорожденных лежит в пределах 48–56 см. В период от 1 года до 10 лет прирост длины тела составляет в среднем от 0,5 до 10 см в год.

До 25 лет у большинства людей размеры и масса тела увеличиваются, а затем сохраняются стабильными. У мужчин средняя масса тела колеблется в пределах 52–75 кг, у женщин — 47–70 кг. После 60 лет масса тела, как правило, постепенно уменьшается главным образом за счет атрофических изменений в тканях.

В пожилом и старческом возрасте прослеживаются изменения не только массы тела, но и его строения, которые изучает специальная наука — *геронтология* (от лат. *gerontos* — старик). Необходимо отметить, что активный образ жизни, регулярные занятия физической культурой, соблюдение рационального режима питания, режим труда и отдыха замедляют процесс старения.

За последние 100–150 лет ускорилось развитие и физиологическое созревание морфологических, физиологических и психических показателей у детей и подростков — *акселерация* (от лат. *acceleration* — ускорение).

За последние 100–150 лет длина тела у детей при рождении увеличилась в среднем на 0,5–1 см, а масса тела на 100–300 г. Длина тела у детей дошкольного возраста за последние 100 лет увеличилась на 10–12 см, а у школьников на 10–15 см.

Наступление сроков физического и полового созревания у подростков ускорилось примерно на 1,5–2 года. Современные подростки быстрее бегают, дальше прыгают, стали физически сильнее.

В возрасте 20–25 лет длина тела у мужчин стала больше в среднем на 6–8 см.

На основании вычисления относительных размеров частей тела в анатомии различают три типа телосложения человека: мезоморфный, брахиморфный и долихоморфный.

К *мезоморфному типу* телосложения (нормостеники) относятся люди, чьи анатомические особенности приближаются к усредненным размерам тела (с учетом возраста, пола и т.д.).

Лица *брахиморфного типа* телосложения (гиперстеники) с выраженными поперечными размерами тела, не очень высокого роста. Сердце у них расположено почти поперечно благодаря высокостоящей диафрагме. Это же приводит к укорочению легких, петли тонкой кишки расположены преимущественно горизонтально.

Люди *долихоморфного типа* телосложения (астеники) высокого роста с длинными конечностями, слабым развитием мышц и жира, тонкими костями. Сердце расположено почти вертикально благодаря низколежащей диафрагме, легкие заметно удлинены.

В качестве ориентиров положения и размеров тела в анатомии служат линии и три взаимно перпендикулярные оси и плоскости: сагиттальная, фронтальная и горизонтальная (рис. 5). *Сагиттальная плоскость* вертикально рассекает тело спереди назад. *Фронтальная плоскость* также ориентирована вертикально, проходит справа налево соответственно плоскости лба. *Горизонтальная плоскость* ориентирована перпендикулярно первым двум. В теле человека условно можно провести много таких плоскостей. Сагиттальную плоскость, которая делит тело на правую и левую половины, называют также *срединной*.

Чтобы обозначить расположение органов по отношению к горизонтальной плоскости, применяют термины «верхний» («краниальный»), «нижний» («каудальный»), по отношению к фронтальной плоскости — «передний» («вентральный») и «задний» («дорсальный»). Выделяют также понятия «боковой» («латеральный»), расположенный на удалении от срединной, сагиттальной плоскости, и «средний» («медиальный»), лежащий ближе к срединной плоскости.

Для обозначения частей конечностей используют термины «проксимальный» (расположенный ближе к началу конечности) и «дистальный» (находящийся дальше от туловища). В анатомии употребляются такие общие прилагательные, как правый, левый, большой, малый, поверхностный, глубокий.

Для определения границ, проекции органов на поверхности тела, используют ряд вертикальных линий: переднюю и заднюю срединные; правую и левую грудные, проведенные вдоль края грудины; среднеключичную, проведенную через середину ключицы; подмышечные, проведенные через соответствующие края и середину подмышечной ямки; лопаточную, проведенную через нижний угол лопатки.

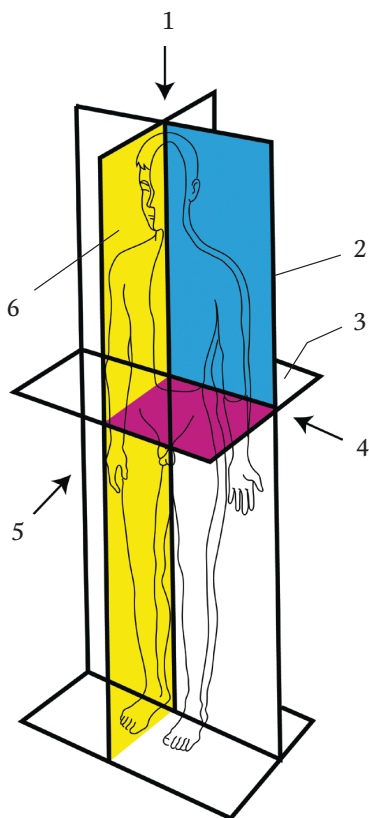


Рис. 5. Схема осей и плоскостей, проводимых через тело человека: 1 — вертикальная (продольная) ось; 2 — фронтальная плоскость; 3 — горизонтальная плоскость; 4 — поперечная ось; 5 — сагиттальная ось; 6 — сагиттальная плоскость

СТРОЕНИЕ ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА

Тело человека состоит из различного вида клеток и межклеточного вещества, которые вместе образуют ткани. Из тканей построены органы, которые объединяются в системы и аппараты органов, из которых состоит тело человека.

КЛЕТКИ

Клетка — это наименьшая структурно-функциональная единица живого организма. Основными жизненными свойствами клетки являются обмен веществ и превращение энергии, рост и размножение с передачей генетической информации.

Клетки в организме человека чрезвычайно разнообразны по форме и функциям. Они могут быть круглыми, овальными, веретеновидными, призматическими, звездчатыми. Размеры клеток варьируют от нескольких микрометров (малые лимфоциты) до 200 мкм (яйцеклетки). Все клетки в теле человека имеют ряд общих структурных признаков, они состоят из ядра, цитоплазмы и цитолеммы (рис. 6).

Цитоплазма состоит из гиалоплазмы и расположенных в ней органелл и включений. Гиалоплазма снаружи ограничена клеточной мембраной. В состав гиалоплазмы входят различные белки, нуклеиновые кислоты, полисахариды, ферменты. В гиалоплазме осуществляется синтез белков, необходимых для жизнедеятельности клетки и выполнения ее функций.

Строение клеток

Каждая клетка снаружи покрыта клеточной мембраной (цитолеммой).

Цитолемма и другие мембранные структуры клеток представляют собой полупроницаемые комплексные соединения липопротеиновой природы (липиды вместе с белками) толщиной 6–10 нм.

Клеточная мембрана образована двумя слоями фосфолипидов, с которыми связаны молекулы белков. Липиды составляют около 40%, белки до 60%, углеводы до 2–10% объема клеточной мембраны.

Цитолемма, имеющая толщину около 10 нм, отделяет цитоплазму от окружающей среды и одновременно обеспечивает связь с внешней средой. Ее функции включают распознавание клеткой других клеток и межклеточного вещества, транспорт вещества в клетку и из клетки, движения клетки.

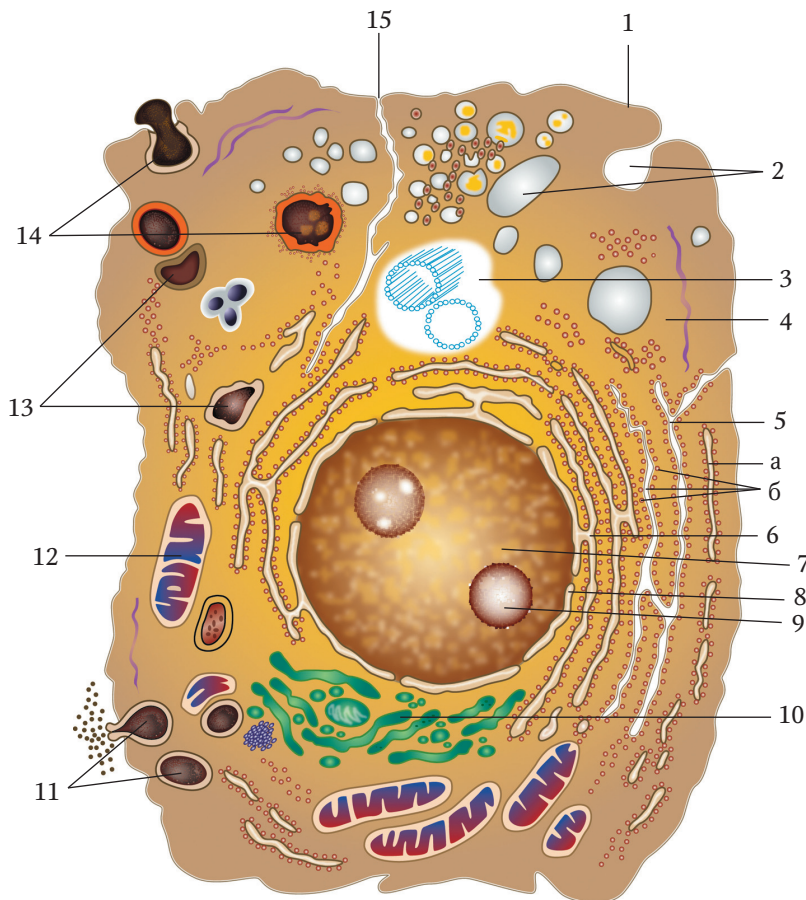


Рис. 6. Ультрамикроскопическое строение клетки (схема): 1 — цитолемма (плазматическая мембрана); 2 — пиноцитозные пузырьки; 3 — центросома (клеточный центр; цитоцентр); 4 — гиалоплазма; 5 — эндоплазматическая сеть: а — мембрана зернистой сети; б — рибосомы; 6 — связь перинуклеарного пространства с полостями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

Снаружи от цитолеммы располагается *гликокаликс*, надмембранный слой толщиной 3–4 нм, осуществляющий рецепторные функции.

Транспортная функция цитолеммы осуществляет *пассивный транспорт*, включающий простую диффузию (перенос мелких молекул O_2 , CO_2 , H_2O), и *активный транспорт* (энергоёмкий процесс) с помощью белков-переносчиков, благодаря которому ионы Na выводятся из цитоплазмы, а ионы K одновременно переносятся в цитоплазму. Этот механизм обеспечивает поддержание постоянного объема клетки, а также мембранного потенциала.

Транспорт макромолекул в клетку называют *эндоцитозом* (от греч. *endo* — внутрь и *kitos* — клетка). Разновидностями эндоцитоза служат пиноцитоз и фа-

гоцитоз. *Пиноцитоз* (от греч. *pinein* — пить) — это захват и поглощение клеткой жидкости и растворенных в ней веществ. *Фагоцитоз* (от греч. *phagia* — поедающий) — захват и поглощение клеткой плотных, обычно крупных частиц.

Выведение веществ из клетки называют *экзоцитозом* (от греч. *ecto* — наружный), продукт жизнедеятельности клетки выделяется во внеклеточное пространство.

Органеллы, расположенные в цитоплазме клеток, выполняют определенные жизненно важные функции. Различают органеллы мембранные и немембранные.

Мембранные органеллы отграничены мембраной от окружающей их гиалоплазмы. К мембранным органеллам относят цитоплазматическую сеть, пластинчатый аппарат (комплекс Гольджи), митохондрии, лизосомы, пероксисомы.

Цитоплазматическая сеть, зернистая (гранулярная) и гладкая (агранулярная), образована цистернами, пузырьками и каналами, которые ограничены мембраной. Цитоплазматическую сеть, к которой прикреплены рибосомы, называют зернистой, а не имеющую рибосом, — гладкой цитоплазматической сетью.

Функцией цитоплазматической сети является транспорт веществ. Зернистая цитоплазматическая сеть осуществляет синтез мембранных и экспортируемых белков, гладкая — синтез и расщепление гликогена, метаболизм липидов, накопление ионов Ca^{2+} .

Пластинчатый аппарат, или *комплекс Гольджи (внутриклеточный сетчатый аппарат)*, образован мембранными структурами в виде цистерн и расположенных по их периферии многочисленных мелких пузырьков (везикул). Аппарат Гольджи выполняет функции накопления и химической перестройки продуктов, которые синтезирует цитоплазматическая сеть. В цистернах образуются полисахариды, комплекс Гольджи участвует в выведении готовых секретов за пределы клетки, образовании клеточных лизосом.

Лизосомы представляют собой шаровидные структуры, ограниченные мембраной. В лизосомах расщепляются различные биополимеры, завершается внутриклеточное переваривание захваченных клеткой макромолекул.

Пероксисомы (микротельца) — это небольшие вакуоли, в которых разрушается перекись водорода, образующаяся при действии ферментов окислительно-дезаминирования аминокислот.

Митохондрии имеют гладкую внешнюю мембрану и внутреннюю мембрану, образующую выпячивания в виде гребней (кrist). Полость митохондрии между кристами заполняет матрикс, в состав которого входят молекулы ДНК и митохондриальные рибосомы.

Функцией митохондрий является окисление органических соединений и использование освобождающейся при этом энергии для синтеза молекул аденозинтрифосфата.

К *немембранным органеллам* относятся рибосомы, микротрубочки, центриоли, микрофиламенты и другие образования.

Рибосомы представляют собой гранулы рибонуклеопротеида, в состав которых входят белки и молекулы РНК.

Микротрубочки представляют собой длинные прямые цилиндры, состоящие из белков тубулинов. Микротрубочки образуют цитоскелет клетки, который поддерживает форму клетки, обеспечивает ее подвижность и перемещение.

Центриоли служат центрами формирования и роста микротрубочек веретена деления и микротрубочек аппаратов движения клетки — ресничек и жгутиков. При подготовке к митотическому делению число центриолей в клетке удваивается.

Микрофиламенты — это тонкие белковые нити, встречающиеся в виде пучков в периферических отделах клетки, под цитолеммой. В состав микрофиламентов входят сократительные белки: актин, миозин, тропомиозин, α -актин. Микрофиламенты также участвуют в образовании цитоскелета и движения клетки.

Включения цитоплазмы являются временными образованиями, продуктами деятельности клетки или поступившими в клетку извне. Включения появляются и исчезают в зависимости от функционального состояния клетки.

Включения бывают белковыми, жировыми и углеводными. *Пигментные включения*, скапливаясь в клетке, обуславливают ее цвет.

Ядро клетки является обязательным компонентом (кроме эритроцитов), содержащим генетическую информацию и регулирующим белковый синтез. В ядре имеется собственный аппарат белкового синтеза, контролирующий синтетические процессы в цитоплазме клетки (информационная, транспортная и рибосомальная).

Ядро обычно имеет сферическую или овоидную форму, состоит из хроматина, ядрышка, кариоплазмы (нуклеоплазмы) и ядерной оболочки. В состав хроматина входят молекулы ДНК.

Хроматин в ядре клетки может находиться или в разрыхленном (деконденсированном), или в уплотненном (конденсированном) виде. Чем сильнее деконденсирован хроматин в ядре, тем активнее протекают синтетические процессы.

Конденсированный (уплотненный) хроматин имеет вид плотных хромосом, выполняющих функции распределения генетического (наследственного) материала в ядре делящейся клетки.

У человека соматические клетки содержат 46 хромосом (диплоидный набор): 22 пары гомологичных хромосом и две половые хромосомы. У женщин это XX-хромосомы, у мужчин XY-хромосомы. Каждая половая клетка имеет одинарный (гаплоидный) набор, состоящий из 23 хромосом.

Ядрышко является местом образования рибосомальных РНК и рибосом, на которых происходит синтез полипептидных цепей.

Ядерная оболочка состоит из внешней и внутренней ядерных мембран, разделенных перинуклеарным пространством. В ядерной оболочке имеются поры, через которые происходит транспорт веществ между ядром и цитоплазмой.

У всех клеток при размножении (делении) наблюдаются изменения в рамках клеточного цикла, в котором выделяют интерфазу (подготовку клетки к делению) и митоз (процесс деления клетки) (рис. 7). Клеточным циклом называют процессы, которые происходят в клетке от деления до деления.

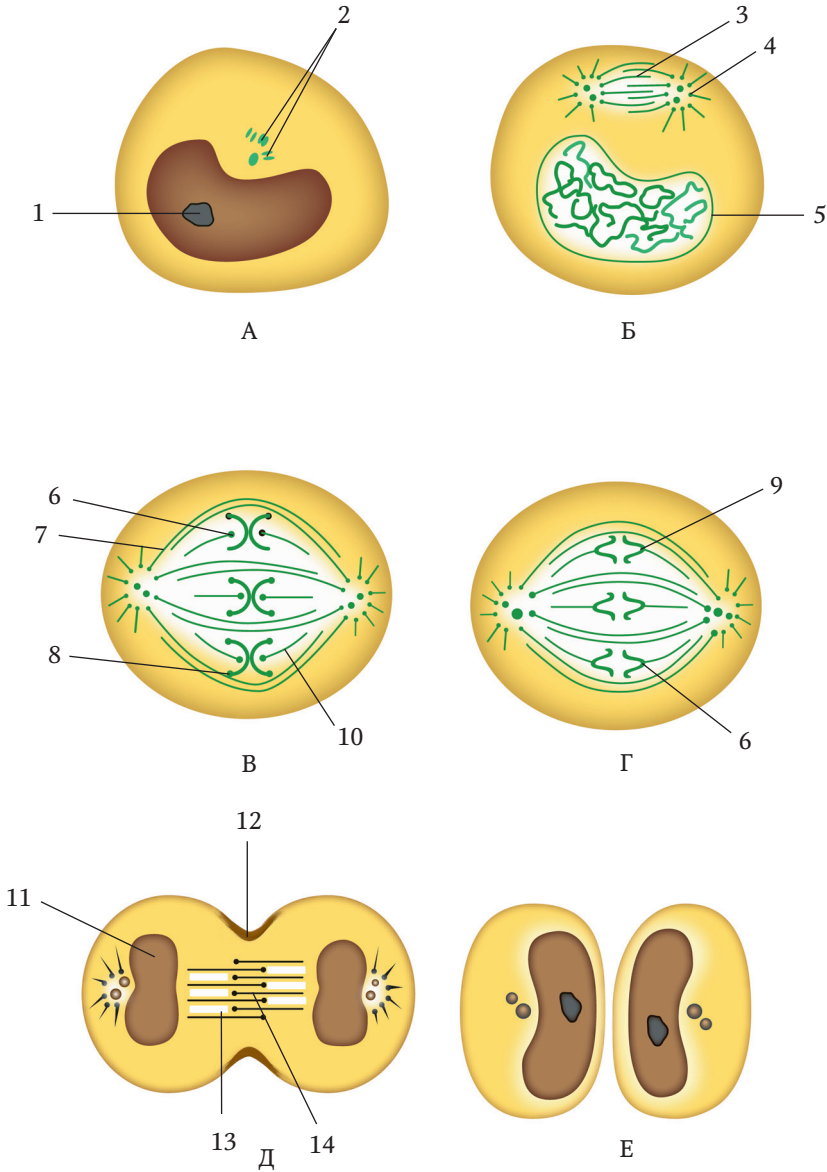


Рис. 7. Стадии митотического деления клетки (схема): А – интерфаза; Б – профаза; В – метафаза; Г – анафаза; Д – телофаза; Е – поздняя телофаза; 1 – ядрышко; 2 – центриоли; 3 – веретено деления; 4 – звезда; 5 – ядерная оболочка; 6 – кинетохор; 7 – непрерывные микротрубочки; 8, 9 – хромосомы; 10 – хромосомные микротрубочки; 11 – формирование ядра; 12 – борозда дробления; 13 – пучок актиновых нитей; 14 – остаточное (срединное) тельце (по А. Хэму и Д. Кормаку, с изменениями)

У взрослого организма клетки различных тканей и органов имеют неодинаковую способность к делению. Встречаются клетки, не способные к делению (например, нервные, мышечные). В организме есть постоянно обновляющиеся ткани — различные эпителии, клетки крови. В таких тканях клетки постоянно делятся, заменяя погибающие.

ТКАНИ

Клетки и их производные объединяются в ткани. Ткань — это сложившаяся в процессе развития совокупность клеток и межклеточного вещества, имеющих общее происхождение, строение и функции. Учитывая происхождение и развитие тканей, морфологические и физиологические свойства, выделяют 4 вида тканей: эпителиальные, соединительные, мышечные, нервную.

Эпителиальные ткани

Эпителиальные ткани (эпителий) покрывают поверхности тела, выстилают слизистые и серозные оболочки внутренних органов, а также образуют многочисленные железы. Эпителиальные ткани подразделяют на покровный и железистый эпителий.

Покровный эпителий отделяет внутреннюю среду от внешней, выполняя защитные функции, а также функции всасывания и выделения продуктов обмена.

Погранично расположенный эпителий обладает высокой способностью к регенерации благодаря делению клеток. Эпителиальные клетки образуют сплошной пласт, состоящий из плотно расположенных клеток, соединенных друг с другом с помощью плотных контактов.

Эпителиоциты всегда лежат на базальной мембране. В покровном эпителии много нервных (чувствительных) окончаний, передающих в центральную нервную систему сигналы о различных раздражениях.

Согласно морфологической классификации, учитывающей расположение клеток на свободной поверхности органа, различают однослойный и многослойный эпителий (рис. 8). У однослойного эпителия все клетки лежат на базальной мембране, у многослойного к базальной мембране прилежит только самый глубокий слой. Однослойный эпителий, в клетках которого ядра лежат в один ряд, т.е. на одном уровне, называют однорядным. Эпителий, ядра клеток которого лежат на разных уровнях, носит название многорядного. Многослойный эпителий бывает ороговевающим и неороговевающим. В соответствии с формой эпителиоцитов выделяют плоские, кубические и призматические клетки.

Железистый эпителий, или *гландулоциты* (от лат. *glandula* — железа и *cytos* — клетка), вырабатывает секреты и выделяет их в кровь и в тканевую жидкость. Из гландулоцитов построены различные по величине и форме железы (рис. 9). По способу выделения секрета железы подразделяют на эндокринные (железы внутренней секреции) и экзокринные (железы внешней секреции).

Эндокринные железы не имеют выводных протоков. Свои секреты, получившие название гормонов (от греч. *hormao* — возбуждаю), они выделяют непосредственно в кровь и в тканевую жидкость.

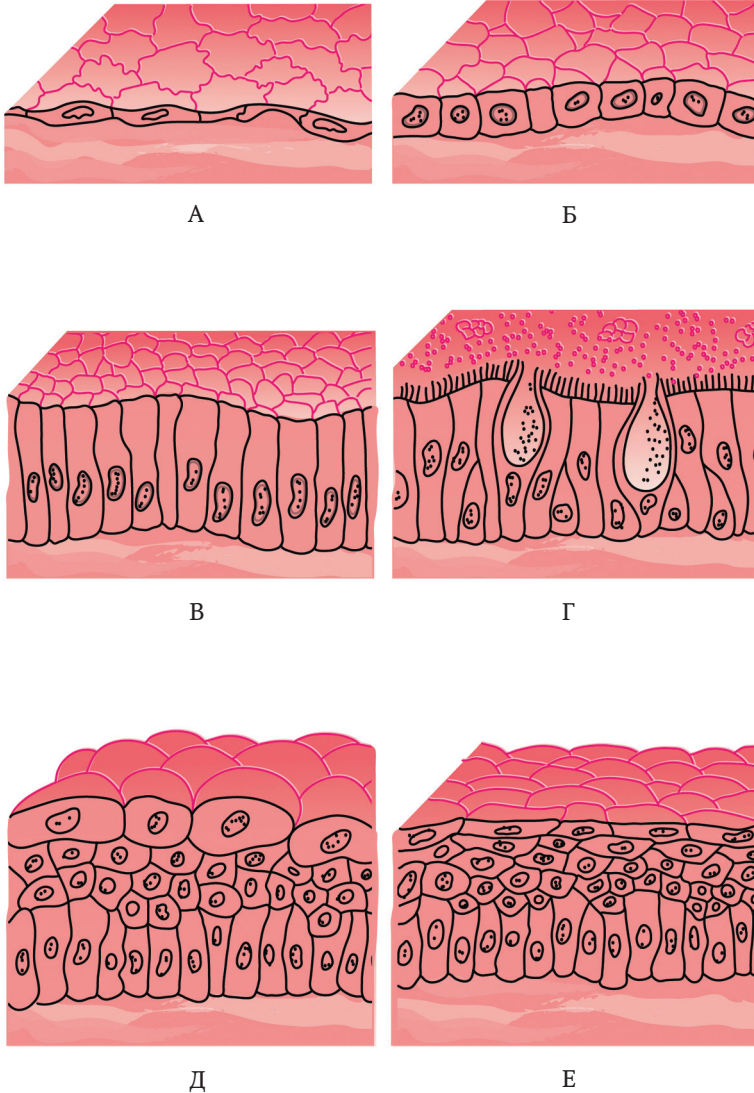


Рис. 8. Строение покровного эпителия (схема): А – простой сквамозный эпителий (мезотелий); Б – простой кубический эпителий; В – простой столбчатый эпителий; Г – реснитчатый эпителий; Д – переходный эпителий; Е – неороговевающий многослойный (плоский) сквамозный эпителий

Экзокринные железы выделяют свои секреты на поверхности тела или в полости внутренних органов. Экзокринные железы подразделяют на одноклеточные и многоклеточные. *Одноклеточные железы* (это обычно бокаловидные glandулоциты, выделяющие слизь) располагаются непосредственно в толще покровного эпителия.

У *многоклеточных желез* различают начальные отделы, клетки которых продуцируют секрет, и выводной проток, по которому этот секрет выделяет-

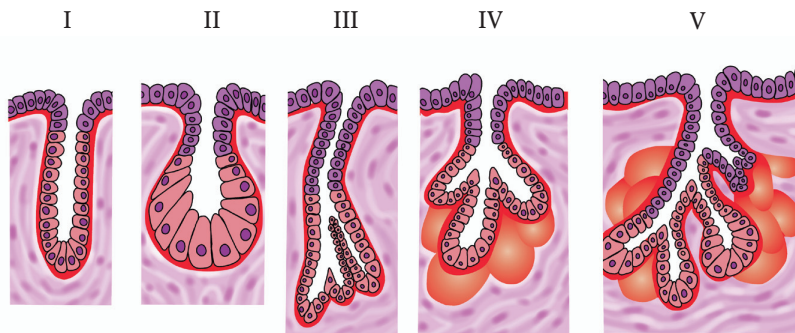


Рис. 9. Различные формы экзокринных желез (схема): I — простая трубчатая железа с неразветвленным начальным отделом; II — простая альвеолярная железа с неразветвленным начальным отделом; III — простая трубчатая железа с разветвленным начальным отделом; IV — простая альвеолярная железа с разветвленным начальным отделом; V — сложная альвеолярно-трубчатая железа с разветвленным начальным отделом (по И.В. Алмазову и Л.С. Сутолову)

ся на поверхность тела или слизистой оболочки внутреннего органа. По форме начальных отделов различают трубчатые, альвеолярные (пузырьковидные) и альвеолярно-трубчатые железы. По характеру ветвления начальных отделов выделяют простые железы (неразветвленные) и разветвленные. По химическому составу вырабатываемого секрета железы подразделяют на серозные, слизистые и смешанные (серозно-слизистые).

Соединительные ткани

Различают собственно соединительную ткань и соединительную ткань со специальными свойствами (ретикулярная, жировая и др.).

В функциональном отношении соединительные ткани обеспечивают трофическую функцию, транспорт питательных веществ и продуктов обмена; механическую (опорную и формообразующую), защитную, механическую защиту и фагоцитоз.

Собственная соединительная ткань окружает кровеносные сосуды вплоть до капилляров, подстилает эпителиальную ткань, заполняет промежутки между органами и тканями в органах. Этот вид ткани подразделяют на волокнистую соединительную ткань и соединительную ткань со специальными свойствами.

Волокнистую соединительную ткань подразделяют на рыхлую и плотную, а последнюю, в свою очередь, на неоформленную и оформленную. В основу классификации волокнистой соединительной ткани положен принцип упорядоченности соединительнотканых волокон.

Рыхлая волокнистая соединительная ткань обнаруживается во всех органах, состоит из клеток и межклеточного вещества (рис. 10). Клетки у этого вида соединительной ткани принадлежат к фибробластическому ряду. Межклеточные структуры представлены основным веществом, а также коллагеновыми и эластическими волокнами.

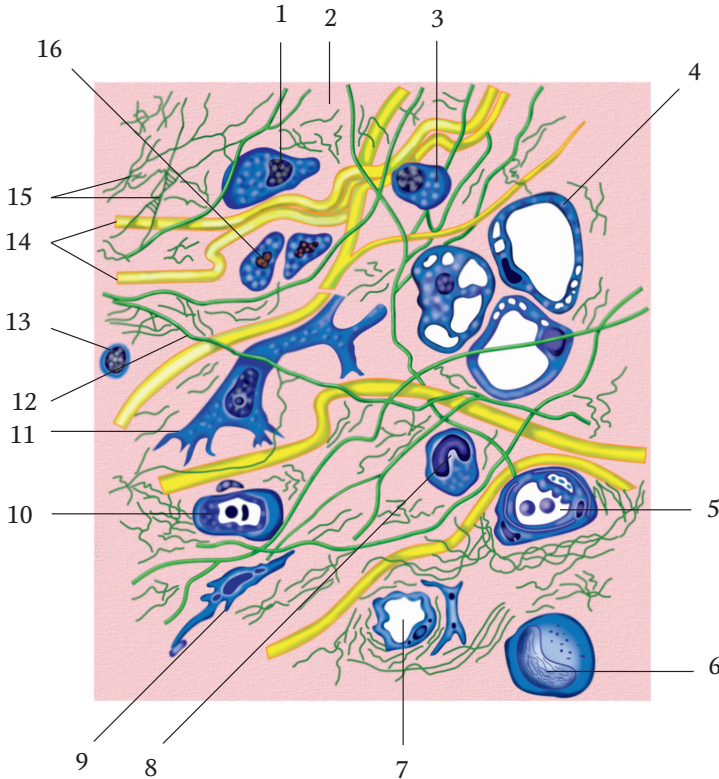


Рис. 10. Строение рыхлой волокнистой соединительной ткани (схема): 1 — макрофаг; 2 — аморфное межклеточное (основное) вещество; 3 — плазмоцит (плазматическая клетка); 4 — липоцит (жировая клетка); 5 — кровеносный сосуд; 6 — моноцит; 7 — лимфатический капилляр; 8 — эозинофильный гранулоцит; 9 — фиброцит; 10 — кровеносный капилляр; 11 — фибробласт; 12 — эластическое волокно; 13 — лимфоцит; 14 — коллагеновые волокна; 15 — ретикулярные волокна; 16 — тканевый базофил

Коллагеновые волокна обладают большой механической прочностью. Они могут объединяться в пучки различной толщины. *Эластические волокна* обеспечивают растяжимость соединительной ткани. *Ретикулярные волокна* образуют трехмерные сети в иммунных и кроветворных органах.

Основными клетками у рыхлой волокнистой соединительной ткани являются фибробласты и фиброциты. *Фибробласты* — молодые крупные отростчатые клетки с базофильной цитоплазмой, способные к размножению. Они активно функционируют, секретируют элементы межклеточного вещества, в том числе для образования волоконных структур. *Фиброциты* (зрелые клетки) отличаются от фибробластов слабым развитием мембранных органелл и низким уровнем метаболизма.

Помимо оседлых клеток, в рыхлой волокнистой соединительной ткани находятся и специализированные клетки, относящиеся к системе крови и иммунной системе. Наиболее постоянно в рыхлой соединительной ткани присутствуют подвижные клеточные элементы — макрофаги, тучные клетки (лаброциты) и лимфоциты.

Макрофаги образуются из моноцитов после выхода их из крови в окружающие ткани. Различают *оседлые макрофаги* (гистиоциты), прикрепленные к коллагеновым волокнам и обладающие низкой функциональной активностью, и *свободные макрофаги*. Свободные макрофаги являются подвижными клетками, которые способны поглощать и переваривать частицы погибших клеток, чужеродные экзогенные вещества, в том числе микроорганизмы.

Тугные клетки способны синтезировать и накапливать биологически активные вещества (гепарин, серотонин, дофамин и др.). Эти клетки являются регуляторами местного гомеостаза соединительной ткани.

В рыхлой волокнистой соединительной ткани находятся также жировые клетки (адипоциты) и пигментные клетки (пигментоциты).

Плотная волокнистая соединительная ткань состоит преимущественно из волокон, небольшого количества клеток и основного аморфного вещества. В зависимости от характера расположения волокнистых структур выделяют плотную неоформленную и плотную оформленную волокнистую соединительную ткань. В оформленной ткани пучки волокон располагаются параллельно друг другу в соответствии с действием силы натяжения (сухожилия мышц, связки). Плотная волокнистая соединительная ткань обладает высокой механической прочностью.

Соединительная ткань со специальными свойствами — это ретикулярная, жировая, слизистая и пигментная ткани. Для этих тканей характерно преобладание какого-то определенного типа клеток, с которым связано название этих тканей.

Ретикулярная соединительная ткань (от лат. *reticulum* — сеть) состоит из ретикулярных клеток и ретикулярных волокон. Волокна и отростчатые ретикулярные клетки образуют рыхлую сеть.

Ретикулярная ткань образует строму (соединительнотканый скелет) кровеносных органов и органов иммунной системы и создает микроокружение для развивающихся в них клеток крови и лимфоидного ряда.

Жировая ткань является разновидностью соединительной ткани, состоящей из жировых клеток — *адипоцитов*. Цитоплазма содержит одну крупную жировую каплю, занимающую до 98% объема клетки. Функцией жировой ткани является образование, накопление и обмен жиров. Различают белую жировую и бурую жировую ткани.

Белая жировая ткань располагается под кожей, в области ягодиц и бедер, в сальнике, брыжейке и в других органах. Белая жировая ткань используется для покрытия (восполнения) энергетических затрат организма.

Бурая жировая ткань встречается у новорожденных и животных, впадающих в зимнюю спячку. Функция бурой жировой ткани — участие в терморегуляции.

Слизистая соединительная ткань встречается только у зародыша. Ее образуют крупные отростчатые клетки, мукоциты, и межклеточное вещество, богатое гиалуроновой кислотой. По мере развития зародыша слизистая соединительная ткань замещается волокнистой соединительной тканью, свойственной взрослому организму.

Пигментная соединительная ткань содержит большое количество пигментных клеток — меланоцитов (родимые пятна, радужка глаза и др.).

К **скелетным тканям** относят хрящевую и костную ткани, выполняющие в организме опорную и механическую функции, а также принимающие участие в минеральном обмене.

Хрящевая ткань состоит из клеток (хондроцитов, хондробластов, хондрокластов) и хрящевого основного (межклеточного) вещества. Клетки хрящевой ткани, *хондроциты*, имеют овальную форму и вырабатывают межклеточное вещество хряща. Хондроциты расположены в межклеточном веществе, как правило, группами (рис. 11).

Хондробласты — это молодые клетки, способные к делению и синтезу межклеточного вещества хряща. Хондробласты в процессе развития хряща превращаются в хондроциты. Тонкий слой соединительной ткани, покрывающей поверхность хряща, называют надхрящницей. Надхрящница обеспечивает периферический (аппозиционный) рост хряща. Через ее сосуды осуществляются диффузное питание хрящевой ткани и вывод продуктов обмена.

Выделяют три вида хрящевой ткани: гиалиновую, эластическую и волокнистую.

Гиалиновая хрящевая ткань называется также стекловидной в связи с ее голубовато-белым цветом. Гиалиновый хрящ встречается в местах соединения ребер с грудиной, на суставных поверхностях костей, в местах соединения эпифиза с диафизом у трубчатых костей, в скелете гортани, в стенках трахеи и бронхов.

Эластическая хрящевая ткань в ее межклеточном веществе наряду с коллагеновыми волокнами содержит большое количество эластических волокон. Эластическая хрящевая ткань присутствует в тех органах, где хрящ подвергается изгибам (ушная раковина, рожковидные, клиновидные, черпаловидные хрящи гортани и надгортанник).

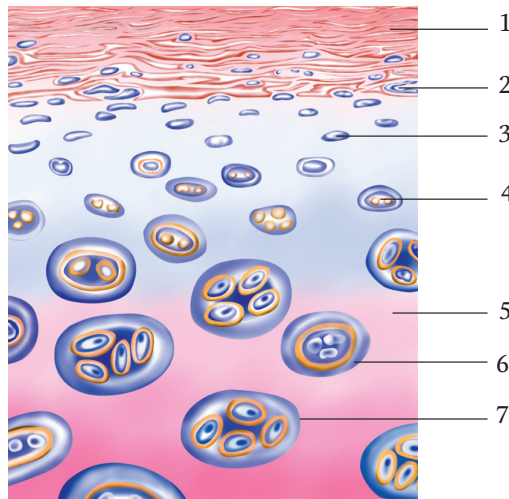


Рис. 11. Строение гиалинового хряща, покрытого надхрящницей (схема): 1 — волокнистый слой надхрящницы; 2 — клеточный слой надхрящницы; 3 — молодые хондроциты; 4 — хондроцит в лакуне; 5 — межклеточное вещество (хрящевой матрикс); 6 — интерстициальный рост; 7 — изогенные группы хондроцитов (зрелые хрящевые клетки) (по Хэму А. и Кормаку Д., 1983)

Волокнистый хрящ в своем межклеточном веществе содержит пучки коллагеновых волокон, в связи с чем обладает повышенной прочностью. Из волокнистого хряща построены фиброзные кольца межпозвоночных дисков, суставные диски, мениски и др.

Костная ткань состоит из костных клеток и плотного межклеточного вещества. Межклеточное вещество представлено органическим матриксом и неорганическими соединениями кальция, фосфора, магния и других элементов. Органический матрикс костей состоит преимущественно из коллагеновых волокон.

Органические вещества кости получили название оссеина (от лат. *os* — кость). Сочетание органических и неорганических веществ, расположение клеток и ориентация коллагеновых волокон обеспечивают прочность костей. У детей в костях относительное количество органических веществ больше, чем у взрослых, поэтому переломы костей в детском возрасте бывают редко. У пожилых и старых людей количество органических веществ в костях уменьшается, кости становятся более ломкими, хрупкими.

Костная ткань содержит три вида клеток: остеоциты, остеобласты и остеокласты.

Остеоциты — зрелые костные клетки длиной 22–55 мкм, с крупным ядром и многочисленными тонкими, ветвящимися отростками. Эти клетки лежат в костных полостях, повторяющих форму клетки и заполненных тканевой (костной) жидкостью. От этих полостей отходят анастомозирующие друг с другом костные каналы, содержащие отростки остеоцитов.

Остеобласты — молодые клетки костной ткани размером 15–20 мкм, с округлым, эксцентрично расположенным ядром. Они образуются за счет глубокого (росткового) слоя надкостницы. Остеобласты синтезируют межклеточное вещество, которое в дальнейшем пропитывается солями кальция, фосфора, магния и других элементов.

Остеокласты — это крупные клетки диаметром до 90 мкм, содержащие несколько ядер. Остеокласты секретируют гидролитические ферменты, участвующие в разрушении кости.

Из костных клеток и межклеточного вещества построена костная ткань. Выделяют два вида костной ткани: пластинчатую, из которой построено большинство костей, и редко встречающуюся грубоволокнистую. Грубоволокнистая костная ткань располагается в зонах прикрепления сухожилий к костям, в швах черепа после их зарастания. Эта ткань имеет большое количество коллагеновых волокон различной ориентации, что придает кости повышенную прочность.

Пластинчатая костная ткань состоит из костных пластинок, содержащих коллагеновые волокна определенной ориентации. Коллагеновые волокна в соседних пластинках имеют неодинаковую ориентацию. В зависимости от расположения костных пластинок образуемая ими кость может иметь губчатое или компактное строение. В губчатом веществе костные пластинки имеют различное направление. Из губчатого вещества построены, например, эпифизы длинных трубчатых костей (рис. 12).

Компактное вещество, образующее диафизы трубчатых костей, имеет сложное строение. Распределение пластинок здесь определяется направлением кровеносных сосудов. Полости, в которых проходят сосуды, называются каналами

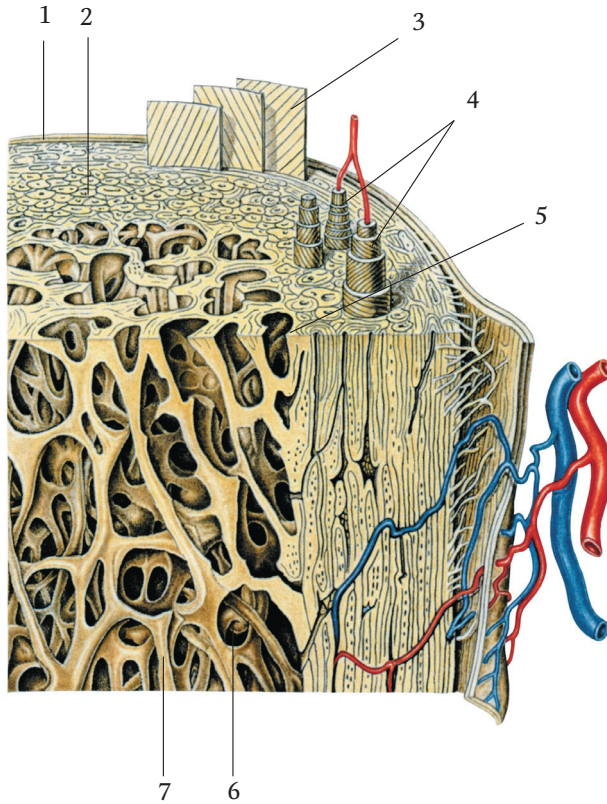


Рис. 12. Строение трубчатой кости: 1 — надкостница; 2 — компактное вещество кости; 3 — слой наружных окружающих пластинок; 4 — остеон; 5 — слой внутренних окружающих пластинок; 6 — костно-мозговая полость; 7 — костные перекладины губчатой кости (по В. Баргману)

остеонов. Костные пластинки располагаются вокруг канала в несколько рядов (от 4 до 20), образуя как бы цилиндры, вставленные один в другой. Вся система концентрических пластинок с каналом в середине называется *остеоном*, или *гаверсовой системой* (рис. 13). Остеоны являются структурной единицей компактного костного вещества. В центральном канале остеона проходят кровеносные сосуды и нервные волокна.

Кровь является особой разновидностью соединительной ткани. Она выполняет транспортную (перенос питательных и других веществ), дыхательную (перенос кислорода и углекислоты) и защитную (наличие иммуноглобулинов, лейкоцитов, лимфоцитов) функции.

Кровь, объем которой у взрослого человека составляет 4–6 л, состоит из жидкого межклеточного вещества, плазмы крови и взвешенных в ней форменных элементов (клеток крови).

Плазма крови представляет собой жидкость, содержащую 90–93% воды и 7–10% сухого вещества: белков и других органических и минеральных соединений. Наличие белков в плазме крови обеспечивает ее вязкость, онкотическое

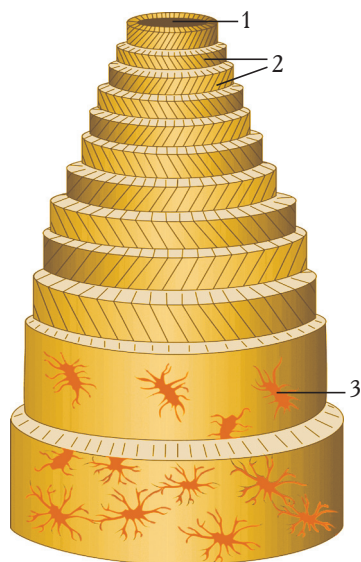


Рис. 13. Схема строения остеона: 1 — центральный канал (канал остеона); 2 — пластинки остеона; 3 — костная клетка (остеоцит)

давление, свертываемость, способность переносить различные вещества, включая кислород и иммуноглобулины.

К *клеткам крови* относят эритроциты, лейкоциты, кровяные пластинки (тромбоциты) (рис. 14).

Эритроциты (красные кровяные тельца) — безъядерные клетки, не способные к делению. Количество эритроцитов в 1 мкл крови у взрослого человека составляет примерно 4–5 млн. Основная функция эритроцитов — транспорт кислорода и углекислоты, обеспечивается специальным веществом, гемоглобином, сложным белком, имеющим в своем составе железо. Эритроциты имеют форму двояковогнутого диска диаметром 7–8 мкм.

Лейкоциты (белые клетки крови) имеют ядро, обладают подвижностью. Диаметр лейкоцитов варьирует от 6 до 25 мкм. Лейкоциты способны выходить из крови в ткани и возвращаться обратно. Участвуя в защитных реакциях, они могут захватывать, поглощать и переваривать чужеродные частицы и микроорганизмы. У взрослого человека в 1 мкл крови насчитывается 3800–9000 лейкоцитов. Все лейкоциты по форме ядра и составу цитоплазмы подразделяют на две группы: зернистые лейкоциты, или *гранулоциты*, и незернистые лейкоциты, или *агранулоциты*.

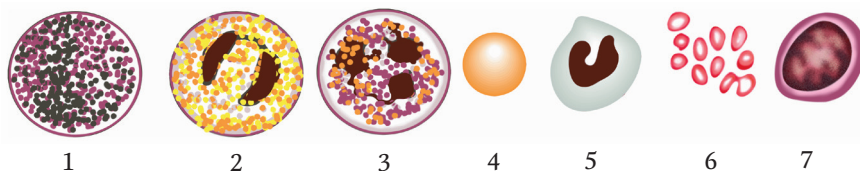


Рис. 14. Клетки крови: 1 — базофильный гранулоцит; 2 — эозинофильный гранулоцит; 3 — сегментоядерный нейтрофильный гранулоцит; 4 — эритроцит; 5 — моноцит; 6 — тромбоциты; 7 — лимфоцит (клетка иммунной системы)

Зернистые лейкоциты характеризуются наличием в цитоплазме специфической зернистости и сегментированного ядра.

Различают эозинофильные гранулоциты, эозинофилы (гранулы окрашиваются эозином в ярко-розовый цвет), базофильные гранулоциты, базофилы (гранулы окрашиваются основными красителями в темно-синий или фиолетовый цвет), и нейтрофильные гранулоциты, нейтрофилы (содержат очень мелкую зернистость, гранулы окрашиваются в розовато-фиолетовый цвет).

В крови здорового человека содержится 60–70% нейтрофилов, 1–4% эозинофилов, 0–0,55% базофилов. К незернистым лейкоцитам относятся *моноциты*, количество которых в крови составляет 6–8%. Моноциты — крупные клетки диаметром 18–20 мкм. Цитоплазма занимает большую часть клетки и окрашивается в голубовато-серый цвет. Моноциты относятся к макрофагальной системе, являясь предшественниками макрофагов соединительной ткани.

В крови присутствуют также лимфоциты, являющиеся рабочими клетками иммунной системы. Количество лимфоцитов в крови составляет 25–30% всех клеток белой крови.

Тромбоциты — кровяные пластинки размером 2–3 мкм, их количество в 1 мкл крови колеблется от 200 тыс. до 300 тыс. Это безъядерные структуры, которые принимают участие в процессах свертывания крови.

Защитные функции крови заслуживают особого внимания, и в первую очередь свертываемость крови. Кровь, текущая по неповрежденным кровеносным сосудам, остается жидкой. При повреждении кровеносного сосуда вытекающая из него кровь быстро свертывается (через 3–4 мин), а через 5–6 мин превращается в плотный сгусток. Свертываемость крови предохраняет организм от кровопотери. Свертывание связано с превращением находящегося в плазме крови растворимого белка фибриногена в нерастворимый фибрин. Белок фибрин образует сеть в виде тонких нитей, в петлях которой задерживаются клетки крови, — так образуется тромб.

Группы крови. При кровопотерях и некоторых операциях практикуется переливание человеку (реципиенту) крови другого человека (донора). При этом важно, чтобы донорская кровь была совместима с кровью реципиента. При смешивании крови от разных лиц эритроциты могут склеиваться (агглютинироваться), а затем разрушаться (гемолизироваться). *Гемолизом* называют процесс разрушения цитолеммы эритроцитов и выход из них гемоглобина в окружающую их плазму крови. В крови каждого человека имеются особые белки, которые способны взаимодействовать с такими же белками крови другого человека. У эритроцитов такие белки получили название агглютиногенов, обозначаемых буквами А и В. В плазме крови также имеются белки, получившие название *агглютининов*, α и β . Свертывание крови (агглютинация и гемолиз эритроцитов) происходит в том случае, если встречаются одноименные агглютиноген и агглютинин (А и α , В и β). С учетом наличия агглютиногенов и агглютининов кровь людей подразделяют на 4 группы.

Плазма первой (I) группы крови содержит оба агглютинина (α и β), а у эритроцитов этой группы агглютиногенов нет вообще. Плазма второй (II) группы крови содержит агглютинин β , а у эритроцитов присутствует агглютиноген А. В плазме третьей (III) группы крови присутствует агглютинин α , а эритроциты

содержат агглютиноген В. У четвертой (IV) группы крови агглютининов в плазме крови вообще нет, а эритроциты содержат оба агглютиногена А и В.

Кроме агглютиногенов А и В, эритроциты крови некоторых людей содержат агглютиноген, получивший название резус-фактора, который впервые был обнаружен в крови обезьян макак-резусов. Резус-фактор встречается в крови примерно 85% людей. Кровь таких людей называют резус-положительной (Rh+). Кровь, в которой резус-фактора нет, называют резус-отрицательной (Rh-). Если человеку с резус-отрицательной кровью повторно перелить резус-положительную кровь, то в крови реципиента образуются гемолизирующие вещества. Это может вызвать агглютинацию и гемолиз эритроцитов.

Мышечные ткани

Мышечные ткани — это группа тканей, имеющих различное происхождение и строение, но объединенных по функциональному признаку — сократимости.

У человека (млекопитающих животных) различают гладкую и поперечно-полосатую мышечные ткани. Учитывая особенности строения сердечной мышцы, выделяют также сердечную мышечную ткань.

Гладкая (неисчерченная) мышечная ткань образована клетками веретенообразной формы, *миоцитами*, длиной 15–500 мкм, толщиной 5–8 мкм. В этих клетках отсутствует поперечная исчерченность (рис. 15).

Ядро палочковидной формы находится в центральной части клеток. Органеллы общего значения, среди которых много митохондрий. Основная масса цитоплазмы занята тонкими (диаметром 7 нм) актиновыми и толстыми (диаметром 17 нм) миозиновыми миофиламентами. Миозиновые филаменты в миоците ориентированы в основном продольно, актиновые — продольно и под углом к продольной оси клетки.

Гладкая мышечная ткань образует сократимый аппарат всех внутренних органов, сосудов. Миоциты объединяются в пучки гладких мышечных клеток. Боковые поверхности клеток соединяются с помощью своеобразных контактов, получивших название десмосом и нексусов.

Поперечнополосатая (скелетная) мышечная ткань (исчерченная) образована *мышечными волокнами*, содержащими актиновые и миозиновые миофибриллы. Взаимное расположение миофибрилл создает поперечную исчерченность. Основным тканевым элементом является поперечнополосатое мышечное волокно с большим количеством ядер (до 100 и более) (рис. 16). Волокно может достигать 12 см в длину и около 100 мкм в толщину. Снаружи каждое мышечное волокно покрыто оболочкой, *сарколеммой*, состоящей из базальной мембраны с вплетенными в нее ретикулярными и тонкими коллагеновыми волокнами. Под сарколеммой располагаются отдельные недифференцированные камбиальные клетки-сателлиты (миосателлитоциты).

Цитоплазма и ядра мышечного волокна обычно располагаются по периферии, непосредственно под сарколеммой. В цитоплазме мышечного волокна (называемой *саркоплазмой*) расположены органеллы общего назначения, специальные органеллы и включения (миоглобин, пигментный белок, близкий по своим свойствам гемоглобину эритроцитов).

Основную часть мышечного волокна составляют специальные органеллы, *миофибриллы*, ориентированные вдоль волокна (рис. 17).

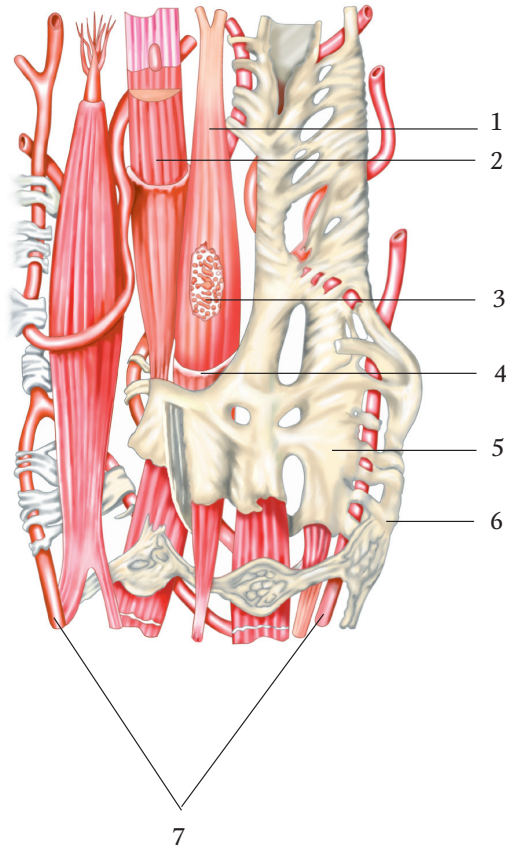


Рис. 15. Строение неисчерченной (гладкой) мышечной ткани: 1 — миоциты; 2 — миофибриллы в саркоплазме; 3 — ядро миоцита; 4 — сарколемма; 5 — эндомизий; 6 — нерв; 7 — кровеносный капилляр (по И.В. Алмазову и Л.С. Сутолову)

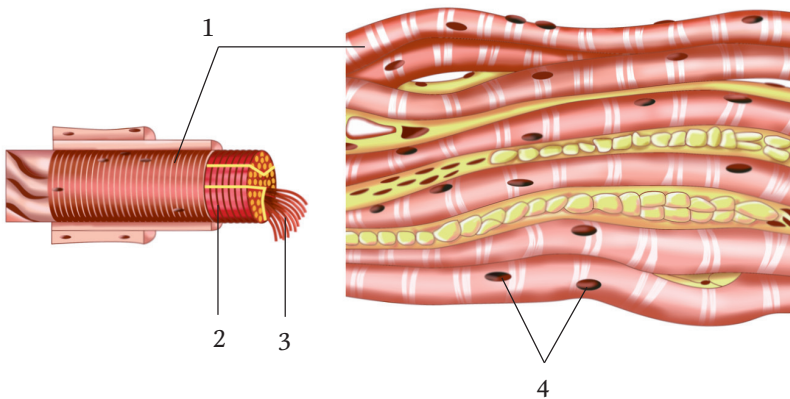


Рис. 16. Схема строения мышечного волокна исчерченной (поперечно-полосатой, скелетной) мышечной ткани: 1 — мышечное волокно; 2 — сарколемма; 3 — миофибриллы; 4 — ядра

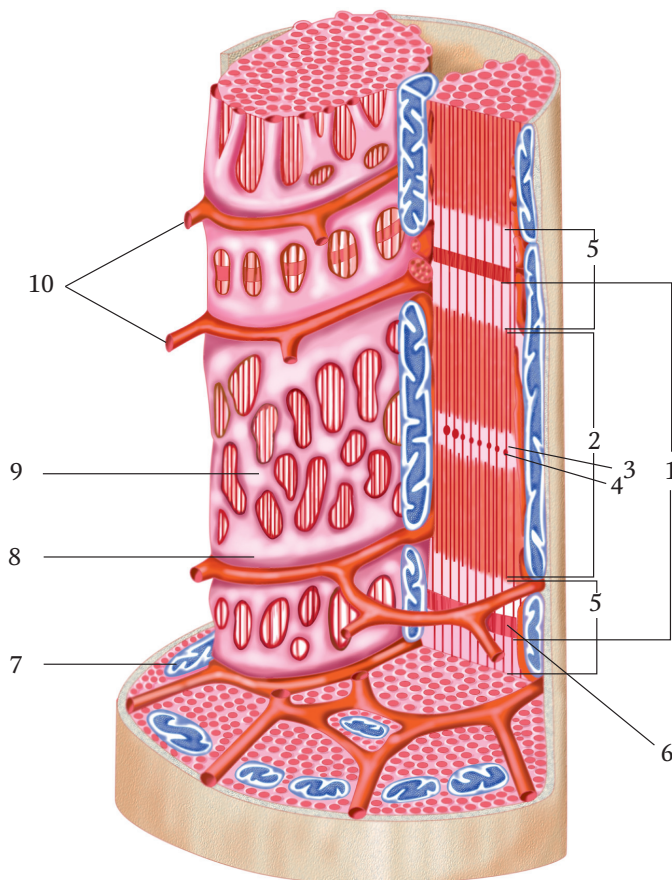


Рис. 17. Строение миофибрилл мышечного волокна: 1 – саркомер; 2 – полоска А (диск А); 3 – полоска Н; 4 – линия М (мезофрагма) в середине диска А; 5 – полоска I (диск I); 6 – линия (телофрагма) в середине диска I; 7 – митохондрия; 8 – конечная цистерна; 9 – саркоплазматический ретикулум; 10 – поперечные трубочки (по В.Г. Елисееву и др.)

Каждая миофибрилла состоит из чередующихся участков: темных анизотропных (А) и светлых изотропных (I) дисков. В середине каждого диска А проходит срединная полоска М, или мезофрагма; через середину диска I проходит линия *Z-телофрагма*. Темные и светлые диски в соседних миофибриллах располагаются на одном уровне, что при большом количестве миофибрилл создает впечатление поперечной исчерченности. Это и послужило основанием для названия поперечнополосатых мышечных волокон.

Участок миофибриллы между двумя Z-линиями называют *саркомером*. Он является основной функциональной единицей миофибриллы. Саркомер включает темный диск (А) и ограничивающие его с двух сторон половины светлых дисков. Оба конца толстых миофиламентов свободны, а у тонких свободен только один конец.

По количеству миофибрилл мышечные волокна подразделяются на «темные» (медленные) и «светлые» (быстрые). «Темные» волокна содержат мало миофибрилл и много саркоплазмы. Эти волокна медленно сокращаются, но могут долго находиться в рабочем состоянии. «Светлые» волокна имеют много миофибрилл и мало саркоплазмы, они быстро сокращаются и быстро устают. Присутствие в мышцах «темных» и «светлых» мышечных волокон обеспечивает быстроту сокращения и длительную работоспособность поперечно-полосатых (скелетных) мышц.

Сердечная поперечнополосатая мышечная ткань формирует сократительный аппарат стенок сердца. Ткань сформирована анастомозирующими сердечными мышечными клетками, кардиомиоцитами, создающими целостную сократимую систему. На границе прилегающих друг к другу кардиомиоцитов имеются вставочные диски. Они состоят из цитолеммы двух контактирующих между собой клеток. Вставочные диски выполняют механическую функцию, прочно соединяя клетки сердечной мышцы и в то же время обеспечивая функциональную связь между кардиомиоцитами. С помощью вставочных дисков обеспечивается структурное и функциональное объединение кардиомиоцитов в целостную сердечную мышцу. Строение кардиомиоцитов сходно со строением поперечнополосатой скелетной мышечной ткани.

Нервная ткань

Нервная ткань является структурным элементом органов нервной системы. Она состоит из нервных клеток (нейроцитов, или нейронов) и связанных с ними клеток нейроглии.

Нейроны воспринимают раздражение, приходят в состояние возбуждения, вырабатывают и передают нервный импульс, участвуют также в переработке, хранении памяти. У нейроцитов различают тело, отростки и нервные окончания. Нервная клетка имеет цитоплазматическую мембрану, которая регулирует транспорт веществ, непосредственно связанных с функциями нервной системы.

В теле нервной клетки находится ядро, а вокруг него в цитоплазме расположены мембранные органеллы: цитоплазматическая сеть, рибосомы, митохондрии, комплекс Гольджи, лизосомы, а также немембранные органеллы, микротрубочки, нейрофиламенты и микрофиламенты.

Для нейронов характерно наличие специальных структур: хроматофильного вещества (субстанции Ниссля) в виде базофильных глыбок и нейрофибрилл.

Нейрофибриллы образуют плотную сеть вокруг ядра (в перикарионе) и параллельно ориентированны в отростках. Нейрофибриллам соответствуют пучки микротрубочек и нейрофиламентов, которые участвуют в транспорте различных веществ.

Характерной чертой всех зрелых нейронов является наличие у них отростков. Существуют два типа отростков: *аксон* и *дендриты*. Один отросток длинный (*аксон*, или *нейрит*), он проводит нервные импульсы от тела нервной клетки к рабочим органам или другим нервным клеткам. Нейрофиламенты и микротрубочки располагаются вдоль аксона, обеспечивают транспорт белков и других макромолекул, синтезированных в теле клетки, к окончаниям аксона. Процесс движения цитоплазматических белков и органелл вдоль аксона называют аксонным транспортом.

Второй тип отростков у нервных клеток — *дендриты*. Они сильно ветвятся, чем и определяется их название. Дендриты, как правило, короче нейрита, они воспринимают нервный импульс и проводят его к телу нервной клетки.

Классификация нейронов осуществляется по морфологическим и функциональным признакам. Морфологическая классификация учитывает количество отростков. По количеству отростков нейроны делятся на три группы: *униполярные* — клетки с одним отростком, *биполярные* — клетки с двумя отростками и *мультиполярные* — клетки, имеющие три отростка и более (рис. 18).

Из многих отростков такого нейрона один представлен аксоном, а все остальные являются дендритами. Разновидностью биполярных клеток являются псевдоуниполярные нейроны. От их тела отходит один общий отросток, который затем Т-образно делится на аксон и дендрит. Форма мультиполярных нейронов может быть пирамидной, звездчатой, грушевидной и др.

По функциональному назначению нервные клетки разделяют на *рецепторные* нейроны, или *афферентные*, чувствительные, и *эфферентные*, или *эфферентные*, передающие импульс на рабочие органы или соседние клетки, и *ассоциативные*, или *вставочные*, осуществляющие связь между приносящим и выносящим нейронами.

Помимо нейронов, нервная ткань содержит клетки нейроглии. **Нейроглиальные** клетки выполняют опорную, защитную и трофическую функции.

Отростки нервных клеток, покрытые оболочками, называются *нервными волокнами*. По своему строению нервные волокна разделяют на безмякотные (безмиелиновые, амиелиновые) и мякотные, или миелиновые. Каждое нервное волокно состоит из отростка нервной клетки, который лежит в центре волокон и называется осевым цилиндром, и оболочки. Оболочка различная у миелинового и амиелинового волокна. Она образована клетками олигодендроглии, которые называют леммоцитами, или шванновскими клетками.

Безмиелиновое нервное волокно состоит из осевого цилиндра и оболочки (невролеммы), образованной одним слоем клеток олигодендроцитов.

Миелиновое нервное волокно состоит из осевого цилиндра, миелинового слоя и невролеммы.

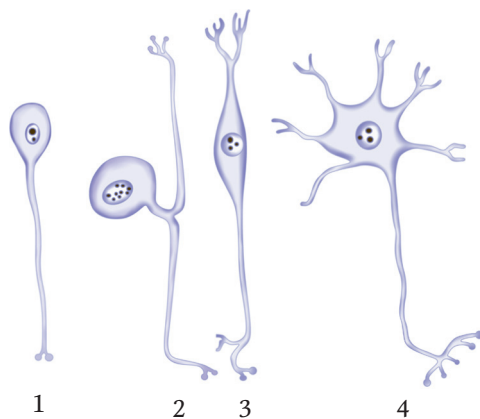


Рис. 18. Типы нейронов (схема): 1 — униполярный; 2 — ложноуниполярный; 3 — биполярный; 4 — мультиполярный

Нервные окончания в виде концевых аппаратов подразделяют на три группы: рецепторные (чувствительные), эффекторные (эффекторы, моторные, двигательные, секреторные) и межнейронные, осуществляющие связь нейронов между собой.

Рецепторные (чувствительные) нервные окончания, рецепторы, — это концевые аппараты дендритов чувствительных нейронов. Рецепторы воспринимают действие различных раздражителей и преобразуют их энергию в нервные импульсы. Различают свободные нервные окончания, которые состоят из ветвлений дендритов, и несвободные окончания (инкапсулированные и неинкапсулированные). Инкапсулированные нервные окончания образованы разветвлениями дендритов, окруженных капсулой из соединительнотканых волокон. Свободные (неинкапсулированные) нервные окончания соединительнотканной капсулы не имеют.

Эффекторные нервные окончания — это концевые аппараты нервных клеток в органах и тканях, при участии которых нервный импульс передается тканям рабочих органов. Эффекторные нервные окончания бывают двух типов: двигательные и секреторные. Примером двигательного окончания является нервомышечное окончание на поперечнополосатом мышечном волокне (рис. 19). Межнейронные нервные окончания образуют контакты между нервными клетками, в результате чего формируются цепочки нейронов. Аксон одной нервной клетки вступает в контакт с дендритами или телами других нервных, клеток, а эти, в свою очередь, образуют соединения со следующими нервными клетками. В местах контактов соседних нервных клеток их мембраны находятся в непосредственной близости друг к другу и разделены щелью шириной до 50 нм. Участки, через которые осуществляется такое взаимодействие, называют синапсами.

В зависимости от того, какие части нервных клеток вступают в контакт друг с другом, различают *аксосоматические синапсы* (окончания аксона располагаются на теле другого нейрона) и *аксодендритические синапсы* (аксон контактирует с дендритами другой клетки).

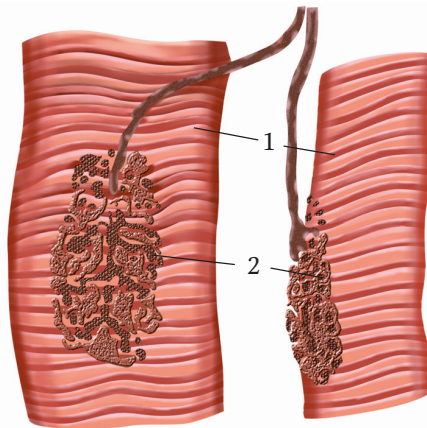


Рис. 19. Двигательные нервные окончания на мышечных волокнах: 1 — мышечное волокно; 2 — моторная бляшка

Выделяют синапсы с химической передачей импульса — *химические синапсы*, и электрической — *электрические синапсы*. Электрические синапсы проводят нервные импульсы в любом направлении, а химические только в одном — от пресинаптической части через синаптическую щель к постсинаптической части (телу или отростку другого нейрона).

Химический синапс морфологически отличается от других форм контактов. Пресинаптическая часть химического синапса образована конечной частью аксона, имеющей синаптические пузырьки с нейромедиатором, который синтезируется в теле нейрона и переносится в окончание аксона. Постсинаптическая часть синапса образована постсинаптической мембраной, воспринимающей действия нейромедиатора. Содержимое синаптической щели, отделяющей нейроны друг от друга, обеспечивает направленную диффузию медиатора и его взаимодействие с рецепторами постсинаптической мембраны.

Медиатор вызывает изменения ее ионной проницаемости, образуется нервный импульс.

Электрические синапсы имеют узкую синаптическую щель (около 2 нм), которая может даже отсутствовать. Поверхности контактирующих нейронов даже соприкасаются друг с другом. Щель нейронов, по которым осуществляется передача нервных импульсов, формирует рефлекторную дугу.

Рефлекторная дуга представляет собой нейроны, соединенные друг с другом синапсами и обеспечивающие проведение нервного импульса от рецептора чувствительного нейрона до эффекторного окончания в рабочем органе (рис. 20). Самая простая рефлекторная дуга состоит из двух нейронов — чувствительного и двигательного. В подавляющем большинстве случаев между чувствительными и двигательными нейронами имеются вставочные, или ассоциативные, нейроны.

Органы. Системы и аппараты органов

Из тканей построены органы. Орган — это часть тела, которая имеет свою форму, отличается особой конструкцией, занимает определенное место в организме и выполняет характерную для него функцию.

В образовании каждого органа участвуют все виды тканей, но одна ткань является главной, ведущей, рабочей. Для мозга это нервная ткань, для мышц — мышечная, для желез — эпителиальная. Другие ткани, присутствующие в органе, выполняют вспомогательную функцию. Так, эпителиальная ткань выстилает слизистые оболочки органов пищеварения, дыхательной системы и мочеполового аппарата. Соединительная ткань осуществляет опорную, трофическую функции, образует соединительнотканый остов органов, их строю. Мышечная ткань участвует в образовании стенок полых внутренних органов, кровеносных и лимфатических сосудов.

Органы, объединенные анатомически, имеющие общий план строения, общее происхождение и выполняющие единую функцию, образуют систему органов.

Выделяют системы органов пищеварения (пищеварительная система), дыхания (дыхательная система), мочевую систему, систему органов размножения (половую систему), сердечно-сосудистую систему, кровеносную систему и др.

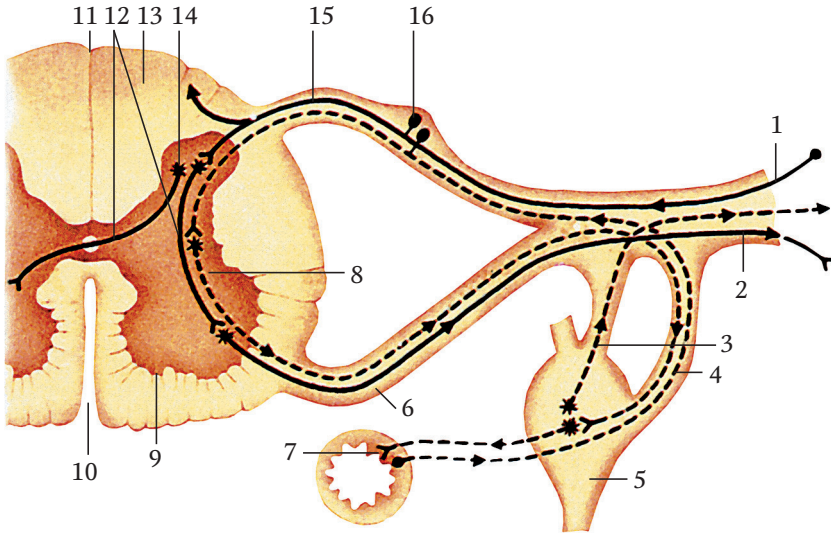


Рис. 20. Строение рефлекторной дуги (схема): 1 — афферентное нервное волокно; 2 — эфферентное нервное волокно; 3 — серая (соединительная) ветвь; 4 — белая (соединительная) ветвь; 5 — узел симпатического ствола; 6 — передний корешок спинномозгового нерва; 7 — нервные окончания; 8 — латеральный (боковой) рог; 9 — передний рог спинного мозга; 10 — передняя срединная щель; 11 — задняя срединная борозда; 12 — вставочный нейрон; 13 — белое вещество; 14 — задний рог; 15 — задний корешок спинномозгового нерва; 16 — спинномозговой узел. Сплошной линией показана рефлекторная дуга соматической нервной системы, пунктирной — вегетативной нервной системы

Так, пищеварительная система имеет вид трубки с расширениями или сужениями в определенных местах. Развивается эта система из первичной кишки и выполняет функцию пищеварения. Печень, поджелудочная железа, большие слюнные железы являются выростами эпителия пищеварительной трубки.

Дыхательная система выполняет функцию газообмена, доставки в организм кислорода и выведения из него углекислого газа.

Сердце и кровеносные сосуды образуют замкнутую систему, по которой кровь движется благодаря сокращениям сердечной мышцы и миоцитов в стенках сосудов.

Выделяют также аппараты органов: опорно-двигательный, мочеполовой, эндокринный. У аппарата органы связаны единой функцией, но имеют разное строение и происхождение.

Системы и аппараты органов образуют целостный человеческий организм.