ПРЕДИСЛОВИЕ

Авторы пособия в максимально компактной и доступной форме постарались изложить ключевые аспекты строения и функционирования человеческого организма. Особое внимание уделено наиболее сложным темам, которые традиционно вызывают затруднения при сдаче ЕГЭ и на олимпиадах: нервной и эндокринной регуляции, их взаимодействию, а также работе основных систем органов.

Все авторы пособия имеют многолетний опыт преподавания физиологических дисциплин на различных факультетах МГУ имени М.В. Ломоносова (биологическом, психологии, фундаментальной медицины и др.). Это позволило создать материал, который сочетает в себе глубину научного содержания и доступность изложения. Для лучшего усвоения информации в книге представлено около 100 авторских иллюстраций и схем, наглядно демонстрирующих ключевые концепции анатомии и физиологии.

Это пособие прежде всего адресовано старшеклассникам, которые готовятся к сдаче ЕГЭ по биологии и планируют участвовать в олимпиадах различного уровня, включая муниципальный и региональный. Оно также будет полезно абитуриентам, поступающим в вузы на биологические, медицинские и психологические специальности, где требуется углубленное знание анатомии и физиологии человека.

Книга поможет не только успешно подготовиться к экзаменам и олимпиадам, но и сформировать прочный фундамент знаний для дальнейшего изучения биологии, медицины и психологии. Она будет полезна как школьникам, так и студентам первых курсов различных вузов, где изучаются дисциплины, связанные с анатомией и физиологией человека, в том числе учащимся биологических, медицинских и биотехнологических факультетов, а также факультетов психологии.

Глава 1

ОБЩИЕ СВОЙСТВА ЖИВОЙ МАТЕРИИ И ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА КАК БИОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

1.1. Определение жизни. Свойства живой материи

Человек — живое существо, так же как и еще 1,5—2 миллиона других видов организмов, населяющих нашу планету. Все, что связано с живыми организмами, изучает биология. Биология — древняя наука, появившаяся на заре человечества, когда наш предок стал различать съедобные и ядовитые растения, приручил собак, научился останавливать кровотечение из ран. Но о том, что же такое Жизнь, споры идут и по сей день. С точки зрения современных естественных наук жизнь — это качественно особая форма существования материи, высшая по сравнению с химической и физической формами ее существования. Имеется множество определений жизни, в каждом из которых выделены те или иные ее свойства, но в самом общем смысле жизнь можно определить как активное, идущее с затратой энергии, полученной извне, поддержание и самовоспроизведение специфических структур, в основе которых лежат биополимеры — белки и нуклеиновые кислоты. По другому определению, предложенному отечественным биофизиком Михаилом Владимировичем Волькенштейном в книге «Молекулы и жизнь: Введение в молекулярную биофизику» (М., 1965), «живые тела, существующие на Земле, представляют собой открытые саморегулирующиеся и самовоспроизводящиеся системы, построенные из биополимеров — белков и нуклеиновых кислот».

Жизнь, по-видимому, не может существовать сама по себе, витая в пространстве и времени; она обязательно должна обладать материальным телом (во всяком случае, противоположное не доказано). Такое тело называют живым организмом, или особью. Организмы, обитающие на Земле, обладают удивительным разнообразием, различаясь по размерам, среде обитания, способам

питания и т. д. Поэтому все земные живые существа подразделяют на несколько очень крупных групп, называемых царствами. Чаще всего выделяют пять царств: прокариоты (бактерии), простейшие (одноклеточные животные), грибы, растения и животные. Казалось бы, между возбудителем сифилиса (бактерии), мухомором (грибы), тюльпаном (растения) и человеком (животные) трудно найти что-то общее, однако все без исключения живые существа обладают целым рядом роднящих их свойств. К ним относятся:

1) *единство химического состава*. Живые существа образованы теми же химическими элементами, что и неживые объекты, но в живых существах 98% массы приходится на четыре элемента: C, O, N, H, — которые участвуют в образовании сложных органических молекул, таких как белки, нуклеиновые кислоты, углеводы, липиды, а кислород и водород, кроме того, входят в состав самого распространенного соединения в живой природе — воды. Эти четыре химических элемента называют органогенными. Однако 1,8% массы живых существ приходится на долю кальция, фосфора, калия, натрия, магния, серы, хлора, железа. Перечисленные элементы вместе с органогенными называют макроэлементами. К микроэлементам относят цинк, марганец, кобальт, медь, молибден и некоторые другие. Наконец, ультрамикроэлементы (золото, ртуть, радий и др.) находят в живых системах в следовых количествах. К настоящему времени в живых организмах обнаружено не менее 85% элементов, числящихся в периодической системе химических элементов (таблице Менделеева). Несмотря на низкое содержание большинства элементов, живые системы не могут существовать при их отсутствии и быстро погибают. Макро- и микроэлементы входят в состав живого вещества в виде различных химических соединений — как неорганических, так и органических. К неорганическим веществам организмов относятся H_2O (около 80%) и соли (около 1,5%). К органическим веществам живых организмов относятся: белки, занимающие среди органических веществ первое место по массе (в среднем 10—20%), жиры — 1—5%, углеводы — 0,2—2%, нуклеиновые кислоты — 1—2%, АТФ (аденозинтрифосфат) и другие низкомолекулярные органические вещества — 0,1—0,5%;

2) *единство структурной организации*. Клетка — структурно-функциональная единица, а также единица развития всех живых

организмов на Земле. Исключением являются вирусы, но и у них свойства живого проявляются, лишь когда они находятся в клетке. Вне клетки жизни нет;

3) *открытость.* Все живые организмы представляют собой открытые системы, существующие лишь при условии непрерывного поступления в них веществ и энергии из окружающей среды и, напротив, удаления из них во внешнюю среду продуктов обмена;

4) *обмен веществ и энергии.* Все живые организмы способны к обмену веществ с окружающей средой. Обмен веществ осуществляется в результате двух взаимосвязанных процессов: синтеза органических веществ в организме (за счет внешних источников энергии — света и пищи) и распада сложных органических веществ с выделением и запасанием энергии, которая затем расходуется организмом на его нужды;

5) *саморегуляция.* Любой живой организм подвергается воздействию непрерывно меняющихся условий окружающей среды. В то же время для протекания процессов жизнедеятельности в различных системах любого организма требуются строго определенные условия. Благодаря механизмам саморегуляции сохраняется относительное постоянство внутренней среды организма, т. е. поддерживается постоянство химического состава и интенсивность течения физиологических процессов (иными словами, поддерживается гомеостаз: от греч. *homoios* — одинаковый и *stasis* — неподвижный);

6) *самовоспроизведение (репродукция, размножение).* Способность к самовоспроизведению является важнейшим свойством всех живых организмов. В его основе лежит информация о строении и функциях любого живого организма, заложенная в нуклеиновых кислотах;

7) *наследственность и изменчивость.* Преемственность поколений обеспечивается наследственностью — всеобщей способностью организмов передавать свои признаки, особенности развития последующим поколениям. Однако потомки не являются копиями своих родителей из-за способности наследственной информации к изменениям — изменчивости;

8) *рост и развитие* — свойства, характерные для всех живых существ. Рост — это увеличение живого объекта в размерах и массе при сохранении всех присущих ему признаков. Однако обычно рост

сопровождается развитием, в результате чего возникает качественно новое состояние организма. Так, в процессе индивидуального развития — онтогенеза — происходит постепенное поэтапное формирование взрослого организма, проявляются его индивидуальные свойства;

9) *раздражимость* — свойство живых систем реагировать на внешние и внутренние воздействия, которые называют раздражителями. Благодаря раздражимости организм постоянно меняет свою деятельность и поддерживает постоянные условия внутренней среды — гомеостаз. Раздражимость лежит в основе процессов возбуждения и торможения в нервной системе, обеспечивая быструю и надежную регуляцию в многоклеточных организмах.

Несмотря на разнообразие живых существ на Земле, их химический состав очень близок: одни и те же вещества обеспечивают возбудимость, наследственность, энергетический обмен и т. п. Это свидетельствует о том, что Жизнь зародилась однажды на нашей планете и все мы — инфузория, фиалка, подберезовик, кит и человек — имеем общих предков. Однако загадки возникновения Жизни на Земле еще очень далеки от решения.

1.2. Клетка как элементарная единица живого. Ткани и их происхождение

В настоящее время очевидно, что все живые существа на Земле построены из клеток. Таким образом, клетка является элементарной единицей живого, лежащей в основе строения, развития и размножения всех организмов. Так как многоклеточные организмы, в том числе и человек, являются сложными клеточными структурами, образующими целостные системы, состоящие иногда из миллиардов клеток, то без понимания основ строения и деятельности отдельной клетки невозможно представить себе принципы жизнедеятельности организма.

До середины семнадцатого столетия в распоряжении биологов не было приборов, которые позволили бы им понять микроскопическую структуру внутреннего строения организмов. Поэтому было непонятно, в каком виде расположены в организме те или иные вещества, как они связаны между собой. Но к середине XVII века были созданы первые микроскопы. Английский естествоиспытатель Роберт Гук, рассматривая срез коры пробкового дерева, увидел, что

растительная ткань состоит из мелких ячеек. Он назвал их клетками. Немного позднее нидерландец Антони ван Левенгук привел изображения увиденных им под микроскопом бактерий, эритроцитов и других клеток в своей книге «Тайны природы». В 1781 году итальянский химик и натуралист Фонтана Феличе зарисовал клетки животных и их ядра, затем чешский физиолог Ян Пуркинье описал клеточное ядро и ввел термин «протоплазма» (от греч. *protos* — первый и *plasma* — оформленное), обозначив этим термином внутреннее содержимое клетки.

В 1838 году вышла книга немецкого ботаника Маттиаса Шлейдена «Материалы к филогенезу», в которой он высказал идею о том, что клетка является основной структурной единицей растений, и ставил вопрос о возникновении новых клеток в организме. Основываясь на работах Шлейдена, немецкий физиолог Теодор Шванн всего через год опубликовал книгу «Микроскопические исследования о соответствии в структуре и росте животных и растений». В ней и была изложена первая версия клеточной теории, первоначально включающая в себя всего два положения:

1) все клетки имеют сходное строение, химический состав и общие принципы жизнедеятельности;

2) каждая клетка самостоятельна; деятельность организма является суммой процессов жизнедеятельности составляющих его клеток.

Однако Шлейден и Шванн ошибочно полагали, что клетки в организме возникают из неклеточного вещества. Поэтому очень важным дополнением к клеточной теории стал принцип Рудольфа Вирхова: «Каждая клетка — из клетки» (1859). Позднее Вальтер Флемминг описал способ деления клетки надвое, названный митозом. В 1892 году Илья Ильич Мечников открыл явление фагоцитоза. Таким образом, положения клеточной теории Шлейдена и Шванна были дополнены трудами многих исследователей. Вкратце современную клеточную теорию можно изложить следующим образом:

- клетка является универсальной структурой и функциональной единицей живого;
- все клетки имеют сходное строение, химический состав и общие принципы жизнедеятельности;
- клетки образуются только при делении предшествующих им клеток;

- клетки способны к самостоятельной жизнедеятельности, но в многоклеточных организмах их работа скоординированна, и организм представляет собой целостную систему.

Таким образом, *клетка — элементарная единица живого, лежащая в основе строения, развития и размножения всех живых организмов*. В организме человека подавляющее большинство клеток входят в состав особых структурных образований, которые называются тканями.

Когда на ранних этапах эволюции живых организмов появились многоклеточные существа, по-видимому, клетки, из которых они состояли, были похожими друг на друга. Однако очень быстро (по меркам эволюции) возникли организмы, состоящие из слоев клеток. Сначала таких слоев было всего два (в качестве примера можно привести современных нам кишечнополостных животных: гидру, медузу). Эти слои клеток формируются и у современных животных, в том числе у человека, в процессе их индивидуального развития (онтогенеза), и называют их зародышевыми листками. Наружный зародышевый листок называется эктодермой, а внутренний — энтодермой. Однако на стадии двух зародышевых листков останавливаются только наиболее древние группы животных. У подавляющего числа живых организмов, начиная с червей, между экто- и энтодермой формируется третий зародышевый листок — слой клеток, называемый мезодермой. Еще в XIX веке немецкий естествоиспытатель Эрнст Геккель создал теорию зародышевых листков, согласно которой все органы и ткани формируются из этих зародышевых листков.

Ткань — это система клеток и неклеточных образований, имеющих единое происхождение, выполняющих в организме общие функции и обладающие сходной структурной организацией.

В настоящее время выделяют четыре основные группы тканей — эпителиальные, соединительные, мышечные и нервную, — причем в каждой группе — несколько их разновидностей (см. главу 2 «Ткани организма человека»).

1.3. Организм человека как единое целое

Организм человека состоит из разнообразных и многочисленных органов. Каждый орган работает совместно с другими, и вместе

они образуют целостные системы органов. Дадим определение этим понятиям.

Орган — часть организма, имеющая специфическую форму, строение, расположение и выполняющая определенную функцию. Орган, как правило, образован многими тканями, среди которых одна преобладает.

Система органов — это группа органов, связанных друг с другом анатомически, имеющих единое происхождение, выполняющих общую функцию и зачастую имеющих сходное строение. У человека выделяют следующие системы органов:

- опорно-двигательную систему, включающую скелет и связанную с ним мускулатуру;
- систему крови, осуществляющую функции транспорта веществ, свертывания и защиты (иммунная система);
- систему кровообращения (сердце и различные типы сосудов);
- дыхательную систему (легкие и воздухоносные пути);
- пищеварительную систему, включающую собственно желудочно-кишечный тракт (ЖКТ) и большое количество связанных с ним желез;
- выделительную систему (прежде всего почки, мочеточники, мочевой пузырь, а также потовые железы);
- систему размножения и развития (половые железы и другие органы половой системы);
- нервную систему вместе с разнообразными органами чувств;
- эндокринную систему (железы внутренней секреции).

Иногда в качестве особых систем рассматриваются лимфатическая система организма и его покровы (кожа).

Необходимыми условиями нашей нормальной жизнедеятельности являются, во-первых, поддержание постоянства внутренней среды организма, во-вторых, непрерывное взаимодействие организма с внешней средой.

Постоянство внутренней среды организма (гомеостаз) подразумевает стабильность химического состава крови, ее температуры, растяжения стенок множества внутренних органов, т. е. более или менее фиксированные значения целого ряда параметров, важных для успешной работы органов и систем органов. Особую роль играют такие показатели, как концентрация в крови кислорода, углекисло-

го газа, глюкозы, ионов натрия. При отклонении любого из них от оптимального (гомеостатического) уровня включаются механизмы, обеспечивающие возврат к исходному состоянию.

Так, для нормальной работы тканей и органов совершенно необходимы доставка к ним кислорода и удаление углекислого газа. Следовательно, очень важно, чтобы ток крови через орган соответствовал активности органа. Если деятельность органа становится более интенсивной, то концентрация CO_2 начинает нарастать. Реагируя на это, гладкие мышечные клетки стенок сосудов расслабляются, и кровоснабжение органа увеличивается. Наиболее характерна такая реакция на углекислый газ для сосудов головного мозга. На этом примере можно видеть, что в работе гомеостатической системы принимают участие:

- параметр, в поддержании постоянства которого заинтересован как отдельный орган, так и весь организм;
- чувствительный элемент — рецептор, измеряющий величину параметра; рецептором может быть клетка (не обязательно нервная) или отдельная белковая молекула;
- «вычислительный центр», который принимает решение о запуске реакции, приводящей к изменениям параметра; обычно такой центр способен учитывать информацию от других рецепторов и систем организма;
- исполнительная часть, реализующая реакцию.

Приведем другой, более сложный пример. Концентрация глюкозы в крови измеряется особыми рецепторными молекулами на клетках поджелудочной железы. Если эта концентрация становится ниже оптимальной, то эндокринные клетки поджелудочной железы начинают выбрасывать гормон глюкагон. Глюкагон запускает процесс превращения находящегося в печени гликогена в глюкозу, и глюкоза поступает в кровоток. Активно работает и вторая часть той же гомеостатической системы: снижение концентрации глюкозы воздействует на нейроны центра голода в промежуточном мозге. В результате развивается пищевая мотивация и нервная система запускает поведение, направленное на поиск и поедание пищи. Пища поступает в ЖКТ, а входящая в ее состав глюкоза быстро оказывается в крови.

На этом примере видно, что в поддержании гомеостаза прини-

мают активнейшее участие эндокринная и нервная системы — две регуляторные системы, контролирующие течение физиологических процессов.

Взаимодействие с внешней средой представляет для организма чрезвычайную важность. Для того, чтобы реагировать на внешние воздействия, существуют особые клетки-рецепторы, входящие в состав органов чувств. Возбуждаясь под действием внешних стимулов (слуховых, зрительных, обонятельных и т. д.), рецепторы передают сигналы к нервной системе, которая запускает ответные реакции организма — **рефлексы**.

В основе всякого рефлекса лежит работа цепей и сетей нейронов, передающих друг другу сигналы с помощью выделения из нервных окончаний особых биологически активных веществ — медиаторов (нейротрансмиттеров). Классическим примером рефлекса является реакция отдергивания руки от источника боли. В начале соответствующей рефлекторной дуги находятся нейроны — рецепторы боли. Средняя (центральная) часть дуги — это нервные клетки спинного мозга, принимающие решение о силе и скорости реакции. Кроме интенсивности боли, они способны учитывать и другие сигналы (например, «рекомендации» головного мозга). Конечная часть рефлекторной дуги образована двигательными нейронами, запускающими сокращение мышц.

Рефлексы являются самым простым типом поведения — активности, направленной на взаимодействие с окружающим миром. В случае рефлексов наша реакция запускается извне. Однако очень часто первопричиной поведения служат процессы, протекающие внутри организма. Это, во-первых, отклонения от гомеостаза, которые можно скорректировать за счет взаимодействия с внешней средой. Так, например, восполнить снижение концентрации глюкозы в крови можно за счет поиска и поедания пищи, а дефицит кислорода — за счет проветривания помещения. Вторая группа внутренних факторов, определяющих поведение, — программы биологических потребностей, заложенные эволюцией в саму структуру мозга (размножение, стремление к лидерству, подражание, поиск новой информации и др.). Наконец, очень большое влияние на поведение человека оказывают сформированные им навыки и стереотипы — результаты предыдущего жизненного опыта, процессов обучения и воспитания.

1.4. Место человека в системе животного мира

Карл Линней еще в середине XVIII века, создавая свою «Систему природы», выделил отряд приматов и отнес к нему вслед за обезьянами человека. Это было сделано на основании наличия у нас пятипалой конечности и двух молочных желез. В настоящее время сходство человека с обезьянами, млекопитающими, всеми животными многократно доказано и подтверждено на уровне внешних признаков и внутреннего строения. Причем в случае внутреннего строения речь идет не только о подобии органов, но и об устройстве нашего тела на клеточном и молекулярном уровнях.

Человек как представитель класса Млекопитающие имеет характерные для всех млекопитающих особенности строения организма, а именно:

- внутренний костный скелет, образованный позвоночником, грудной клеткой, черепом, скелетом конечностей;
- снабженную волосяным покровом и активно участвующую в терморегуляции кожу с сальными и потовыми железами;
- четырехкамерное сердце и замкнутую систему сосудов, состоящую из двух независимых кругов кровообращения;
- легкие с альвеолами и эффективным механизмом дыхательных движений, во многом обеспечиваемых диафрагмой;
- пищеварительную систему, начинающуюся ротовой полостью с зубами нескольких типов и заканчивающуюся анальным отверстием;
- развитые органы чувств, позволяющие осуществлять высококачественное восприятие зрительной, слуховой, обонятельной и других видов информации;
- высокоразвитый мозг (прежде всего кора больших полушарий), обеспечивающий приспособление к условиям внешней среды за счет обучения и формирования индивидуальной памяти;
- систему размножения, предусматривающую внутреннее оплодотворение и внутриутробное развитие с последующим процессом родов;
- выкармливание новорожденных молоком и длительный уход за потомством, обеспечивающий наиболее надежное его выживание.

Каждый из перечисленных признаков является важным шагом в эволюционном процессе, а все вместе они способствуют:

- окончательной адаптации организма млекопитающих к сухопутному образу жизни, сделавшей возможным заселение засушливых степей и почти лишенных воды пустынь;
- теплокровности, позволившей млекопитающим (наряду с птицами) стать относительно независимыми от климата и освоить приполярные области нашей планеты;
- все более сложному поведению, благодаря которому появляется большое число принципиально новых способов приспособления млекопитающих к условиям среды.

В последнем случае очень полезной оказалась принятая многими млекопитающими стайная организация, когда особи пытаются справиться с проблемами не в одиночестве, а формируют сообщества. По строгой зоологической классификации человек относится к типу Хордовые, подтипу Позвоночные, классу Млекопитающие, отряду Приматы, семейству Гоминиды (человекообразные). Латинское наименование нашего биологического вида — *Homo sapiens* («человек разумный»).

Человек как представитель отряда Приматы имеет очень высокую степень родства с различными видами обезьян, и особенно с гоминидами (шимпанзе, гориллы, орангутаны). Человекообразные обезьяны характеризуются крупным размером, отсутствием хвоста, рукой с явно противопоставленным большим пальцем, высочайшим развитием мозга, позволяющим использовать орудия труда, овладевать (в экспериментальных условиях) зачатками речи, узнавать себя в зеркале, «выстраивать» сложнейшую иерархию отношений между особями внутри стаи и др. Перечислим наиболее характерные признаки человека, отличающие его от других гоминидов:

- прямохождение, которое высвобождает руку для работы с орудиями труда (со всеми вытекающими изменениями скелета, мышц, кровеносной системы и т. д.);
- способность к тончайшим движениям пальцев (обеспечивается развитием не только опорно-двигательного аппарата, но и управляющих рукой отделов мозга);
- общий огромный размер центральной нервной системы (объем головного мозга у человека в 2 раза больше, чем у гориллы); развитие ассоциативных областей головного мозга, способных обрабатывать и соотносить качественно разные потоки информации;

- сложнейшее общественное поведение и способность к полноценной речи как способу общения между членами сообщества (с соответствующим развитием голосовых связок, мышц языка и др.).

В целом в ходе эволюции человек из существа биологического, ориентированного на взаимодействие с внешней средой, все более становился существом социальным, чья жизнедеятельность направлена в первую очередь на пользу стае, племени, сообществу. Наиболее быстро развивались и совершенствовались те признаки и свойства человека, которые были полезны для стаи в целом. Это относится к речи, изготовлению орудий труда, стремлению подражать другим членам стаи. Именно подражание позволяет человеку (а отчасти — и гоминидам) приобретать навыки не на собственном опыте, а за счет наблюдения за другими членами сообщества. Подобный путь передачи информации от особи к особи, из поколения в поколение лежит в основе такого явления, как культура.

1.5. Природная и социальная среда обитания человека

Человек — живое существо. Он — биологический объект, достигший в ходе эволюции высочайшей степени развития. Это означает, что нам присущи все основные функции сложного организма: способность питаться и дышать, поддерживать стабильное состояние внутренней среды, реагировать на внешние раздражители, размножаться и т. д. С другой стороны, мы уникальны. На планете Земля нет больше существ, чей мозг достиг бы уровня, достаточного для появления сознания и мышления, создания разнообразных орудий труда, формирования сложнейших общественных структур.

Основную часть жизни мы проводим взаимодействуя с другими людьми. Мы — элементы общества (социума). Однако о биологической природе человека забыть не удается. Наше тело постоянно напоминает об этом в форме разнообразных потребностей: хочется пить, сменить неудобную позу на удобную, уйти с солнцепека в тень и т. п. Важнейшей частью существования каждого из нас являются естественные процессы роста, созревания, а затем — старения. Они меняют нашу психику и наши социальные функции. При нарушениях работы организма возникают заболевания, профилактика

и правильное лечение которых продлевают жизнь и делают ее более полноценной.

Сказанное подчеркивает огромную значимость таких биологических дисциплин, как анатомия и физиология человека.

- **Анатомия** — наука о строении нашего тела.
- **Физиология** — наука о его функционировании на уровне систем, органов, тканей, отдельных клеток.

Именно анатомия и физиология образуют основу медицинских знаний. Развитие анатомии и физиологии способствует здоровью человечества в целом и каждого индивидуума в отдельности.

Здоровье можно определить как оптимальное состояние всех систем и органов, обеспечивающее эффективную деятельность организма, его высокую работоспособность, выносливость, устойчивость к инфекции. Здоровье зависит от трех основных групп факторов: образа жизни, генетических предпосылок и влияний внешней среды (природной и социальной). Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) указывает, что здоровье в целом определяется образом жизни примерно на 50%, родительскими генами — на 20%, разнообразными влияниями среды — на 30%.

Образ жизни включает в себя многочисленные привычки и установки человека, во многом обусловленные тем, что он считает важным лично для себя. Главнейшими компонентами образа жизни являются особенности питания и режима дня, а также целый ряд полезных и вредных привычек, которые во многом формируются под влиянием социальной среды. С другой стороны, человек наделен свободой воли и способен сам решать, что и когда ему есть и пить; как организовывать отдых — спать, сидеть перед телевизором или идти в парк, музей, бассейн; употреблять спиртные напитки или нет и т. д. Интересно, что одной из важных предпосылок здоровья и долголетия является высокий уровень интеллекта. Постоянная умственная активность увеличивает продолжительность жизни и защищает мозг от многих заболеваний, связанных со старческой дегенерацией (разрушением).

Генетические предпосылки здоровья во многом определяют исходное состояние клеток, органов и тканей, с которыми человек появляется на свет. В значительном числе случаев эти факторы создают предрасположенность к заболеваниям (повышают их ве-

роятность), а в ряде ситуаций напрямую вызывают заболевания. Так, многие психические расстройства примерно на 50% зависят от родительских генов и на 50% — от условий среды и образа жизни. Некоторые тяжелейшие заболевания иммунной системы (врожденный иммунодефицит), дыхательной системы (муковисцидоз), кровеносной системы (гемофилия) полностью определяются дефектами генов. В целом около 3% населения страдают генетическими (вызванными «плохой» наследственностью) нарушениями разной степени тяжести. С другой стороны, известны гены, повышающие устойчивость человека к определенным инфекциям, стрессу, ядовитым веществам, увеличивающие его умственную и физическую работоспособность. Такие генетические предпосылки способствуют здоровью и долголетию.

Влияния внешней среды включают как социальные, так и природные факторы здоровья, которые могут быть позитивными и негативными. В случае социальных влияний улучшают здоровье хорошо развитая система здравоохранения, а также общая комфортная обстановка в обществе, в рабочем коллективе, в семье. Негативное воздействие оказывают различные стрессирующие агенты — ситуации и условия, вызывающие психическое и эмоциональное напряжение, истощение сил организма. Природные факторы здоровья могут быть разделены на «живые» (биотические) и «неживые» (абиотические). К абиотическим относятся те влияния, которые оказывают на наш организм воздух, вода, почва, климатические и геофизические изменения, ультрафиолетовое облучение, радиация и т. д. Негативные биотические факторы — это инфекционные агенты (бактерии и вирусы), паразиты (грибы, черви, клещи, комары), растения, способствующие возникновению аллергии, и т. д. С другой стороны, природная среда, и прежде всего живые существа, служат для нас мощным источником положительных эмоций. Продуктом деятельности живых организмов являются многие лекарства. Наконец, от живых организмов и условий их обитания зависит качество пищи, ее полезные и вредные свойства.

Глава 2

ТКАНИ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА

Все клетки нашего организма объединены в ткани. Тканью называется совокупность клеток и межклеточного вещества, объединенных единством происхождения, строения и функций. Ткани представляют собой те «кирпичики», из которых собираются все органы нашего тела. Выделяют четыре основные группы тканей: эпителиальные, соединительные, мышечные и нервную.

2.1. Эпителиальные ткани

Располагаются на границе организма с внешней средой, входя в состав кожных покровов и выстилая полости организма (покровный эпителий), а также образуют железы внешней и внутренней секреции (железистый эпителий).

Эпителиальные ткани имеют эктодермальное, энтодермальное и мезодермальное происхождение и при этом характеризуются общими чертами строения. Эпителиальные клетки всегда плотно прилегают друг к другу, образуя многочисленные мембранные контакты. Межклеточные пространства при этом крайне малы, и межклеточное вещество практически отсутствует.

Эпителий образует слой клеток, лишенный кровеносных и лимфатических сосудов, который отделен от других тканей базальной мембраной. Базальная мембрана представляет собой специализированный слой межклеточного вещества, содержащий белки и полисахариды.

У всех клеток эпителиальной ткани можно выделить базальную часть, которая примыкает к базальной мембране, и апикальную часть, располагающуюся напротив базальной (иными словами, клетки эпителиальной ткани полярны). Эпителиальная ткань обладает ярко выраженной способностью к регенерации — быстрому восстановлению после повреждения.

Покровный эпителий формирует барьер, отделяющий наше

тело от внешней среды либо содержимого полостей. Кроме того, его клетки часто выполняют транспортную функцию, регулируя прохождение веществ из полостей в органы и обратно. В тех случаях, когда доминирует барьерная функция, эпителий имеет большое число слоев (эпидермис кожи, стенки пищевода, желудка и др.). В ситуации преобладания транспортной функции эпителий однослойный (эндотелий сосудов, стенка альвеол легких, выстилка почечных канальцев и т. п.).

Апикальная часть клеток покровного эпителия может иметь различные видоизменения, связанные с выполняемой функцией: микроворсинки (эпителий кишечника), подвижные реснички (эпителий дыхательных путей). Производными клеток покровного эпителия являются ногти и волосы. Эпителий, участвующий в их образовании, называется ороговевающим (рис. 1).

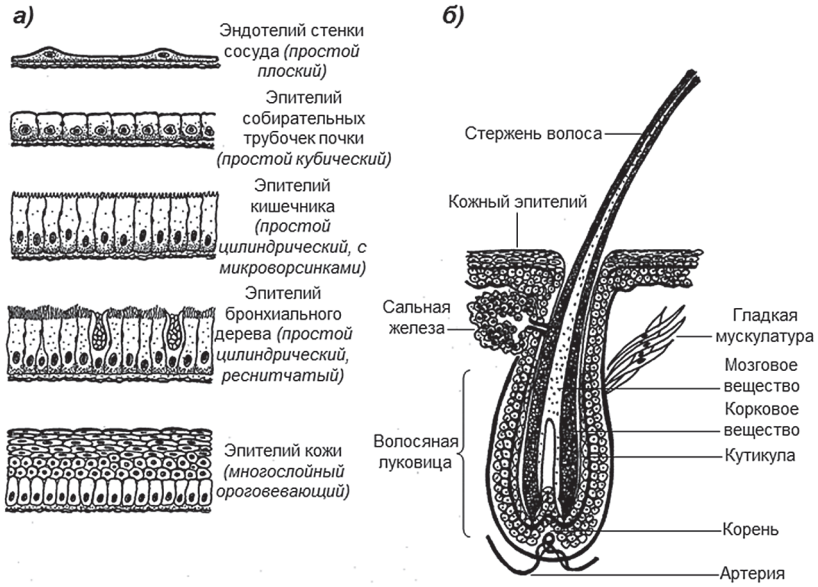

Рис. 1. Виды эпителиальных тканей (а) и волос как пример производной структуры эпителиального происхождения (б).

Железистый эпителий, наряду со всеми свойствами эпителиальной ткани, обладает способностью синтезировать определенные вещества (секрет) и выводить их из клеток. Эта способность называ-

ется секрецией, а клетки, ею обладающие, — секреторными. Секреторные клетки формируют паренхиму желез — специализированных секреторных органов. Железы, в свою очередь, подразделяются на экзокринные, эндокринные и смешанные.

Экзокринные железы обладают выводными протоками, по которым их секрет выводится во внешнюю среду или в полости организма. *Эндокринные железы* таких протоков не имеют и выделяют секрет в межклеточное пространство, откуда он поступает в кровь и лимфу. *Смешанные железы* содержат в своем составе эндо- и экзокринные отделы, работающие независимо (поджелудочная железа, половые железы) (рис. 2).

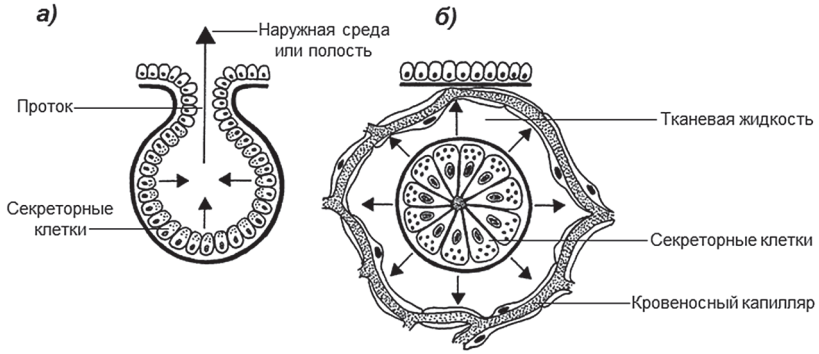

Рис. 2. Принципиальные отличия в строении экзокринной (а) и эндокринной (б) желез.

Помимо многоклеточных, в организме имеется множество одноклеточных желез, представленных бокаловидными клетками. Эти клетки вырабатывают главным образом слизь и располагаются среди других эпителиальных клеток, выстилающих внутреннюю поверхность полых органов пищеварительного тракта, дыхательной и половой систем. Такие эпителиальные выстилки называют слизистыми оболочками (рис. 3).

2.2. Соединительные ткани

К ним относится группа тканей, имеющих мезодермальное происхождение, отличающихся присутствием больших межклеточных пространств, заполненных структурированным межклеточным

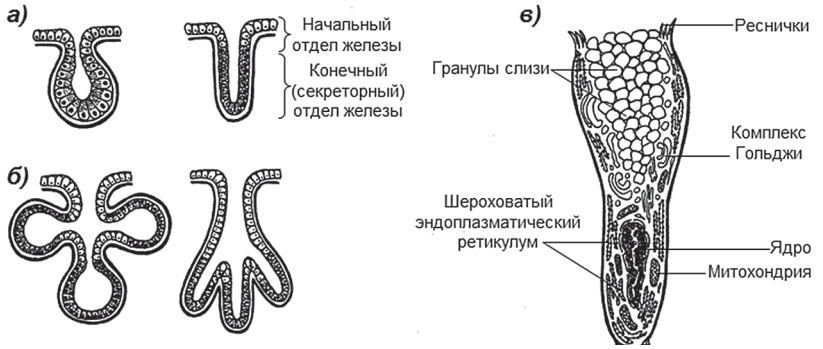

Рис. 3. Строение простых экзокринных желез: а — с неразветвленным начальным отделом (альвеолярная и трубчатая); б — с разветвленным начальным отделом (альвеолярная и трубчатая); в — одноклеточной (бокаловидная клетка).

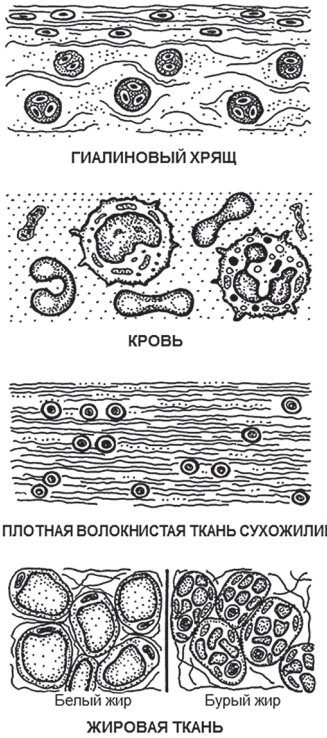

Рис. 4. Разнообразие соединительных тканей.

веществом. Соединительные ткани выполняют многочисленные функции, важнейшими из которых являются опорная, транспортная, защитная, трофическая, запасающая. Соединительные ткани делятся на твердые ткани скелета (костная и хрящевая), жидкие ткани внутренней среды (кровь и лимфа) и ткани со специализированными свойствами: жировая, пигментная и др. (рис. 4).

Хрящевая ткань состоит из воды (70—80%), органических (10—15%) и неорганических (4—7%) веществ. Клеточная часть хряща представлена молодыми одиночными клетками — хондробластами и зрелыми — хондроцитами, которые располагаются небольшими группами в полостях (лакунах), окруженных межклеточным веществом (рис. 5 а). Межклеточное вещество хряща находится в состоянии геля, но при этом содержит кол-

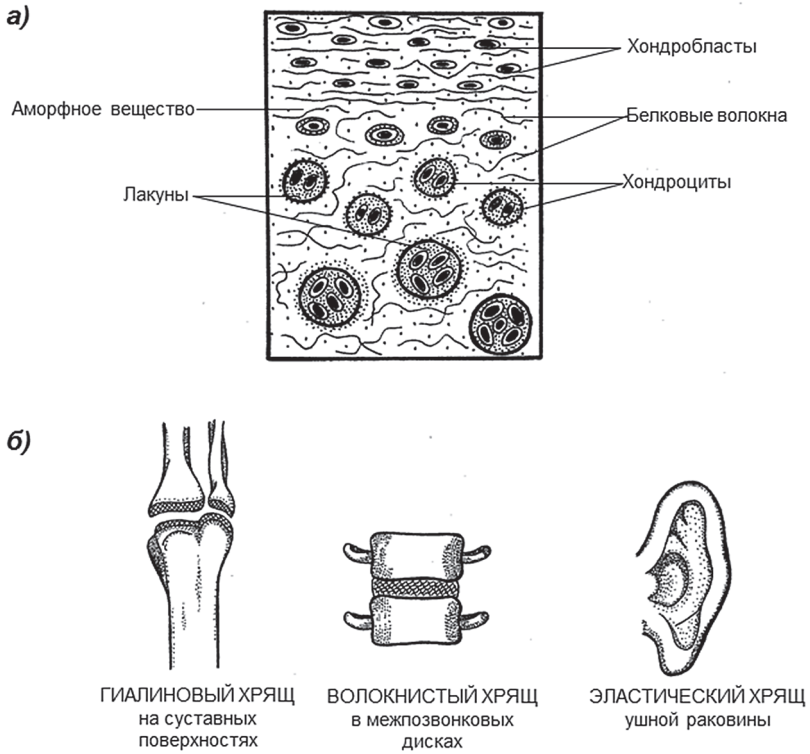

Рис. 5. Микроскопическое строение гиалинового хряща (а) и разнообразие хрящевой ткани в организме человека (б).

лагеновые и эластиновые волокна, придающие ткани прочность. Внутри хряща отсутствуют нервы и кровеносные сосуды (рис. 5 б). Различают три типа хрящей:

1) *гиалиновый.* Отличается особой твердостью. Из него построены соединения ребер с грудиной; он покрывает поверхности большинства суставов, образует элементы гортани. С возрастом гиалиновый хрящ может частично окостеневать;

2) *эластический.* Отличается высокой гибкостью и растяжимостью благодаря присутствию в межклеточном веществе большого количества сложно переплетающихся волокон эластина. Из такого хряща построены надгортанник, ушные раковины, слуховая труба, часть гортани. Эластический хрящ с возрастом не окостеневает;

3) *волокнистый.* Отличается повышенной прочностью, которая

достигается за счет большого числа малорастяжимых коллагеновых волокон в межклеточном веществе. Из такого хряща построены кольца межпозвонковых дисков, суставные диски и мениски; им покрыты поверхности некоторых суставов (например, височно-нижнечелюстного).

Костная ткань содержит относительно мало воды (не более 50%). В ее сухом остатке 33% массы приходится на органические вещества и 67% — на неорганические. Клеточная часть кости представлена молодыми клетками — остеобластами и зрелыми — остеоцитами (рис. 6). Остеобласты представляют собой многоугольные активно делящиеся клетки с хорошо развитым синтетическим и секреторным аппаратом. Для остеобластов характерно наличие отростков, с помощью которых они контактируют друг с другом

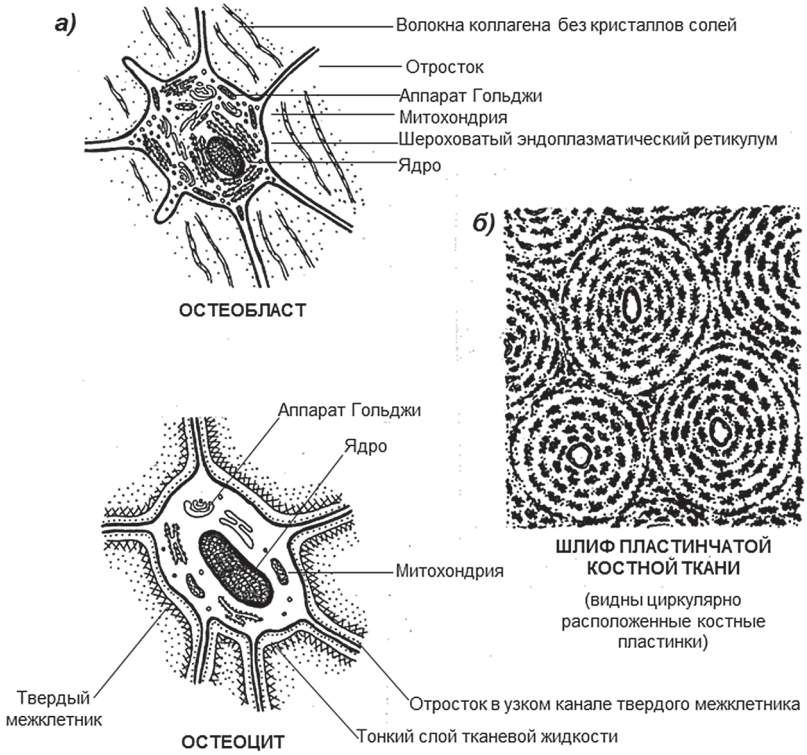

Рис. 6. Строение клеток костной ткани (а) и один из вариантов организации межклеточного вещества кости (б).

и с остеоцитами, формируя единую клеточную сеть. Остеобласты синтезируют и выводят в межклеточное пространство белок оссеин (разновидность коллагена), который образует вокруг них замкнутые объемы, похожие на лакуны хрящевой ткани. В лакунах остеобласты превращаются в остеоциты, которые отличаются меньшим числом органелл и более крупным ядром. Питание остеоцитам доставляет циркулирующая в лакунах тканевая жидкость, тончайший слой которой связан, в свою очередь, с капиллярами, пронизывающими костную ткань. Межклеточное вещество костной ткани (костный матрикс) содержит многочисленные волокна оссеина, пропитанные кристаллизированными гидроксиапатитом ($Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$) и фосфатом кальция ($Ca_3(PO_4)_2$).

Различают два типа костной ткани: грубоволокнистую и пластинчатую. Первая из них в большом количестве имеется в скелете эмбриона, а у взрослых людей сохраняется только в швах черепа и местах прикрепления к костям сухожилий. Пластинчатая костная ткань образует все кости организма человека. Межклеточное вещество такой ткани формирует пластинки, в которых волокна коллагена (оссеина) лежат параллельно. Сами пластинки при этом могут быть ориентированы по-разному в разных типах костного вещества.

Кровь и лимфа представляют собой разновидности соединительной ткани. Их отличительной чертой является жидкое межклеточное вещество, что позволяет им постоянно находиться в подвижном состоянии — кровообращении и лимфообращении. С перемещением по организму связаны и основные функции этих тканей: транспортная, трофическая, защитная, гомеостатическая, регуляторная и др. В организме взрослого здорового человека содержится 4—6 л крови и 1—2 л лимфы.

Клеточная часть крови представлена форменными элементами (рис. 7). Термин «форменный элемент» используется в связи с тем, что не все клеточные образования крови являются полноценными клетками (у эритроцитов нет ядер, у тромбоцитов — ядер и большинства органоидов). На форменные элементы приходится 40—45% объема крови. Самыми многочисленными среди них являются красные кровяные тельца — *эритроциты*. В 1 мм^3 крови их насчитывается 4—5 млн. Эти безъядерные мелкие клетки имеют форму двояковогнутых дисков диаметром 7—8 мкм и выполняют функцию транспорта газов.

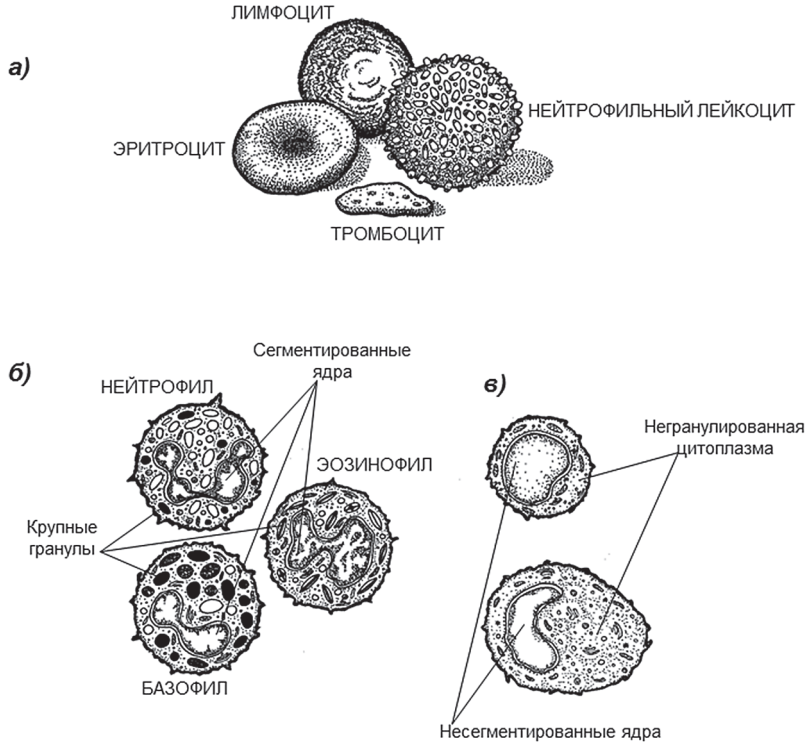

Рис. 7. Соотношение размеров и формы основных форменных элементов крови (а) и особенности клеточного строения гранулярных (б) и агранулярных (в) лейкоцитов.

Самыми мелкими форменными элементами являются кровяные пластинки — *тромбоциты*. Они представляют собой фрагменты цитоплазмы клеток-предшественниц, окруженные наружной мембраной. В 1 мм^3 крови в норме содержится 180—320 тыс. тромбоцитов, имеющих форму овальных плоских дисков длиной 2—4 мкм и толщиной до 1 мкм. Основные их функции связаны с процессами свертывания крови, тромбообразования и восстановления целостности сосудов.

Наиболее «полноценными» клетками среди форменных элементов крови являются белые кровяные тельца — *лейкоциты*. В 1 мм^3 крови здорового человека содержится 4—6 тыс. лейкоцитов. Они имеют сферическую форму диаметром 8—15 мкм и по признаку

наличия в цитоплазме окрашиваемых гранул (лизосом) подразделяются на гранулоциты и агранулоциты. К первым относятся нейтрофильные, базофильные и эозинофильные лейкоциты. Эти клетки отличаются амебоидной подвижностью и способностью к фагоцитозу, что позволяет им выполнять защитные функции (в составе системы клеточного иммунитета). К агранулоцитам относятся лимфоциты и моноциты. Лимфоциты имеют небольшой диаметр (около 8 мкм) и связаны прежде всего с формированием гуморального иммунитета (производство антител). По размеру моноциты в 2 раза больше лимфоцитов и находятся в крови временно: основной их задачей является выход из кровяных сосудов в межклеточное пространство и превращение в тканевые макрофаги.

Все форменные элементы крови производятся красным кровяным мозгом и не способны к делению, за исключением лимфоцитов. Клеточная часть лимфы представлена только лимфоцитами.

Рыхлая волокнистая соединительная ткань соединяет друг с другом прочие ткани, входящие в состав органа, образует базальные мембраны слизистых, наружные оболочки внутренних органов, покрывает мышцы. Основными клетками рыхлой волокнистой соединительной ткани являются фибробласты, которые синтезируют белковые компоненты межклеточного вещества (прежде всего коллаген и эластин). Волокна коллагена объединяются в пучки диаметром 1—20 мкм, отличающиеся большой прочностью и отсутствием растяжимости. Эластиновые волокна (диаметр 1—10 мкм) способны растягиваться примерно в 1,5 раза и быстро возвращаться в исходное состояние. Комплексы из волокон обоих типов образуют ячеистые сети, мембраны и пластины, а также каркасы некоторых внутренних органов (печени, различных желез и др.). Помимо фибробластов, рыхлая волокнистая соединительная ткань может включать большое число мигрировавших клеток (жировых, пигментных, лейкоцитов и т. д.).

Плотная волокнистая соединительная ткань характеризуется присутствием в межклеточном веществе тесно прилегающих друг к другу коллагеновых и/или эластиновых волокон (опорная функция). Между ними рядами располагаются фибробласты. Эта ткань формирует сухожилия, связки, фасции, входит в состав стенок артерий.

Жировая ткань выполняет в организме запасающую, трофиче-

скую, терморегуляторную и формообразующую функции. По составу межклеточного вещества она близка к рыхлой волокнистой соединительной ткани. В клетках жировой ткани большая часть объема занята каплей (каплями) липидов. Выделяют белый и бурый жир (а также иногда желтый жир, формирующий желтый костный мозг). Клетки белого жира содержат только одну крупную липидную каплю, прочие органоиды и ядро оттеснены на периферию цитоплазмы. Белый жир находится в подкожной жировой клетчатке, формирует жировые капсулы внутренних органов. Клетки бурого жира характеризуются присутствием мелких капель липидов и большим числом митохондрий. Основная функция бурого жира — продукция тепла. В организме взрослого бурого жира очень мало; его заметно больше у новорожденных и много — у зимнеспящих млекопитающих.

Пигментная ткань характеризуется наличием в клетках черных, коричневых и желтых красящих веществ (пигментов) — меланинов. Эта ткань входит в состав эпидермиса, сосудистой оболочки глазного яблока, оболочек мозга и др. По большинству характеристик пигментная ткань близка к рыхлой волокнистой и содержит (в случае представителей белой расы) 1200—1500 пигментных клеток/мм^2.

2.3. Мышечные ткани

Мышечные ткани имеют мезодермальное происхождение. Они входят в состав опорно-двигательного аппарата, стенок полых внутренних органов, кровеносных и лимфатических сосудов. Наиболее характерным их свойством является сократимость — способность в ответ на нервные и/или гуморальные сигналы уменьшать линейные размеры. Главная функция мышечных тканей — двигательная. Различают поперечно-полосатую скелетную мускулатуру, поперечно-полосатую сердечную мускулатуру и гладкую мускулатуру.

Поперечно-полосатая **скелетная мышечная ткань** состоит из многоядерных клеток (мышечных волокон), которые в ходе развития эмбриона возникают в результате слияния клеток-предшественниц. В длину мышечные волокна могут достигать 10 см и более. Их сократительные белки собраны в плотные пучки, которые заполняют всю цитоплазму и регулярно чередуются, образуя светлые и темные поперечные полоски. Такая мышечная ткань формирует собственно скелетные мышцы, мышцы языка и глотки, диафрагму, мимические

мышцы. Управляет длиной волокон скелетной мускулатуры двигательная (соматическая) часть нервной системы, посылая команды на сокращение каждой конкретной мышечной клетке.

Сердечная мышечная ткань состоит из волокон, образованных отдельными клетками — кардиомиоцитами, которые имеют одно ядро. Как и в предыдущем случае, в каждой клетке находятся пучки актина и миозина, которые, регулярно чередуясь, дают светлые и темные поперечные полоски. Клетки связаны друг с другом специфическими мембранными (щелевыми) контактами, которые обеспечивают быструю прямую передачу команды на сокращение как от одного кардиомиоцита к другому в пределах одного волокна, так и от одного волокна к другому (без участия нервной системы). В результате сердце сокращается как единая мышечная масса. Регуляцию частоты и силы сердечных сокращений осуществляет вегетативная нервная система; изменяются они и под действием гормональных факторов.

Гладкая мышечная ткань состоит из мелких веретеновидных одноядерных клеток (миоцитов), в которых актин и миозин не образуют крупных комплексов. По этой причине клетки пропускают свет равномерно и выглядят гладкими. Волокна в гладкой мускулатуре обычно не формируют крупных скоплений — пучков (как в сердце и скелетных мышцах), могут располагаться слоями и образовывать друг с другом многочисленные щелевые контакты. Гладкие мышечные клетки сокращаются медленнее поперечно-полосатых, но зато могут длительное время оставаться в укороченном состоянии без признаков утомления (поддерживать тонус). Они входят в состав стенок кровеносных и лимфатических сосудов и многих полых внутренних органов. Управляют тонусом гладких мышечных клеток вегетативная нервная система, гормоны и ряд химических веществ, образующихся непосредственно в тканях (углекислый газ, ионы водорода, молочная кислота, АДФ (аденозиндифосфат) и т. д.). Клеточное строение трех типов мышц показано на рис. 8.

Рассмотрим **молекулярный механизм мышечного сокращения**. Все мышечные клетки сокращаются благодаря наличию в их цитоплазме (саркоплазме) многочисленных нитей (миофибрилл), образованных сократительными белками — актином и миозином. В скелетной и сердечной мускулатуре эти нити образуют упоря-

Рис. 8. Различные типы мышц.

доченные, регулярно повторяющиеся комплексы — *саркомеры*, которые при рассматривании в световой микроскоп выглядят как чередующиеся темные и светлые полосы поперек клетки или волокна. По этой причине скелетную и сердечную мускулатуру называют поперечно-полосатой. В клетках гладкой мускулатуры нет таких структурированных комплексов. Актиновые и миозиновые фибриллы в них формируют небольшие группы, расположенные в саркоплазме в различных направлениях. В световом микроскопе гладкомышечные клетки выглядят равномерно окрашенными — гладкими.

Механизм сокращения мышечных клеток рассмотрим на примере скелетной мускулатуры (рис. 9). Сигнал к сокращению скелетной мышцы поступает на мембраны ее волокон от двигательных нейронов (мотонейронов) спинного мозга. После передачи сигнала на мышечное волокно электрический импульс (потенциал действия), распространяясь по мембране мышечного волокна (сарколемме), достигает особых впячиваний наружной мембраны — Т-трубочек. К мембране Т-трубочек изнутри саркоплазмы прилегают цистерны эндоплазматической сети, содержащие запас ионов Ca^{2+}, — Ca^{2+}-цистерны. Под влиянием электрического импульса, пробегающего по мембране Т-трубочки, ионы Ca^{2+} выходят из цистерн и достигают сократительных белков. За счет Ca^{2+} актин и миозин становятся способны вступать во взаимодействие. Результатом такого взаимодействия является скольжение нитей миозина вдоль нитей актина, при этом расходуется энергия в виде расщепления АТФ миозином. АТФ интенсивно вырабатывается митохондриями, которые в большом количестве присутствуют в мышечных волокнах. В результате скольжения каждый саркомер укорачивается. Скольжение нитей завер-

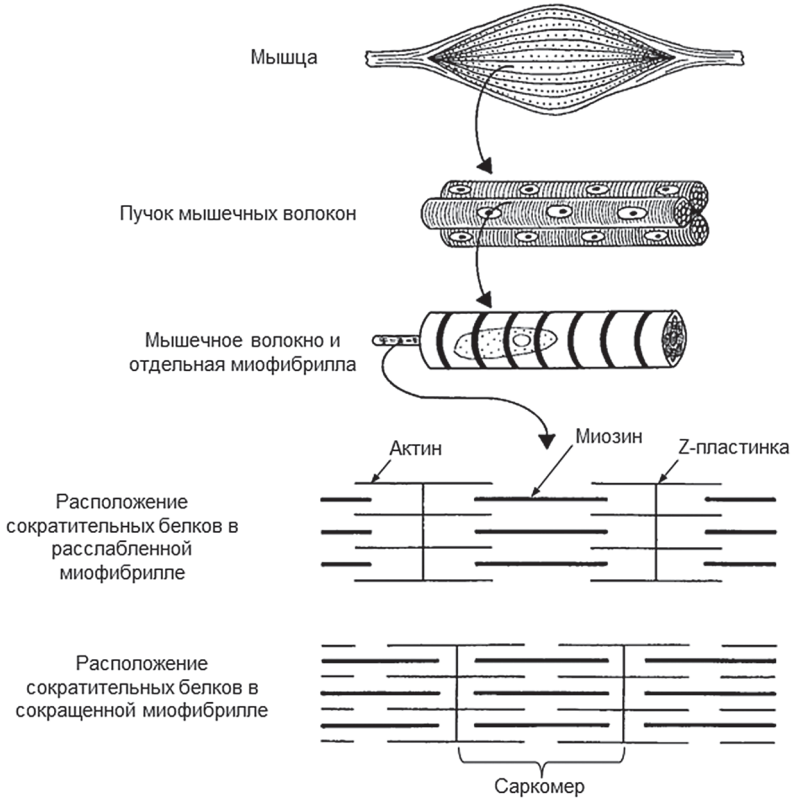

Рис. 9. Строение поперечно-полосатой мышцы и изменение расположения сократительных белков в миофибрилле при сокращении и расслаблении.

шается, когда нити миозина (более толстые) оказываются настолько глубоко «вдвинутыми» между нитями актина (более тонкими), что практически достигают поперечной белковой структуры, связывающей нити актина в упорядоченный единый комплекс (Z-пластинка). При расслаблении мышцы ионы Ca^{2+} за счет работы особых насосов на мембране цистерн закачиваются обратно в Ca^{2+}-цистерны. Миозин в отсутствие Ca^{2+} теряет способность взаимодействовать с актином. В результате этого вся белковая структура саркомера возвращается в исходное, несокращенное положение.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 3

Глава 1
ОБЩИЕ СВОЙСТВА ЖИВОЙ МАТЕРИИ И ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА КАК БИОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ 4

1.1. Определение жизни. Свойства живой материи 4
1.2. Клетка как элементарная единица живого. Ткани и их происхождение 7
1.3. Организм человека как единое целое 9
1.4. Место человека в системе животного мира 13
1.5. Природная и социальная среда обитания человека 15

Глава 2
ТКАНИ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА 18

2.1. Эпителиальные ткани 18
2.2. Соединительные ткани 20
2.3. Мышечные ткани 27
2.4. Нервная ткань 31

Глава 3
РЕГУЛЯЦИЯ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ 41

3.1. Основные понятия теории регуляции физиологических функций 41
3.2. Схема работы регуляторной системы 42
3.3. Особенности нервной и гуморальной регуляции 43

Глава 4
НЕРВНАЯ СИСТЕМА 46

4.1. Общие принципы организации нервной системы 46
4.2. Строение и функции спинного мозга 55
4.3. Вегетативная нервная система 61
4.4. Черепные нервы 68
4.5. Строение и функции отделов головного мозга 69

Глава 5
ЭНДОКРИННАЯ СИСТЕМА 82

5.1. Общая характеристика эндокринной системы и гормонов 82
5.2. Гипоталамо-гипофизарная система 84
5.3. Периферические эндокринные железы 88
5.4. Половые гормоны и цикл созревания яйцеклеток 95

Глава 6
ИММУННАЯ СИСТЕМА 98

6.1. Врожденный иммунитет 98
6.2. Приобретенный иммунитет 99
6.3. Искусственный иммунитет 103
6.4. Нарушения работы иммунной системы 105
6.5. Группы крови 105

Глава 7
СИСТЕМА КРОВИ 108

7.1. Кровь. Состав и функции 108
7.2. Тромбообразование и фибринолиз 119

Глава 8
СИСТЕМА КРОВООБРАЩЕНИЯ 123

8.1. Общий план строения системы кровообращения 123
8.2. Строение и функции сердца 125
8.3. Строение и функции сосудов 136

Глава 9
СИСТЕМА ДЫХАНИЯ 145

9.1. Воздухоносные (дыхательные) пути 145
9.2. Строение легких 148
9.3. Газообмен в дыхательной системе 150
9.4. Механизм легочной вентиляции 152

Глава 10
СИСТЕМА ВЫДЕЛЕНИЯ 158

10.1. Мочевыделительная система 158
10.2. Регуляция работы почек 164

Глава 11
СИСТЕМА ПИЩЕВАРЕНИЯ 169

11.1. Общее строение и функции пищеварительной системы 169

11.2. Управление работой желудочно-кишечного тракта 181

Глава 12
ОБМЕН ВЕЩЕСТВ И ПИТАНИЕ 187

12.1. Химический состав организма человека 188
12.2. Водный обмен 188
12.3. Обмен минеральных солей 189
12.4. Обмен углеводов, липидов и белков 191
12.5. Витамины 198

Глава 13
СИСТЕМА КОЖНОГО ПОКРОВА 203

13.1. Строение кожи 203
13.2. Железы кожи.....205
13.3. Производные кожи.....206
13.4. Кровоснабжение кожи 208
13.5. Терморегуляторная функция кожи и роль гипоталамуса 208
13.6. Рецепторная функция кожи 209

Глава 14
РЕПРОДУКТИВНАЯ СИСТЕМА 213

14.1. Мужская половая система 213
14.2. Женская половая система 215
14.3. Половые клетки, половые гормоны и вторичные половые признаки.....218
14.4. Оплодотворение.....220
14.5. Начальная стадия развития эмбриона 222
14.6. Менструальный цикл 222
14.7. Формирование зародышевых оболочек и плаценты ..224
14.8. Беременность и стадии развития эмбриона.....227
14.9. Начало родов, роды и момент рождения 228
14.10. Лактация.....230
14.11. Половая система и постнатальное развитие человека 231

Глава 15
ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА 233

15.1. Скелет 233
15.2. Скелетная мускулатура.....248

Глава 16
ФИЗИОЛОГИЯ ОРГАНОВ ЧУВСТВ.....256
16.1. Сигналы, воздействующие на органы чувств.....256
16.2. Разнообразие рецепторов.....257
16.3. Сенсорные системы.....257
16.4. Органы чувств.....258
16.5. Ощущение и восприятие.....258
16.6. Зрительная система.....259
16.7. Вестибулярная и слуховая системы.....265
16.8. Вкусовая система.....270
16.9. Обонятельная система.....271
16.10. Внутренняя чувствительность.....273
16.11. Чувствительность тела.....274
Глава 17
ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОВЕДЕНИЯ И ПСИХИКИ.....277
17.1. Врожденные (безусловные) рефлексы.
Биологические потребности.....277
17.2. Приобретенные (условные) рефлексы.
Обучение и память.....280
17.3. Поведение и тормозные процессы.
Типы высшей нервной деятельности.....285
17.4. Сон и бодрствование.....288
17.5. Речь и мышление.....292
17.6. Выбор программы поведения.....295
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....300
ОГЛАВЛЕНИЕ.....301