

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
«Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники»

Кафедра электронной техники и технологии

## **АНАТОМИЯ И ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА**

*Допущено Министерством образования Республики Беларусь  
в качестве учебного пособия для студентов учреждений высшего образования  
по специальностям «Медицинская электроника»,  
«Информационные системы и технологии (в здравоохранении)»*

Минск БГУИР 2013

УДК 611(075.8)+612(075.8)  
ББК 28.706я73+28.707я73  
А64

**А в т о р ы:**

Л. П. Пархач, С. К. Дик, С. С. Стебунов, В. И. Дунай, Ю. Н. Рушкевич

**Р е ц е н з е н т ы:**

заведующий неврологическим отделом государственного учреждения  
«Республиканский научно-практический центр неврологии и нейрохирургии»  
Министерства здравоохранения Республики Беларусь,  
доктор медицинских наук, профессор  
С. А. Лихачев;

профессор кафедры общей хирургии учреждения образования «Белорусский  
государственный медицинский университет»,  
доктор медицинских наук Г. П. Рычагов

**Анатомия и физиология человека : учеб. пособие / Минск : БГУИР,**  
А64 2013. – 247 с. : ил.  
ISBN 978-985-488-896-5.

Знания по анатомии и физиологии человека необходимы специалистам, в той или иной степени связанным с медицинской техникой и электроникой.

Настоящее учебное пособие предназначено для студентов высших и средних технических учебных заведений по специальностям, связанным с разработкой, закупкой и обслуживанием медицинской техники.

**УДК 611(075.8)+612(075.8)**  
**ББК 28.706я73+28.707я73**

**ISBN 978-985-488-896-5**

© УО «Белорусский государственный  
университет информатики  
и радиоэлектроники», 2013

## ВВЕДЕНИЕ

**Анатомия человека** – наука, изучающая *форму и строение* органов, систем органов и человеческого организма в целом в связи с его функциями и взаимодействием окружающей среды.

**Физиология человека** – наука, изучающая *функции* органов в их взаимосвязи, систем органов и человеческого организма в целом в связи с изменяющимися условиями внешней и внутренней среды.

Из «Диалектики природы» Ф. Энгельса: «Вся органическая природа является одним сплошным доказательством тождества или неразрывности формы (*предмет изучения анатомии*) и содержания (*предмет изучения физиологии*)». Таким образом, анатомия и физиология человека – два тесно взаимосвязанных раздела биологии, которые являются совокупностью наук о живой природе.

**История анатомии и физиологии.** История анатомии своими корнями уходит в глубокую древность. Люди первобытного общества уже имели некоторое представление о назначении частей человеческого тела и его строении. Подтверждением этому служат найденные пещерные и наскальные рисунки в Испании и Китае (1400–2600 лет до н. э.).

В 4–2-м тысячелетии до н. э. центры науки и культуры формируются в Древнем Египте, Древнем Вавилоне и Древней Палестине. Некоторые сведения о сердце, печени, легких и других органах тела человека содержатся в древней китайской книге «Нейцзин» (XI–VII вв. до н. э.). В индусской книге «Аюр-Веда» («Знание жизни», VI в. до н. э.) упоминаются сведения о мышцах, костях, связках, сосудах, нервах и других анатомических структурах. Значительную роль в развитии анатомии сыграло ритуальное бальзамирование трупов в Древнем Египте. Особенно интересен «папирус Эберса», в котором изложены анатомические и медицинские знания древних египтян.

Сведения о целенаправленном изучении строения тела человека относятся к V–IV вв. до н. э.–II в. н. э. и связаны с историей Древней Греции и Древнего Рима. Среди первых известных истории науки ученых-анатомов следует назвать Алкмеона из Кротоны, который жил в первой половине V в. до н. э. Он первым начал вскрывать трупы животных для изучения строения их тела. Выдающимся является его утверждение, что органы чувств непосредственно связаны с мозгом и восприятие ощущений зависит от мозга.

Гиппократ – один из величайших древнегреческих врачей (460–377 гг. до н. э.), которого по праву называют отцом медицины. Он сформулировал учение о четырех основных типах телосложения и темперамента, собрал в своих книгах имевшиеся в то время сведения о строении тела человека, описал некоторые кости черепа, позвонки, ребра, внутренние органы, глаз, суставы, мышцы, крупные сосуды. Многочисленные научные труды Гиппократа через 100 лет после смерти автора были объединены в виде «Гиппократова сборника». Большой интерес для анатомов представляют его сочинения «О железах», «О кишечнике», «О природе ребенка», «О прорезывании зубов» и т. д.

Аристотель (384–322 гг. до н. э.) изложил в своих книгах множество фактов о строении животных организмов, различал у животных, которых вскрывал, сухожилия и нервы, кости и хрящи. По его мнению, самым главным органом является сердце. Главному кровеносному сосуду организма Аристотель дал название «аорта» (от греч. *aer* – воздух, *tereos* – содержу), он интересовался развитием зародыша человека, отметил общие черты сходства человека с животными и ввел термин «антропология», утверждал, что «семя есть начало».

Герофил и Эразистрат (IV–III вв. до н. э.) были первыми, кто вскрывал трупы людей в Античной Греции. Герофил в поисках «души» произвел анатомирование более 600 трупов и впервые обобщил данные о строении тела человека в своей работе «Anatomica». В связи с этим Герофила считают создателем анатомии как науки. Герофил описал некоторые из черепных нервов, оболочки мозга, синусы твердой оболочки, продолговатый мозг, двенадцатиперстную кишку, оболочки и стекловидное тело глазного яблока, лимфатические сосуды брыжейки тонкой кишки, предстательную железу.

Эразистрат изучал строение сердца, его клапанов и сухожильных нитей дуги аорты, легочных артерий, полых вен, клапанов вен, описал двигательные и чувствительные нервы, желудочки мозга и его оболочки, ввел термины «артерия», «паренхима». Ему принадлежат утверждения, что мельчайшие вены постепенно переходят в артерии, а нервы являются продолжением головного и спинного мозга. Эразистрат исследовал головной мозг человека, обнаружил места выхода чувствительных нервов.

В начале 1-го тысячелетия н. э. продолжились исследования анатомических структур человека и животных. Публикуемые труды по анатомии носят энциклопедический характер.

Выдающийся врач и энциклопедист Древнего мира Клавдий Гален (130–200 гг. н. э.) обобщил имеющиеся к тому времени анатомические знания, описал ряд черепных нервов, соединительную ткань и нервы в мышцах глаз, некоторые кровеносные сосуды, надкостницу, многие связки. Гален первым заинтересовался функциями органов. Он изучал анатомию путем вскрытия свиней, собак, овец, обезьян, львов и был уверен в тождественности строения тела животных и человека. Его основные труды носят общее название «Об анатомии». Они представлены 16-ю книгами. Труды Галена в течение 14 веков были основными источниками анатомических и медицинских знаний и неизменно пользовались покровительством церкви. Основной дошедший до нас труд Галена – «О назначении частей тела человека».

Безраздельное господство церкви в эпоху Средневековья (V–XVII вв.) тормозило прогресс науки в странах Европы. В этот период не было сделано никаких существенных открытий. Вскрытие трупов человека было категорически запрещено. Учение Галена было превращено в догму, а развитие медицинской науки в Европе затормозилось на многие столетия, вплоть до эпохи Возрождения.

В то же время быстро развивалась культура народов Востока. Мусульманская религия также запрещала вскрывать трупы, поэтому анатомия изучалась

по книгам Гиппократ, Аристотеля, Галена, которые переводились на арабский язык. Одним из великих представителей ученых Востока в эпоху Средневековья был Абу ибн Сина (Авиценна).

Авиценна (980–1037) – автор более 100 произведений по астрономии, литературе и медицине. Основным его трудом для медицины считают «Канон врачебной науки», в котором содержались многочисленные сведения по анатомии и физиологии, созвучные представлениям Галена. Первый том труда посвящен анатомии и физиологии. В «каноне» обобщены и проанализированы сведения о строении человеческого организма, открытые древнегреческими учеными, а также приведены собственные наблюдения.

Этот труд был впервые переведен на латинский язык в XII в. Герардом из Кремоны и после изобретения книгопечатания переиздавался более 30 раз. Одна из глав первой книги «Канона» посвящена анатомии человека, в ней дается обобщенное описание строения и функций человеческого тела, приведены сведения о костях, суставах, мышцах, сухожилиях, связках, строении черепа, зубов, черепных нервов. В «Каноне» имеется утверждение о том, что мозг передает ощущения и движения другим органам при посредстве нервов.

В начале второго тысячелетия быстро развиваются города, торговля, культура. Это послужило основой развития науки, в том числе биологии и медицины. В Европе возникли первые медицинские школы. Одной из них была Салернская – в Италии близ Неаполя.

Несмотря на гонения со стороны церкви, анатомия продолжала развиваться. Этому способствовало создание в XII–XIV вв. в Европе первых университетов. Уже в XIII в. в них возникли медицинские факультеты. Так, в 1238 г. император Фридрих II Гогенштауфен разрешил вскрывать один труп раз в 5 лет, а уже в 1240 г. он же издал специальный указ об обязательном вскрытии трупов при изучении анатомии.

В 1326 г. Мондино де Люцци издал учебник анатомии, основанный на данных вскрытия двух женских трупов. В течение XIV–XVI вв. учебник был издавался 25 раз. В XIV–XV вв. университетам было дано право по особому распоряжению вскрывать один-два человеческих трупа в год. В течение XIV–XV вв. началось преподавание анатомии в Монпелье, Венеции, Вене, Болонье, Париже, Тюбингене и других городах. В 1594 г. в Падуе был построен первый в Европе анатомический театр.

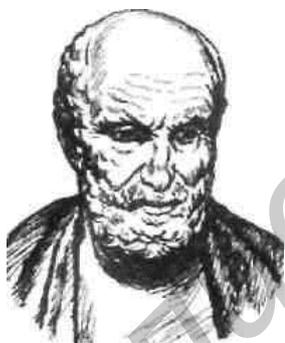
Эпоха Возрождения (Ренессанса) знаменуется великими научными открытиями, пробуждением интереса к искусству и литературе. Выдающимися анатомами этого периода были Леонардо да Винчи, Андрей Везалий и др.

Леонардо да Винчи (1452–1519) – великий художник, математик, инженер. Он вскрыл 30 трупов. Благодаря этому он сделал около 800 весьма точных и оригинальных рисунков костей, мышц, сердца и других органов и научно описал их, впервые описал щитовидную железу. Он изучил пропорции тела человека, классифицировал мышцы и сделал попытку объяснить их функцию с точки зрения законов механики, описал ряд особенностей детского и старческого организма. К сожалению, его анатомические труды стали известны только

спустя 300 лет. В результате гонений инквизиции они были спрятаны в тайнике и поэтому существенного влияния на современников не оказали. Однако его рисунки не потеряли своего значения и в наши дни, ибо это первые анатомически верные изображения тела человека, его органов и систем с натуры.

Андрей Везалий (1514–1564) – профессор анатомии Падуанского университета, считается реформатором и «отцом научной описательной анатомии». Он вскрывал и препарировал трупы людей, делал зарисовки костей, мышц, внутренних органов, сосудов и нервов. В 1538 г. Везалий издал небольшой анатомический атлас – «Анатомические таблицы», в котором представил собственные данные, точно установленные при вскрытии и препарировании трупов. Результатом многих лет напряженной работы явился его знаменитый труд «О строении тела человека», опубликованный в 1543 г., в котором ученый научно описал строение органов и систем человека, указал на анатомические ошибки многих анатомов и открыто выступил против ошибочных взглядов Галена.

Исследования Везалия зависели от возможностей проведения вскрытий, а трупов казненных преступников, которые ему удавалось изредка получать, было слишком мало для осуществления задуманных работ. Поэтому он вместе со своими учениками тайно выкрадывал тела умерших, похороненных на кладбище в Падуе. Везалий был придворным врачом императора Карла V, а после и Филиппа II. Однако это не спасло ученого от преследований церкви. Главная заслуга Везалия в том, что он создал подлинно систематическую анатомию человека, которой до него практически не существовало.



Гиппократ  
(460–377 гг. до н. э.)



А. Везалий  
(1514–1564)



Н. И. Пирогов  
(1810–1881)

Современник Везалия испанский врач М. Сервет (1511–1553) описал малый круг кровообращения, движение крови из правого желудочка в левое предсердие. Он предположил существование соединений между мельчайшими разветвлениями легочной артерии и легочных вен. За свои открытия в анатомии и материалистические убеждения М. Сервет был сожжен на костре вместе со своей книгой.

Исследования и реформаторский труд А. Везалия, его учеников и последователей способствовали дальнейшему развитию анатомии. В XVI–XVIII вв. было сделано множество анатомических открытий, уточнений, исправлений ранее допущенных ошибок. После А. Везалия многие ученые проводили иссле-

дования в области анатомии, углубляя знания о строении человеческого организма.

Г. Фаллопий (1523–1562) – ученик Везалия, впервые описал маточные трубы, канал лицевого нерва, развитие и строение костей. Б. Евстахий (1510–1574) первым обнаружил и описал слуховую трубу, заслонку нижней полой вены, изучил развитие зубов, строение почек, описал непарную вену. И. Фабриций из городка Аквапенденте изучил строение пищевода, гортани, глаза, описал венозные клапаны и высказал мысль о том, что они способствуют притоку крови к сердцу и препятствуют ее обратному движению. Фабриций – один из основоположников эмбриологии и сравнительной анатомии.

В XVII–XIX вв. анатомия обогащалась все новыми и новыми фактами. В 1628 г. была опубликована книга Г. Азелли, в которой среди прочих анатомических данных описаны лимфатические («млечные») сосуды брыжейки тонкой кишки. Благодаря усовершенствованию микроскопа Антониом ван Левенгуком (1632–1723) появилась возможность изучить тонкое строение органов и тканей. Левенгук по праву считается основоположником научной микроскопии.

М. Мальпиги (1628–1694) опубликовал «Анатомические наблюдения над легкими» (1661), в которых впервые описал легочные альвеолы и капилляры, являющиеся связующим звеном между артериями и венами легких. Кроме того, он первым изучил и описал микроскопическое строение эритроцитов, почек, селезенки, кожи и других органов.

В XVII в. были опубликованы многие книги и анатомические атласы. В 1685 г. в книге Говард Бидлоо «Анатомия человеческого тела в 105 таблицах, изображенных с натуры», автор доказал, что нервные стволы состоят из многочисленных волокон. Во второй половине XVII в. голландец Рене де Грааф обнаружил в яичнике фолликулы. В XVIII в. его соотечественник Б. Альбинус опубликовал труды по анатомии костей и мышц тела человека, а также таблицы с изображением костей и мышц, млечных сосудов и непарной вены. Итальянский ученый П. Масканьи изучал строение лимфатических сосудов и издал «Историю и иконографию лимфатических сосудов».

В середине XVII в. центром анатомических исследований была Голландия. Под руководством Фредерика Рюйша (1638–1731) был организован анатомический музей, который современники называли «восьмым чудом света». Ф. Рюйш владел уникальной техникой бальзамирования трупов и инъекции сосудов органов различными красящими веществами. Российский царь Петр I купил коллекцию препаратов Ф. Рюйша. Большая часть коллекции этих препаратов хранится в Санкт-Петербурге в Кунсткамере, а меньшая часть – в фундаментальном музее кафедры нормальной анатомии Военно-медицинской академии России.

Основоположником сравнительной анатомии, наряду с Фабрицием, является Ж. Кювье (1769–1832). Он создал учение о типах животных, в основу которых положил строение нервной системы, сформулировал принцип корреляции частей организма.

Значительную роль в развитии анатомии человека и микроскопической

анатомии сыграл труд М. Ф. К. Биша (1771–1802) «Общая анатомия», в которой впервые было изложено учение о тканях, органах и системах. Тем самым Биша положил начало гистологии. Органы были разделены им на растительные и животные и, соответственно, нервная система – на вегетативную и анимальную.

К. М. Бэр (1792–1876), наряду с Фабрицием, заложил основы эмбриологии. Он открыл яйцеклетку человека и описал развитие ряда органов.

Одним из виднейших анатомов и физиологов является А. фон Галлер (1708–1771). Его основной труд носит название «Живая анатомия». Галлер был первым подлинным экспериментатором.

XIX век был золотым для анатомии. Из науки описательной она превратилась в науку синтетическую, функциональную.

Выдающийся немецкий ученый Т. Шванн (1810–1882) создал клеточную теорию. В 1839 г. была опубликована его книга «Микроскопические исследования о соответствии в строении и росте животных и растений». Основные положения клеточной теории: 1) все ткани состоят из клеток; 2) клетки растений и животных сходны между собой, так как все они возникают единообразным путем (общий принцип развития); 3) самостоятельность жизнедеятельности каждой отдельной клетки. Положение о том, что деятельность организмов – сумма жизнедеятельности отдельных клеток, является ошибочным.

Большое влияние на дальнейшее развитие клеточной теории и вообще на учение о клетке оказал Р. Вирхов (1821–1902). Он не только свел воедино все многочисленные разрозненные факты, но и убедительно показал, что клетки являются постоянной структурой и возникают только путем размножения: «всякая клетка от клетки». Вирхов рассматривал клетку как структуру, «повидимому, весьма своеобразную, хотя элементарно построенную и повторяющуюся с удивительным постоянством во всех живых организмах». В то же время следует отметить механистичность системы представлений Вирхова о «клеточном обществе» или «клеточном государстве», согласно которой каждой клетке свойственна самостоятельность.

Эволюционная теория Ч. Дарвина (1809–1882), которой были посвящены книги «Происхождение видов путем естественного отбора» (1859) и «Происхождение человека и половой отбор» (1871), открыла перед анатомией новые горизонты и, в первую очередь, возможность не только объяснения строения тела человека, но и пути его направленного совершенствования.

Благодаря трудам Ч. Дарвина в XIX в. возникла новая наука – антропология, развитие которой связано с именами многих крупных анатомов. Немецкий ученый И. Блюменбах описал 5 современных человеческих рас и высказал мысль об их едином происхождении. А. Кис изучил и описал черепа ископаемых предков человека. Одним из выдающихся достижений науки XIX в. была трудовая теория происхождения человека, сформулированная Ф. Энгельсом в книге «Роль труда в процессе превращения обезьяны в человека».

Выдающийся анатом XIX в. Н. И. Пирогов, член-корреспондент Российской академии наук, гениальный русский хирург создал прикладное направление анатомии – топографическая анатомия и оперативная хирургия. Он явля-



ется автором книги «Хирургическая анатомия артериальных стволов и фасций» (1838). Этот выдающийся труд не потерял своего значения и в настоящее время. Для создания атласа «Иллюстрированная топографическая анатомия распилов, проведенных в трех направлениях через замороженное человеческое тело» (1852–1859) Н. И. Пирогов использовал метод распилов замороженных трупов и метод скульптурной анатомии, при котором соответствующий орган высекался из замороженного объекта.

Конец XIX в. ознаменовался еще одним великим открытием, которое сыграло огромную роль для развития анатомии. Это было открытие X-лучей В. К. Рентгеном (1845–1923) в 1895 г., которое привело к созданию принципиально новой главы анатомии – анатомии живого человека, рентгенанатомии.

В XX в. анатомия достигла больших успехов, и в первую очередь это относится к функциональной анатомии, гистологии, цитологии. Немецкий биолог А. Беннингхофф ввел понятие о функциональных системах. Профессор института Пастера в Париже В. Ру выдвинул положение о функциональном приспособлении, функциональных структурах, изучил причины и условия формообразования. Немецкий ученый Л. Ашофф и японский ученый С. Тавара разработали учение о проводящей системе сердца. Немецкий анатом В. Вальдейер-Гарц заложил основы нейронной теории. Датский ученый А. Крог изучил строение капилляров, за эту работу он был удостоен Нобелевской премии. Английский ученый Дж. Ленгли впервые описал общий план строения автономной нервной системы, выделил в ней, наряду с симпатической, парасимпатическую часть. Ученые К. Монаков, П. Флексиг, О. Фогт детально изучили анатомию мозга.

Развитие физиологии неразрывно связано с появлением новых анатомических сведений. Открытия в этих двух науках во многом происходили параллельно.

Функции различных органов описывали врачи Древней Греции. В частности, Аристотель утверждал, что сердце отвечает за движение крови. Гиппократ описал четыре основных типа темперамента. Однако он связывал различия в поведении людей с преобладанием в их организме той или иной «жидкости» (крови, слизи, желчи и черной желчи). Герофил установил дыхательную функцию диафрагмы. Вскрывая трупы и проводя «живосечение» преступников, Эразистрат пришел к выводу, что движениями человека руководит головной мозг. Также он описал некоторые функции органов пищеварения.

Врач Древнего Рима Клавдий Гален ставил многочисленные опыты на свиньях по перерезке спинного мозга на разных уровнях, изучал строение головного мозга и пришел к убеждению, что именно головной мозг является центром мышления, произвольных движений и ощущений. Тем самым было опровергнуто существовавшее представление о том, что человек мыслит, движется, чувствует благодаря сердцу.

В книге Авиценны «Канон врачебной науки» приведены не только сведения о строении некоторых органов, но и их функции.

Английский врач Вильям Гарвей (1578–1657) по праву является основоположником экспериментальной физиологии. В книге «Анатомические исследо-

вания о движении сердца и крови у животных», опубликованной в 1628 г. Гарвей доказал, что кровь движется по замкнутому кругу. Были описаны большой и малый круги кровообращения, а также законы движения крови. Это выдающееся открытие вызвало ожесточенные нападки современников. И. П. Павлов назвал книгу Гарвея «подвигом смелости и самоотверженности». В 1751 г. Гарвей в «Исследованиях о происхождении животных» опроверг учение Аристотеля о самозарождении и впервые высказал положение «всякое живое из яйца».



Вильям Гарвей  
(1578–1657)



Иван Михайлович Сеченов  
(1829–1905)



Иван Петрович Павлов  
(1849–1936)

Предположение о рефлекторном принципе работы центральной нервной системы высказал выдающийся французский философ, физик и математик Рене Декарт (1596–1650).

Один из важнейших разделов физиологии – исследование биоэлектрических явлений. Родоначальником данного направления (электрофизиологии) заслуженно считается итальянский физик и анатом Луиджи Гальвани (1737–1798). Он открыл в мышцах электрические токи, которые назвал «животным электричеством». Дальнейшие исследования в области электрофизиологии привели к изобретению одного из наиболее широко используемых аппаратов в современной клинической практике – электрокардиографа. Автором данного прибора является голландский физиолог В. Эйнтховен (1860–1927).

Из ученых, внесших существенный вклад в развитие физиологии, следует особо отметить И. П. Павлова и И. М. Сеченова.

И. М. Сеченов (1829–1905) является «отцом» русской научной физиологии. Он вошел в историю науки как первый экспериментальный исследователь такого сложного явления, как сознание. Он уделял много внимания разработке учения о рефлекторной дуге, обосновал связь сознания и мышления. Наибольшую известность И. М. Сеченов получил после открытия процесса торможения в центральной нервной системе. После издания в 1863 г. его работы «Рефлексы головного мозга» в физиологические основы было введено понятие психической деятельности.

Кроме того, И. М. Сеченов был первым, кому удалось изучить растворенные в крови газы, установить относительную эффективность влияния различных ионов на физико-химические процессы в живом организме.

Основные положения, сформулированные И. М. Сеченовым, были подтверждены в работах великого русского ученого академика И. П. Павлова (1849–1936). Открытие им условных рефлексов, разработка представлений о физиологии, патологии и типах высшей нервной деятельности заложили основу для дальнейших исследований в этой области; именно он разделил все рефлекторные реакции организма на безусловные и условные.

И. П. Павлов создал основные научные труды в стенах Военно-медицинской академии. За работы в области физиологии пищеварения он удостоен Нобелевской премии. Величайшей заслугой И. П. Павлова является применение методов *хронического эксперимента*, проводимого на основе «физиологической хирургии»: на наркотизированном животном в условиях стерильности и соблюдения правил хирургической техники предварительно проводилась сложная операция, позволявшая получить доступ к тому или иному внутреннему органу, прорезывалось «окошечко» в полый орган, вживлялась фистульная трубка или выводился наружу и подшивался к коже проток железы. Сам опыт начинался много дней спустя, когда рана заживала, животное выздоравливало и по характеру течения физиологических процессов практически ничем не отличалось от нормального здорового. Благодаря наложенной фистуле можно было длительно изучать течение тех или иных физиологических процессов в *естественных условиях поведения*. Изучая динамику пищеварения, И. П. Павлов показал ее способность приспосабливаться к возбудительной секреции при употреблении различной пищи. Его книга «Лекции о работе главных пищеварительных желез» стала руководством для физиологов всего мира.

И. П. Павлов также создал учение о высшей нервной деятельности человека и животных, в соответствии с которым она осуществляется высшими отделами нервной системы и регулирует взаимоотношения организма с окружающей средой. Исследуя регуляцию и саморегуляцию кровообращения, он установил наличие специальных нервов, из которых одни усиливают, другие задерживают, а третьи изменяют силу сердечных сокращений без изменения их частоты. Открытие им условного рефлекса позволило продолжить изучение психических процессов, которые лежат в основе поведения животных и человека.

Наряду с классическими анатомическими методами современными учеными широко используются новые методы исследования структур: рентгенологический, гистохимический, ультразвуковой локализации, стереоморфометрический, электронно-микроскопический, экспериментальный – что позволяет глубже раскрыть взаимоотношения клеток, тканей и органов в процессе формирования человеческого организма.

Современная наука рассматривает организм человека в динамике, в непрерывном развитии, стремится не только выявить особенности строения того или иного органа человеческого тела, но и изучить внешние и внутренние причины, влияющие на организм. Человеческое тело рассматривается как единый, сложный живой организм, который живет и развивается по общим биологическим законам.

# 1. СТРУКТУРЫ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА

## 1.1. КЛЕТКА

Структуры человека условно подразделяются на клетки, ткани, органы и системы органов. Основной структурной единицей строения всего живого является клетка.

**Клетка** – элементарная структурная, функциональная и генетическая единица живых организмов, способная к делению и обмену с окружающей средой.

Живая клетка – сложная функциональная система, в которой в течение всей ее жизни происходит обмен веществ, постоянное самообновление и самовоспроизведение. Кроме обмена веществ основными жизненными проявлениями клетки являются рост, движение, раздражимость, развитие и способность к размножению.

*Обмен веществ*, или *метаболизм* – это совокупность химических реакций, составляющих основу жизнедеятельности клетки. Он включает *ассимиляцию*, или *анаболизм* – усвоение клеткой поступающих в нее веществ, и *диссимиляцию* – разложение веществ, которое сопровождается выделением энергии, необходимой для жизнедеятельности клетки.

*Раздражимость* – способность клеток реагировать на изменение факторов окружающей среды: свет, температуру, влажность, химические вещества, осмотическое давление и пр.

Реакция клетки на *раздражение* может проявляться в усилении обмена веществ, перемещении клеточных структур, выделении секрета, в мышечном сокращении и других формах возбуждения.

*Рост клетки* – процесс увеличения размеров клеточных структур, за счет чего происходит увеличение объема клетки, а *развитие* – приобретение клеткой специфических функций.

*Размножение*, или *способность клеток к самовоспроизведению*, является основой сохранения и развития клеток, а вместе с ними и целого организма, замещения стареющих и погибших клеток, регенерации (восстановления) тканей и роста организма.

Клетка осуществляет передачу генетической информации путем самовоспроизведения. Клетка имеет мембрану, которая ограничивает замкнутое пространство, цитоплазму и все составляющие органеллы, набор которых зависит от дифференцировки и специализации клетки. Строение клеток в общих чертах одинаково, однако, в зависимости от характера выполняемых ими задач, между клетками существуют различия.

Например, эритроциты (клетки крови) переносят кислород – в них присутствует белок гемоглобин, обеспечивающий связывание кислорода, но отсутствуют такие органеллы, как ядро и митохондрии; нервные клетки выполняют функцию проводников внешних раздражителей – мембрана этих клеток содержит большое количество белковых потенциал-зависимых ионных пор;

клетки мышц обеспечивают сокращение благодаря наличию сократительных белков, взаимодействующих при иннервации мышцы и др.

Функционирование каждой клетки в организме зависит от специфической генетической информации. В клетке эта информация хранится в генах, представляющих собой участки молекулы вещества под названием *дезоксирибонуклеиновая кислота* (ДНК). Генетическая информация включает в себя программы, обеспечивающие размножение клеток и синтез ими белков. Оба процесса необходимы для развития оплодотворенной яйцеклетки в многоклеточный организм и для последующей дифференциации клеток из общих предшественников, приводящей к образованию специализированных клеток в таких органах, как головной мозг, легкие, мышцы или печень.

Почти все клетки, за немногим исключением, способны воспроизводить подобных себе за счет деления. Часто эта способность сохраняется на протяжении всей их жизни и является обязательным условием замещения погибших клеток, а также регенерации (восстановления) тканей и органов после повреждений.

Например, в костном мозге человека каждую минуту образуется около 160 млн эритроцитов, а в мужских семенниках ежедневно генерируется около 85 млн сперматозоидов. Еще один пример высокой скорости клеточного деления представляют собой клетки слизистой тонкого кишечника, обладающие средней продолжительностью жизни всего несколько дней (30–100 ч).

Однако другие клетки делятся только на определенных стадиях развития, а затем функционируют без дальнейшего деления (например, клетки нервной и мышечной ткани). Некоторые высокоспециализированные (например, клетки печени – гепатоциты), которые в обычных условиях не делятся, после различных повреждений или удаления части органа начинают делиться. И, наконец, существуют высокоспециализированные клетки (например, клетки эпителия и крови), которые также не делятся, однако быстро погибают и постоянно замещаются благодаря интенсивному делению *стволовых* клеток, которые способны делиться. Эта категория клеток называется обновляющимися.

Организм человека состоит примерно из 75000 млрд клеток: из них 25000 млрд – эритроциты, 100 млрд – клетки нервной системы. В организме человека размеры клеток варьируют от 5 мкм (клетка соединительной ткани) до 150 мкм (женская яйцеклетка). Однако отростки нервных клеток – аксоны и дендриты могут достигать величины до 1 м.

По форме, строению и функциям клетки чрезвычайно разнообразны.

В организме человека встречаются клетки различной формы: круглые, веретеновидные, плоские, кубические, призматические, цилиндрические, пирамидальные, звездчатые, чешуйчатые, столбчатые, отростчатые (рис. 1.1).

В каждой клетке происходят обменные процессы, в результате которых поглощенные вещества превращаются в соединения, необходимые для ее жизнедеятельности, а конечные продукты выводятся. Поэтому для поддержания необходимых жизненных функций клетке необходимы питательные вещества, которые служат для нее источником энергии. Химические процессы, обеспе-

чивающие поступление в клетку энергии при превращении питательных веществ (жиров, белков и углеводов) и высвобождение конечных продуктов в окружающую среду, в своей основе во всех клетках одинаковы.

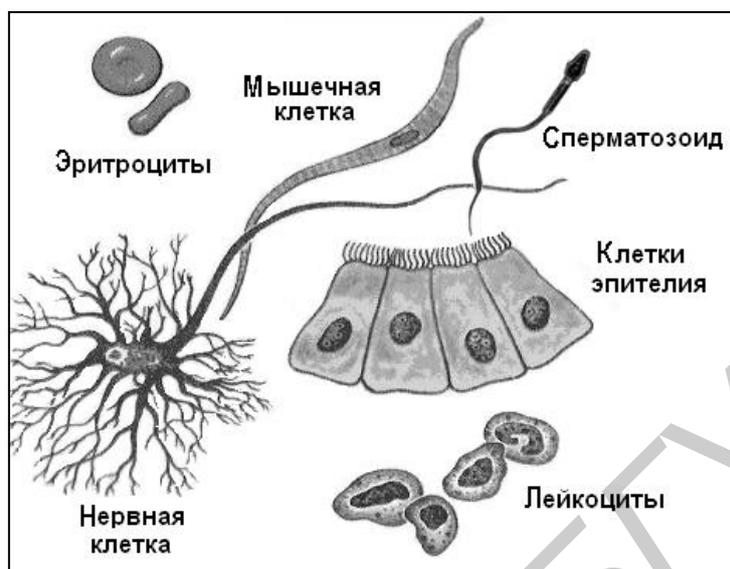


Рис. 1.1. Различные формы клеток человека

При изучении клетки под световым микроскопом видна жидкая внутриклеточная среда (цитоплазма), клеточное ядро и окружающая клетку мембрана (плазмалемма). В цитоплазме находятся небольшие по размерам образования, обладающие выраженной внутренней структурой, называемые клеточными органеллами (рис. 1.2). В большинстве случаев их можно видеть только в электронном микроскопе. В цитоплазме также находятся некоторые каркасные структуры (являющиеся частью цитоскелета) и многочисленные включения (например, метаболические субстраты и конечные продукты обмена).

**Клеточная оболочка (плазматическая мембрана)** имеет толщину 7,5 нм, являясь полупроницаемой биологической мембраной, она осуществляет транспорт веществ внутрь клетки и из нее во внеклеточную среду, взаимодействует с соседними клетками и межклеточным веществом. Главная функция мембраны – барьерная, то есть удержание содержимого клетки и отделение внутренней среды клетки от внешней. Мембрана обладает избирательной проницаемостью, благодаря чему клетка может получать необходимые вещества и «избавляться» от отходов жизнедеятельности.

Наружная мембрана клетки (плазмалемма) окружает жидкую внутриклеточную среду (протоплазму). Клеточная оболочка (рис. 1.3), как и другие мембранные структуры, состоит из двух слоев молекул фосфолипидов, лежащих перпендикулярно к поверхности мембраны, в которые погружены молекулы белка.

Молекулы холестерина располагаются во внутренней, обращенной к цитоплазме половине мембраны. Липиды составляют около 40 %, белки – около 60 % и углеводы – около 1 % компонентов мембран. Важнейшее физико-

химическое свойство фосфолипидов – амфифильность, за счет гидрофильности полярной головки и гидрофобности жирнокислотных хвостов. Молекулы ориентированы таким образом, что их гидрофобные участки (хвосты) расположены напротив друг друга, водорастворимые (гидрофильные) участки (головки) липидных слоев образуют наружную и внутреннюю границы мембраны.

В водной среде молекулы фосфолипидов выстраиваются самопроизвольно так, что их гидрофобные участки оказываются укрытыми от воды, в то время как гидрофильные головки вступают с ней во взаимодействие. При агрегации молекул создается «конструкция», поперечный вид которой представляет собой двойной слой фосфолипидов.

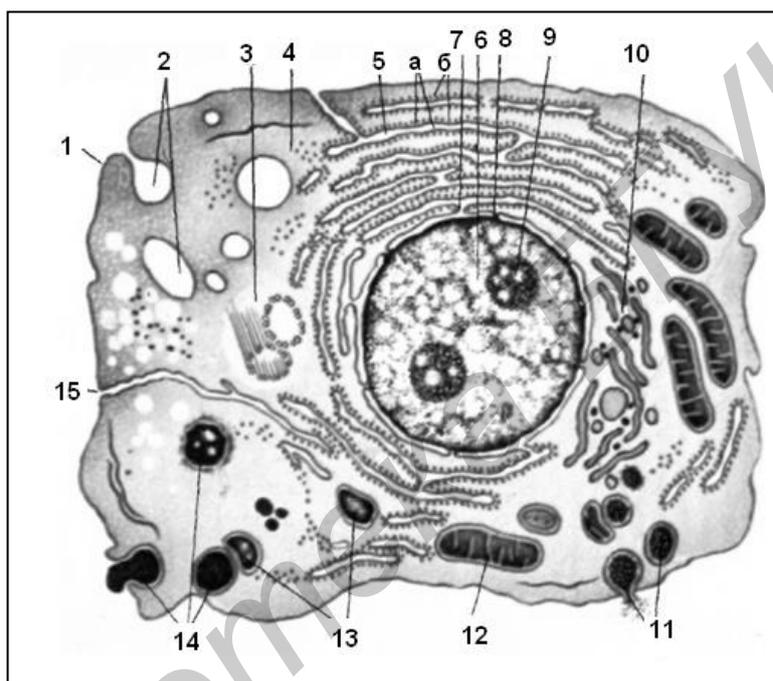


Рис. 1.2. Схема ультрамикроскопического строения клетки:

1 – плазматическая мембрана; 2 – пиноцитозные пузырьки; 3 – клеточный центр; 4 – гиалоплазма; 5 – эндоплазматическая сеть (а – мембраны эндоплазматической сети; б – рибосомы); 6 – ядро; 7 – связь перинуклеарного пространства с полостями эндоплазматической сети; 8 – ядерные поры; 9 – ядрышко; 10 – комплекс Гольджи; 11 – секреторные вакуоли; 12 – митохондрии; 13 – лизосомы; 14 – три последовательные стадии фагоцитоза; 15 – связь клеточной оболочки с мембранами эндоплазматической сети

Двойной липидный слой пронизан мозаичными вкраплениями белковых молекул. Белки мембраны условно разделяют на периферические и интегральные. Периферические белки расположены на поверхности липидного бислоя, интегральные пронизывают его. Среди многообразных функций мембранных белков различают: транспортную (белки-каналы и белки-переносчики); каталитическую (белки-энзимы); структурную (белки-усилители прочности мембраны); рецепторную (белки-рецепторы). Белки мембран способны образовывать поры, которые пропускают воду и электролиты, а также могут участвовать в выполнении регуляторных функций в качестве белков-рецепторов.

Белки (гликопротеиды), выступающие с внешней стороны мембраны и частично находящиеся в гидрофильном слое фосфолипидов, покрыты тонким слоем молекул сахаров (углеводов). Этот слой носит название гликокаликс. Углеводы клеточных мембран присутствуют в плазмолемме в виде соединений с белками (гликопротеиды) и липидами (гликолипиды), они интегрированы в рецептирующие структуры и обеспечивают рецепцию вирусов, антигенов, токсинов, гормонов, других биологически активных или сигнальных молекул. Химический состав гликокаликса генетически детерминирован и специфичен для каждой клетки. Посредством гликокаликса клетки «распознают» своих и чужих. Плазматические мембраны клеток контактируют между собой, образуя межклеточные контакты.

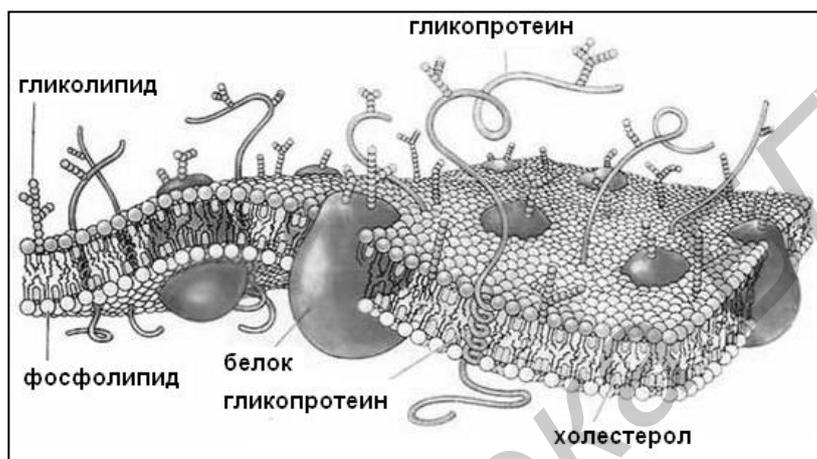


Рис. 1.3. Схема строения плазматической мембраны

Мембрана служит барьером между внутриклеточным содержимым и межклеточным пространством. Клеточные органеллы также окружены элементарными мембранами.

В состав *цитоплазмы* входят ее основная часть – *гяллоплазма*, *органеллы* и *цитоплазматические включения*. Внутриклеточная жидкость состоит из водного раствора солей и белков (микротрубочек, микрофиламентов и промежуточных филаментов). Последние определяют форму и механическую прочность клеток (так называемый цитоскелет).

В клетке содержатся такие элементы как натрий, калий, кальций, хлор, фосфор, сера, железо и магний, содержание которых оценивается в десятых и сотых долях процента. Каждый элемент выполняет важную функцию в клетке. Например, ионы натрия, калия и хлора обеспечивают проницаемость клеточных мембран для различных веществ и проведение импульса по нервному волокну. Кальций и фосфор участвуют в формировании костной ткани, кроме того, кальций принимает участие в свертывании крови. Железо входит в состав гемоглобина эритроцитов, магний содержится в ряде ферментов. Цинк, медь, йод, фтор и др. содержатся в очень малых количествах – в общей сложности до 0,02 %. В специализированных клетках они участвуют в образовании биологически активных веществ: цинк входит в состав гормона поджелудочной железы – инсу-



лина; йод – компонент гормонов щитовидной железы. Большинство металлов-микроэлементов входят в состав различных ферментов. Все химические элементы находятся в организме в виде ионов или входят в состав различных неорганических и органических соединений.

Ионы металлов входят в состав всех жидких сред организма и биологически важных молекул, регулируют эффективность обмена веществ. Все превращения энергии, включая образование и использование биологического топлива аденозинтрифосфата (АТФ), контролируются ионами. В организме они составляют весьма сбалансированные внутриклеточную и внеклеточную ионные системы. Весь клеточный метаболизм чрезвычайно чувствителен к изменению содержания  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$  и  $Cl^-$  в цитозоле. Эти же ионы определяют электрическую активность возбудимых клеток. Так перемещение ионов калия и натрия через мембрану обеспечивает распространение нервного импульса по отросткам нервных клеток аксонам и дендритам, выброс ионов кальция из саркоплазматического ретикулула мышечной клетки обеспечивает мышечное сокращение и т.д.

Содержание калия в цитозоле клетки примерно в 35 раз выше, чем во внеклеточной среде (интерстиции), а среди внутриклеточных анионов преобладают белки. Ионы натрия в основном находятся в интерстициальном пространстве, где их содержание сбалансировано присутствующими анионами хлора.

Очень высокие градиенты концентрации  $Na^+$  и  $K^+$  между цитозолем и цитоплазмой нервных и мышечных, а также многих других клеток поддерживаются активным транспортом. Разница в их концентрациях столь значительна, что без существования активной транспортной системы, из-за постоянной утечки ионов по концентрационному градиенту, электрогенез был бы совершенно невозможным (табл. 1.1).

Таблица 1.1

Содержание ионов в интерстиции и цитозоле

Клеточная структура	Ион	Концентрация ионов, ммоль /л	
		в интерстиции	в цитозоле
Кардиомиоциты (клетки сердца)	$Na^+$	145	15
	$K^+$	4	150
	$Ca^{2+}$	2	$10^{-8}$ в покое $10^{-2}$ при сокращении
	$Cl^-$	120	6

Накопление внутриклеточного калия является характерной особенностью почти всех клеток и представляет собой наиболее важный процесс активного транспорта. Стабильное поддержание ионного неравновесия, а также перемещение ионов через клеточные мембраны в сторону более высокого электрохимического потенциала для осуществления многих физиологических процессов

обеспечивается работой «ионных насосов».

Посредством такого «ионного насоса» калий переносится в клетку, а для поддержания баланса из нее выводятся ионы натрия. Поэтому он также называется натрий-калиевым ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ) насосом. Компонентом натрий-калиевого насоса является фермент, расщепляющий АТФ (натрий-калиевая АТФаза,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ -АТФаза). В результате этой реакции высвобождается энергия, необходимая для транспорта против градиента концентрации ионов (рис. 1.4). Мембрана клетки непроницаема для ионов, поэтому в ней существуют поры (каналы), пропускающие  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  и  $\text{Ca}^{2+}$ , но не анионы белков. При наличии у клетки потенциала покоя  $\text{K}^+$ -каналы большей частью открыты, однако  $\text{Na}^+$  и  $\text{Ca}^{2+}$ -каналы в основном закрыты. Из-за различий в концентрации ионы  $\text{K}^+$  имеют тенденцию к выходу из клетки. Однако выход положительно заряженных ионов калия ограничивается отрицательно заряженными анионами белков.

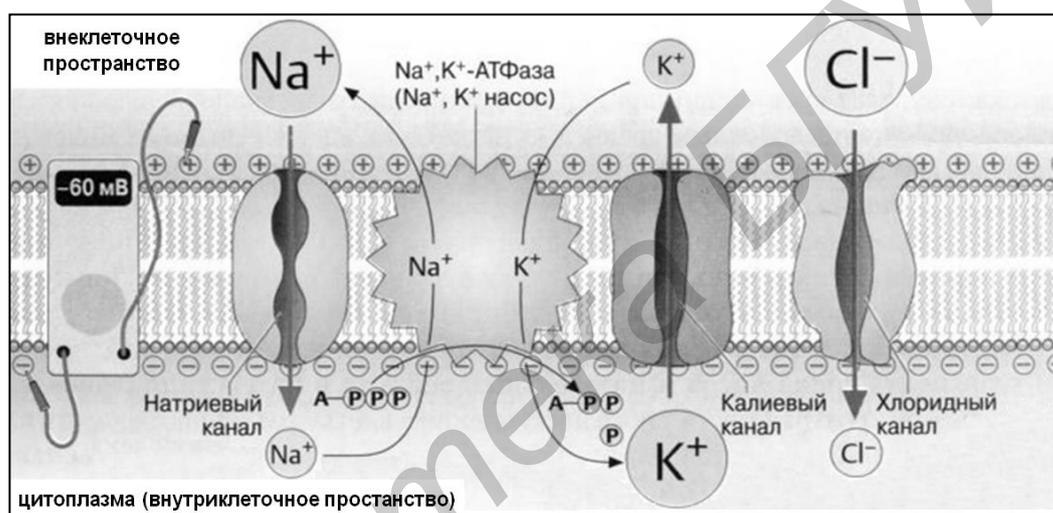


Рис. 1.4. Образование мембранного потенциала клетки

Таким образом, катионы натрия и анионы хлора являются основными компонентами внеклеточной среды, в клетке преобладающим катионом является калий, анионы представлены белками. Поскольку ионы неравномерно распределены между внутри- и внеклеточной средами, на поверхности клеточной мембраны создается разность потенциалов, называемая мембранным потенциалом. Благодаря этому, внутренняя часть клетки по отношению к окружающей среде заряжена отрицательно. Это так называемый потенциал покоя. При помощи чувствительных инструментов разность потенциалов может быть измерена. Она составляет примерно 60–80 мВ.

Процессы транспорта различных компонентов между клеткой и окружающей средой играют важную роль в поддержании «внутренней среды» (гомеостаз). Существует различие между пассивными и активными (энергозависимыми) транспортными процессами. Пассивный транспорт включает свободную диффузию и облегченную (например, диффузия глюкозы и аминокислот через стенки слизистой кишечника), осмос и фильтрацию (например, глюкозы и аминокислот

через тканевые капилляры). Активные (с энергопотреблением) процессы включают активный транспорт (например ионов), а также эндоцитоз и экзоцитоз (например белков).

Каждая клетка, за исключением эритроцита, содержит **ядро**. Однако существуют клетки, содержащие два ядра (некоторые клетки печени) или даже большее их количество, такие как, например, остеокласты костной ткани (5–20 ядер) или клетки скелетных мышц (более 1000 ядер). Клетки, не содержащие ядра, не способны к дальнейшему делению.

От окружающей цитоплазмы ядро отделено двумя элементарными мембранами (внешней и внутренней), но сообщается с эндоплазматическим ретикулом посредством так называемых *ядерных пор*. В ядре содержатся *ядрышки* – центры образования *рибосомальной (матричной) РНК* (рРНК или мРНК). Поэтому в неактивных клетках ядрышки незаметны, но хорошо видны в метаболизирующих клетках, в которых происходит синтез белка. В таких клетках можно наблюдать многочисленные ядрышки. Размеры и форма ядра варьируют от клетки к клетке: по форме оно может быть круглым, дольчатым или вытянутым. Форма и размер ядра клетки в данный момент времени также зависят от фазы клеточного цикла. Например, в фазе деления становятся видимыми нитевидные структуры – *хромосомы*, в то время как в фазе между делениями (*интерфазе*) они не видны.

Хромосомы являются носителями генов, определяющих наследственные свойства. Ядра клеток человека содержат 46 хромосом в виде двойного набора по 23 хромосомы каждый (23 отцовские, 23 материнские хромосомы). Таким образом, они являются диплоидными. Индивидуальные хромосомы различаются по размеру, длине плеча и положению сегментов. По этим показателям индивидуальные пары хромосом можно отнести к специфическим группам (*кариотипам*) и пронумеровать в порядке убывания их размера от 1 до 22. Пара хромосом под номером 23 определяет пол. За исключением половых хромосом, мужские и женские хромосомы по своим генетическим характеристикам соответствуют друг другу. В то время как в женских клетках находятся две половые хромосомы одинакового размера, в мужских клетках присутствует одна большая и одна малая половые хромосомы.

У человека 23 пары хромосом содержат удвоенный набор 30 000–40 000 наследственных маркеров или генов. Ген определяет, сколько аминокислот входит в тот или иной белок и в какой последовательности они должны располагаться. В среднем, один ген состоит из 300–3000 триплетов (определенное сочетание трех азотистых оснований). Для полной реализации информации о структуре какого-либо белка может потребоваться несколько генов. Каждый ген содержится в каждой клетке тела в виде двух копий. Одна копия происходит из мужской, другая – из женской хромосомы (*диплоидный набор*).

**Клеточный центр (центросома)** – органоид, расположенный вблизи ядра, состоящий из двух мелких гранул – *центриолей*, окруженных лучистой сферой. С помощью электронного микроскопа установлено, что каждая центриоль представляет полый открытый цилиндр, состоящий из 27 микротрубочек, пред-

ставляющих собой жесткие волокнистые белки и сгруппированных по три. Функция centrosомы состоит в образовании полюсов деления и растягивании хроматид с помощью веретена деления в анафазе митоза.

Все биохимические процессы в клетке происходят в постоянных упорядоченных клеточных структурах – **органеллах**, выполняющих присущие только им функции. Часть органелл образована элементарными мембранами, которые обладают избирательной проницаемостью. Это митохондрии, комплекс Гольджи, эндоплазматическая сеть, лизосомы, микротельца. Другие органеллы немембранные: centrosома, микротрубочки, реснички, жгутики. Кроме того, в клетке имеются различные фибриллярные структуры (микрофибриллы и микрофиламенты). Количество органелл в различных клетках определяется типом и функцией клеток. Различают следующие основные клеточные органеллы: эндоплазматический ретикулум; рибосомы; аппарат Гольджи; лизосомы; центриоли; митохондрии (см. рис. 1.2).

**Эндоплазматический ретикулум (ЭР)** пронизывает цитоплазму в виде трубчатых и везикулярных структур, окруженных элементарными мембранами. Он делит внутреннюю часть клетки на части и обеспечивает *внутриклеточный транспорт веществ* по своим каналам. За счет большой поверхности эндоплазматический ретикулум обеспечивает быстрое протекание специфических обменных процессов (например, синтез белков и липидов), а также служит мембранным резервом, т. е. является источником новых мембран. Многие участки эндоплазматического ретикулума усеяны мелкими гранулярными структурами – рибосомами (гранулярный ЭР), исключительной функцией которых является синтез белков (рис. 1.5). Наличие гранулярного эндоплазматического ретикулума особенно характерно для клеток поджелудочной железы. При отсутствии рибосом эндоплазматический ретикулум называется гладким ЭР. Такой тип характерен для секреторных клеток эндокринных органов. За исключением эритроцитов, все клетки содержат эндоплазматический ретикулум.

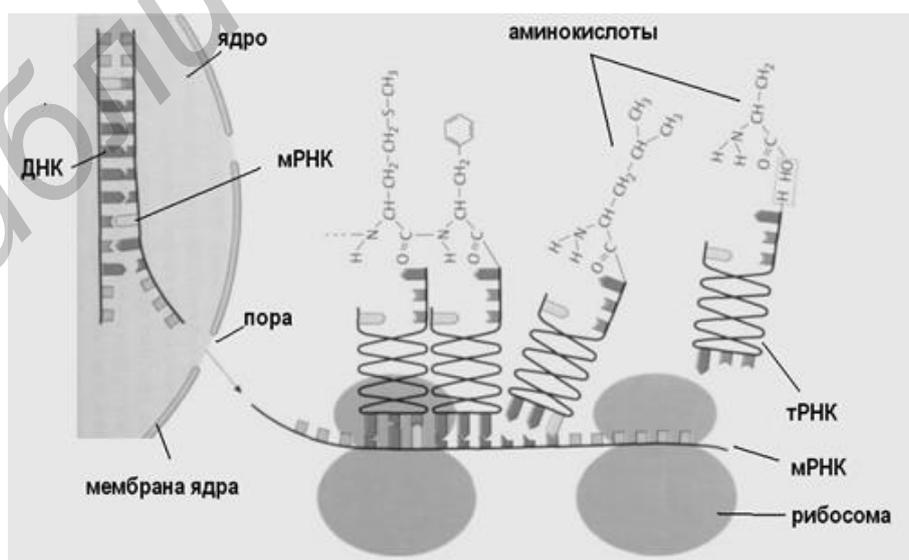


Рис. 1.5. Схема синтеза белка в клетке

Рибосомы осуществляют синтез белка и встречаются в клетке или отдельно, т. е. в форме свободных рибосом, или связанные с цитоплазматическим ретикуломом (в форме гранулярного ЭР). Элементарная мембрана у рибосом отсутствует. Субъединицы рибосом синтезируются в ядрышках и через поры ядерной мембраны поступают в цитоплазму, где располагаются либо на мембранах эндоплазматической сети, либо свободно. При синтезе белков они могут объединяться на информационной РНК в группы (полисомы) числом от 5 до 70.

Рибосомы, входящие в состав гранулярного ЭР, осуществляют синтез белков на экспорт (например, как в клетках секреторных органов). Свободные рибосомы продуцируют внутриклеточные белки (ферменты и структурные белки). Рибосомы содержат комплексы, состоящие из ряда ферментов, белков и молекул *рибонуклеиновой кислоты* (рибосомальная РНК, рРНК). Посредством этих комплексов создаются цепочки аминокислот, необходимые для синтеза белка. Рибосомальная РНК является также структурным компонентом рибосом.

**Комплекс Гольджи** состоит из нескольких телец Гольджи и представляет собой систему внутренних канальцев, необходимых для переваривания и экскреции веществ в форме *мембранно-связанных секреторных вакуолей*. По этому механизму также образуются лизосомы. Каналы и цистерны комплекса Гольджи соединены с каналами эндоплазматической сети. Основные его функции: концентрация, обезвоживание и уплотнение синтезированных в клетке белков, жиров, полисахаридов и веществ, поступивших извне, и подготовка их к выведению из клетки либо использованию в самой клетке; образование лизосом и сборка сложных комплексов органических веществ, например, белков и полисахаридов (гликопротеидов). Один участок тельца Гольджи предназначен для *захвата* веществ, а другой – для их *экскреции*. Предшественники экскретируемых белков мигрируют из гранулярного эндоплазматического ретикула на соответствующий участок тельца Гольджи. В ходе этого процесса происходит слияние мембран вакуолей с клеточной мембраной. Поэтому обновление клеточной мембраны является важной функцией аппарата Гольджи.

*Лизосомы* – шаровидные тельца, покрытые элементарной мембраной и содержащие около 30 гидролитических ферментов, способных расщеплять белки, нуклеиновые кислоты, жиры и углеводы. Образование лизосом происходит в комплексе Гольджи. При участии этих ферментов происходит расщепление попавших в клетки чужеродных веществ, микроорганизмов или поврежденных органелл собственных клеток. Продукты расщепления в виде метаболитов используются клеткой для дальнейших синтезов (реутилизация). Мембраны лизосом защищают здоровую клетку от неконтролируемой активности лизосомальных ферментов. В поврежденной клетке высвобождение лизосомальных ферментов способствует процессам тканевого автолиза (например, при гнойных абсцессах).

При попадании в цитоплазму клетки пищевых веществ ферменты лизосом принимают участие в их переваривании. Лизосомы могут разрушать структуры самой клетки при повреждении их мембран и временные органы эмбрио-

нов и личинок, например, хвост и жабры в процессе развития головастика лягушек. Продукты лизиса поступают в цитоплазму через мембрану лизосом и включаются в дальнейший обмен веществ.

**Митохондрии** представляют собой мелкие нитевидные структуры, размером 2–6 мкм. В разных количествах они обнаружены во всех клетках, за исключением эритроцитов. Стенки митохондрий состоят из внутренней и наружной элементарных мембран. Внутренняя мембрана имеет многочисленные складки и поэтому обладает большой площадью поверхности (рис. 1.6).

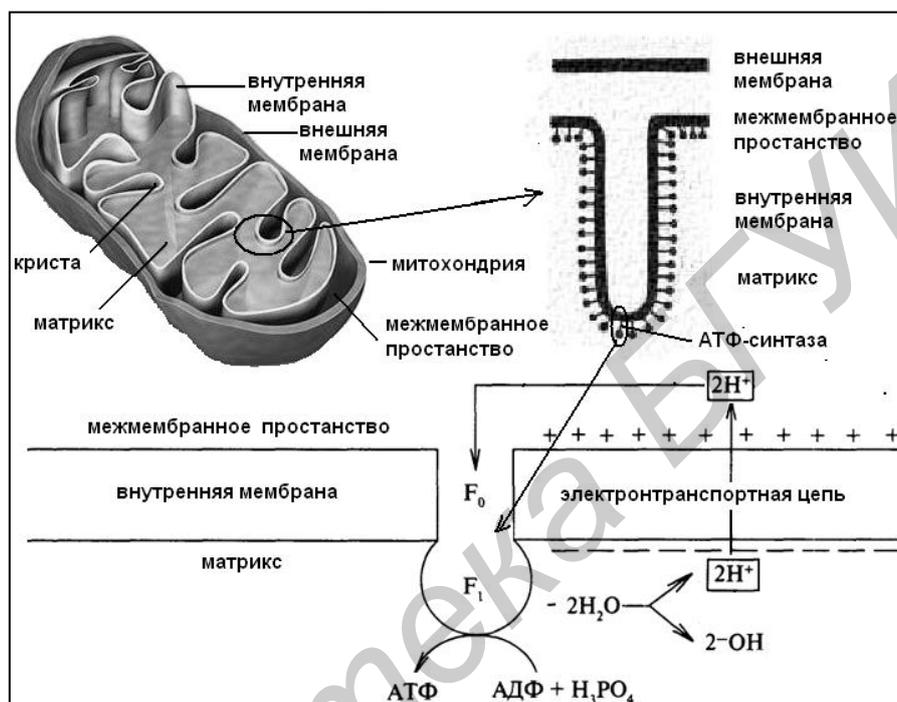


Рис. 1.6. Строение митохондрии и схема синтеза АТФ

Митохондрии являются «энергетическими станциями» клетки, так как обеспечивают ее энергией, необходимой для осуществления всех метаболических процессов. Эта энергия производится в форме универсального биологического топлива АТФ, который синтезируется с помощью фермента АТФ-синтазы, являющегося трансмембранным белком внутренней мембраны митохондрий.

Движущей силой работы АТФ-синтазы является направленный поток протонов, градиент концентрации которых создается электротранспортной цепью внутренней митохондриальной мембраны. АТФ содержит остатки трех молекул, связанных между собой: азотистое основание – *аденин*, сахар – *рибозу* и три *фосфатных* остатка (аденозинтрифосфат). При отщеплении одного фосфатного остатка происходит высвобождение энергии. Из митохондрий АТФ поступает в те места клетки, где необходима энергия для осуществления транспорта веществ через клеточную мембрану, синтеза белка и других клеточных компонентов, процессов мышечного сокращения.

## 1.2. ТКАНИ

**Ткань** – это совокупность клеток и межклеточного вещества, специализирующихся на выполнении определенных функций. В ряде случаев клетки, составляющие ткань, характеризуются общностью происхождения и строения.

Клетки в организме не могут существовать изолированно, в совокупности с межклеточным веществом они формируют ткани. Межклеточное вещество – это совокупный продукт деятельности клеток, содержание, состав и физико-химические свойства которого служат характерным признаком каждой ткани. Основным компонентом ткани являются клетки, но иногда межклеточное вещество может играть более важную роль, обеспечивая, например, механическую прочность кости или хряща.

Различают **четыре** основных морфофункциональных **вида тканей**:

- 1) эпителиальная ткань;
- 2) соединительная ткань;
- 3) мышечная ткань;
- 4) нервная ткань.

### 1.2.1. Эпителиальная ткань

**Эпителиальная ткань** по функциональному признаку делится на следующие типы:

- а) *поверхностный эпителий*;
- б) *железистый эпителий*;
- в) *сенсорный эпителий*.

Эпителиальные ткани (эпителий) осуществляют преимущественно пограничную, или покровную (защитную) и секреторную функции. Находясь на границе между тканями тела и внешней средой, они выполняют защитную, или барьерную, функцию. Посредством процессов *секреции (выделения веществ)* и *резорбции (поглощения веществ)* эпителиальные клетки обеспечивают взаимодействие организма с окружающей средой. Клетки железистого эпителия, образующие железы, выделяют секрет во внутренние полости или на поверхность тела посредством выводных протоков желез (*экзокринные железы*) или непосредственно в кровь (*эндокринные или беспротоковые железы*). Органы чувств содержат сенсорный эпителий, участвующий в *сенсорном восприятии* (например, эпителий глазной сетчатки).

Клетки эпителия примыкают к тонкой *базальной мембране (гиалиновая мембрана)*, которая обеспечивает им механическую поддержку. Базальная мембрана – особое структурное образование между эпителием и подлежащей рыхлой соединительной тканью.

Клетки эпителия расположены в один или несколько слоев тесно сомкнутыми пластами. В эпителиальной ткани практически отсутствует межклеточное вещество, в ней также нет сосудов, в результате чего питание осуществляется

путем диффузии из подлежащей соединительной ткани. Для клеток эпителия характерна высокая способность к регенерации – восстановлению после повреждения.

**Поверхностный эпителий.** По форме клеток поверхностный эпителий подразделяется на *ороговевающий*, *кубический* и *столбчатый*, а по положению клеток относительно базальной мембраны бывает *простой*, *многослойный* (больше чем один слой) и *псевдомногослойный*. Многослойный эпителий называется по форме поверхностных клеток, например, многослойный ороговевающий эпителий. В псевдомногослойном эпителии все клетки лежат на базальной мембране, однако не обязательно все достигают поверхности (например, двойной слой мерцательного эпителия дыхательного тракта). Особую форму псевдомногослойного эпителия представляет *переходный эпителий слизистой оболочки мочевого пузыря*, адаптированный к изменениям площади поверхности (рис. 1.7).

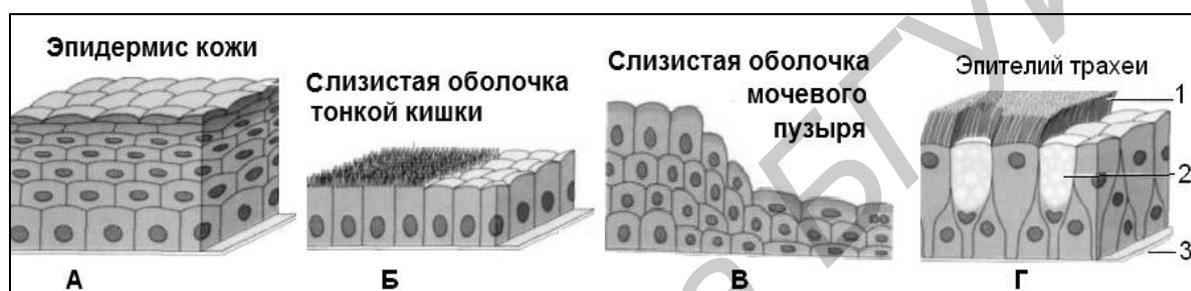


Рис. 1.7. Эпителиальная ткань различных органов:

А – многослойный ороговевающий эпителий; Б – простой столбчатый эпителий; В – переходный эпителий: клетки сокращены при пустом и растянуты при наполненном пузыре; Г – многослойный реснитчатый эпителий трахеи: 1 – реснички; 2 – гранулоциты; 3 – базальная мембрана

Эпителиальная ткань покрывает поверхность тела, выстилает слизистые оболочки, отделяя организм от внешней среды, выполняет покровную и защитную функции, а также образует железы.

Кожа покрыта многослойным (плоским) сквамозным эпителием. В наружном слое клеток чешуйчатого псевдомногослойного кожного эпителия присутствуют погибшие клетки. Поэтому он представляет собой ороговевающий слой, играющий защитную роль.

Слизистые оболочки, в зависимости от строения и функции, выстланы однослойным простым столбчатым эпителием (тонкая и толстая кишки, желудок, дыхательные пути: гортань, трахея, бронхи) или неороговевающим многослойным эпителием (ротовая полость, глотка, пищевод, конечный отдел прямой кишки). Слизистая оболочка мочевыводящих путей покрыта переходным эпителием. Из железистых клеток могут быть построены отдельные эпителиальные органы (потовые, слюнные, слёзные железы, а также поджелудочная железа). Часто вещества, входящие в состав секрета, выделяемого железами, не используются локально. В случае *экзокринных желез* они доставляются к месту утилизации посредством специального выводного протока. При отсутствии выводного протока, как это имеет место, например, для *эндокринных желез* (щитовидной,



гипофиза), вещества попадают в кровь, которая служит их переносчиком.

Наружная мембрана клеток, способных захватывать или секретировать различные вещества, часто имеет характерные мелкие удлинённые выросты (*микроворсинки*), увеличивающие поверхность клетки (рис. 1.7, Б). При такой щеточной поверхности усиливается поглощение питательных веществ из тонкого кишечника, а, например, в желчном пузыре происходит сгущение желчи за счет резорбции жидкости.

*Стереоцилии* (неподвижные цилии) представляют собой пример специфической организации клеточной поверхности. Волоски сенсорных клеток тоньше микроворсинок и часто располагаются пучками на клеточной поверхности. Эпителиальные клетки, снабженные стереоцилиями, выстилают проток придатка яичка и, подобно микроворсинкам, выполняют секреторную и фагоцитарную функции.

Если стереоцилии участвуют в процессах, включающих движение, то они называются цилии. Например, клетки бронхиального эпителия снабжены цилиями (рис. 1.7, Г). На каждой клетке находится 200–300 цилий. Они совершают быстрые колебательные движения (примерно 20 колебаний в секунду), посредством которых слизь распределяется по поверхности эпителия.

**Железистый эпителий.** Железы бывают одноклеточные и многоклеточные. *Одноклеточные железы* бокаловидной формы (например слизистые) располагаются среди клеток эпителиальной выстилки желудка, кишок, дыхательных путей. Образующийся в этих бокаловидных клетках секрет, состоящий из гликопротеидов, выделяется в просвет органов, в стенках которых эти клетки располагаются.

*Многоклеточные железы* делят на 3 группы: *экзокринные* (вырабатывающие ферменты), *эндокринные* (выделяющие гормоны) и *смешанные* железы, в которых одновременно присутствуют экзокринная и эндокринная части. В зависимости от строения протоков, железы делятся на *простые*, не имеющие разветвлений начального отдела (потовые, сальные железы), *простые разветвленные* и *сложные*, имеющие более или менее разветвленный начальный отдел (слюнные железы, печень) (рис. 1.8).

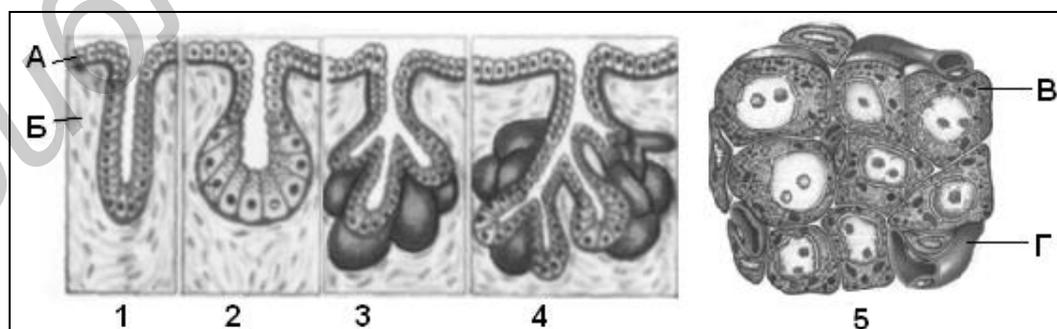


Рис.1.8. Строение многоклеточных экзокринных и эндокринной желез:

1, 2 – простые железы (трубчатая и альвеолярная); 3, 4 – сложные разветвленные железы; 5 – эндокринная часть поджелудочной железы (островок Лангерганса); А – эпителий; Б – волокнистая соединительная ткань; В – клетки, выделяющие гормоны; Г – капилляр

Многоклеточные железы вырабатывают различные секреты: белковый (серозные железы), слизь (слизистые) или смешанный, если секреторный отдел железы состоит из серозных и слизистых клеток. В последние годы получены интересные данные о том, что слюнные железы вырабатывают инсулиноподобные вещества.

Восстановление клеток желез и поверхностных слизистых клеток происходит благодаря делению клеток, расположенных в области перешейка.

Смешанные железы содержат в одном органе экзокринную часть, секрет из которой выводится через проток, и эндокринную часть в виде скоплений эндокринных клеток (поджелудочная железа, половые железы). Поджелудочная железа состоит из экзокринной и эндокринной частей. Так экзокринная часть поджелудочной железы представляет собой сложную альвеолярно-трубчатую железу, клетки которой содержат большое количество гранул пищеварительных ферментов и имеют развитую эндоплазматическую сеть с высоким содержанием рРНК, необходимую для синтеза ферментов. Эндокринная часть поджелудочной железы образована группами *панкреатических островков (островки Лангерганса)*, которые сформированы клеточными скоплениями, богатыми капиллярами. Клетки секретируют гормоны *инсулин, глюкагон и соматостатин*, контролирующие уровень сахара крови, обмен углеводов и жиров для альфа-клеток, в которых активизируется синтез глюкагона. Последний способствует распаду гликогена в гепатоцитах и выходу сахара в кровь.

*Желудочные железы* – простые, трубчатые, неразветвленные. У человека их около 35 млн. Выделяют четыре типа клеток: *главные клетки* вырабатывают пищеварительные ферменты пепсиноген и реннин (соответственно клетки имеют высокоразвитый ЭР и гранулы с ферментом); *париетальные клетки* вырабатывают соляную кислоту (имеют большое число внутриклеточных секреторных канальцев); *слизистые (мукоциты)* вырабатывают слизистый секрет (различим под микроскопом ЭР и гранулы); *желудочные эндокриноциты* вырабатывают серотонин, эндорфин, гистамин и другие биологически активные вещества.

**Сенсорный эпителий.** Эпителий органов чувств представлен специфическими тканевыми формами. Сенсорные клетки эпителия функционируют как *рецепторы сигналов* (сенсорная функция). Они преобразуют поступающий от раздражителя сигнал (световой, химический, механический, болевой) в электрический и затем передают его по нервному волокну в виде импульса (рис. 1.9).

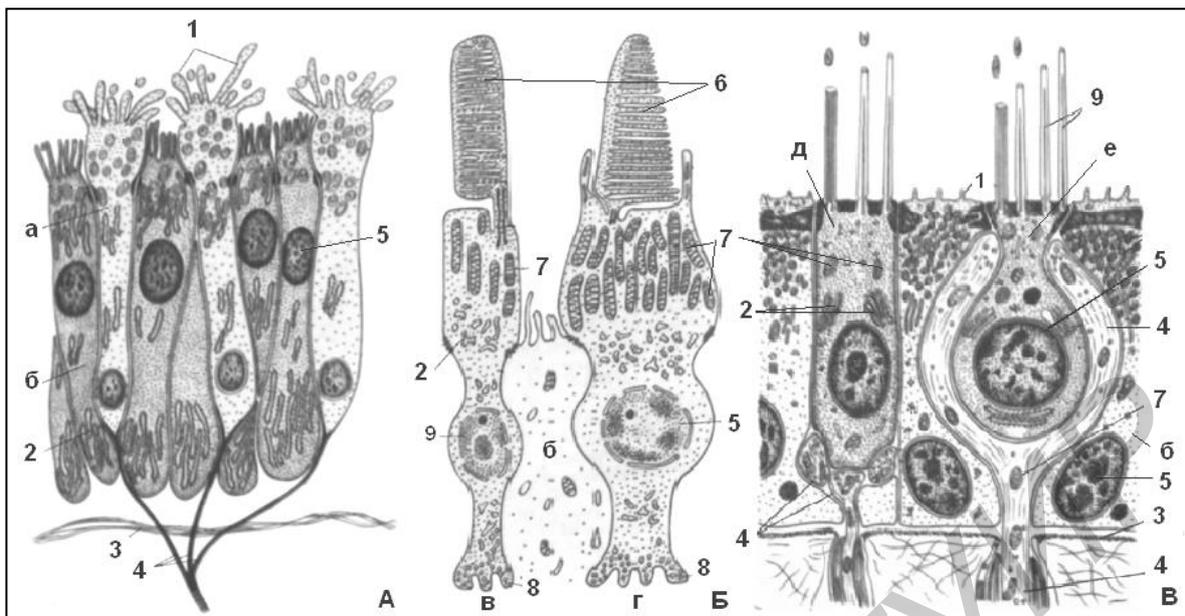


Рис. 1.9. Схема строения сенсорных клеток:

А – обонятельный эпителий: а – обонятельная нейросенсорная клетка; б – поддерживающая клетка; Б – фоторецепторные клетки: в – палочковидная зрительная клетка; г – колбочка; В – клетки вестибулярного анализатора: д – волосковые клетки первого типа; е – волосковые клетки второго типа; 1 – микроворсинки; 2 – эндоплазматический ретикулум; 3 – базальная мембрана; 4 – нервное волокно; 5 – ядро; 6 – светочувствительные диски; 7 – митохондрии; 8 – область синапса с биполярным нейроцитом; 9 – статические волоски

### 1.2.2. Соединительная ткань

К *соединительным тканям* относят:

- а) *собственно соединительную ткань* – рыхлую и плотную;
- б) *скелетные соединительные ткани* – хрящевую и костную;
- в) *соединительную ткань со специальными свойствами* – в эту группу включают жировую ткань, кровь, лимфу и кроветворные ткани.

*Соединительные ткани* широко распространены в организме человека. Обычно соединительная ткань образует капсулы органов, футляры нервов и оболочки сосудов, а также связывает органы между собой. Эти ткани характеризуются выраженным преобладанием межклеточного вещества над клетками. Соединительная ткань образует пассивную часть опорно-двигательной системы – кости и хрящи; в форме связок она поддерживает суставы, а в форме сухожилий – обеспечивает передачу усилий от мышцы к кости. Эта ткань образует строму большинства внутренних органов и формирует тем самым их внутренний каркас; она образует и внешний каркас органов – капсулы.

Соединительные ткани выполняют в организме человека многочисленные функции: защитную, опорную, транспортную, трофическую и др. Обмен всеми метаболитами осуществляется в межклеточной среде. Питательные вещества, содержащиеся в крови, диффундируют в межклеточную среду. Оттуда они попадают в клетки. Таким образом, соединительная ткань осуществляет трофическую функцию. Соответственно, выходящие из клеток вещества при участии

этой ткани попадают в капилляры и лимфатические сосуды. Трофическую функцию осуществляет также жировая ткань, которая служит питательным резервом организма.

Соединительные ткани отвечают за водный баланс. Большая часть внеклеточной жидкости находится в межклеточном пространстве рыхлой соединительной ткани, в которой может быть сосредоточено большое количество воды. При заболеваниях сердца и почек избыток жидкости в тканях может вызвать отек.

Защитная функция соединительной ткани проявляется при заживлении ран и работе клеток иммунной системы, которые находятся в этой ткани. Раны заживают за счет образования соединительной ткани (*грануляционная ткань*) с последующим ее огрубением и формированием шрама. Некоторые специализированные клетки соединительной ткани, находящиеся в «свободном состоянии» (различные типы лейкоцитов) защищают организм от патогенных микробов и чужеродных веществ. Они обладают способностью к *фагоцитозу* (захвату частиц) и поддерживают защитные функции организма, образуя антитела.

Межклеточное вещество представлено двумя компонентами: *основным веществом* (посредник между кровеносными сосудами и органами) и *волоknистыми структурами* (связующее звено организма). Основное вещество состоит из интерстициальной жидкости, белков, полисахаридов и гликопротеинов.

Белки и полисахариды определяют консистенцию интерстициальной жидкости. Благодаря способности связывать воду, они, например, обеспечивают эластические свойства суставных хрящей и прозрачность роговицы.

Волоknистые структуры подразделяются на три типа: *коллагеновые*, *эластические* и *ретикулярные*. Коллагеновые волокна не растягиваются и возникают в местах, где развиваются напряжения (сухожилия, связки). Ретикулярные волокна гибкие, и их разветвленная сеть формирует основную структуру таких органов, как лимфоузлы и селезенка. Эластические волокна способны сильно и обратимо растягиваться. При этом их длина может увеличиваться более чем в 1,5 раза (кровеносные сосуды).

***Собственно соединительная ткань*** подразделяется на (рис. 1.10):

- а) рыхлую соединительную ткань;*
- б) плотную соединительную ткань.*

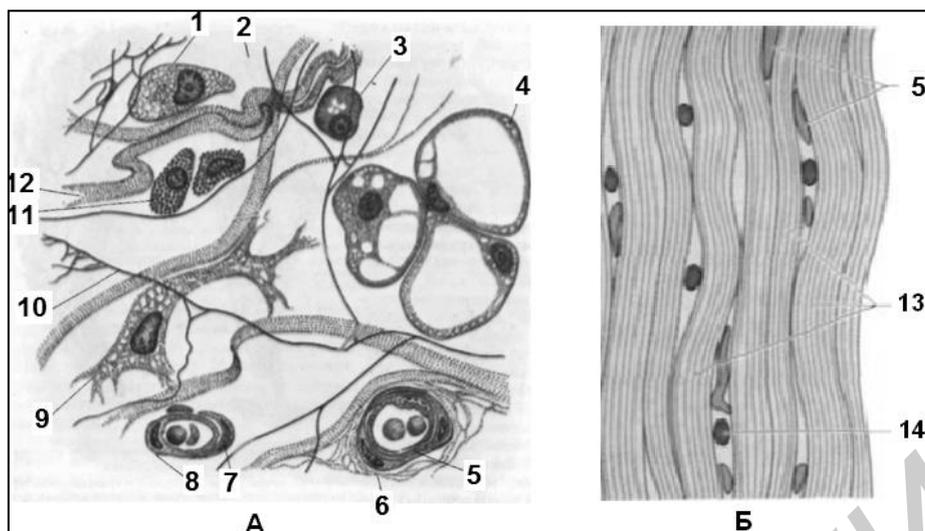


Рис. 1.10. Схема строения рыхлой и плотной соединительной тканей:

А – рыхлая волокнистая ткань; Б – плотная белая соединительная ткань сухожилия; 1 – макрофагоцит; 2 – межклеточное вещество; 3 – плазмоцит (плазматическая клетка); 4 – липоцит (жировая клетка); 5 – кровеносный сосуд; 6 – миоцит; 7 – перицит; 8 – эндотелиоцит; 9 – фибробласт; 10 – эластическое волокно; 11 – тканевой базофил (тучная клетка); 12 – коллагеновое волокно; 13 – нерастяжимые коллагеновые волокна; расположенные параллельно (сухожильные волокна); 14 – ядро клетки; находящейся в сухожилии

**Рыхлая соединительная ткань** характеризуется сравнительно невысоким содержанием только ретикулярных волокон в межклеточном веществе, которые формируют тонкие растяжимые трехмерные сети. Она покрывает снаружи мышцы и ряд внутренних органов. Коллагеновые волокна отличаются высокой механической прочностью и составляют основу плотной волокнистой соединительной ткани (сухожилия, связки и фасции). Эластические волокна по механическим свойствам менее прочные, они способны растягиваться, а после прекращения действия силы возвращаться к исходной длине и толщине. Плотная соединительная ткань отличается высоким содержанием волокон, преимущественно коллагеновых, формирующих толстые пучки, которые занимают основной объем ткани.

Рыхлая соединительная ткань образует строму, соединяющую отдельные ткани органов; она также фиксирует на своих местах нервы и сосуды, образуя вокруг них футляры. Эта ткань служит резервуаром для воды и дает возможность смещаться другим тканям. В *рыхлой волокнистой соединительной ткани* находится значительное количество различных клеточных элементов и волокон, беспорядочно ориентированные в основном веществе. Располагается эта ткань преимущественно по ходу кровеносных и лимфатических сосудов, нервов, покрывает мышцы. Клеточный состав рыхлой соединительной ткани представлен фибробластами, фиброцитами, плазмócитами, тканевыми базофилами, липоцитами, пигментными клетками, эндотелиоцитами и перицитами сосудов, а также макрофагоцитами.

*Фибробласты* – основная разновидность клеток соединительной ткани –

крупные клетки с хорошо выраженной зернистой эндоплазматической сетью и комплексом Гольджи. Фибробласты синтезируют и выделяют компоненты межклеточного вещества. Заканчивая свой цикл развития, фибробласты превращаются в фиброциты – отростчатые клетки, содержащие множество вакуолей.

*Фиброциты* не синтезируют или крайне слабо синтезируют основное вещество соединительной ткани. *Плазмоциты (плазматические клетки)* – клетки иммунной системы, синтезирующие антитела (белки иммуноглобулины).

*Тканевые базофилы (тучные клетки)* – большие клетки, богатые крупными гранулами, содержащими гепарин (снижает свертываемость крови) и гистамин (увеличивает проницаемость сосудов).

*Макрофагоциты* – крупные клетки, имеющие большое количество псевдоподий и выростов цитоплазмы, покрытых плазматической мембраной, богатые лизосомами и фагосомами, способные к фагоцитозу.

*Липоциты* – жировые клетки округлой формы, которые накапливают жир. Последний занимает практически всю клетку, а цитоплазма и уплощенное ядро лежат по периферии, окружая каплю жира. Скопления липоцитов образуют жировую ткань. *Пигментные клетки* содержат множество зерен меланина.

**Плотная белая волокнистая соединительная ткань** состоит из волокон и небольшого количества клеток (см. рис. 1.10, Б). *Плотная волокнистая соединительная ткань* может быть *неоформленной* и *оформленной*. В неоформленной ткани коллагеновые волокна расположены пучками, которые переплетены между собой (капсулы органов, сетчатый слой дермы, склера, твердая оболочка мозга).

В оформленной ткани коллагеновые волокна участвуют в двигательных процессах (передача усилия от мышц к кости). Поэтому они расположены параллельными пучками, видными невооруженным глазом (например, связки, сухожилия, фиброзные мембраны и апоневрозы).

Стенки сосудов также состоят из соединительной ткани. *Внутренняя оболочка* образована эндотелием, подэндотелиальным слоем и внутренней эластической мембраной. *Эндотелиоциты* выстилают просвет сосуда. Самые мелкие сосуды – кровеносные капилляры имеют стенки, образованные одним слоем уплощенных эндотелиоцитов, сплошной или прерывистой базальной мембраной и редкими перикапиллярными клетками-перипитами.

В группу **скелетных соединительных тканей** входят:

- а) *хрящевые*;
- б) *костные* ткани.

**Хрящевая ткань** локализуется в скелете и дыхательных путях. Она состоит из хрящевых клеток *хондробластов* и *хондроцитов*, а также основного (хрящевого межклеточного) вещества, находящегося в состоянии геля, в котором имеются соединительно-тканые волокна (рис. 1.11).

В зависимости от типа и плотности волокон, различают три группы хрящей: *гиалиновый хрящ*, *эластический хрящ* и *волокнистый хрящ*. У взрослого человека ни один из перечисленных типов хрящей не содержит кровеносных сосудов. Питание хрящей осуществляется либо за счет диффузии через покрывающую их

оболочку (*надхрящницу*), либо непосредственно из синовиальной жидкости (суставные гиалиновые хрящи). Развитие хряща начинается с формирования надхрящницы, но хрящ обладает ограниченной способностью к регенерации. Без надхрящницы (гиалиновые хрящи) регенерация не происходит. Хрящи обладают *высокой устойчивостью к давлению*, способностью к *эластичной деформации* и противостоят истиранию.

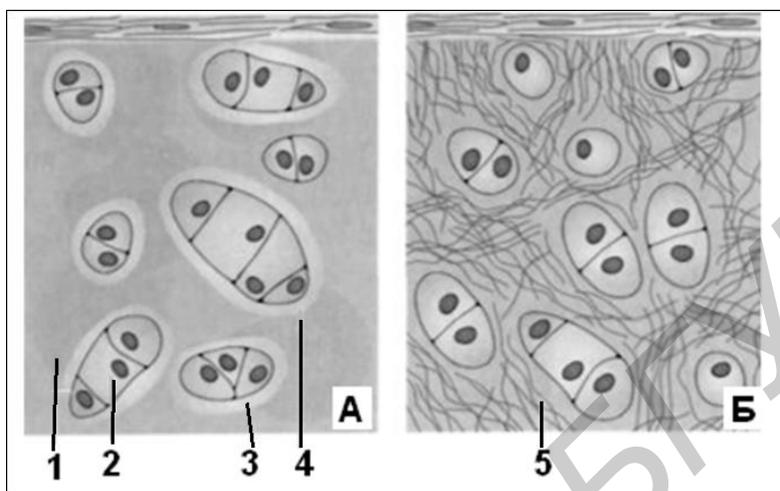


Рис. 1.11. Хрящевая ткань:

А – гиалиновый хрящ; Б – эластический хрящ; 1 – основное хрящевое вещество (внеклеточный матрикс); 2 – хрящевая клетка (хондроцит); 3 – хрящевое гало; 4 – группа хондроцитов; 5 – эластические волокна основного хрящевое вещества

*Гиалиновый хрящ* – наиболее распространенный в организме вид хрящевых тканей. Он образует скелет у плода, передние концы ребер, хрящи носа, большинство хрящей гортани, трахеи и крупных бронхов, покрывает суставные поверхности. Название ткани обусловлено внешним сходством с матовым стеклом (от греч. *hyalos* – стекло) и имеет голубоватый оттенок.

В эмбриональном периоде большая часть скелета закладывается в форме хрящей. При последующем росте организма между *эпифизом* (растущим участком кости) и телом кости образуется гиалиновый хрящ, который замещается костной тканью только после прекращения роста (*окостеневает*).

Суставные гиалиновые хрящи являются единственным типом хрящей, не содержащих надхрящницы. Поэтому при их разрушении (в результате воспалительных или дегенеративных процессов в суставах) последующей регенерации не происходит.

*Эластический хрящ* характеризуется гибкостью и способностью к обратимой деформации. Из него состоит хрящ ушной раковины, наружного слухового прохода, слуховой трубы, надгортанник. В отличие от гиалинового хряща, наряду с клетками (хондроцитами) содержит не только коллагеновые, но и многочисленные сложно переплетающиеся эластические волокна и *не окостеневает*. Из-за присутствия эластичных волокон хрящ обладает желтоватой окраской.

*Волокнистый хрящ* обладает значительной механической прочностью. В отличие от гиалинового хряща, в волокнистом хряще находится гораздо больше коллагеновых волокон, которые и придают ему особую прочность. Волокнистый хрящ локализуется в таких местах скелета, которые часто находятся под нагрузкой, за счет действия сухожилий и связок. Он образует межпозвоночные диски, внутрисуставные диски и мениски. Этим хрящом покрыты суставные поверхности в височно-нижнечелюстном и грудинно-ключичном суставах, лобковый симфиз.

**Костная ткань** является основной опорной тканью и структурным материалом для костей, т. е. для скелета. Полностью дифференцированная кость является самым прочным материалом организма, за исключением зубной эмали. Она очень *устойчива к сжатию и растяжению* и исключительно устойчива к *деформациям*. Поверхность кости (за исключением сочлененных поверхностей) покрыта *оболочкой (надкостницей)*, которая обеспечивает заживление кости после переломов.

Костные ткани образуют скелет, защищающий внутренние органы от повреждений, входящий в локомоторный аппарат (передвижение) и являющийся депо минеральных веществ в организме.

Костная ткань отличается особыми механическими свойствами. Она состоит из костных клеток, замурованных в костное основное вещество, которое пропитано минеральными веществами, преимущественно кальцием, и содержит коллагеновые волокна.

В межклеточном веществе костной ткани располагаются пучки коллагеновых волокон. В зависимости от степени их упорядоченности выделяют два типа костной ткани: *ретикулофиброзную* (грубоволокнистую) и *пластинчатую*.

*Ретикулофиброзная (грубоволокнистая) ткань* характеризуется неупорядоченным, хаотичным расположением коллагеновых волокон в костном матриксе, отличается небольшой механической прочностью и обычно образуется в тех случаях, когда остеобласты формируют межклеточное вещество с большой скоростью. Из этого вида ткани состоят кости плода, которые по мере его роста и созревания замещаются *пластинчатой костной тканью*, которая образуется при перестройке грубоволокнистой костной ткани и врастании в кость сосудов. Пластинчатая ткань наиболее распространена в организме. Представлена она костными пластинками толщиной от 4 до 15 мкм, которые состоят из остеоцитов и тонковолокнистого костного межклеточного вещества. Соединительно-тканые волокна в толще каждой пластинки лежат параллельно друг другу и ориентированы в определенном направлении. Ее минерализованное межклеточное вещество состоит из особых костных пластинок, содержащих высокоупорядоченные, параллельно расположенные коллагеновые волокна.

Различают следующие костные клетки: *остеобласты, остеоциты и остеокласты*.

*Остеобласты* – это молодые, активно делящиеся костные клетки, секретирующие неминерализованное межклеточное вещество и обеспечивающие его обызвествление. Остеобласты имеют многоугольную, кубическую форму,



они богаты элементами зернистой цитоплазматической сети, рибосомами и хорошо развитым комплексом Гольджи. Остеобласты постепенно дифференцируются в остеоциты, при этом количество органелл в них уменьшается. Межклеточное вещество, образуемое остеобластами, окружает их со всех сторон, пропитывается солями кальция (рис. 1.12).

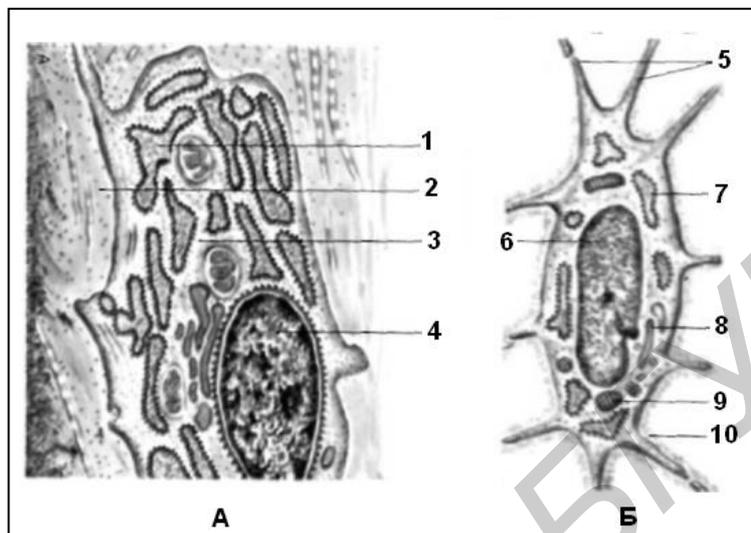


Рис. 1.12. Костные клетки:

А – схема строения остеобласта: 1 – ядро; 2 – цитоплазма; 3 – развитая гранулярная эндоплазматическая сеть; 4 – остеоцит; Б – схема строения остеоцита: 5 – отростки остеоцитов; 6 – ядро; 7 – эндоплазматическая сеть; 8 – внутриклеточный сетчатый аппарат (пластинчатый комплекс); 9 – митохондрия; 10 – остеоидное (необызвествленное) вещество кости по краям лакуны, в которой расположен остеоцит

В компактном веществе костные пластинки располагаются в определенном порядке, образуя сложные системы – *остеоны*. Остеон – структурная единица кости. Он состоит из 5–20 цилиндрических пластинок, вставленных одна в другую. В центре каждого остеона проходит *центральный канал* (Гаверсов). Диаметр остеона 0,3–0,4 мм. Между остеонами залегают наружные и внутренние пластинки (рис. 1.13).

Минеральные вещества кости находятся в кристаллической форме, таким образом обеспечивая ее *высокую механическую прочность*. Благодаря хорошему кровоснабжению, которое благоприятствует усиленному обмену, кость обладает *биологической пластичностью*. Жесткий и крайне прочный материал кости представляет собой живую ткань, которая способна легко приспосабливаться к изменению статических нагрузок, в том числе при изменении их направления. Отчетливых границ между органическими и минеральными компонентами кости не существует, и поэтому их присутствие может быть установлено лишь при микроскопическом исследовании.

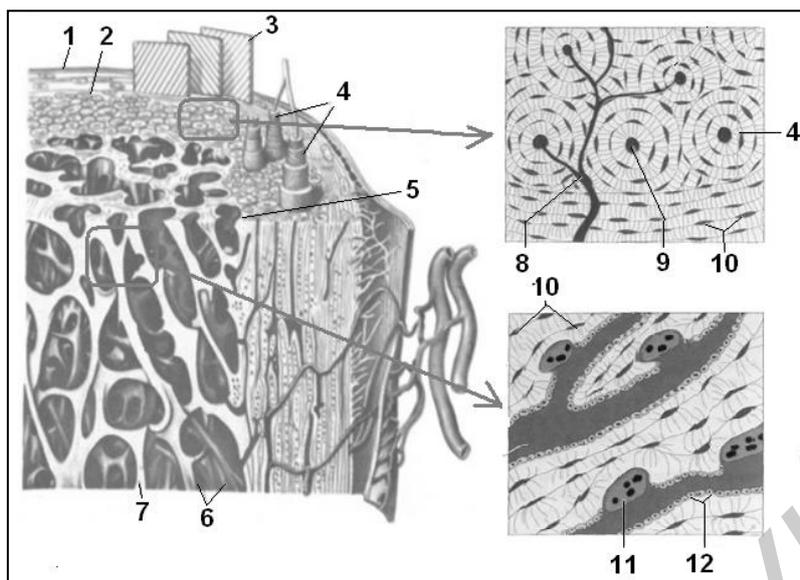


Рис. 1.13. Костная ткань:

1 – надкостница; 2 – компактное вещество кости; 3 – слой наружных окружающих пластинок; 4 – остеоны; 5 – слой внутренних окружающих пластинок; 6 – костно-мозговая полость; 7 – костные перекладки губчатой кости; 8 – кровеносный сосуд, проходящий через Фолкманов канал; 9 – кровеносный сосуд, проходящий через Гаверсов канал; 10 – остеоциты с отростками; 11 – остеокласты; 12 – остеобласты

При сжигании кость сохраняет только минеральную основу и становится хрупкой. Если кость поместить в кислоту, то остаются лишь органические вещества, и она становится гибкой, как резина.

*Ткани зуба* – специализированные костные ткани, отличающиеся высокой прочностью. Зуб построен главным образом из *дентина*, который в области корня покрыт *цементом*, а в области коронки – *эмалью*. *Эмаль* состоит в основном из неорганических солей (96–97 %), среди которых преобладают фосфорнокислый и углекислый кальций, около 4 % фтористого кальция. В *дентине* около 28 % органических веществ (преимущественно коллагена) и 72 % неорганических (фосфорнокислый кальций, магний, примесь фтористого кальция). *Цемент* по своему составу приближается к кости, в нем 29,6 % органических веществ и 70,4 % неорганических (преимущественно фосфорнокислый и углекислый кальций).

На внутренней, прилегающей к пульпе поверхности дентина располагаются удлинённые клетки *одонтобласты*, имеющие длинный отросток, погруженный в дентинный канал. Они продуцируют органическое вещество (предентин), которое откладывается со стороны пульпы. Предентин, обызвествляясь, превращается в дентин. *Эмаль* состоит из пучков эмалевых призм, изогнутых S-образно. Призмы – это обызвествленное межклеточное вещество. Дентин образован основным веществом, состоящим из пучков коллагеновых фибрилл, между которыми расположено склеивающее их вещество, богатое солями кальция. Дентин пронизан большим количеством дентинных трубочек.

Разновидностью соединительной ткани является *ретикулярная ткань*

(*кровенворная*). Она образует остов кроветворных и иммунных органов (костный мозг, вилочковая железа, селезенка, лимфатические узлы, миндалины и др.), в петлях которого располагаются развивающиеся клетки крови или иммунной (лимфоидной) системы. Ретикулярная соединительная ткань состоит из особых волокон, *ретикулярных клеток* и разветвленной сети *ретикулярных волокон* (рис. 1.14).

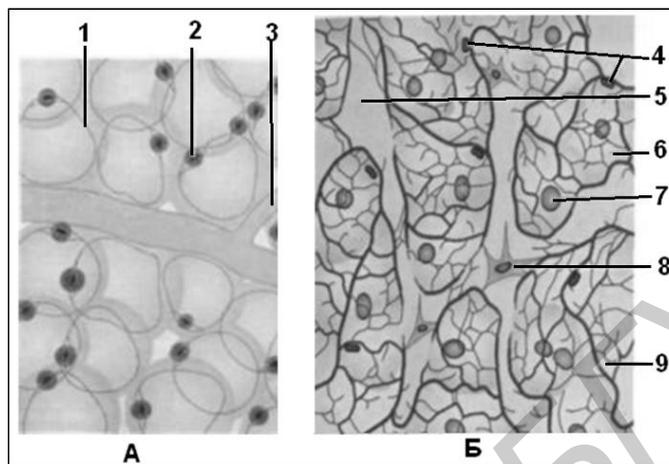


Рис. 1.14. Ретикулярная и жировая ткань:

А – жировая ткань; Б – ретикулярные волокна в ткани печени; 1 – ободок цитоплазмы; 2 – ядро липоцита; 3 – капилляр; 4 – ядра ретикулярных клеток; 5 – синусоида печени; 6 – клетка; 7 – ядро; 8 – купферовская клетка; 9 – решетчатые волокна (ретикулярные волокна)

Наряду с другими структурными элементами, ретикулярная соединительная ткань служит каркасом для лимфатических органов (селезенки и лимфоузлов), промежутки в котором заполнены «свободными клетками» (например, клетками иммунной системы – лимфоцитами). В костном мозге, в пространстве между ретикулярными волокнами, находятся кроветворные клетки. Таким образом, ретикулярная соединительная ткань и «свободные клетки» составляют одно функциональное целое. В то же время ретикулярные волокна могут не являться частью ретикулярной соединительной ткани. Они способны образовывать футляры вокруг волокон гладких и поперечнополосатых мышц, а также связывать их в упорядоченные структуры.

**Жировая ткань** представляет собой особую форму ретикулярной соединительной ткани. Клетки жировой ткани (липоциты, адипоциты) накапливают жир, который удаляется из крови по механизму *пиноцитоза* или образуется в самих клетках из углеводов (сахаров). Находящаяся в адипоците жировая капля оттесняет уплощенное ядро клетки к периферии. По краю клетки расположен тонкий ободок цитоплазмы (см. рис. 1.14). Жировая ткань выполняет механические функции, является источником энергии и защищает организм от холода.

Жировая ткань выполняет в организме человека энергетическую функцию, являясь резервным источником поступления энергии при активации окислительных процессов, особенно в периоды голодания. Опорная и защитная функ-

ции обусловлены способностью смягчать толчки и удары, поскольку жировая ткань располагается под кожей или вокруг внутренних органов. Температуру регулирующая функция связана с тем, что данная ткань является хорошим теплоизолятором и препятствует чрезмерной потере тепла из организма. При определенных условиях жировая ткань подвергается окислению, что обеспечивает выделение тепла. Кроме того, она выполняет депонирующую функцию для жирорастворимых витаминов и ряда гормонов.

У человека различают два вида жировой ткани: белую и бурую. *Белая жировая ткань* образует поверхностные (подкожная жировая клетчатка) и глубокие (сальник, жировая клетчатка вокруг внутренних органов: почки, глазное яблоко) скопления. Посредством тяжей из соединительной ткани белая жировая ткань разделена на ячейки (дольки).

Белая жировая ткань по выполняемым функциям делится на *резервную и структурную*. Резервная жировая ткань служит богатым энергетическим ресурсом для организма. Калорийность жиров в два раза выше, чем углеводов и белков. Ареолярная соединительная ткань, образующая футляры кровеносных сосудов в подкожной соединительной ткани, служит хранилищем избыточного жира. При необходимости этот жир может быть использован на энергетические нужды организма. При этом клетки сохраняют жизнеспособность и продолжают выполнять свои резервные функции. Согласно современной точке зрения, жировые клетки, сформировавшиеся в раннем детстве, продолжают существовать в течение всей дальнейшей жизни человека, выполняя функцию депонирования.

Структурная жировая ткань, в отличие от резервной, служит для поддержания формы отдельных частей тела (подошв ног, ладоней рук, ягодиц, щек и глазниц). Она начинает использоваться в качестве энергетического резерва только при сильном голодании организма (ввалившиеся глаза, впалые щеки).

*Бурая адипозная ткань* (бурая жировая ткань, малтилокулярная ткань) представляет собой особый тип жировой ткани, которая содержит многочисленные темные митохондрии, богатые цитохромом. У новорожденных она находится между лопатками, в подмышечных впадинах, в области крупных сосудов шеи. В первые месяцы жизни бурая жировая ткань выполняет важную функцию теплового резервуара. Главным функциональным отличием бурой ткани является склонность к высокой активности в ней окислительных процессов при определенных условиях, что приводит к выделению большого количества тепла, сопровождающегося резким усилением кровотока в ее сосудах. Видимо, поэтому данный вид жировой ткани особенно хорошо развит у новорожденных, обладающих несовершенной функцией терморегуляции. У взрослых она присутствует в редких случаях. Она характерна для грызунов (обеспечивает прогрев организма после зимней спячки).

**Кровь и лимфа** состоят из жидкой части и форменных элементов. *Плазма* (жидкая часть крови) представляет собой особое жидкое межклеточное вещество, содержащее питательные вещества, гормоны, растворенные газы и продукты метаболизма клеток. В плазме крови находятся такие форменные элементы, как эритроциты, лейкоциты и тромбоциты. Форменными элементами лимфы явля-

ются лимфоциты, ее жидкая часть представлена интерстициальной (тканевой) жидкостью, близкой по своему составу к плазме крови.

Внутренняя среда организма представлена кровью, лимфой и тканевой жидкостью. Она обеспечивает связь между клетками организма, имеет постоянный состав и физико-химические свойства.

Плазма крови составляет 55–60 % от общего объема крови, форменные элементы (гематокрит) – 40–45 % (рис. 1.15). В организме взрослого человека содержится около 5 л крови, или 6–8 % от массы тела. Плазма крови – это жидкость желтоватого цвета. Она содержит 90 % воды, 7–8 % белков (альбумины, глобулины, фибриноген), 0,1 % глюкозы, 1,1 % минеральных солей. Плазма крови имеет слабощелочную реакцию (рН – 7.36–7.42). Состав и свойства плазмы крови постоянны и мало изменяются.

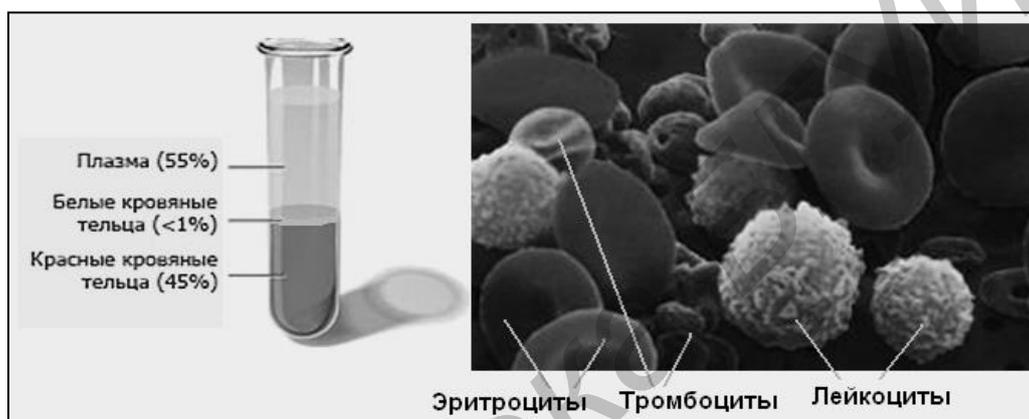


Рис. 1.15. Состав крови

После выделения форменных элементов в плазме содержатся растворенные в воде соли, белки, углеводы, биологически активные соединения, а также углекислый газ и кислород. Плазма обеспечивает постоянство объема внутрисосудистой жидкости и кислотно-щелочное равновесие, а также участвует в переносе активных веществ и продуктов метаболизма. Белки плазмы делятся на две основные группы: альбумины (функциональные белки и резервные) и глобулины (антитела и фибриноген). К первой группе относится около 60 % белков плазмы. Глобулины представлены фракциями: альфа-, альфа<sub>2</sub>-, бета<sub>2</sub>- и гамма-глобулинами. В глобулиновую фракцию входит также фибриноген. Плазма крови без фибриногена называется *сывороткой*. Белки плазмы участвуют в таких процессах, как образование тканевой жидкости, лимфы, мочи и всасывание воды. Питательная функция плазмы связана с наличием в ней углеводов, в частности глюкозы, уровень которой поддерживается на определенном уровне, и липидов, содержание которых зависит от особенностей питания.

У человека масса крови составляет 6–8 % массы тела и в норме приблизительно равна 4,5–5,0 л. В состоянии покоя циркулирует всего 40–50 % всей крови, остальная часть находится в депо (печень, селезенка, кожа). При усиленной физической нагрузке количество эритроцитов в крови может увеличиться в связи с поступлением в круг кровообращения депонированной крови.

Кровь выполняет следующие функции:

- 1) дыхательную, питательную – доставляет кислород и питательные вещества к клеткам тканей;
- 2) выделительную – удаляет продукты метаболизма из клеток тканей;
- 3) гуморальную регуляцию организма – при помощи гормонов;
- 4) защитную – выработка антител и способность к свертыванию;
- 5) терморегуляцию;
- 6) гомеостатическую, регуляторную.

Благодаря дыхательной функции кровь переносит кислород от легких к органам и тканям, удаляет продукты обмена и углекислый газ, осуществляет выработку антител, переносит гормоны, регулирующие деятельность различных систем организма. Кровь циркулирует в кровеносных сосудах и отделена от других тканей сосудистой стенкой, однако форменные элементы, а также плазма крови могут переходить в соединительную ткань, окружающую кровеносные сосуды. Благодаря этому кровь обеспечивает постоянство состава внутренней среды организма.

Гомеостатическая функция – это равномерное распределение крови между органами и тканями, поддержание постоянного осмотического давления и pH с помощью белков плазмы крови и др. Регуляторная функция – это перенос выработанных железами внутренней секреции гормонов в определенные органы-мишени для передачи информации внутри организма. Защитная функция заключается в обезвреживании клетками крови микроорганизмов и их токсинов, формировании антител, удалении продуктов распада тканей, остановке кровотечения в результате образования тромба. Терморегуляторная функция осуществляется путем переноса тепла наружу из глуболежащих органов к сосудам кожи, а также путем равномерного распределения тепла в организме в результате высокой теплоемкости и теплопроводности крови.

Осмотическое давление (сила движения растворителя через полупроницаемую мембрану из менее концентрированного раствора в более концентрированный) крови находится на относительно постоянном для обмена веществ уровне. Концентрация солей в крови составляет 0,9 %, от их содержания главным образом и зависит осмотическое давление крови, при помощи которого вода распределяется равномерно между клетками и тканями. Регуляция осмотического давления осуществляется нейрогуморальным путем.

В крови поддерживается постоянство pH-реакции. Реакция среды определяется концентрацией  $H^+$ , выражающихся водородным показателем pH, который имеет большое значение, поскольку абсолютное большинство биохимических реакций может протекать в норме только при определенных показателях pH.

К форменным элементам крови относятся эритроциты, лейкоциты и тромбоциты.

**Эритроциты** – красные кровяные тельца, имеют форму двояковогнутых дисков размером 7–8 мкм. Основной функцией эритроцитов является транспорт кислорода и углекислого газа. Образуются эритроциты в красном костном моз-

ге (до 10 млн ежесекундно), а разрушаются в селезенке и печени. Продолжительность их жизни – 80–120 дней. Количество эритроцитов в крови может изменяться: у жителей, живущих на равнинной местности, их меньше, чем на высокогорье, у детей их больше, чем у взрослых.

Эритроциты – высокоспециализированные клетки, у них отсутствует ядро, клеточный центр, митохондрии, эндоплазматическая сеть. Они отличаются большой эластичностью и легко проходят по капиллярам, имеющим вдвое меньший диаметр, чем сама клетка. Общая поверхность площади всех эритроцитов взрослого человека составляет около 3800 м<sup>2</sup>, т. е. в 1500 раз превышает поверхность тела.

Различают **четыре группы крови**: О (I), А (II), В (III) и АВ (IV) по наличию или отсутствию в мембранах эритроцитов специфических мукополисахаридов – агглютиногенов А и В. У обладателей группы А (II) на эритроцитах присутствует антиген А, группы В (III) – антиген В, группы АВ (IV) – оба антигена; у тех, кто относится к группе 0 (I), нет ни А, ни В. В плазме крови содержатся специфические антитела – агглютинины к тем антигенам, которых нет на собственных эритроцитах –  $\alpha$  и  $\beta$ . В крови человека не могут присутствовать одноименные агглютиногены и агглютинины, например А и  $\alpha$ . В случае смешивания крови с одинаковыми агглютиногенами и агглютинидами происходит склеивание эритроцитов (агглютинация), поэтому следует соблюдать определенные правила при переливании донорской крови. Ранее группа крови 0 (I) считалась универсальным донором, однако в ее плазме присутствуют агглютинины  $\alpha$  и  $\beta$ , которые будут взаимодействовать с эритроцитами реципиента.

В клинической практике определяют группы крови с помощью моноклональных антител. При этом эритроциты испытуемого смешивают на тарелке или белой пластинке с каплей стандартных моноклональных антител (цоликлоны анти-А и цоликлоны анти-В).

Первая группа крови встречается у 40–50 % людей, вторая – у 30–40 %, третья – у 10–20 %, а обладатели четвертой составляют всего 5 % человечества.

**Резус-фактор (Rh)** – агглютиноген нового вида, не входящий в систему АВ0. У 85 % европейцев (99 % индийцев и азиатов, 93 % африканцев) эритроциты содержат резус-фактор – их кровь резус-положительная. При переливании резус-фактору отрицательному пациенту резус-положительной крови, иммунная система выработает антитела к резус-фактору. При первом переливании последствий не будет, а вот повторная процедура закончится иммунным конфликтом – отторжением донорской крови. Резус-конфликт может возникнуть у резус-отрицательной матери при повторной беременности резус-положительным ребенком. Выработанные антитела к резус-фактору будут повреждать эритроциты резус-положительного ребенка при внутриутробном развитии. В настоящее время сразу же после родов женщине вводят антирезус-антитела, разрушающие резус-положительные эритроциты плода, которые попадают в материнский организм при родах, в итоге иммунная система не успевает запомнить их и выработать антитела.

В состав эритроцитов входит **гемоглобин**, состоящий из белка глобина и

простетической группы – гема, которые присоединяются к четырем полипептидным цепям глобина и придают крови красный цвет.

Гемоглобину принадлежит основная роль в транспорте кислорода. Гемоглобин легко вступает в реакцию с кислородом, образуя неустойчивое соединение – *оксигемоглобин*. Гемоглобин, отдавший кислород, называется восстановленным (*дезоксигемоглобин*), он имеет цвет венозной крови.

**Лейкоциты** – шаровидные белые кровяные тельца по размерам от 6 до 23 нм, имеющие ядро. Продолжительность жизни лейкоцитов – 8–12 дней. Количество лейкоцитов колеблется в течение суток. Меньше всего их утром натощак. Лейкоциты всех видов обладают подвижностью и при наличии соответствующих химических раздражителей проходят через стенку кровеносных капилляров (*диapedез*) в окружающую соединительную и эпителиальную ткань. Они участвуют в защитных реакциях организма – переваривании инородных тел, микроорганизмов, образовании бактерицидных веществ и иммунокомпетентных белков (антител).

Клетки, гранулы которых окрашиваются кислыми красками (эозин и др.), называют *эозинофилами*; основными красками (метиленовый синий и др.) – *базофилами*; нейтральным красками – *нейтрофилами* (рис. 1.16).

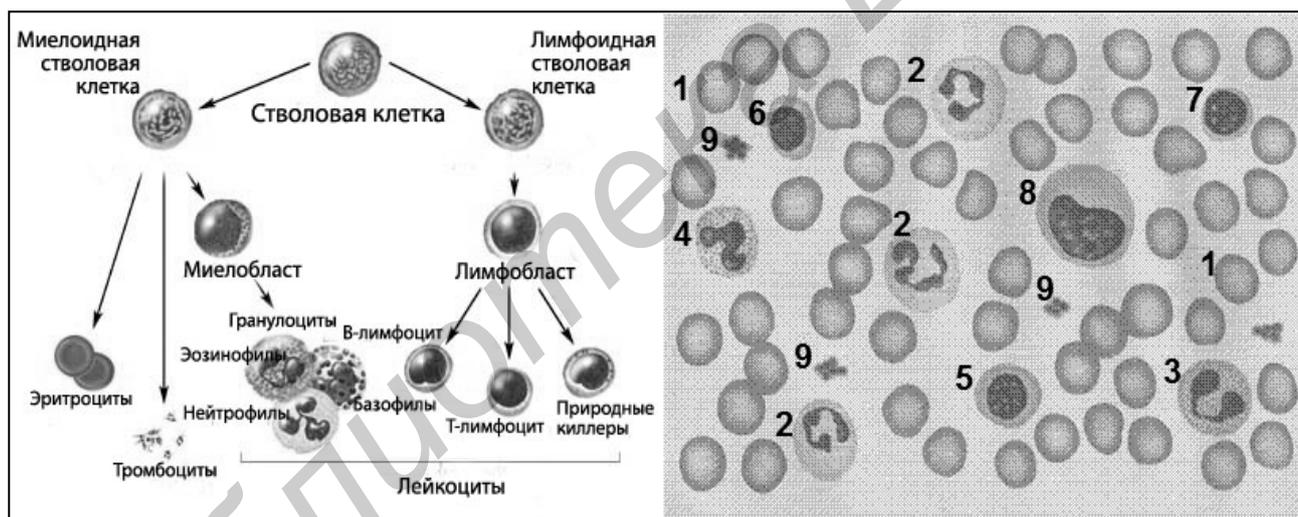


Рис. 1.16. Схема образования клеток крови и вид клеток крови под микроскопом при проведении анализа:

1 – эритроциты; 2 – нейтрофилы; 3 – эозинофил; 4 – базофил; 5 – лимфоциты; 6 – лимфоциты; 7 – лимфоциты; 8 – моноцит; 9 – тромбоциты

**Гранулоциты** составляют 72 % общего количества лейкоцитов, из них 70 % нейтрофилов, 1,5 % эозинофилов и 0,5 % базофилов. Гранулоциты имеют шаровидную форму, ядра в них обычно сегментированы и имеют вид палочек, подковы или комочков. Эозинофилы – лейкоциты, способные обезвреживать чужеродные белки. Их цитоплазма богата *специфическими гранулами*, которые являются лизосомами, богатыми бактерицидным веществом и щелочной фосфатазой. Базофилы – клетки, принимающие участие в процессах свертывания крови и регуляции проницаемости сосудов для форменных элементов крови, выраба-



тывают гепарин и гистамин. Нейтрофилы способны проникать в межклеточные пространства к инфицированным участкам тела, поглощать и переваривать болезнетворные бактерии. Вместе с остатками разрушенных клеток и тканей нейтрофилы образуют гной.

*Агранулоциты* – это лейкоциты с ядром овальной формы и незернистой цитоплазмой. К ним относятся моноциты и лимфоциты. *Моноциты* – крупные клетки крови, имеют ядро бобовидной формы. Они активно проникают в очаги воспаления и поглощают (фагоцитируют) бактерии. Моноциты являются источником всех *макрофагов*.

Лейкоциты являются элементами иммунной системы человека. Иммунитетом называют способность организма человека специфически реагировать на присутствие в нем какого-то вещества, обычно чужеродного, называемого *антигеном*. В основе реакции лежит синтез специальных белков, т. н. *антител*, способных вступить в соединение с чужеродными веществами – антигенами. Антиген – это обычно крупная молекула или комбинация молекул, индуцирующая образование антител. Антигенными свойствами обладают белки (особенно, если они содержат определенные аминокислоты типа тирозина) и полисахариды (большой молекулярной массы) всех живых организмов. Схема общей классификации лейкоцитов представлена на рис. 1.17.

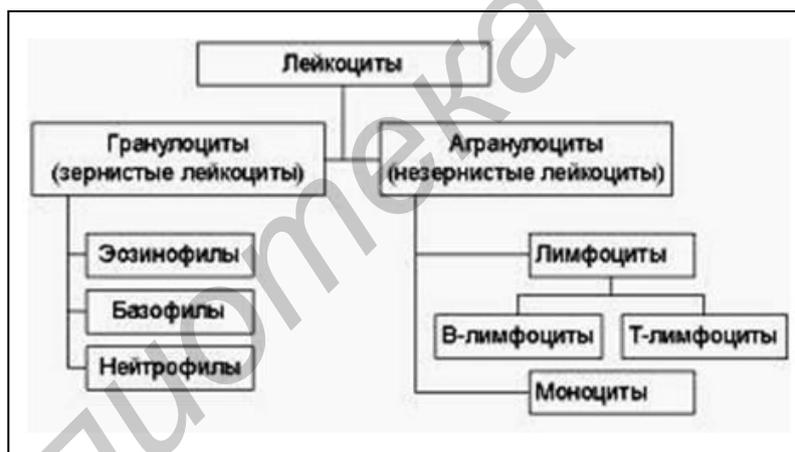


Рис. 1.17. Классификация лейкоцитов

Основными элементами иммунной системы организма являются *лимфоциты*, существующие в двух формах: Т- и В-лимфоциты. Обе формы происходят из клеток-предшественников в костном мозге, т. е. стволовых клеток. Незрелые лимфоциты покидают костный мозг и попадают в кровяное русло. Некоторые из них направляются к тимусу (вилочковой железе), расположенному у основания шеи, где происходит их созревание. Прошедшие через тимус лимфоциты известны как Т-лимфоциты, или Т-клетки (Т от «тимус»). В-лимфоциты созревают в лимфатических узлах и лимфоидной ткани всего организма.

*Тромбоциты* (кровяные пластинки) – бесцветные полиморфные безъядерные тельца диаметром 2–5 мкм. Они образуются в крупных клетках костного мозга – мегакариоцитах. Продолжительность жизни тромбоцитов – от 5

до 11 дней. Они играют важную роль в свертывании крови. Значительная их часть сохраняется в селезенке, печени, легких и по мере необходимости поступает в кровь. *Свертывание крови* является защитной реакцией, которая предупреждает потерю крови и попадание в организм болезнетворных микробов. Неактивный белок крови протомбин, при участии факторов плазмы, активированных атмосферным кислородом при кровотечении, и высвободившихся ионов кальция плазмы, превращается в протеолитический фермент тромбин. Тромбин расщепляет молекулу белка плазмы фибриногена на мелкие части и создает сеть нитей фибрина (нерастворимый белок), который выпадает в осадок. В сетях из фибрина задерживаются форменные элементы крови и образуют сгусток, который препятствует потере крови и проникновению в рану микроорганизмов. После удаления фибрина из плазмы остается жидкость – *сыворотка*.

**Лимфа (лимфоплазма)**, так же как и кровь, состоит из плазмы и форменных элементов. Клеточный состав лимфы в отличие от крови, представлен преимущественно лимфоцитами, число которых в периферической (предузловой), не прошедшей лимфатические узлы, лимфе значительно меньше, чем в центральной (послеузловой). В лимфе отсутствуют эритроциты. Лимфа в отличие от крови содержит больше продуктов обмена веществ, поступающих из тканей, в частности именно в лимфу, а не в кровь подпадают жиры при переваривании их в кишечнике. Лимфа как и кровь выполняет трофическую, транспортную и защитную функции.

### 1.2.3. Мышечная ткань

**Мышечные ткани** выполняют в организме сократительную функцию, которая осуществляется благодаря специальным органеллам – миофибриллам. Существуют две разновидности мышечной ткани: *гладкая и поперечно-полосатая* (скелетная и сердечная) (рис. 1.18).

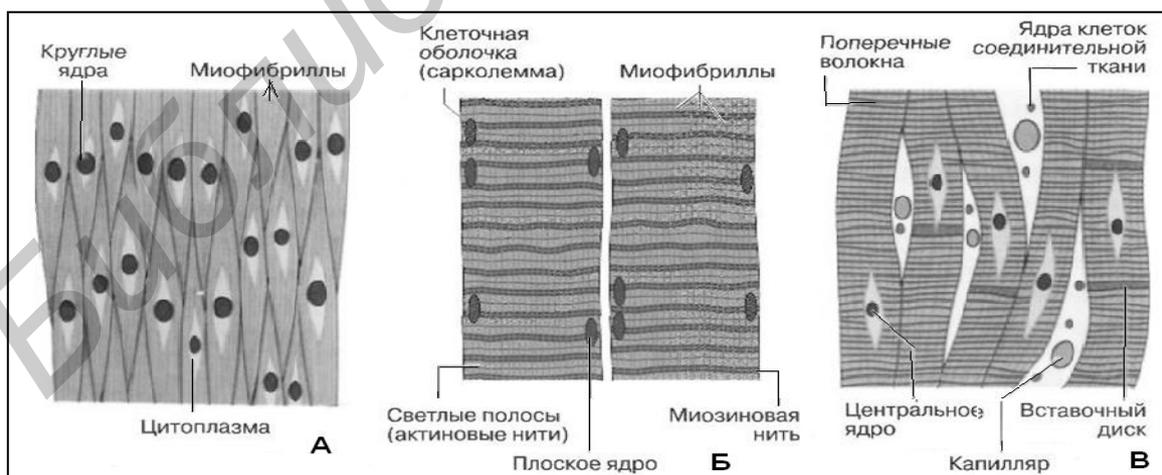


Рис. 1.18. Мышечная ткань в продольном разрезе:

А – гладкие мышцы; Б – поперечно-полосатые (скелетные) мышцы; В – мышца сердца

**Гладкая мышечная ткань** состоит из веретенообразных клеток – миоцитов, длиной 25 мкм, которые располагаются в стенках кровеносных и лим-

фатических сосудов. За счет этой ткани формируется большая часть стенок полых внутренних органов (желудочно-кишечный тракт, желчный пузырь, мочеполовые органы, кровеносные сосуды и т. д.). Мышечная ткань кишечника в основном представлена гладкой мышечной тканью. Эта ткань также формирует дыхательные пути, глаза, волосы и шейные железы. Клетки мышц матки в конце беременности значительно увеличиваются, достигая примерно 500 мкм в длину. Функции гладких мышц контролируются автономной (вегетативной) нервной системой, однако во многих органах они могут стимулироваться пассивным растяжением (миогенная стимуляция).

Миоцит имеет одно удлиненное ядро, в цитоплазме находится множество сократительных органелл – миофиламентов и утолщений – плотных телец, часть из них прикрепляется к плазматической мембране (рис. 1.19). Миофибриллы расположены в цитоплазме и осуществляют сокращение, однако они организованы не так строго упорядоченно, как в клетках поперечно-полосатых мышц.

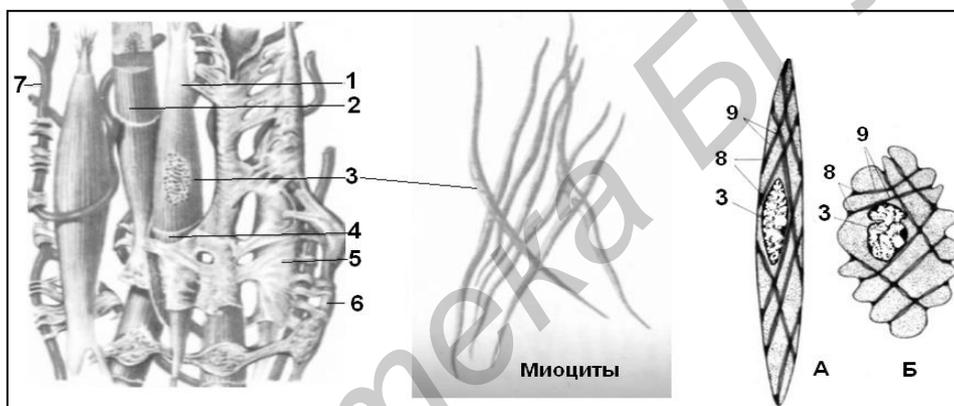


Рис. 1.19. Схема строения гладкой мышечной ткани:

1 – мышечное волокно; 2 – миофибриллы; 3 – ядра; 4 – сарколемма; 5 – эндомизий; 6 – нерв; 7 – кровеносный капилляр; 8 – миоцит; 9 – ядро миоцита; 10 – миофибриллы в саркоплазме; 11 – сарколемма; А – миоцит в расслабленном состоянии; Б – в сокращенном состоянии; 8 – крепление филаментов к цитолемме; 9 – филаменты

Гладкие мышцы сокращаются медленнее и, например, обеспечивают волнообразное продвижение содержимого желудка по тонкому кишечнику (перистальтика). В течение продолжительного времени гладкие мышцы, например, мышцы привратника, могут находиться в состоянии частичного сокращения. Мышечные клетки связаны между собой и с окружением фибриллами соединительной ткани (ретикулярные фибриллы). Неисчерченная (гладкая) мышечная ткань иннервируется вегетативной нервной системой под действием химических медиаторов: ацетилхолина и адреналина.

**Поперечно-полосатая мышечная ткань** составляет основу скелетных мышц, приводящих в движение костные рычаги, и некоторых мышц в составе внутренних органов (мышцы, обеспечивающие движения глазного яблока; мышцы стенок полости рта, языка, глотки, гортани, верхней трети пищевода, формирующие наружный сфинктер заднего прохода). Эта ткань составляет 40–

50 % от общего веса тела, что делает скелет наиболее развитой частью человеческого организма. Она состоит из поперечно-полосатых мышечных волокон, которые обладают поперечной исчерченностью вследствие упорядоченного расположения нитей белков: актина и миозина (рис. 1.20). Своеобразие этих мышечных волокон заключается в том, что они являются многоядерными, сформировавшимися в результате слияния многих клеток (миобластов).

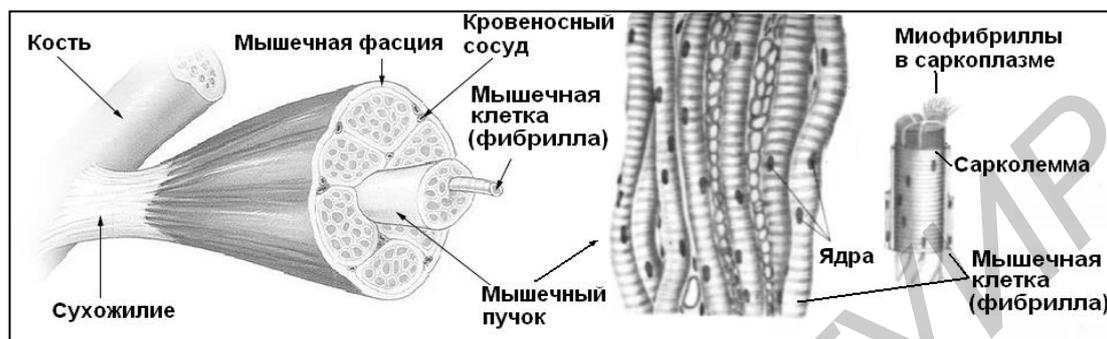


Рис. 1.20. Схема строения поперечно-полосатой скелетной мышечной ткани

По строению мышечные клетки напоминают другие клетки организма, хотя отличаются от них формой. Каждая клетка подобна волокну, длина которого может достигать 20 см. Поэтому часто мышечную клетку называют *мышечным волокном*. Характерной особенностью мышечных клеток (волокон) является присутствие в них больших количеств белковых структур, которые называются *миофибриллами*, и которые сокращаются при раздражении клетки. Каждая миофибрилла состоит из коротких белковых волокон, называемых *микрофиламентами*. В свою очередь, микрофиламенты подразделяются на *тонкие актиновые* и более *толстые миозиновые волокна*. Сокращение происходит в ответ на нервное раздражение, которое передается к мышце от двигательной концевой пластинки посредством нейромедиатора – ацетилхолина. Окраска мышечных клеток обусловлена присутствием в цитоплазме миоглобина, структурно и функционально близкого к гемоглобину.

Сокращение скелетных мышц осуществляется произвольно по желанию человека. Они иннервируются спинно-мозговыми и черепными нервами. Клетки мышечной ткани также могут возбуждаться при воздействии химических и электрических стимулов. В организме мышечные клетки также осуществляют энергосберегающие функции, поскольку энергия, расходуемая при сокращении мышцы, затем выделяется в виде тепла. Поэтому при охлаждении организма происходят частые сокращения мышц (холодовая дрожь).

Мышечные волокна и соединительная ткань в скелетных мышцах тесно связаны между собой. Мышечные волокна окружены оболочкой, состоящей из плотной соединительной коллагенозной ткани (*мышечная фасция*). Эта оболочка позволяет волокнам перемещаться относительно окружающих структур. Каждая мышца состоит из отдельных пучков волокон (*фасцикул*), различимых невооруженным глазом.

Отдельные пучки волокон состоят из сотен *мышечных фибрилл* (*мышеч-*

ных клеток), покрытых оболочкой из соединительной ткани (*эндомизия*) и связанных между собой ареолярной тканью (*перимизия*). Каждая мышечная клетка обладает удлинённой формой и окружена клеточной мембраной (*сарколеммой*). Цитоплазма клетки не имеет дискретной структуры. Внутри клетка содержит несколько сотен ядер, локализованных по периферии. Обычно мышечные фибриллы располагаются по всей длине мышцы и с двух концов прикрепляются к сухожилиям, которые скрепляют мышцу с костью (см. рис. 1.20).

На каждой мышце расположены так называемые мышечные веретена, являющиеся специализированными мышечными клетками и представляющие собой специфические рецепторы. Эти рецепторы воспринимают информацию о степени растяжения мышцы и по специальным нервным волокнам передают ее в спинной мозг.

Мембраны мышечных фибрилл через регулярные интервалы глубоко проникают в клетку, образуя поперечные трубочки. Эти трубочки пронизывают миофибриллы, и вся система называется Т-системой (*поперечная система, поперечный компонент саркоплазматического ретикулума*) (рис. 1.21).

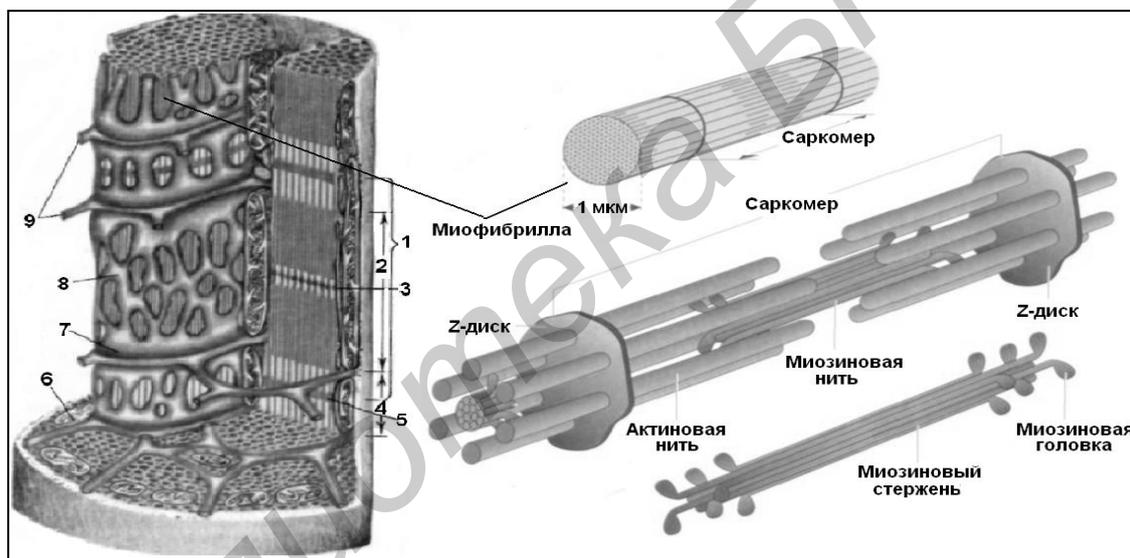


Рис. 1.21. Схема строения миофибрилл мышечного волокна:

1 – саркомер; 2 – полоса А (диск А); 3 – линия М (мезофрагма) в середине диска А; 4 – полоса I (диск I); 5 – линия Z (телофрагма) в середине диска I; 6 – митохондрия; 7 – концевая цистерна; 8 – саркоплазматический ретикулум (L-система); 9 – поперечная трубочка (Т-система)

Т-система обеспечивает проникновение внеклеточной среды внутрь миофибриллы, чем достигается быстрое распространение потенциала действия вдоль волокна. Еще одна система трубочек расположена вдоль фибриллы, между поперечными трубочками (*продольная, или L-система*). Эта система называется *саркоплазматическим ретикулумом*. L-система депонирует ионы кальция, которые при поступлении нервного импульса, в течение доли секунды, способны выйти из депо и вызвать мышечное сокращение.

Фибриллы скелетных мышц, способные к сокращению посредством Z-

дисков, разделены на множество единиц (*саркомер*) 2–5 мкм длиной. В каждом саркомере существует упорядоченная структура микрофиламентов, представленная тонкими актиновыми и толстыми миозиновыми нитями, а также нитями белков тропонина и тропомиозина.

Каждая актиновая нить связана с Z-диском саркомера, причем миозиновые нити, находящиеся в середине саркомера, с обеих сторон распространяются в область актиновых нитей. *Миозиновые нити* имеют *головку* и *стержень*. Актиновые филаменты представлены двойной спиралью. В продольных бороздках актиновой спирали располагаются нитевидные молекулы белка тропомиозина и шаровидные молекулы тропонина. Тропонин может связывать  $Ca^{2+}$  и подавлять процесс гидролиза АТФ актомиозиновым комплексом. Тропонин фиксирует тропомиозиновые нити, которые закрывают активные центры связывания актина с миозином (рис. 1.22).

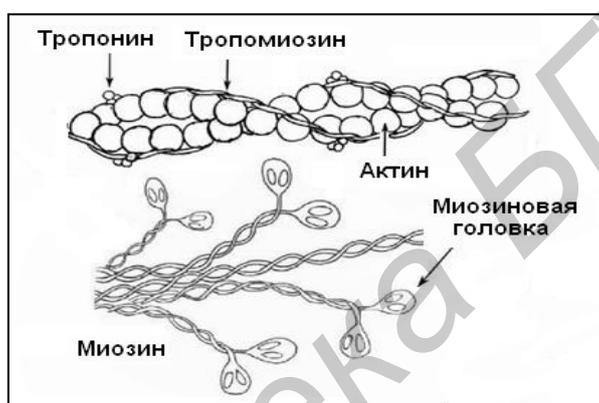


Рис. 1.22. Схема сборки актиновых и миозиновых филаментов

При сокращении тонкие и толстые нити скользят вдоль по отношению друг к другу. Каждый отдельный саркомер при этом становится короче, в то время как актиновые и миозиновые нити сохраняют свою длину. При растяжении мышцы происходит обратный процесс. При мышечном сокращении миозиновые головки связываются с актиновыми нитями посредством мостиков и оттягивают актиновые нити к середине саркомера. Это достигается за счет «гребковых» движений (рис. 1.23). Однако за счет одного такого «гребка» все 500 миозиновых головок белка способны сократить саркомер лишь на 1 % от его первоначальной длины. Для того чтобы достигнуть более существенного сокращения, мостики, возникающие между миозиновыми головками и актиновыми нитями, должны постоянно обновляться. Обновление мостиков должно обеспечивать скольжение нитей по отношению друг к другу. Для максимального сокращения мышцы необходимо примерно 50 актов фиксации головок и последующего «гребка», причем они должны быстро следовать друг за другом.

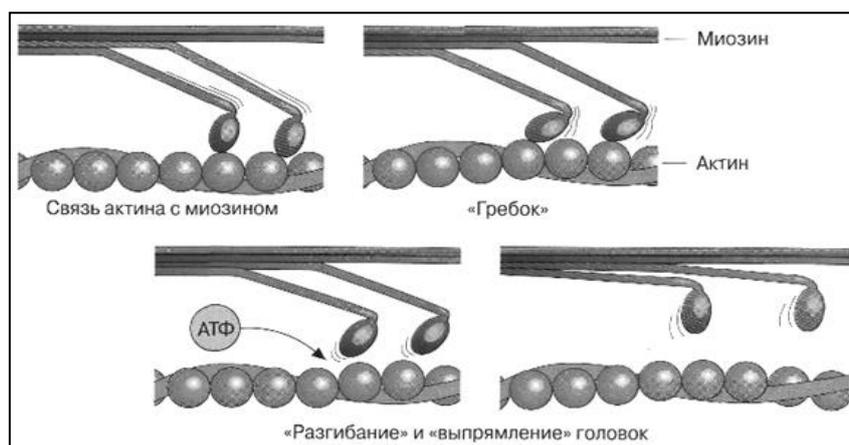


Рис. 1.23. Схема скольжения миозиновых нитей вдоль актина

АТФ, образующийся в многочисленных митохондриях фибрилл, является единственным источником энергии для мышечного сокращения. АТФ синтезируется из различных энергетических субстратов (углеводов (глюкозы), жирных кислот). Под действием кислорода и с затратой небольшого количества энергии эти субстраты полностью распадаются до двуокиси углерода и воды. Сами мышцы содержат мало АТФ, и поэтому он постоянно должен там синтезироваться. Наиболее важным энергетическим резервом образования АТФ в мышцах является *гликоген* и *креатинфосфат*. Из гликогена образуется глюкоза. При распаде креатинфосфата на креатин и неорганический фосфат высвобождается энергия.

Для сокращения мышц также необходимы *ионы кальция* ( $\text{Ca}^{2+}$ ). Ионы кальция заключены в саркоплазматическом ретикулуме мышечных клеток, находящихся в состоянии покоя (L-система) (рис. 1.24). При поступлении нервного импульса (потенциал действия) происходит стимуляция мышечного волокна (деполяризация) и из *саркоплазматического ретикулума* высвобождаются ионы кальция. Этот процесс занимает доли секунды.

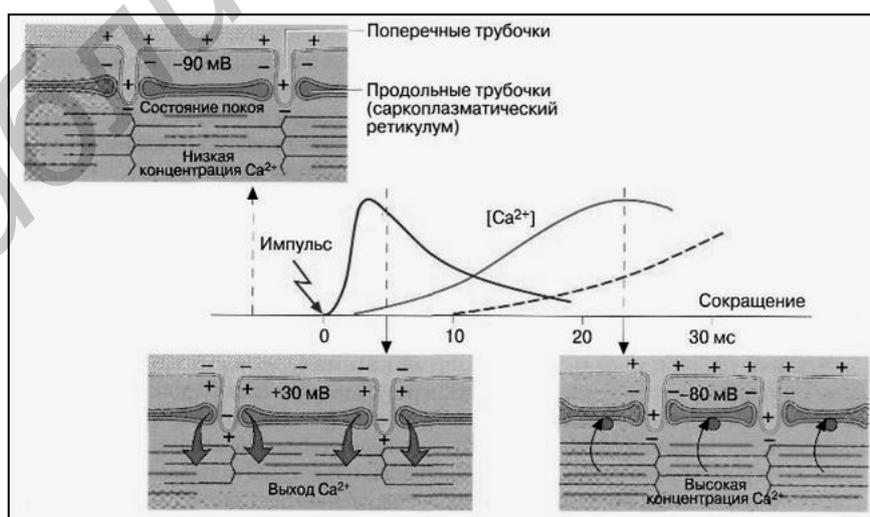


Рис. 1.24. Преобразование электрохимического возбуждения

При поступлении нервного импульса в процессе сокращения мышечного волокна генерируется потенциал действия (ПД) и распространяется по Т-системе; ионы  $\text{Ca}^{2+}$  высвобождаются из саркоплазматического ретикулума и взаимодействуют с тропонином. Кальцинированный тропонин, изменяя конформацию, воздействует на тропомиозиновые нити, которые отодвигаясь, освобождают активные центры на актиновых филаментах. Миозиновые головки взаимодействуют с актином, развивается эластическая тяга, далее происходит отрыв, «гребок» и скольжение нитей актина и миозина относительно друг друга, при этом размер саркомера уменьшается (мышца укорачивается) или развивается напряжение мышечного волокна.

В каждом цикле соединения и разъединения головки миозина с актином расщепляется одна молекула АТФ на каждый мостик. Быстрота вращения определяется скоростью расщепления АТФ.

Для расслабления мышцы необходимо понижение концентрации ионов  $\text{Ca}^{2+}$ . Саркоплазматическая сеть имеет специальный механизм – кальциевый насос, который активно возвращает кальций в цистерны. Активация кальциевого насоса осуществляется за счет энергии, образующейся при гидролизе АТФ. Таким образом, АТФ является вторым важнейшим фактором, абсолютно необходимым для процесса расслабления.

Характер и продолжительность сокращения для поперечно-полосатых скелетных мышц различны. Мышечные волокна, обладающие временем сокращения 30–40 мс, называются *быстрыми (фазными) волокнами*. Они отличаются от *медленных (тонических) волокон*, время сокращения для которых составляет около 100 мс. Из-за различного содержания миоглобина быстрые мышцы иногда называют «*белыми мышцами*» (с меньшим содержанием миоглобина), а тонические – «*красными*» (содержат больше миоглобина). Красные мышцы более приспособлены к длительной нагрузке, в них медленнее развивается усталость. Белые мышцы, напротив, лучше переносят сильные кратковременные нагрузки, но устают они быстрее.

Мышцы способны развивать максимальное усилие, когда они не сокращены или сокращены в незначительной степени. Существует *изометрическое сокращение*, при котором мышца напрягается, но не укорачивается (например, при удерживании штанги) и *изотоническое сокращение* – мышца укорачивается, не теряя напряжения (например, при подъеме штанги). При очень быстрых движениях усилие может быть относительно небольшим. Такая зависимость мышечного усилия от скорости сокращения мышцы объясняется функционированием отдельного саркомера. При быстром сокращении мышцы миофибриллы перемещаются очень быстро. Это предполагает, что в каждый момент времени должно распадаться определенное количество мостиков между нитями актина и миозина с тем, чтобы они могли возникнуть на новых местах. В результате может развиваться относительно слабое усилие. При изометрическом сокращении, напротив, почти все мостики между актиновыми и миозиновыми волокнами образуются сразу, поскольку нет необходимости в образовании новых связей на новых местах, так как мышца не укорачивается. Поэтому мышца может развить



большее напряжение.

Приток крови к мышце и, следовательно, снабжение ее кислородом зависит от работы, которую она совершает. Количество кислорода, которое необходимо доставить к работающей мышце, в 500 раз превышает потребность в кислороде мышцы, находящейся в состоянии покоя. Поэтому при мышечной работе количество крови, поступающее в мышцу, сильно возрастает (300–500 капилляров/мм<sup>3</sup> объема мышцы) и может в 20 раз превышать этот показатель для неработающей мышцы.

Даже в состоянии покоя мышцы всегда находятся в *активном (непроизвольном) напряжении (тонусе)*. Тонус скелетных мышц поддерживается за счет постоянно поступающих в них импульсов (*рефлексный тонус*). Эти импульсы не ощущаются, поскольку двигательные элементы мышечных волокон также стимулируются. Мышечный тонус контролируется самостоятельно посредством мышечного веретена и сухожилий. При отсутствии мышечного тонуса говорят о вялом (атоническом) параличе. При усиленном тонусе развивается спастический паралич.

Если мышца в течение долгого времени не выполняет работу или нарушается ее иннервация, то она атрофируется. С другой стороны, при повышенной нагрузке на мышцы, например, у спортсменов, происходит утолщение отдельных мышечных волокон и наступает гипертрофия мышц. При сильных повреждениях мышцы формируется шрам из соединительной ткани, поскольку способность мышц к регенерации ограничена.

Боль, возникающая в мышце при непривычной или усиленной нагрузке, свидетельствует о ее чувствительности. Существует мнение, что это связано с накоплением лактата, который образуется при анаэробном (недостаток кислорода) распаде глюкозы или других продуктов, либо является результатом мелких повреждений в самих мышцах (микроразрывов). Боль развивается не только в нетренированной мышце, но также после оперативных вмешательств или при мышечных судорогах.

Мышечная судорога – в основном обратимое самопроизвольное сокращение мышцы, вызванное ее напряжением и происходящее без участия нервного импульса. Это может объясняться или локальной деполяризацией мышечных клеток, связанной с увеличением концентрации ионов  $K^+$  в межклеточной среде или высвобождением внутриклеточного  $Ca^{2+}$ . Судороги, сопровождающиеся развитием чувства усталости, часто связаны со снижением в клетках содержания АТФ из-за дефицита кислорода или глюкозы. Необратимые сокращения мышц называются *спазмом*.

Некоторое время после смерти мышцы остаются мягкими вследствие прекращения тонического влияния мотонейронов. Через 4–10 ч после смерти в мышцах прекращаются обменные процессы, и поэтому исчерпываются запасы АТФ и возможность разъединения головки миозина с актиновым филаментом исчезает. Возникает явление трупного окоченения с выраженной ригидностью скелетных мышц. Как правило, процесс начинается с мышц нижней челюсти. Через 1–3 дня окоченение мышц проходит. К этому времени начинает разру-

шаться структура тканей (автолиз).

**Мышечная ткань сердца** представлена специфической формой поперечно-полосатых мышц (рис. 1.25). По сравнению со скелетными мышцами, она имеет следующие особенности:

1. В отличие от краевого расположения ядер в клетке скелетных мышц, ядра в клетке мышечной ткани сердца располагаются в центре клетки. Сами клетки по диаметру меньше мышечных волокон скелетных мышц.

2. В противоположность мышечным волокнам скелетных мышц, снаружи не имеющих фибриллярных структур, необходимых для связывания между собой, клетки мышечной ткани сердца связаны друг с другом *вставочными дисками*. Такая организация мышечных клеток сердца дает возможность возникающему в синусном узле импульсу веерообразно распространяться по стенкам обоих предсердий и далее по внутренней поверхности желудочков.

3. Еще одна особенность сердечной мышцы заключается в способности некоторых ее клеток генерировать импульсы не только в ответ на внешние раздражители, но и спонтанно. Вместе с тем активность клеток мышцы сердца находится под контролем автономной нервной системы. Например, по сигналу симпатической нервной системы скорость сокращений сердца может усиливаться, а по сигналу парасимпатической – замедляться.

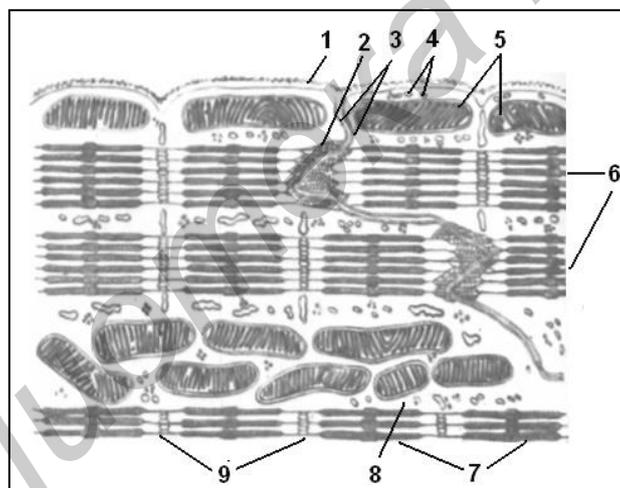


Рис. 1.25. Схема строения кардиомиоцита:

- 1 – базальная оболочка мышечного волокна; 2 – окончание миопротофибрилл на цитолемме кардиомиоцита; 3 – вставочный диск между кардиомиоцитами; 4 – саркоплазматическая сеть; 5 – саркосомы (митохондрии); 6 – миопротофибриллы; 7 – диск А (анизотропный диск); 8 – саркоплазма; 9 – диск И (изотропный диск)

Преобладающая часть сердечной стенки – *миокард*, т. е. мышечный слой. Поперечно-полосатая сердечная мышечная ткань (миокард), отличающаяся от скелетных мышц по строению и функции, состоит из сердечных миоцитов (кардиомиоцитов), образующих соединяющиеся друг с другом комплексы почти прямоугольной формы.

Кардиомиоциты имеют 1–2 овальных ядра, лежащих в центре; миофибриллы расположены по периферии строго прямолинейно. Характерны контак-

ты двух соседних кардиомиоцитов в виде темных полосок, *вставочных дисков*, которые активно участвуют в передаче возбуждения от клетки к клетке. С помощью дисков кардиомиоциты соединяются друг с другом.

По своему микроскопическому строению сердечная мышечная ткань похожа на скелетную (поперечно-полосатая исчерченность), однако сокращения сердечной мышцы не подконтрольны сознанию человека.

#### 1.2.4. Нервная ткань

*Нервная ткань* образует *центральную нервную систему (ЦНС)* – головной и спинной мозг, а также *периферическую (ПНС)* – нервы с их концевыми пластинками, нервные узлы (ганглии). Нервная ткань обеспечивает анализ и синтез сигналов (импульсов), поступающих в мозг. Она устанавливает взаимосвязь организма с внешней средой и участвует в координации функции внутри организма, обеспечивая его целостность (вместе с гуморальной системой – кровью, лимфой).

Нервную систему условно подразделяют на две части: соматическую (анимальную) и вегетативную (автономную). Соматическая нервная система иннервирует главным образом тело, поперечнополосатые, или скелетные мышцы, кожу, обеспечивает связь организма с внешней средой. Вегетативная (автономная) нервная система иннервирует все внутренности, железы, в том числе и эндокринные, гладкие мышцы органов и кожи, сосуды и сердце, а также обеспечивает обменные процессы во всех органах и тканях.

Нервная ткань состоит из нервных клеток – *нейронов (нейроцитов)*, отличающихся особым строением и функцией, и *нейроглии*, которая выполняет опорную, трофическую, защитную и разграничительную функции.

Нервная клетка (нейрон) имеет тело и отростки различной длины, является морфофункциональной единицей нервной системы. Нейрон состоит из тела с ядром, особых включений, нескольких коротких древовидно ветвящихся отростков и одного длинного отростка. Нервные клетки способны воспринимать раздражения из внешней или внутренней среды, трансформировать (преобразовывать) энергию раздражения в нервный импульс, проводить их, анализировать и интегрировать. Нервная клетка динамически поляризована, т. е. способна пропускать нервный импульс только в одном направлении. Длинный отросток, по которому нервный импульс движется от тела нервной клетки к концевым аппаратам, к рабочим органам (мышце, железе) или к другой нервной клетке, называется *аксоном (нейритом)*. Другие, более короткие отростки, по которым нервный импульс направляется к телу клетки, называются *дендритами*.

В зависимости от количества отростков различают униполярные (одноотростчатые), биполярные (двухотростчатые) и мультиполярные (многоотростчатые) нервные клетки (рис. 1.26). К биполярным относятся и ложноуниполярные нейроны – рецепторные нейроны спинномозговых ганглиев, у которых проксимальные отделы отростков сливаются между собой, а затем вскоре Т-образно делятся на аксон и дендрит. Размеры тел нервных клеток колеблются в

пределах от 4–5 до 130–140 мкм, а длина отростков может достигать метра и более.



Рис. 1.26. Типы нейронов

Основная особенность нейронов – наличие телец Ниссля и нейрофибрилл (рис. 1.27), которые необходимы для синтеза нейромедиаторов и ферментов. Тельца Ниссля представляют собой собранный в агрегаты гранулярный эндоплазматический ретикулум с полирибосомами и большим количеством мРНК. Нейрофибриллы образованы микротрубочками и нейрофиламентами. Через нейротрубочки осуществляется транспорт нерастворимых белков (ферментов, медиаторов) в синапс. В аксонах отсутствуют элементы эндоплазматической сети и комплекса Гольджи. В дендритах имеются элементы зернистой эндоплазматической сети и рибосомы.

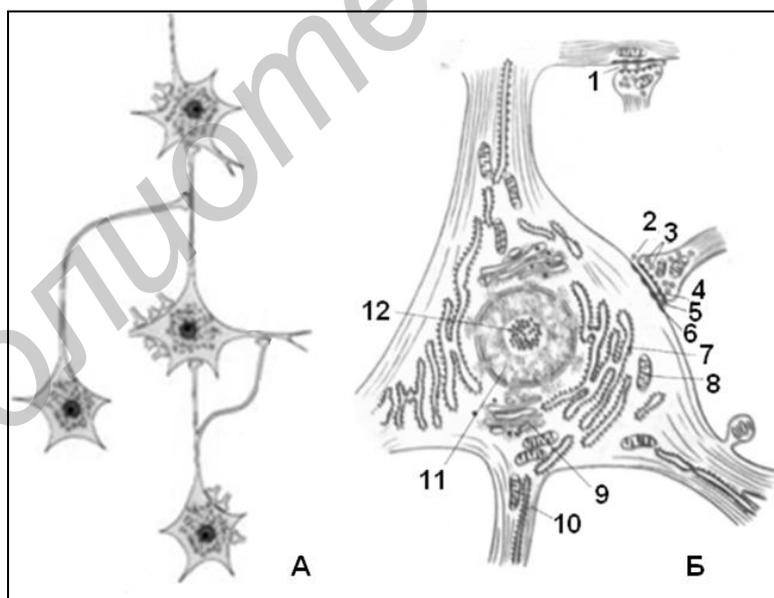


Рис. 1.27. Схема устройства цепочек нейронов и строения нервной клетки:

А – различные типы синапсов; Б – схема ультрамикроскопического строения нервной клетки: 1 – аксонодендритический синапс; 2 – аксоносоматический синапс; 3 – пресинаптические пузырьки; 4 – пресинаптическая мембрана; 5 – синаптическая щель; 6 – постсинаптическая мембрана; 7 – эндоплазматическая сеть; 8 – митохондрия; 9 – внутриклеточный сетчатый аппарат; 10 – нейрофибриллы; 11 – ядро; 12 – ядрышко

Нейроны в нервной системе образуют цепочки, которые передают возбуждение от точки восприятия раздражения в центральную нервную систему и далее к рабочему органу. Нейроны связаны между собой с помощью отростков, которые образуют множество межклеточных контактов – *синапсов* (от греч. *synapsis* – связь), передающих нервный импульс от одного нейрона к другому.

Различают синапсы – *аксосоматические*, когда окончания аксона одного нейрона образуют контакты с телом другого, *аксодендритические*, когда аксоны вступают в контакт с дендритами, а также *аксоаксональные* и *дендродендритические*, когда контактируют одноименные отростки, и т. д. Такое устройство цепочек нейронов создает возможность для проведения возбуждения по одной из множества цепочек нейронов благодаря наличию физиологических контактов в определенных синапсах и физиологическому разъединению в других. Количество дендритов может достигать 1000 на одну клетку. Аксон, в единственном числе выходящий из сомы, передает импульс или на дендрит другого аксона через синапс, или непосредственно на двигательную концевую пластинку мышечного волокна. Контакт между аксоном и мышечным волокном называется *двигательной концевой пластинкой (нейромышечный контакт)*.

Кроме нейронов в нервной системе имеются клетки нейроглии (глиоциты), выполняющие многообразные функции: опорную, трофическую, защитную и секреторную. Среди них различают две группы: макроглию (*эпендимоциты, олигодендроциты и астроциты*) и микроглию (рис. 1.28).

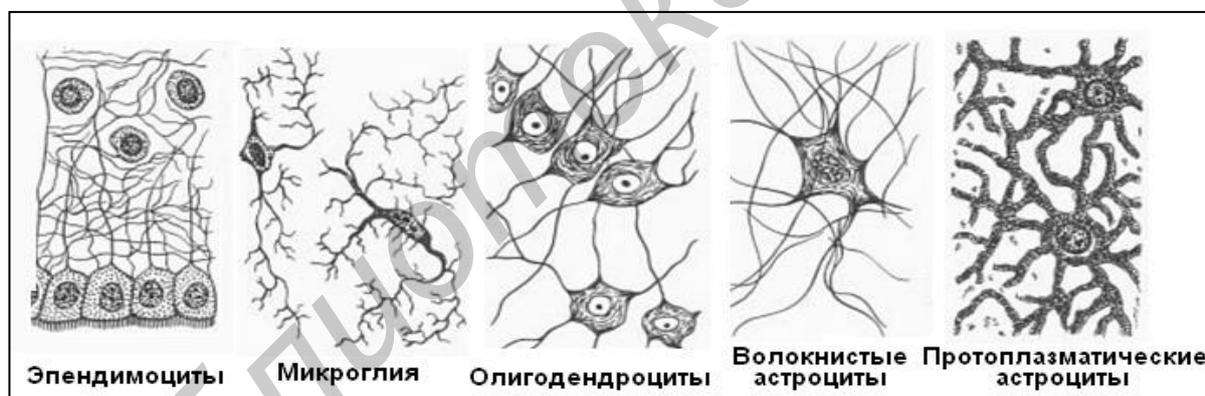


Рис. 1.28. Клетки нейроглии

Клетки нейроглии также существенно различаются по форме, размерам и взаимоотношениям с нейронами. На всем протяжении своего существования клетки нейроглии сохраняют способность к делению. Нейроны, напротив, утрачивают эту способность с рождением человека. Поэтому при заболеваниях, сопровождающихся потерей нервных клеток, при различных повреждениях, а также при кислородном голодании глиальные клетки могут замещать нейроны.

Нейроглия окружает нейроны и нервные волокна. Нервные волокна представляют собой отростки нервных клеток, окруженные *миелиновыми оболочками*. Миелин – многократно закрученный двойной слой плазматической мембраны глиоцита, формирует внутреннюю оболочку осевого цилиндра, наруж-

ная образована цитоплазмой и ядром глиоцита (рис. 1.29).

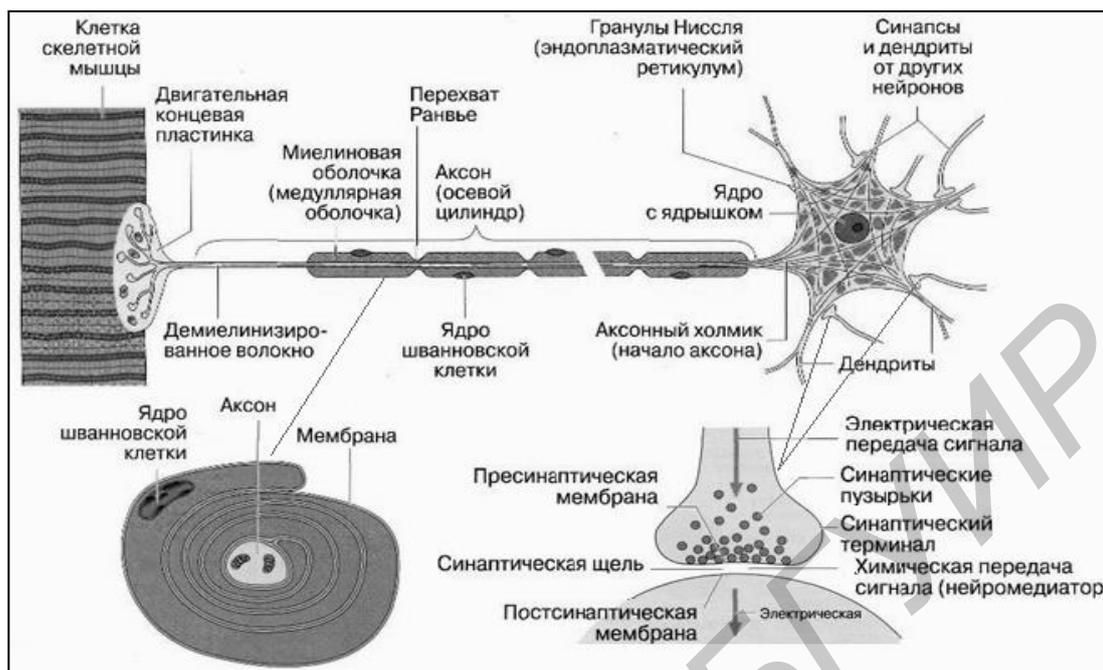


Рис. 1.29. Схема двигательного нейрона, миелиновой оболочки и синапса

Может сформироваться до 100 спиральных слоев миелина правильной пластинчатой структуры. Миелиновые оболочки содержат холестерин, фосфолипиды, некоторые цереброзиды и жирные кислоты, а также белковые вещества, переплетающиеся в виде сети (нейрокератин). Миелиновая оболочка образована особым типом глиальных клеток: шванновскими клетками (в периферической нервной системе) и олигодендроцитами (в центральной нервной системе). Химическая природа миелина периферических нервных волокон и миелина центральной нервной системы несколько различна. Эти два вида миелина обладают и различными антигенными свойствами, что выявляется при инфекционно-аллергической природе заболевания. При формировании миелина ЦНС один олигодендроглиоцит имеет связи с несколькими сегментами миелина нескольких аксонов; при этом к аксону примыкает отросток олигодендроглиоцита, расположенного на некотором расстоянии от аксона, а внешняя поверхность миелина соприкасается с внеклеточным пространством. Шванновская клетка при образовании миелина ПНС формирует спиральные пластинки миелина и отвечает лишь за отдельный участок миелиновой оболочки между перехватами Ранвье. Перехваты соответствуют границе двух смежных глиоцитов. Миелиновая оболочка обеспечивает роль электрического изолятора. Кроме того, предполагается ее участие в процессах обмена осевого цилиндра. Цитоплазма шванновской клетки вытесняется из пространства между спиральными витками и остается только на внутренней и наружной поверхностях миелиновой оболочки. Эта зона, содержащая отесненную цитоплазму шванновских клеток и их ядра, называется наружным слоем и является периферической зоной нервного волокна.

Различают безмиелиновые и миелиновые волокна. И те и другие волокна снаружи покрыты базальной мембраной. Миелиновые волокна значительно толще безмиелиновых нервных волокон. Диаметр поперечного сечения их колеблется от 1 до 20 мкм. Роль миелиновой оболочки в стимуляции передачи сигнала связана со способностью импульса «перепрыгивать» с одного перехвата на другой (*сальтаторное проведение импульса*). Имеется прямая зависимость между толщиной этой оболочки и скоростью проведения импульсов. Волокна с толстым слоем миелина проводят импульсы со скоростью 70–140 м/с, в то время как проводники с тонкой миелиновой оболочкой со скоростью около 1 м/с и еще медленнее – безмякотные (безмиелиновые) волокна (0,3–0,5 м/с), т. к. в безмиелиновом волокне проведение нервного импульса (волна деполяризации мембраны) идет не прерываясь по всей плазмолемме.

Способность отвечать возбуждением на внешние сигналы характерна для всех клеток. Быстрая передача сигналов посредством специализированных структур (аксонов) присуща только нервным клеткам. Однако следует отметить, что аксоплазма не служит проводником импульса, хотя является раствором электролитов. Удельное сопротивление аксоплазмы превышает сопротивление меди в  $10^8$  раз. Таким образом, электрический сигнал, отвечающий отдельному импульсу, образуется не из-за перемещения ионов вдоль аксона по аксоплазме, а благодаря перемещению ионов в области перехвата Ранвье в перпендикулярном аксону направлении при открытии потенциал-зависимых каналов и работе энергозависимых ионных насосов. Распространение нервного импульса представляет собой самоподдерживающийся процесс, благодаря тому, что при деполяризации мембраны возникают электрические токи, замыкающиеся через наружную проводящую среду на соседние участки мембраны (в случае миелинового волокна – на соседние перехваты Ранвье) и отрывающие «ворота» потенциал-зависимых ионных каналов (пор) в мембране аксона (рис. 1.30).



Рис. 1.30. Возникновение замкнутых электрических токов

Первичное возникновение *потенциала действия* зависит от кратковременной деполяризации мембраны или от изменения ее заряда, который, в свою очередь, распространяется по всему нейрону, включая аксон. Деполяризация мембраны наступает под действием импульса, полученного нервной клеткой от сенсорной клетки (в результате действия внешнего сигнала: свет, механическое, термическое или болевое раздражение) или от другой нервной клетки при си-

наптической передаче с участием конкретных химических соединений (*нейромедиаторов*).

Для нервной системы животных и человека сигнал, или *потенциал действия*, представляет собой *универсальное средство сообщения*. Существенным параметром такой связи является не интенсивность одиночного потенциала действия, а *количество полученных, обработанных и переданных нервным волокном сигналов в единицу времени (частота)*. Таким образом, язык, или код нейрона, выражается частотой сигнала (до 500 импульсов в секунду).

Для нервной клетки характерен отрицательный *потенциал покоя*, который выражается *разностью электрических потенциалов* между наружной клеточной мембраной и содержимым клетки. При возбуждении нервной клетки раздражителями электрической или химической природы происходит кратковременная потеря положительного потенциала на ее мембране, и она заряжается слабо отрицательно. Мембранный потенциал меняется от  $-60$  мВ (потенциал покоя) до  $+20$  мВ. Менее чем за 1 мс исходный потенциал восстанавливается. Поскольку клетка теряет первоначальную поляризацию, этот процесс называется *деполяризацией*. Возвращение клетки к исходному состоянию носит название *реполяризации*.

Механизм генерации потенциала действия следующий (рис. 1.31). Когда сигнал достигает нервной клетки, на короткое время приоткрываются мембранные поры (каналы), пропускающие только ионы натрия ( $\text{Na}^+$ ). Это позволяет им поступать в клетку из-за существующего градиента концентрации (в клетке содержится мало ионов  $\text{Na}^+$ ). В результате в клетке создается избыток положительно заряженных ионов и происходит *деполяризация мембраны*. Однако менее чем через 1 мс  $\text{Ca}^+$ -каналы закрываются и открываются дополнительные  $\text{K}^+$ -каналы. Из клетки начинают выходить ионы  $\text{K}^+$ , что приводит к *реполяризации мембраны* и к восстановлению исходного потенциала покоя. После закрытия  $\text{K}^+$ -каналов из клетки должны быть удалены ионы натрия (ионный насос). Этот процесс сопровождается затратой энергии (АТФ). После этого клетка готова к следующему акту возбуждения.

Распространение потенциала действия по поверхности нервной клетки или вдоль аксона происходит потому, что при замыкании возникающих электрических полей открываются соседние ионные каналы. Таким образом, возбуждение мембраны распространяется на всю клетку и вдоль аксона. Скорость передачи импульса составляет от нескольких метров в секунду (автономные нервы) до 120 м/с (двигательные нервы произвольных мышц).

Нервный импульс, поступающий в пресинаптическое окончание, вызывает освобождение в синаптическую щель медиатора, который действует на постсинаптическую мембрану, вызывая образование нервного импульса в постсинаптической части. Передача импульса с аксона на другой нейрон происходит через синапс при участии нейромедиаторов. В своей пресинаптической части аксон образует булавовидное утолщение, *синаптический терминал*, содержащий многочисленные мелкие гранулы, *синаптические пузырьки*. Когда потенциал действия достигает терминала, находящиеся в пузырьках молекулы



медиатора за счет экзоцитоза начинают поступать в синаптическую щель (см. рис. 1.30). Они проходят через синаптическую щель (10–50 нм) за счет диффузии, попадают на постсинаптическую мембрану и связываются с соответствующими рецепторами. При связывании происходит или деполяризация постсинаптической мембраны, способствующая дальнейшему прохождению сигнала (*возбудительный синапс*), или ее гиперполяризация, которая препятствует его проведению (*тормозной синапс*). Нейромедиаторы диффундируют через синаптическую щель и вызывают деполяризацию постсинаптической мембраны, способствующую дальнейшей передаче импульса. Синапсы, в которых передача осуществляется с помощью биологически активных веществ, называются химическими. Наряду с химическим имеются электротонические синапсы, в которых передача импульса происходит непосредственно биоэлектрическим путем между контактирующими клетками.

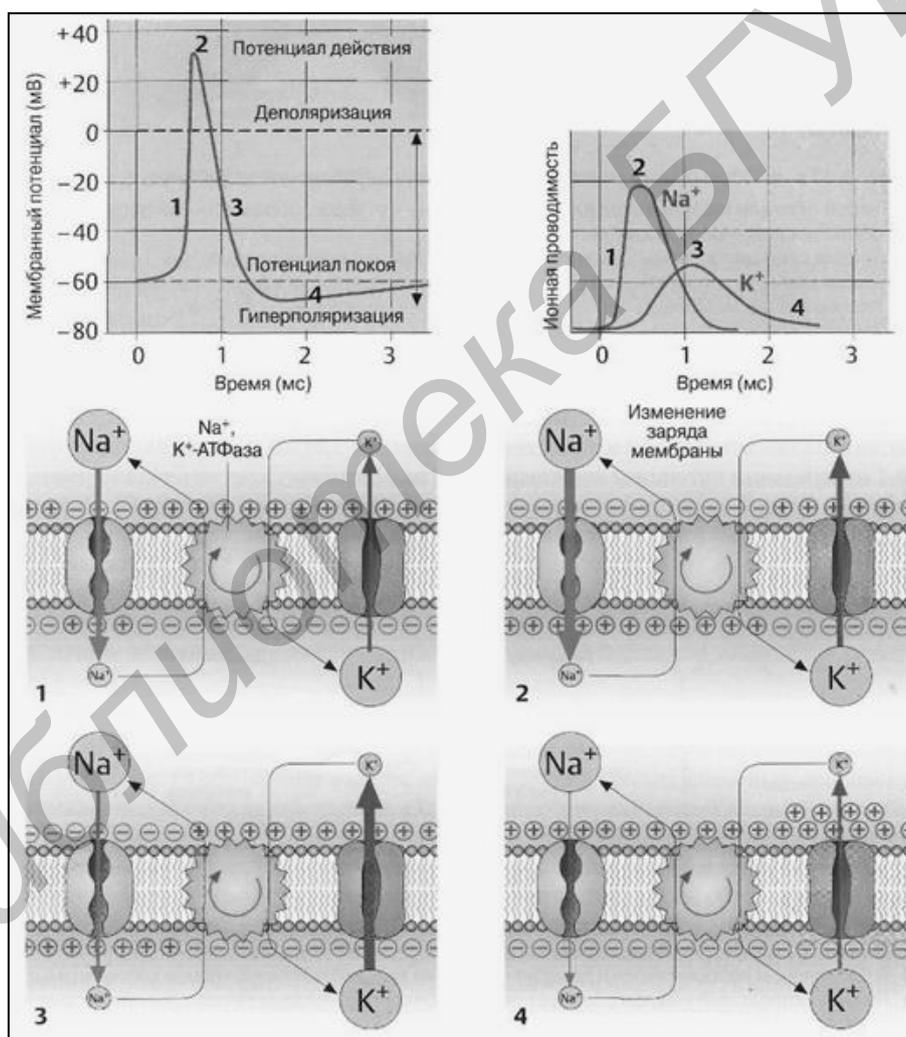


Рис. 1.31. Изменение потенциала действия во времени

К числу медиаторов, передающих сигнал возбуждения, относятся ацетилхолин и глутамат. Передача торможения осуществляется глицином и  $\gamma$ -аминомасляной кислотой (ГАМК). Многие медиаторы проявляют более слож-

ные эффекты, и поэтому их нельзя отнести к какой-то одной группе. К их числу относятся норадреналин, дофамин, серотонин и эндогенные опиоиды (эндорфины, энкефалины, динорфины).

Нейромедиаторы относятся к различным классам химических соединений. Норадреналин, серотонин и дофамин представляют собой *биогенные амины*, глутамат и глицин – *аминокислоты*, а эндогенные опиоиды являются *пептидами* (*нейропептидами*).

Некоторые экзогенные опиоиды, например морфин, выполняют функцию эндогенных нейромедиаторов белковой природы и связываются с такими же мембранными рецепторами. При этом блокируется передача болевых сигналов.

Серотонин представляет собой пример нейромедиатора, который влияет на различные функции мозга. Он участвует в регуляции температурного баланса организма и в формировании ощущений, является стимулятором двигательной активности, влияет на настроение и чувства человека. В основе действия многих психотропных веществ лежит их способность влиять на метаболизм серотонина.

Поскольку импульс всегда проходит в одном направлении, например от аксона, связанного с другой нервной клеткой, синапс можно рассматривать как клапан. Некоторые синапсы способствуют передаче сигнала или тормозят его. Наконец, они играют важную роль в процессах *памяти* и *обучения*. Чем чаще синапс передает какой-либо сигнал, тем быстрее этот сигнал начинает передаваться. На протяжении жизни человека синапсы могут утрачиваться.

Астроциты, мелкие глиальные клетки, участвуют в формировании так называемого *гематоэнцефалического барьера* (ГЭБ), который препятствует прохождению многих макромолекул, токсинов, лекарств из крови в головной мозг, за счет многочисленных псевдоподий (широких расширяющихся на концах «ножек»), которые, контактируя между собой, со всех сторон окружают стенки капилляров (рис. 1.32).

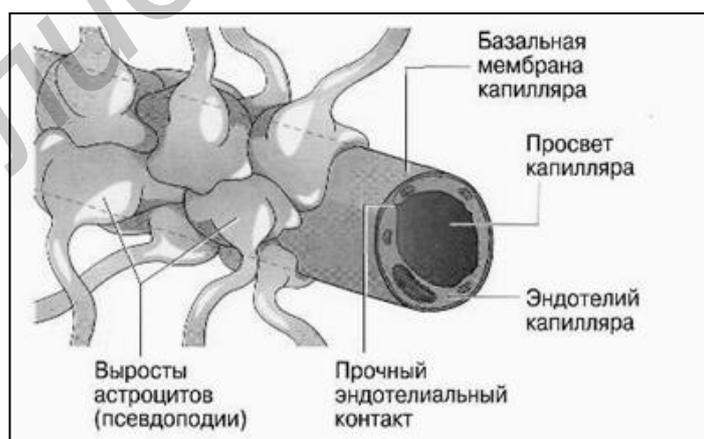


Рис. 1.32. Схема образования гематоэнцефалического барьера

В отличие от других органов, клетки эндотелия капилляров в ЦНС очень плотно примыкают друг к другу. ГЭБ окружает мозг и функционирует как регулятор, позволяющий углеводам (глюкозе) и белкам поступать в мозг только по

специфическим транспортным путям. При этом жирорастворимые вещества проходят в мозг почти свободно. Поэтому многие соединения, в том числе большинство лекарств, нерастворимых в жирах, не преодолевают такой барьер. Скопление в спинном и головном мозге тел нейронов и дендритов составляет серое вещество мозга, а отростки нервных клеток образуют белое вещество мозга. Тела нервных клеток формируют скопления и называются *ядрами* в центральной нервной системе и *ганглиями* (нервными узлами) – в периферической. По функциям выделяют три вида нейронов:

- чувствительные (*афферентные*) – проводят нервный импульс от органов в мозг;
- двигательные (*эфферентные*) – от мозга к органам;
- вставочные (*ассоциативные*) – располагаются в мозгу, переключают нервный импульс с чувствительных нейронов на двигательные.

В мозжечке и в больших полушариях клетки образуют слоистые (стратифицированные) структуры, называемые *корой*. Кора покрывает всю поверхность больших полушарий. Ее структурными элементами являются нервные клетки с отходящими от них отростками – аксонами и дендритами – и клетки нейроглии. В коре полушарий большого мозга человека насчитывают около 12–18 млрд нейронов. Основная масса клеток коры состоит из нейронов с пирамидной, веретенообразной и звездчатой формой клеток. Полагают, что пирамидные и веретенообразные клетки с длинными аксонами представляют преимущественно эфферентные системы коры, а звездчатые – преимущественно афферентные. Клеток нейроглии в головном мозге в 10 раз больше, чем ганглиозных (нервных) клеток, около 100–130 млрд. Толщина коры варьирует от 1,5 до 4 мм. Общая поверхность обоих полушарий коры у взрослого человека составляет от 1450 до 1700 см<sup>2</sup>.

Термин *нерв* используется только для периферической нервной системы. Он состоит из сотен индивидуальных аксонов, заключенных в миелиновые оболочки, а также кровеносных и лимфатических сосудов. В одном нерве могут находиться как чувствительные (афферентные), так и двигательные (эфферентные) волокна. Нерв окружен оболочкой из соединительной ткани.

В отличие от аксонов в ЦНС, периферические нервы способны к регенерации после повреждений, даже если нерв перерезан. Это происходит при сшивании концов нерва. После перерезки нерва, в первую очередь, дегенерирует часть аксона, отделенная от сомы, а шванновские клетки остаются связанными и служат *резервом* для регенерации аксона. Регенерирующий аксон растет со скоростью 1–2 мм в день в направлении иннервируемого органа (например мышцы). Для полной *реиннервации* необходимо несколько месяцев. После ампутации конечности аксоны начинают расти во всех направлениях (так как шванновские клетки также были удалены) и образуют пролиферирующую массу, так называемую ампутационную нейрому.

### 1.3. ОРГАНЫ, АППАРАТЫ

**Орган** – анатомически дифференцированная часть организма, состоящая из комплекса тканей, одна из которых выполняет ведущую функцию. Например, печень состоит из всех видов тканей, но основной является эпителиальная (образование желчи и обеспечение обезвреживания веществ, поступающих к печени от органов желудочно-кишечного тракта). «Рабочей» тканью в легких, почках и железах также является эпителиальная ткань, в кости – соединительная (костная), в мозге – нервная ткань. Эпителий покрывает кожу, выстилает слизистые, серозные оболочки и протоки желез. Соединительная ткань выполняет в каждом органе опорную, механическую, трофическую функции, образует соединительно-тканый каркас органа, его строму. Мышечная ткань участвует в образовании стенок кровеносных, лимфатических сосудов, пищеварительной системы, воздухоносных и мочевыводящих путей. Нервная ткань представлена в виде нервов (и их конечных разветвлений), иннервирующих органы, нервных узлов, лежащих в стенках органов.

Орган состоит из структурно-функциональных единиц, отдельных клеток или их популяций, способных выполнять основную функцию органа. Функциональная единица почки – нефрон, печени – печеночная долька.

Органы можно подразделить на внутренние – органы системы опоры и движения, и соматосенсорные – органы чувств и кожа. Среди внутренних органов различают полые и паренхиматозные. К системе органов опоры и движения принадлежат такие органы, как кости, связки и мышцы.

Все полые органы имеют общий план строения и состоят из трех оболочек: внутренней – слизистой, средней – мышечной и наружной. Наружная оболочка может быть представлена рыхлой соединительной тканью, которая получила название «адвентиция», или серозной оболочкой (брюшина, плевра или перикард). Паренхиматозные органы состоят из стромы – соединительной ткани, образующей каркас, и паренхимы – основного вещества органа.

Таким образом, орган – это относительно обособленное анатомическое образование, структурный элемент, из которого складывается более высокий уровень организации – *система органов*. В организме органы анатомически и функционально объединяются в системы органов.

**Система органов** – это интеграция различных органов, имеющих общий план строения, единство происхождения и выполняющих одну большую функцию (например, пищеварения, дыхания).

В организме человека выделяют следующие системы органов: пищеварительную, дыхательную, мочевыделительную, половую, нервную, кровеносную, лимфатическую и иммунную.

Органы, входящие даже в одну систему, существенно различаются по своему строению. Например, в составе пищеварительной системы такие органы, как зубы, язык, пищевод и печень, совершенно различны по своей форме, положению, цвету, консистенции и внутреннему строению. Единство и целостность системы органов определяется, прежде всего, общей направленностью фи-

физиологических процессов.

Однако большинство органов в составе одной системы имеют единый план строения. Так, в составе пищеварительной системы глотка, пищевод, желудок, тонкая и толстая кишки имеют общие принципы строения стенки. Они включают слизистую, мышечную и серозную (адвентициальную) оболочки, хотя для каждой из них также характерны типичные особенности строения. Эти органы пищеварительной системы выполняют общую функцию – переваривание пищи и всасывание образовавшихся веществ.

Таким образом, система органов предусматривает, прежде всего, функциональное объединение органов.

Некоторые органы объединяются по функциональному принципу в *аппараты*.

К *аппаратам* относят: совокупность органов или систем органов, которые имеют различное строение и происхождение и не связаны анатомически, но выполняют общую функцию (например, опорно-двигательный, эндокринный аппараты); либо совокупность органов или систем органов, которые связаны онтогенетически, но различны по своим функциональным задачам (например, мочеполовой аппарат).

## 2. ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНЫЙ АППАРАТ

Одним из важнейших свойств живого организма является передвижение в пространстве. Эту функцию у млекопитающих (и человека) выполняет **опорно-двигательный аппарат**, состоящий из двух частей: пассивной и активной. К первой относятся *кости*, соединяющиеся между собой различным образом, ко второй – *мышцы*.

### 2.1. КОСТНАЯ СИСТЕМА

#### 2.2.1. Строение костей

Костное вещество состоит из минеральных солей (около 70 %) и органических веществ (около 30 %). Больше половины всех минеральных веществ – это фосфорнокислый кальций. Минеральные вещества придают костям твердость и хрупкость, органические – гибкость, упругость, эластичность. В целом сочетание органических и неорганических веществ придает костям большую прочность. Твердость и прочность костей сравнима с чугуном и кирпичом, поэтому кости могут выносить большие нагрузки. Например, большая берцовая кость выносит, не ломаясь нагрузку около 3 тонн. Соотношение органического и неорганического вещества с возрастом изменяется. У детей немного выше количество органических веществ, поэтому их кости более упруги, эластичны и гибки и реже ломаются. У пожилых и старых людей несколько возрастает количество неорганических веществ, их кости менее эластичны и более хрупки, поэтому чаще ломаются даже при небольших травмах.

Кости скелета являются рычагами, приводимыми в движение мышцами. В результате этого части тела изменяют положение по отношению друг к другу и передвигают тело в пространстве. К костям прикрепляются связки, мышцы, сухожилия.

Кость живого человека – динамическая структура, в которой происходит постоянный обмен веществ, анаболические и катаболические процессы, разрушение старых и созидание новых костных трабекул и остеонов.

Кости скелета можно изучать у живого человека методом рентгеновского исследования. Наличие в костях солей кальция делает их менее прозрачными для лучей Рентгена, чем окружающие их мягкие ткани. Вследствие неодинакового строения костей, присутствия в них более или менее толстого слоя компактного коркового вещества, а внутри от него губчатого вещества, можно увидеть и различить кости на рентгенограммах. Суставной хрящ прозрачен для рентгеновского излучения. На рентгенограммах можно видеть точки окостенения и по ним определить возраст, проследить замещение эпифизарного хряща костной тканью, сращение частей кости (появление синостоза).

Все кости скелета можно классифицировать на группы (рис. 2.1):

- 1) трубчатые (длинные – плечевая, короткие – фаланги пальцев);
- 2) губчатые (длинные – ребра, короткие – кости запястья, предплюсны);
- 3) плоские (лопатки);

- 4) смешанные (основание черепа, позвонки);
- 5) воздухоносные.

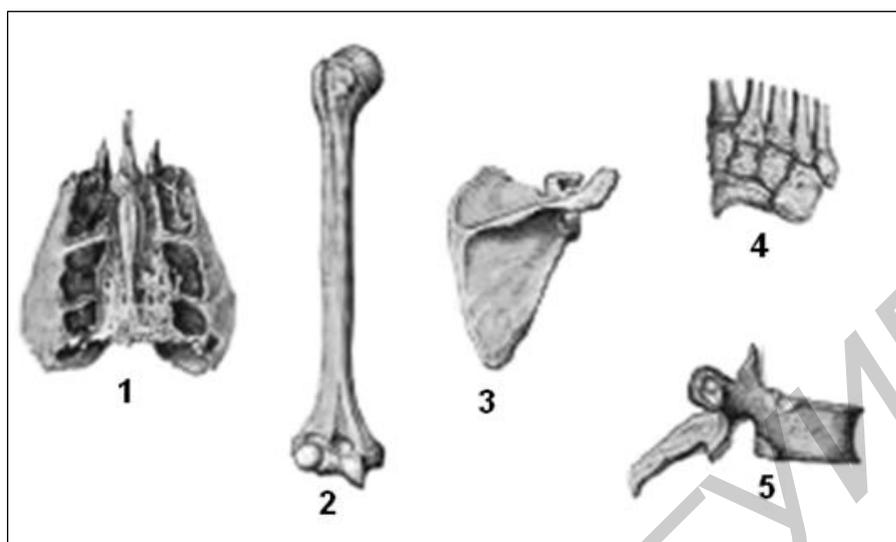


Рис. 2.1. Виды костей:

1 – воздухоносная кость; 2 – длинная (трубчатая) кость; 3 – плоская кость; 4 – губчатые (короткие) кости; 5 – смешанная кость

Во внешнем строении трубчатой кости выделяют удлиненную среднюю часть – тело, или диафиз, имеющий цилиндрическую или близкую к трехгранной форму (рис. 2.2). Расширенные концевые участки называются эпифизами. Между эпифизом и диафизом располагается участок, называемый метафизом. Эпифизарный участок кости участвует в образовании сустава, его поверхность покрыта гиалиновым хрящом. Вся остальная поверхность кости покрыта надкостницей, которая образована двумя тканевыми слоями: наружным из плотной соединительной ткани и внутренним из эпителиальной ткани. Надкостница имеет розоватый цвет, в ней расположено много мелких кровеносных сосудов и болевых рецепторов. Трубчатые кости (плечевая, бедренная) имеют вид трубки с полостью, заполненной желтым костным мозгом. Концы этих костей утолщены и заполнены губчатой тканью, содержащей красный костный мозг. Трубчатые кости способны выдерживать большие нагрузки. Плоские кости (лопатки, ребра, тазовые, черепные) состоят из двух пластинок плотного вещества и тонкой прослойки губчатого вещества между ними.

В молодых растущих костях в области метафиза имеется сплошная хрящевая прослойка – метафизарный хрящ. За счет деления его клеток кость растет в длину. В области диафизов имеются костные возвышения – апофизы, к которым прикрепляются скелетные мышцы. В области диафиза внутри кости имеется полость, костная стенка которой ограничена компактным костным веществом. Диафизы образованы губчатым костным веществом, которое содержит многочисленные мелкие ячейки. Поверхность диафиза покрыта тонким слоем компактного костного вещества. Полость внутри диафиза и все ячейки в губчатом веществе эпифизов заполнены костным мозгом. Во внутриутробный пери-

од и в раннем детском возрасте в костях находится только красный костный мозг. Он является органом кроветворения и иммунной защиты. Постепенно с возрастом красный костный мозг в полостях диафизов трубчатых костей заменяется желтым костным мозгом, который образован жировой тканью и выполняет запасающую функцию. На форму, размеры, внешнее и внутренне строение костей большое влияние оказывает интенсивность и характер физической нагрузки.

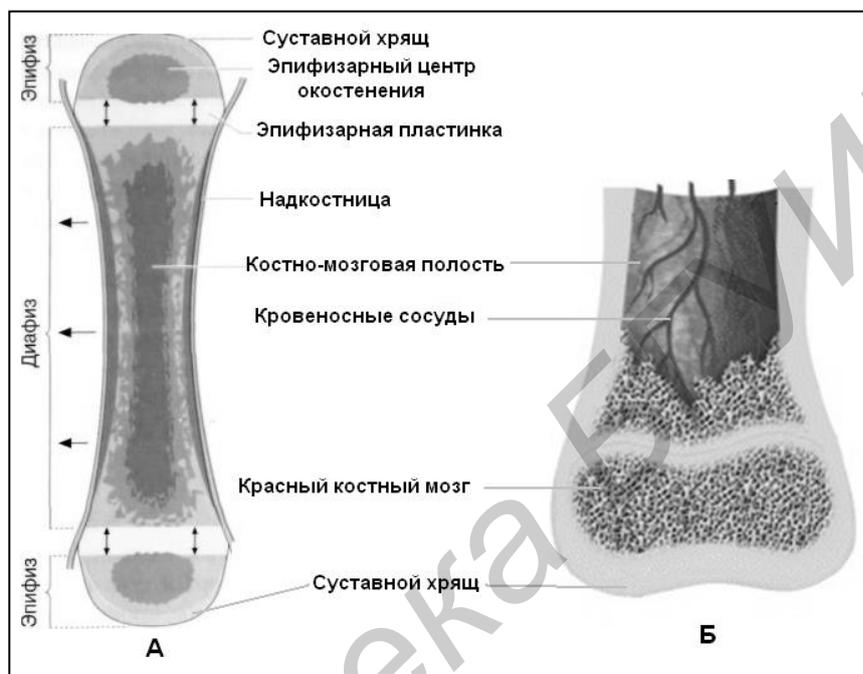


Рис. 2.2. Строение трубчатой кости:  
А – кость в период роста; Б – эпифиз кости взрослого человека

Костная ткань растущего организма образуется внутри хряща: примерно на середине диафиза появляются остеобласты. Из надкостницы в хрящ врастают кровеносные сосуды и соединительная ткань, хрящ начинает разрушаться. Часть клеток соединительной ткани превращается в остеобласты, которые разрастаются в виде тяжей, формирующих в глубине хряща губчатое костное вещество. Диафизы окостеневают еще во внутриутробном периоде (*первичные точки окостенения*). В течение его последнего месяца и после рождения в хрящевых эпифизах появляются 1–3 *вторичных точки окостенения*, которые увеличиваются в размерах, хрящ изнутри разрушается, а на его месте образуется костная ткань. Трубчатая кость растет в длину до 16–24 лет, когда хрящ полностью заменяется костной тканью, эпифиз срастается с диафизом.

### 2.1.2. Строение скелета

**Скелет** (от греч. skeleton – высохший, высушенный) представляет собой комплекс костей, выполняющих опорную, защитную, локомоторную функции. Скелет человека – совокупность костей, пассивная часть опорно-двигательного аппарата. Служит опорой мягким тканям, точкой приложения



мышц (рычажная система), вместилищем и защитой внутренних органов. В состав скелета входит более 200 костей, из них 33–34 непарные (рис. 2.3). Самая длинная кость скелета – бедренная кость, а самая маленькая – стремя в среднем ухе.

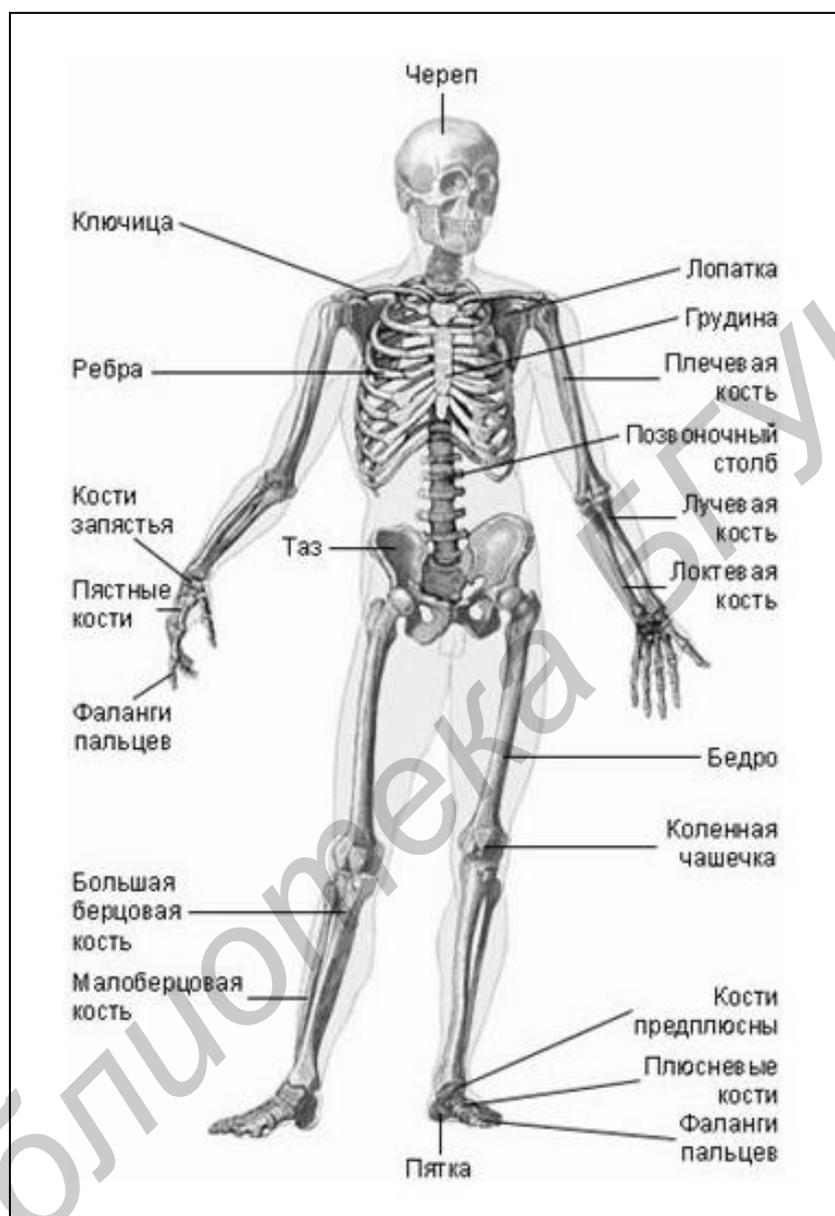


Рис. 2.3. Скелет человека

Скелет образует вместилища для жизненно важных органов, защищая их от внешних воздействий: в полости черепа расположен головной мозг, в позвоночном канале – спинной, в грудной клетке – сердце и крупные сосуды, легкие, пищевод и др., в полости таза – мочеполовые органы. Кости участвуют в минеральном обмене, они являются депо кальция, фосфора и т. д. Живая кость содержит витамины А, D, С и др.

Скелет человека устроен по общему для всех позвоночных животных принципу. Кости скелета подразделяются на две группы: осевой скелет и доба-

вочный скелет. К осевому скелету относятся кости, лежащие посередине и образующие остов тела; это все кости головы и шеи, позвоночник, рёбра и грудина. Добавочный скелет составляют ключицы, лопатки, кости верхних конечностей, кости таза и кости нижних конечностей.

Все кости скелета делят на подгруппы:

### ***Осевой скелет***

*Череп* – костная основа головы, являетсяместилищем головного мозга, а также органов зрения, слуха и обоняния. Череп имеет два отдела: мозговой и лицевой.

*Грудная клетка* имеет форму усечённого сжатого конуса, является костной основой груди иместилищем для внутренних органов.

*Позвоночник*, или позвоночный столб является главной осью тела, опорой всего скелета; внутри позвоночного канала проходит спинной мозг.

### ***Добавочный скелет***

*Пояс верхних конечностей* обеспечивает присоединение верхних конечностей к осевому скелету. Состоит из парных лопаток и ключиц.

Верхние конечности максимально приспособлены для выполнения трудовой деятельности. Конечность состоит из трёх отделов: плеча, предплечья и кисти.

*Пояс нижних конечностей* обеспечивает присоединение нижних конечностей к осевому скелету, а также являетсяместилищем и опорой для органов пищеварительной, мочевыделительной и половой систем.

Нижние конечности приспособлены для опоры и перемещения тела в пространстве во всех направлениях, кроме – вертикально вверх (не считая прыжка).

В течение жизни скелет постоянно претерпевает изменения. Во время внутриутробного развития хрящевой скелет плода постепенно замещается костным. Этот процесс продолжается также и в течение нескольких лет после рождения. Детский скелет содержит большое количество мелких косточек, которые срастаются в крупные кости только к определённому возрасту. Это, например, кости черепа, таза и позвоночника. Крестцовые позвонки срастаются в единую кость (крестец) только в возрасте 18–25 лет.

Скелет ребенка и взрослого человека отличаются по пропорциям (рис. 2.4). Отдельные части скелета можно различить уже у 5-недельного зародыша (размером с горошину), у которого наиболее заметной частью является позвоночник, образующий выразительную дугу. Скелет новорожденного ребёнка состоит более чем из 300 косточек, в процессе взросления часть из них срастается и в скелете взрослого их остаётся лишь 206.

Мужской и женский скелеты также имеют свои отличительные черты. Они в целом построены по одному типу и кардинальных различий между ними нет. Различия заключаются лишь в немного изменённой форме или размерах отдельных костей и, соответственно, включающих их структур. Кости конечностей и пальцев у мужчин в среднем длиннее и толще. У женщин более широкий таз, а также более узкая грудная клетка, менее угловатые челюсти и слабее вы-

ражены надбровные дуги и затылочные мышечки.

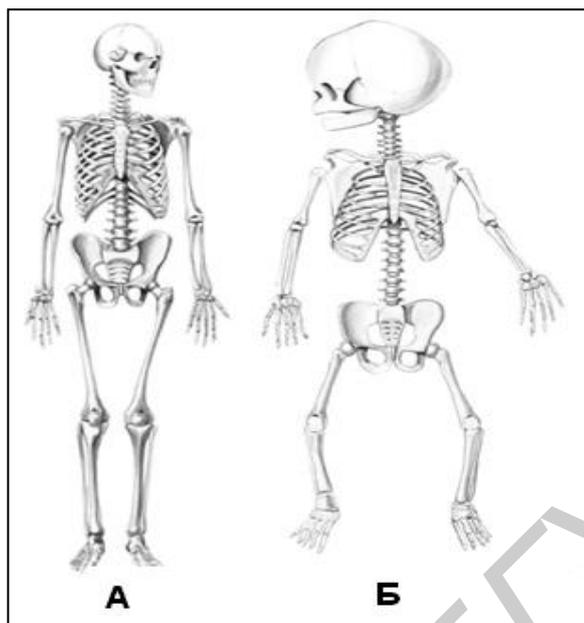


Рис. 2.4. Пропорции скелета взрослого человека (А) и ребенка (Б)

**Череп** – костная основа головы, является вместилищем головного мозга, а также органов зрения, слуха и обоняния (рис. 2.5).

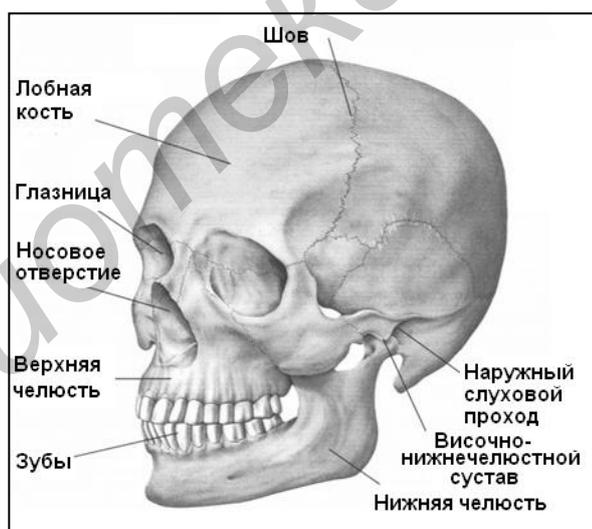


Рис. 2.5. Строение черепа взрослого человека

Череп имеет два отдела: мозговой и лицевой. Череп человека состоит из 23 костей, 8 парных и 7 непарных. Кости крыши черепа человека плоские, состоят из более толстой *наружной* и тонкой *внутренней пластинки плотного вещества*. Между ними заключено *губчатое вещество*, в ячейках которого находится красный костный мозг и многочисленные кровеносные сосуды.

*Череп новорожденного* имеет те же кости, что и череп взрослого, но они намного меньше. Имеются существенные различия в пропорциях черепа, раз-

мерах и форме костей и в том, как они соединены (рис.2.6).

Если бы все кости черепа ребенка росли одинаково до достижения взрослого размера, мы бы по окончании этого процесса выглядели совсем иначе. На самом деле по мере роста пропорции черепа меняются, то есть кости растут с разной скоростью. Наиболее радикально меняется лицо.

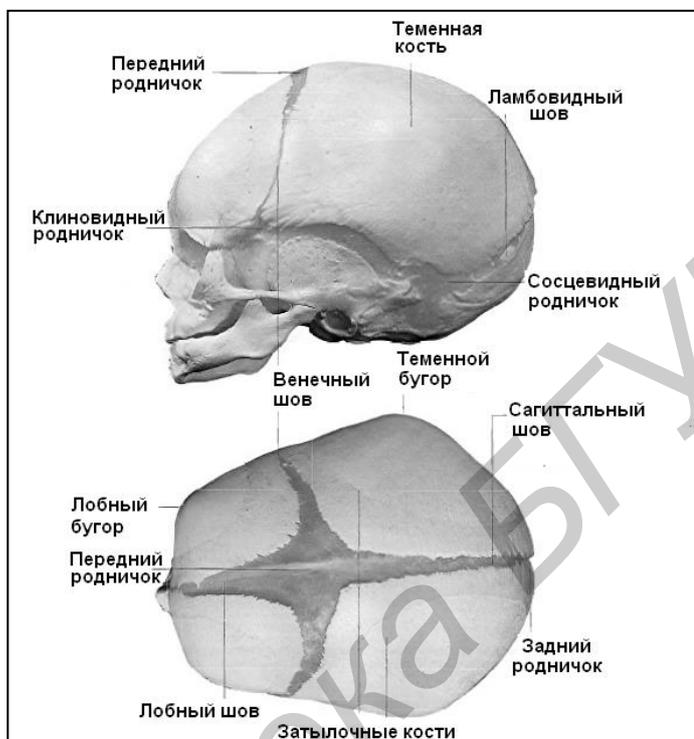


Рис. 2.6. Череп новорожденного

У новорожденного мозговая часть черепа примерно в восемь раз больше лицевой, в то время как у взрослого – больше только в три раза. Это происходит потому, что мозг развивается быстро и достигает взрослого размера на ранней стадии жизни, тогда как челюсти, зубы и относящиеся к ним мышцы развиваются в течение более длительного времени. При рождении окружность черепа в среднем – около 33 см, а объем мозга – 400 мл. К двум годам окружность черепа достигает 47 см, а объем мозга – уже 1000 мл. Для сравнения: окружность головы взрослого – около 55 см, а объем мозга – около 1400 мл. Глазницы новорожденного сравнительно велики, и их основание находится почти на уровне полости носа.

Главная особенность черепа новорожденного – *родничок*.

Роднички – фиброзные мембраны, закрывают промежутки между растущими костями свода черепа. Они, как и широкие швы, позволяют костям черепа скользить и заходить друг на друга во время прохождения головы через узкий родовой канал. Это часто приводит к временной деформации черепа при родах. Имеется шесть родничков, расположенных в углах теменных костей.

**Грудная клетка** образуется грудиной, рёбрами, позвоночником, а также мышцами. Грудная клетка содержит в себе грудную полость, а также из-за

изогнутости диафрагмы верхнюю часть брюшной полости. Укреплённая внутри и снаружи на грудной клетке дыхательная мускулатура обеспечивает дыхание у сухопутных позвоночных.

Грудная клетка человека несколько сжата, ее переднезадний размер значительно меньше поперечного. Форма грудной клетки зависит от пола, телосложения, физического развития и возраста. Грудная клетка состоит из 12 грудных позвонков, 12 пар рёбер и грудины (рис. 2.7).

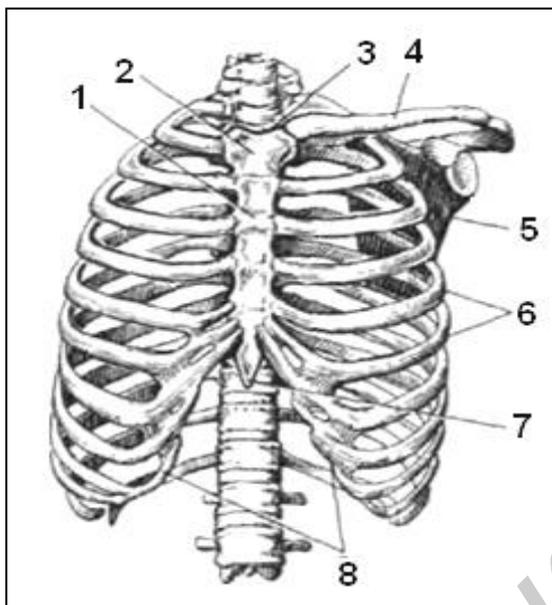


Рис. 2.7. Грудная клетка:  
1 – тело грудины; 2 – рукоятка грудины; 3 – верхняя апертура грудной клетки; 4 – ключица; 5 – лопатка; 6 – ребра; 7 – мечевидный отросток грудины; 8 – реберная дуга

Передне- и заднебоковые отделы грудной клетки образованы ребрами. I–VII ребра называются *истинными*, каждое из них достигает грудины посредством своего хряща; VIII–X – *ложными*, концы их хрящей срастаются между собой и с хрящами нижних ребер, образуя реберную дугу; XI–XII – *колеблющиеся*, их передние концы не доходят до грудины и теряются в верхних отделах передней брюшной стенки.

На внутренней поверхности каждого ребра по его нижнему краю проходит *борозда*, в которой располагаются межреберные нерв, артерия и вены.

Грудина представляет собой плоскую кость, на середине верхнего края которой находится *яремная вырезка*. Она легко прощупывается у живого человека. По бокам от яремной вырезки имеются *ключичные вырезки* для соединения с ключицами. Грудина у мужчин длиннее, чем у женщин. Грудина располагается непосредственно под кожей и содержит красный костный мозг. Поэтому при необходимости исследования костного мозга обычно делают *пункцию грудины*.

**Позвоночник**, или **позвоночный столб** является главной осью тела, опорой всего скелета. Внутри позвоночного канала проходит спинной мозг. Позвоночник связывает части тела, выполняет защитную и опорную функции для спинного мозга и выходящих из позвоночного канала корешков спинномозговых нервов. Верхний конец позвоночника поддерживает голову. Скелет

верхней и нижней свободных конечностей прикрепляется к скелету туловища (позвоночник, грудная клетка) посредством поясов. Положение и форма позвоночника человека обуславливают возможность прямохождения.

У стоящего человека позвоночный столб в сагиттальной плоскости обнаруживает двойную S-образную изогнутость. Эта изогнутость представлена двумя выпуклостями, направленными вперед (*шейный и поясничный лордозы*), и двумя прогнутостями, ориентированными в том же направлении (*грудной и крестцовый кифозы*) (рис. 2.8). Такой профиль придает позвоночнику свойства гибкого стержня, наподобие эластичной пружины, необходимой для амортизации вертикальных нагрузок, например при беге и прыжках.

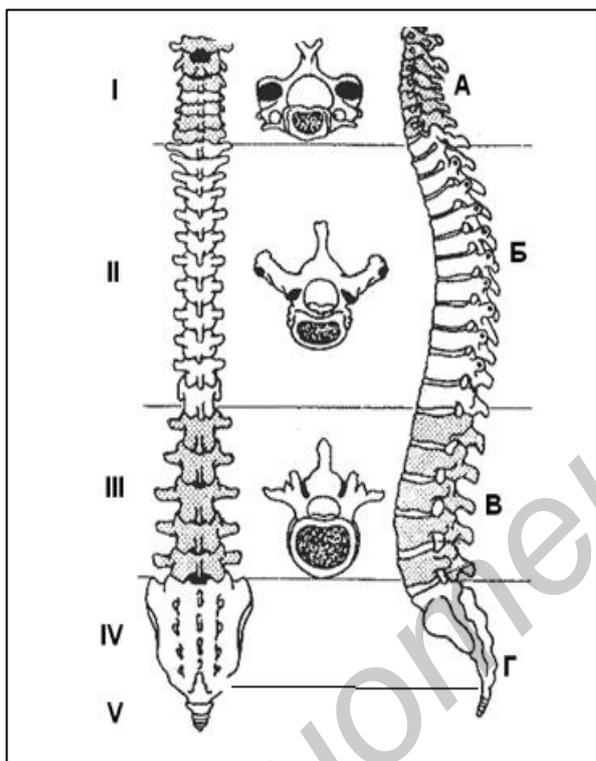


Рис. 2.8. Схема строения позвоночника:

I – шейный отдел; II – грудной отдел; III – поясничный отдел; IV – крестцовый отдел; V – копчиковый отдел; А – шейный лордоз; Б – грудной кифоз; В – поясничный лордоз; Г – крестцовый кифоз

Будучи весьма прочным, позвоночный столб удивительно подвижен. Наиболее подвижным является шейный отдел позвоночника. Грудной отдел позволяет совершать вращательные движения, в то время как для поясничного отдела основным типом движения является сгибание – разгибание. Свобода движения в основном определяется связками, способностью мышц к растяжению и зависит от телосложения.

Позвоночник состоит из ряда лежащих один на другом *позвонков*. Наиболее типично следующее их количество: *шейных* – 7, *грудных* – 12, *поясничных* – 5, *крестцовых* – 5, *копчиковых* – 4. У новорожденного ребенка число позвонков 33 или 34. У взрослого человека позвонки нижнего отдела срастаются, образуя крестец и копчик.

*Позвонки* разных отделов отличаются по форме и величине. Позвоночные отверстия всех позвонков образуют длинный *позвоночный канал*, в котором залегает спинной мозг, надежно защищенный стенками канала (рис. 2.9).

В позвоночном столбе между телами позвонков находятся *межпозвоночные диски*, построенные из волокнистого хряща. Соединения позвонков образуют *межпозвоночное отверстие*, через которое проходит спинно-мозговой нерв.



Рис. 2.9. Соединение позвонков

*Межпозвоночный диск* является существенной частью подвижного элемента позвоночника, он состоит из внешнего кольца плотной фиброзной ткани и находящегося в центре гелеобразного содержимого. Диск соединен с телом соседнего позвонка, и оба позвонка фиксируются передними и задними продольными связками. Наряду с телом позвонков, их отростки и дуги прочно соединены системой связок. По своей функции межпозвоночные диски подобны автомобильным амортизаторам. При нагрузке (вертикальное положение туловища) они сжимаются, а при снятии нагрузки (в положении лежа) снова принимают первоначальную форму. Повреждение диска может приводить к сжатию спинно-мозгового корешка, что вызывает боль или слабость нижних конечностей.

В крестцовом канале находятся терминальная нить спинного мозга и корешки поясничных и крестцовых спинно-мозговых нервов. Копчиковые позвонки срастаются в возрасте от 12 до 25 лет, причем этот процесс идет в направлении снизу вверх.

**Пояс верхних конечностей** – обеспечивает присоединение верхних конечностей к осевому скелету. Состоит из парных лопаток и ключиц, которые прикреплены к грудной клетке с помощью мышц и связок, а спереди посредством сустава сочленяются с грудиной.

Верхние конечности максимально приспособлены для выполнения трудовой деятельности. Конечность состоит из трёх отделов: плеча, предплечья и кисти.

*Ключица* – парная, S-образно изогнутая трубчатая кость, легко прощупывается у человека. Функциональная роль ключицы очень важна – она как бы отодвигает плечевой сустав от грудной клетки, обуславливая свободу движений руки.

*Лопатка* – плоская кость треугольной формы, прилежащая к задней по-

верхности грудной клетки своей реберной поверхностью. В процессе эволюции гоминоидов лопатка существенно изменилась, длина ее уменьшилась по сравнению с шириной, угол ости с плоскостью лопатки достигает прямого угла, в то время как у человекообразных обезьян он не превышает 59°.

**Кости свободной верхней конечности.** Плечевая кость – длинная трубчатая кость, сочленяющаяся с лопаткой. Внизу плечевая кость заканчивается сложно устроенным мыщелком. Локтевая и лучевая кости – также длинные трубчатые кости.

Кисть делится на три отдела: *запястье, пясть и пальцы*. Скелет кисти образован 27 костями. Кости запястья в количестве 8 костей располагаются в два ряда, далее размещены 5 костей пясти, сочленяющихся с фалангами (короткие трубчатые кости) пальцев. У большого пальца две фаланги, у остальных четырех – по три.

В процессе эволюции рука ископаемых гоминид благодаря труду постепенно совершенствовалась и превратилась в орган, который способен выполнять самые тонкие и совершенные движения. В процессе эволюции кисть человека приобрела ряд важных структурных особенностей, основными из которых являются уменьшение относительной длины кисти и преобразование седловидного запястно-пястного сустава большого пальца, его смещение из плоскости прочих пальцев в направлении ладони, что привело к способности противопоставлять большой палец другим.

**Пояс нижних конечностей** обеспечивает присоединение нижних конечностей к осевому скелету, а также является вместилищем и опорой для органов пищеварительной, мочевыделительной и половой систем.

Тазовая кость – парная плоская кость, образована сросшимися подвздошной, лобковой и седалищной костями (рис. 2.10). Хрящевая пластинка между седалищной и лобковой костями исчезает примерно в 6-летнем возрасте. Окончательное сращение трех костей происходит в 12–14 лет у девочек и в 15–16 лет у мальчиков.

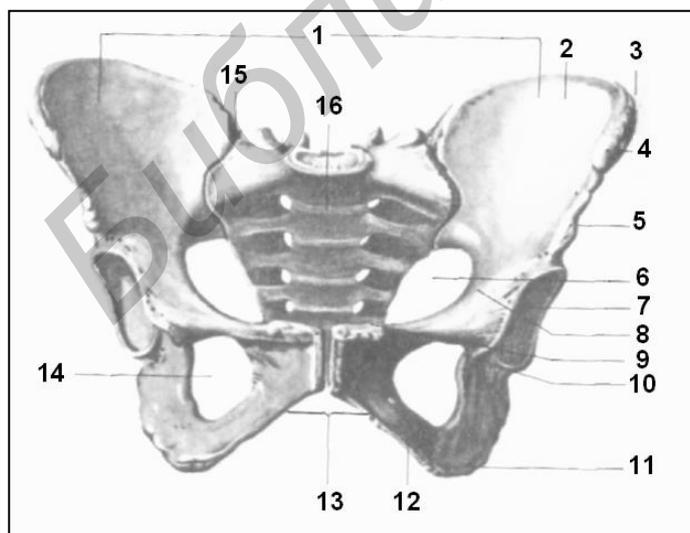


Рис. 2.10. Таз женский:

- 1 – большой таз; 2 – крыло подвздошной кости; 3 – подвздошный гребень; 4 – верхняя передняя подвздошная ость; 5 – нижняя передняя подвздошная ость; 6 – малый таз; 7 – вертлужная впадина; 8 – гребень лобковой кости; 9 – лобковый бугорок; 10 – седалищная кость; 11 – седалищный бугор; 12 – нижняя ветвь лобковой кости; 13 – подлобковая дуга; 14 – запирательное отверстие; 15 – правый крестцово-подвздошный сустав; 16 – крестец

**Кости свободной нижней конечности.** Бедренная кость – наиболее



крупная, массивная трубчатая кость. Длинная *шейка*, соединяющая головку с телом кости, расположена под углом. У мужчин этот угол тупой (около  $130^\circ$ ), у женщин – почти прямой. С возрастом угол увеличивается (рис. 2.11).

Тело бедренной кости изогнуто кпереди. Эта специфическая особенность, присущая человеку разумному, отсутствует у антропоморфных обезьян, питекантропов и синантропов, и появляется лишь у неандертальцев.

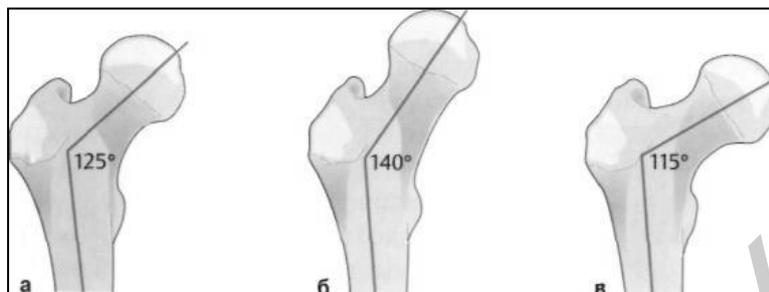


Рис. 2.11. Угол наклона шейки бедренной кости к диафизу:  
а – у взрослого; б – у 3-х летнего ребенка; в – у пожилого человека

*Надколенник* лежит в толще сухожилия четырехглавой мышцы бедра. Он легко прощупывается у живого человека.

*Большеберцовая кость* – единственная из двух костей голени, которая сочленяется с бедренной. Это обусловило ее большую массивность. *Малоберцовая кость* – более тонкая длинная трубчатая кость.

В *стопе* различают *предплюсню*, *плюсню* и *пальцы*. Стопа человека выполняет строго специализированную функцию передвижения и опоры. С этим связано ее строение по типу прочной и упругой сводчатой арки с короткими пальцами. 8 костей предплюсны расположены в два ряда. Пяточная кость наиболее крупная. Кости плюсны – это пять коротких трубчатых костей. Скелет пальцев образован фалангами – короткими трубчатыми костями. Количество их соответствует фалангам пальцев кисти, однако они отличаются небольшими размерами.

У новорожденных детей эпифизы всех костей хрящевые, вторичные точки окостенения закладываются у них в течение первых 5–10 лет, а сращение эпифизов с диафизами, как правило, происходит после 15–18 лет, причем у девочек на 1–2 года раньше, чем у мальчиков.

## 2.2. СОЕДИНЕНИЯ КОСТЕЙ

Кости низших позвоночных, ведущих водный образ жизни, соединены посредством непрерывных соединений. Выход на сушу привел к изменению характера движений, в связи с этим сформировались переходные формы – *симфизы* – и наиболее подвижные – *суставы*. Соединения между хрящевыми или костными частями скелета обеспечивают подвижность отдельных частей туловища и конечностей, а также передачу мышечных усилий.

Суставы могут делиться на группы в соответствии с их функциями. Са-

мая важная функция сустава заключается в позволении или блокировании движения. Существуют три группы суставов (рис. 2.12).

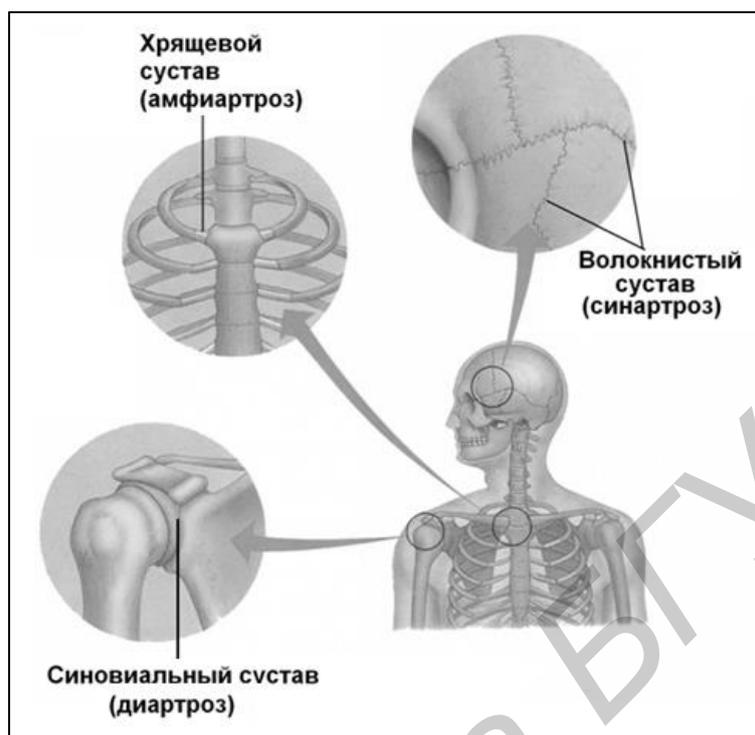


Рис. 2.12. Виды суставов

**Синартрозы** – суставы, не позволяющие движение. Эти суставы расположены преимущественно в осевом скелете (центральный скелет, исключая конечности), где кости в основном выполняют функции поддержки и защиты, а не обеспечения мобильности. Примером являются волокнистые суставы (швы) черепа.

**Амфиартрозы** – суставы, позволяющие небольшие движения. Они находятся в тех областях, где требуется некоторая гибкость, но большая степень движений не нужна. Среди примеров позвоночные суставы или волокнистая межкостная перепонка предплечья.

**Диартрозы** – суставы, позволяющие свободные движения. Они находятся преимущественно в конечностях. Некоторые примеры – тазобедренный, плечевой и локтевой суставы.

**Непрерывные соединения (синартрозы).** При так называемых непрерывных соединениях, или синартрозах, сочлененные части скелета разделяются другой тканью – хрящевой или соединительной (рис. 2.13). Различают следующие виды непрерывных соединений:

- 1) синдесмозы (фиброзные соединения);
- 2) синхондрозы (хрящевые);
- 3) синостозы (костные); они не являются соединением, а фактически представляют собой сросшиеся кости.

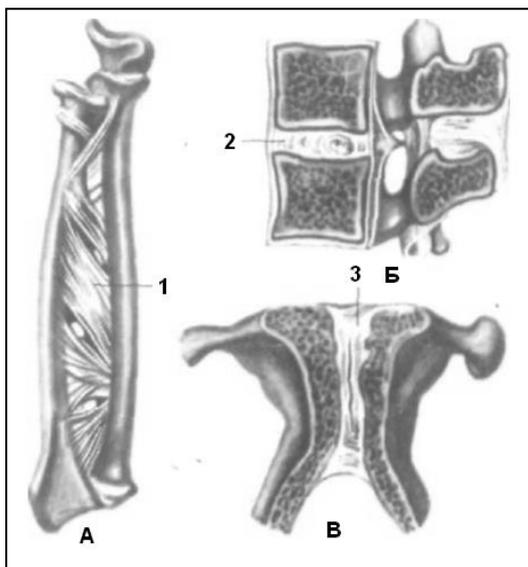


Рис. 2.13. Виды непрерывных соединений и полусустав:

А – синдесмоз: 1 – межкостная перепонка предплечья; Б – синхондроз: 2 – межпозвоночный диск; В – полусустав: 3 – лобковый симфиз

**Прерывные соединения (синовиальные суставы, диартрозы).** При синовиальном соединении кости разделяются *суставной щелью* (рис. 2.14). Характерным является присутствие *гиалинового хряща*, покрывающего *суставные поверхности*, и *суставной капсулы*, окружающей *суставную полость*. Для некоторых суставов характерно присутствие *межсуставных дисков* (мениск коленного сустава, например).

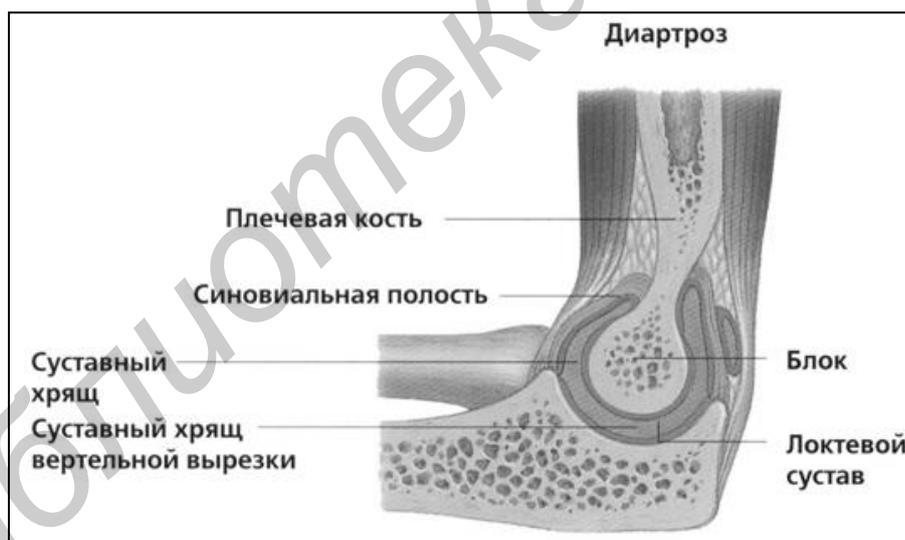


Рис. 2.14. Строение сустава

Суставные поверхности суставов покрыты *хрящом*. Толщина хряща зависит от типа сустава, нагрузки на него и составляет от 1 до 7 мм. У лиц молодого возраста поверхность хряща гладкая, блестящая и упругая. По мере старения он становится тверже, теряет прозрачность, приобретает желтоватый оттенок. Поскольку хрящ не содержит кровеносных сосудов, питательные вещества в хрящ проникают из синовиальной жидкости и частично из сосудов субхондральной зоны. Матрикс – это волокнистый каркас, состоящий из коллагеновых

волокон. Матрикс хряща на 60–80 % состоит из воды и протеогликанов. Подобная структура матрикса хряща придает ему большую устойчивость к нагрузкам.

Для максимально эффективного питания необходимо, чтобы хрящ постоянно находился в движении (чередование нагрузки и отдыха). При таком режиме он наиболее полно усваивает питательные компоненты синовиальной жидкости. Отсутствие движений и высокие физические нагрузки, особенно у пожилых людей, приводят к *разрушительным изменениям в хряще (остеоартрит)*. Хрящ обладает слабой способностью к регенерации, так как не содержит *надхрящницы*.

*Суставная капсула* – оболочка из соединительной ткани, герметично ограничивающая полость сустава. Капсула сустава состоит из двух слоев – наружного (фиброзного) слоя и внутреннего, образованного синовиальной оболочкой. Наружный фиброзный слой значительно толще и прочнее внутреннего. Толщина и строение фиброзного слоя капсулы обусловлены нагрузкой на сустав.

*Синовиальная оболочка* выстлана прерывистым слоем синовиальных клеток (синовиоцитов). Эти клетки (специализированные фибробласты) расположены на отдельных участках в один – три слоя, а другие участки синовиальной оболочки представлены основным веществом и межклеточным матриксом соединительной ткани с широко разветвленной сетью нервных окончаний, кровеносных и лимфатических сосудов.

*Суставная полость* – пространство между сочленяющимися поверхностями костей, ограниченное синовиальной оболочкой. Суставная полость содержит прозрачную вязкую синовиальную жидкость. Основными функциями синовиальной жидкости являются обменная, двигательная, питательная и защитная. Обменная функция заключается в удалении продуктов распада из сустава.

Вязкая, богатая белками синовиальная жидкость не только питает суставной хрящ, но и служит смазкой, уменьшающей трение. Двигательная функция обеспечивает скольжение соприкасающихся частей суставов. Считают, что при нагрузке из глубинных слоев хряща через поры и пространства между коллагеновыми фибриллами выдавливается, как из мокрой губки, богатая протеогликанами жидкость, которая способствует повышению концентрации гиалуроната над поверхностью хряща. Таким образом, возникает защитная пленка, толщина которой связана с величиной нагрузки. При уменьшении нагрузки жидкость входит обратно вглубь хрящевой пластинки. При некоторых патологических состояниях этот механизм нарушается, что приводит к быстрой деструкции хряща.

Питательная функция синовиальной жидкости состоит в транспортировке энергетических веществ для бессосудистого хряща, а защитная – в фагоцитозе. От повреждения ткани сустава защищают также иммунокомпетентные клетки и макрофаги в синовиальной оболочке и синовиальной жидкости.

Подвижные суставы можно подразделить на несколько типов в зависимости от *формы суставной поверхности и конфигурации сустава* (рис. 2.15): ша-

ровидные, мышечковые, блоковидные, шкворневые, седловидные и плоские суставы.

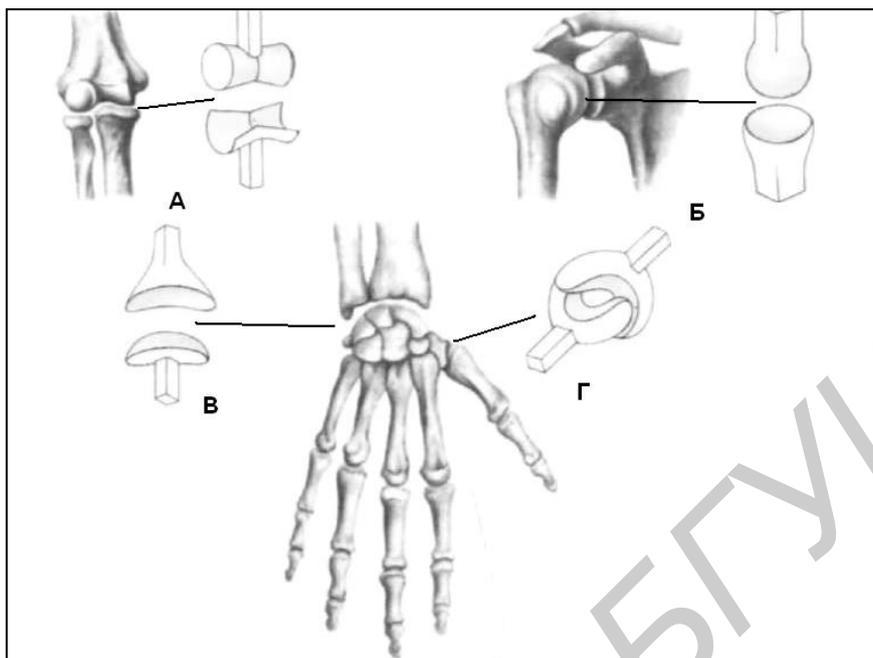


Рис. 2.15. Схематическое изображение суставных поверхностей:  
А – блоковидный; Б – шаровидный; В – седловидный; Г – эллипсоидный

*Шаровые* суставы состоят из *шаровидной головки* и *чашеобразной впадины*, что позволяет совершать движение по *шести направлениям*. Примером таких суставов являются плечевой и тазобедренный.

*Мышечковые* суставы (кондиллярные суставы) имеют две взаимоперпендикулярные оси и позволяют движение в *четырёх направлениях*. Примером является лучезапястный сустав.

*Блоковидные* суставы (шарнирные) и *шкворневые* суставы (вращательные) обеспечивают вращение вокруг одной оси в двух направлениях. Примером служит лучелоктевой сустав.

*Седловидные* суставы имеют две *вогнутые поверхности* и две взаимоперпендикулярные оси. Движение возможно в *четырёх направлениях*. Примером является сустав запястья.

*Плоские* суставы (суставы скольжения) обеспечивают *скольжение плоских суставных поверхностей*. По этому типу организованы, например, небольшие суставы между позвонками.

***Малоподвижные соединения или полусуставы (амфиартрозы).*** Подвижность некоторых суставов *крайне ограничена* из-за их формы и *жестких связок*. К их числу относится сустав, скрепляющий большеберцовую и малоберцовую кости, а также крестцово-подвздошный сустав (см. рис. 2.10, 2.13).

## 2.3. Мышцы

Благодаря мышцам, точнее, благодаря их способности сокращаться человеческий организм может выполнять различные движения, сохранять равновесие и определенное положение тела в пространстве. Мышцы, в отличие от костей и соединений, являются активным элементом аппарата движения. Сократительная способность мышц обеспечивается за счет структурных элементов мышечной ткани, миофибрилл (см. раздел 1.2.3).

Мышечные волокна располагаются параллельными рядами и соединяются в пучки, которые образуют саму скелетную мышцу. Небольшие мышечные пучки покрыты тонкой соединительной тканью – эндомизией, крупные – перимизием, а всю мышцу в целом покрывает плотная соединительная ткань – эпимизий (см. рис.1.20).

Отдельные мышцы и группы мышц покрывают фасции, которые выполняют функцию защитной оболочки. Они образованы соединительной тканью и содержат коллагеновые и эластические волокна. Фасции задают направление хода кровяных и лимфатических сосудов и нервов, а в некоторых случаях являются местом начала или прикрепления мышц.

На концах мышцы переходят в сухожилия, которые обладают большей эластичностью, упругостью и прочностью, чем мышечные волокна, что позволяет избегать разрывов мышц и их отрывов от костей при интенсивной внутренней нагрузке или сильном внешнем воздействии.

В мышце выделяют головку – начальную часть, брюшко – среднюю часть и хвост – конечную часть. От длины мышцы зависит степень размаха, который она может обеспечить. У каждой мышцы есть точка начала и место крепления. Форма мышц разнообразна и зависит от соотношения мышечных волокон и сухожилий. Выделяют следующие формы мышц (рис. 2.16):

- 1) веретенообразная мышца – мышца, сужающаяся к обоим концам и заканчивающаяся сухожилиями;
- 2) двуглавая/трехглавая/четырёхглавая мышца – мышца, у которой при одном брюшке может наблюдаться несколько головок, имеющих разное начало и переходящих в разные сухожилия;
- 3) двубрюшная мышца – мышца, брюшко которой делится на две части промежуточным сухожилием, называемым сухожильной дугой;
- 4) многобрюшная мышца, например прямая мышца – мышца, ход волокон которой прерывается одной или несколькими сухожильными перемычками;
- 5) широкая мышца – мышца, у которой мышечные волокна имеют вид пластов, переходящих в широкое сухожилие – апоневроз. Такие мышцы встречаются преимущественно на туловище;
- 6) одноперистая мышца – мышца, у которой мышечные волокна под углом прикрепляются к одному краю сухожилия;
- 7) двуперистая мышца – мышца, волокна которой располагаются по обоим сторонам сухожилия под углом.

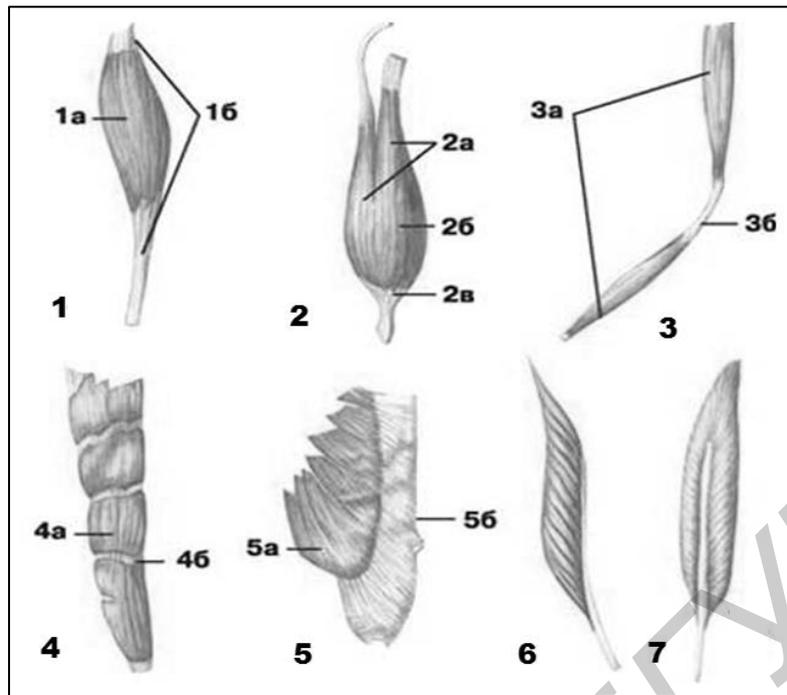


Рис. 2.16. Формы мышц.

1 – веретенообразная мышца: 1а – брюшко; 1б – сухожилие; 2 – двуглавая мышца: 2а – головка; 2б – брюшко; 2в – хвост; 3 – двубрюшная мышца: 3а – брюшко; 3б – сухожильная дуга; 4 – многобрюшная мышца: 4а – брюшко; 4б – сухожильная перемычка; 5 – широкая мышца: 5а – брюшко; 5б – апоневроз; 6 – одноперистая мышца; 7 – двуперистая мышца

По месту крепления выделяют суставную мышцу – мышцу, крепящуюся к суставам. Кольцеобразные мышцы либо замыкают полость и в этом случае называются круговыми, либо сжимают выход из полостного органа и именуется сфинктерами. По размеру мышцы подразделяются на длинные, образующие мышечные группы конечностей, и короткие, находящиеся в глубоких слоях спины.

В организме существуют различные анатомические образования, облегчающие работу мышц. Например, синовиальные сумки располагаются в местах наиболее интенсивного движения мышц и сухожилий. Они представляют собой щелевидные полости, заполненные синовиальной жидкостью, и способствуют снижению трения. Между кожей и выступом кости располагаются подкожные синовиальные сумки, а под сухожилиями – подсухожильные. В области стоп и кистей, то есть в наиболее подвижных местах верхних и нижних конечностей, располагаются влагалища сухожильных мышц.

Внутри фиброзных или костнофиброзных каналов находятся синовиальные влагалища, листы которых, смазанные синовиальной жидкостью, обеспечивают свободное скольжение сухожилий строго в определенных направлениях (рис. 2.17).

В тех местах, где через кость перехлестывается сухожилие, на самой кости находится покрытая хрящом впадинка, которая называется блоком. Блоки препятствуют смещению сухожилий при смене их направления.

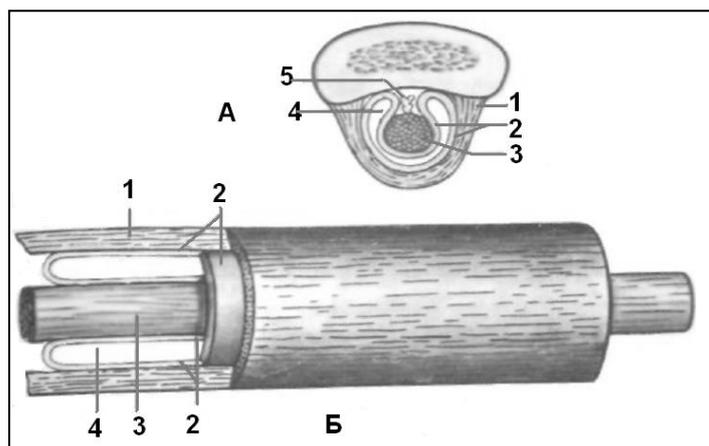


Рис. 2.17. Схема влагалища сухожилия:

А – поперечный разрез; Б – продольный разрез; 1 – фиброзный слой; 2 – синовиальный слой; 3 – сухожилие; 4 – синовиальная полость; 5 – брыжеечка сухожилия

Средняя мышечная масса взрослого человека составляет примерно 30 кг у мужчин, то есть 42–47 % от общей массы тела, и 17 кг у женщин – 30–35 % от общей массы тела. Волокна составляют примерно 86–90 % от общей массы мышц. Остальные проценты делят между собой кровеносные сосуды и нервы, обеспечивающие трофику (жизнедеятельность), питание и работоспособность мышц.

Всего в теле человека примерно 300 мышц, которые объединены в группы в соответствии с выполняемыми ими функциями (рис. 2.18).

В выполнении человеком любого движения принимают участие две группы противоположно действующих мышц: сгибатели и разгибатели суставов. Сгибание в суставе осуществляется при сокращении мышц-сгибателей и одновременном расслаблении мышц-разгибателей.

Согласованная деятельность этих мышц возможна благодаря чередованию процессов возбуждения и торможения в спинном мозге. Например, сокращение мышц-сгибателей руки вызвано возбуждением двигательных нейронов спинного мозга. Одновременно расслабляются мышцы-разгибатели. Это связано с торможением двигательных нейронов. При удержании гири или гантели в горизонтально вытянутой руке наблюдается одновременное сокращение мышц-сгибателей и разгибателей сустава.

Сокращаясь, мышца действует на кость как на рычаг и производит механическую работу. Любое мышечное сокращение связано с расходом энергии. Источниками этой энергии служат распад и окисление органических веществ (углеводов, жиров, нуклеиновых кислот). Органические вещества в мышечных волокнах подвергаются химическим превращениям, в которых участвует кислород. В результате образуются продукты расщепления, главным образом углекислый газ и вода, и освобождается энергия.

Протекающая через мышцы кровь постоянно снабжает их питательными веществами, кислородом и уносит из них углекислый газ и другие продукты распада.



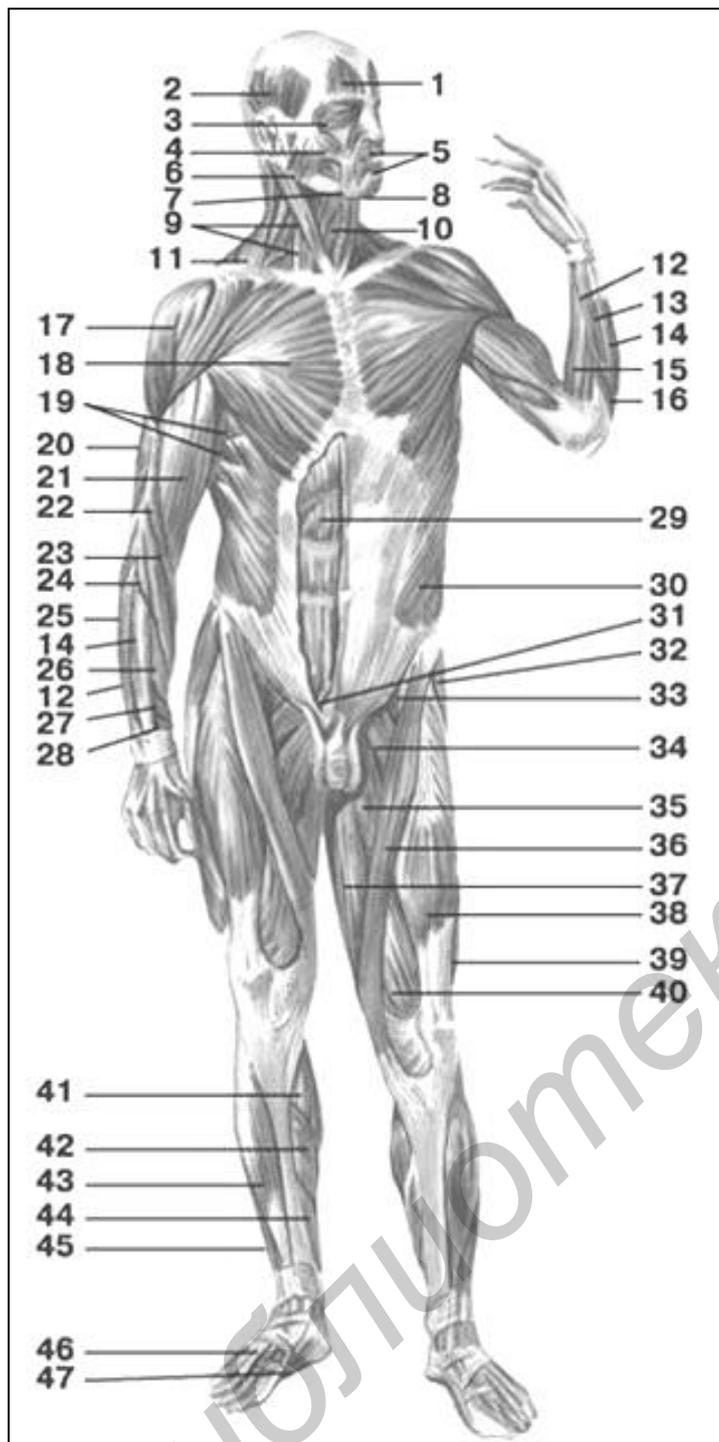


Рис. 2.18. Мышцы человека (вид спереди)

1 – лобное брюшко затылочно-лобной мышцы; 2 – височная мышца; 3 – круговая мышца глаза; 4 – большая скуловая мышца; 5 – круговая мышца рта; 6 – жевательная мышца; 7 – мышца, опускающая угол рта; 8 – подбородочная мышца; 9 – грудино-ключично-сосцевидная мышца; 10 – грудино-подъязычная мышца; 11 – трапециевидная мышца; 12 – локтевой разгибатель запястья; 13 – разгибатель мизинца; 14 – разгибатель пальцев; 15 – локтевой сгибатель запястья; 16 – локтевая мышца; 17 – дельтовидная мышца; 18 – большая грудная мышца; 19 – передняя зубчатая мышца; 20 – трехглавая мышца плеча; 21 – двуглавая мышца плеча; 22 – плечевая мышца; 23 – плечелучевая мышца; 24 – длинный лучевой разгибатель запястья; 25 – лучевой сгибатель кисти; 26 – короткий лучевой разгибатель запястья; 27 – длинная мышца, отводящая большой палец кисти; 28 – короткий разгибатель большого пальца кисти; 29 – прямая мышца живота; 30 – наружная косая мышца живота; 31 – пирамидальная мышца живота; 32 – мышца, натягивающая широкую фасцию бедра; 33 – подвздошно-поясничная мышца; 34 – гребешковая мышца; 35 – длинная приводящая мышца; 36 – портняжная мышца; 37 – тонкая мышца; 38 – самая длинная прямая мышца бедра; 39 – латеральная широкая мышца бедра; 40 – медиальная широкая мышца бедра; 41 – икроножная мышца; 42 – камбаловидная мышца; 43 – передняя большеберцовая мышца; 44 – длинный разгибатель пальцев; 45 – длинный сгибатель пальцев; 46 – сухожилие длинного разгибателя пальцев; 47 – мышца, приводящая большой палец стопы

При длительной физической работе без отдыха постепенно уменьшается работоспособность мышц. Временное снижение работоспособности, наступающее по мере выполнения работы, называют утомлением. После отдыха работоспособность мышц восстанавливается.

При выполнении ритмических физических упражнений утомление наступает позднее, так как в промежутках между сокращениями работоспособность мышц частично восстанавливается.

### 3. ПИЩЕВАРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА

**Пищеварительная система** выполняет функции приема пищи, механической и химической ее обработки, всасывания переработанных веществ в кровь и лимфу и выделения непереваренных остатков.

Процесс пищеварения – начальный этап обмена веществ. С пищей человек получает энергию и необходимые для своей жизнедеятельности вещества. Однако поступающие с пищей белки, жиры и углеводы не могут быть усвоены без предварительной обработки. Необходимо, чтобы крупные, сложные, нерастворимые в воде молекулярные соединения превратились в более мелкие, растворимые в воде и лишенные своей специфичности. Этот процесс происходит в пищеварительном тракте и называется пищеварением, а образованные при этом продукты – продуктами переваривания.

Пищеварительная система состоит из пищеварительной трубки, длина которой у взрослого человека достигает 7–8 м, и ряда расположенных вне ее стенки крупных желез. Трубка образует множество изгибов, петель.

В пищеварительную систему входят полость рта, глотка, пищевод, желудок, тонкая и толстая кишки, печень, поджелудочная железа (рис. 3.1). Органы, составляющие пищеварительную систему, располагаются в области головы, шеи, грудной клетки, брюшной полости и таза.

Все органы пищеварительной системы имеют трубчатое строение. Внутренний слой стенки трубчатых органов (**слизистая оболочка**) увлажнен слизью, которая вырабатывается одноклеточными и многоклеточными железами, в изобилии имеющимися на протяжении всей пищеварительной трубки. Внутренняя оболочка, на которой лежит эпителий слизистой, образована рыхлой волокнистой неоформленной соединительной тканью, в которой располагаются железы, скопления лимфоидной ткани (лимфоидные узелки), нервные элементы, сосуды (артериальные, венозные и лимфатические). Мышечная пластинка находится на границе слизистой оболочки и подслизистой основы. Она состоит из миоцитов.

**Мышечная оболочка** чаще всего состоит из двух слоев – внутреннего кругового и наружного продольного, разделенных прослойкой рыхлой волокнистой неоформленной соединительной ткани, в которой расположены межмышечное нервное сплетение и сосуды (кровеносные, лимфатические). В стенках большей части пищеварительной трубки мышцы неисчерченные (гладкие), лишь в верхнем отделе (глотка, верхняя треть пищевода) и в нижнем (наружный сфинктер заднего прохода) мышцы исчерченные (поперечно-полосатые). Благодаря сокращению мышц кишечной стенки петли совершают перистальтические и маятникообразные движения.

Ротовая полость, глотка, пищевод, расположенные в области головы, шеи и груди, имеют относительно прямое направление. Функция переднего отдела – ведение, пережевывание, смачивание слюной (частичная обработка) пищи. В глотке происходит перекрест пищеварительных и дыхательных путей. В брюш-

ной полости пищеварительная трубка резко расширяется, образует желудок. За ним следуют тонкая и толстая кишка.

В среднем отделе (желудок, тонкая кишка) пища за счет пищеварительных соков подвергается химической обработке (в результате чего образуются простые соединения), осуществляется всасывание продуктов переваривания в кровь и лимфу.

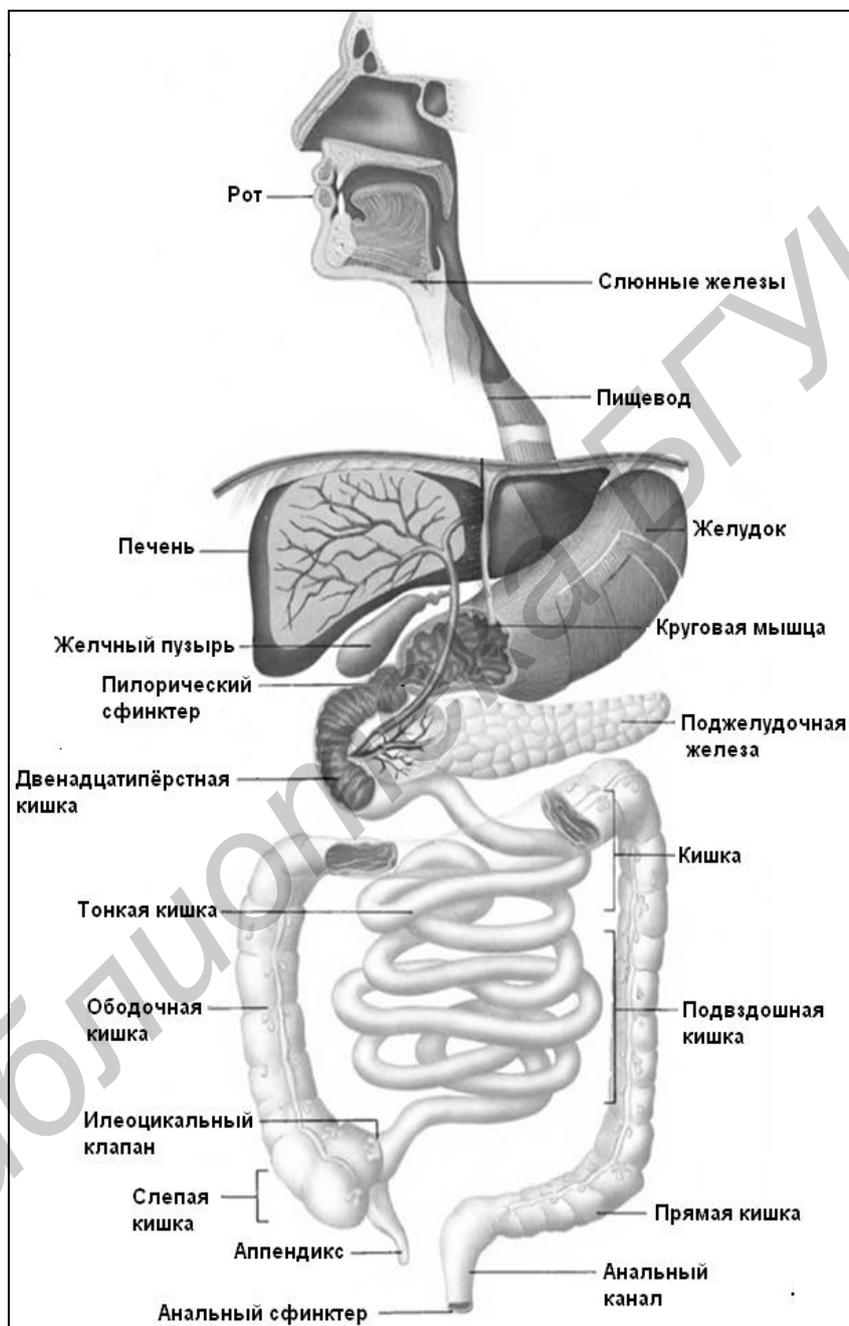


Рис. 3.1. Схема пищеварительного тракта

Задний отдел – это толстая кишка, в которой интенсивно всасывается вода и формируются каловые массы. Непереваренные и непригодные к всасыванию вещества удаляются наружу через задний проход.

### 3.1. ПОЛОСТЬ РТА

*Полость рта* является началом пищеварительной системы. При помощи зубов пища измельчается, пережевывается, при помощи языка – размягчается, смешивается со слюной, которая поступает в полость рта из слюнных желез, а затем поступает в глотку (рис. 3.2).

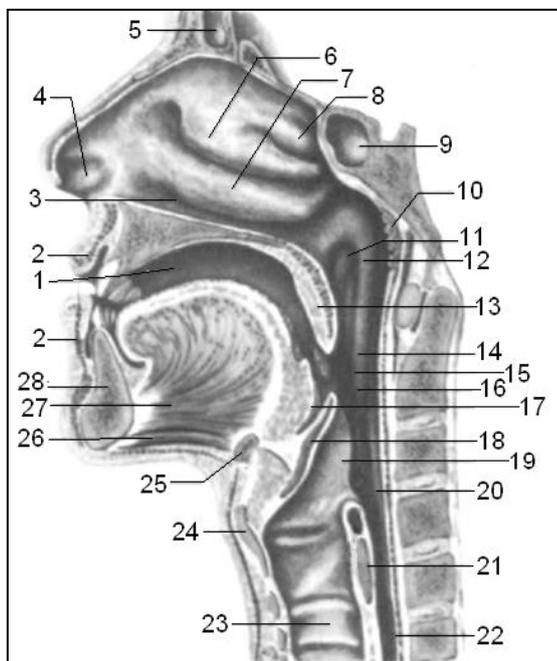


Рис. 3.2. Полость рта и полость глотки:

1 – собственно полость рта; 2 – преддверие рта; 3 – нижний носовой ход; 4 – преддверие полости носа; 5 – лобная пазуха; 6 – средняя носовая раковина; 7 – нижняя носовая раковина; 8 – верхняя носовая раковина; 9 – клиновидная пазуха; 10 – глоточная (аденоидная) миндалина; 11 – глоточное отверстие слуховой трубы; 12 – трубный валик; 13 – мягкое небо (небная занавеска); 14 – ротовая часть; 15 – небная миндалина; 16 – перешеек зева; 17 – корень языка (язычная миндалина); 18 – надгортанник; 19 – черпалонадгортанная складка; 20 – гортанная часть; 21 – глоточное отверстие слуховой трубы; 21 – перстневидный хрящ; 22 – пищевод; 23 – трахея; 24 – щитовидный хрящ; 25 – подъязычная кость; 26 – подбородочно-подъязычная мышца; 27 – подбородочно-язычная мышца; 28 – нижняя челюсть

Полость рта посредством альвеолярных отростков челюстей и зубов делится на два отдела: преддверие рта и собственно полость рта.

*Преддверие рта* представляет собой щелевидное пространство, ограниченное снаружи губами и щеками, а изнутри – верхней и нижней зубными дугами и деснами. С внешней средой преддверие рта соединяется ротовой щелью, а с собственно полостью рта – щелью, образованной верхними и нижними зубами, а также промежутком за большим коренным зубом. Ротовая щель ограничена губами, которые представляют собой кожно-мышечные складки. Основу губ формируют волокна круговой мышцы рта. Губы в углах рта соединены спайками. Наружная поверхность губ покрыта кожей, а внутренняя – слизистой оболочкой и многослойным плоским неороговевающим эпителием. В месте перехода слизистой оболочки на десны находятся уздечки верхней и нижней губ.

*Собственно полость рта* простирается от зубов до входа в глотку. Сверху она ограничена твердым и мягким небом, снизу – мышцами, которые образуют диафрагму рта, спереди и с боков – щеками, зубами, а сзади через широкое отверстие – зевом.

*Щеки* образованы щечными мышцами. Снаружи они покрыты кожей, а изнутри – слизистой оболочкой. Между кожей и щечными мышцами располагается толстый слой жировой ткани, которая образует *жировое тело щеки*. Оно особенно хорошо развито у детей грудного возраста, что способствует акту сосания. На слизистой оболочке щеки, в преддверии рта открывается проток око-

лоушной слюнной железы.

*Десны* являются продолжением слизистой оболочки губ и щек. Они идут на альвеолярные отростки челюстей и плотно окутывающие шейки зубов.

**Язык** – мышечный орган, который участвует в перемешивании пищи в полости рта, определении вкусовых качеств, в акте глотания и в артикуляции. Расположен язык на дне (нижней стенке) полости рта. Он представляет собой плоское тело овально-вытянутой формы (рис. 3.3, А).

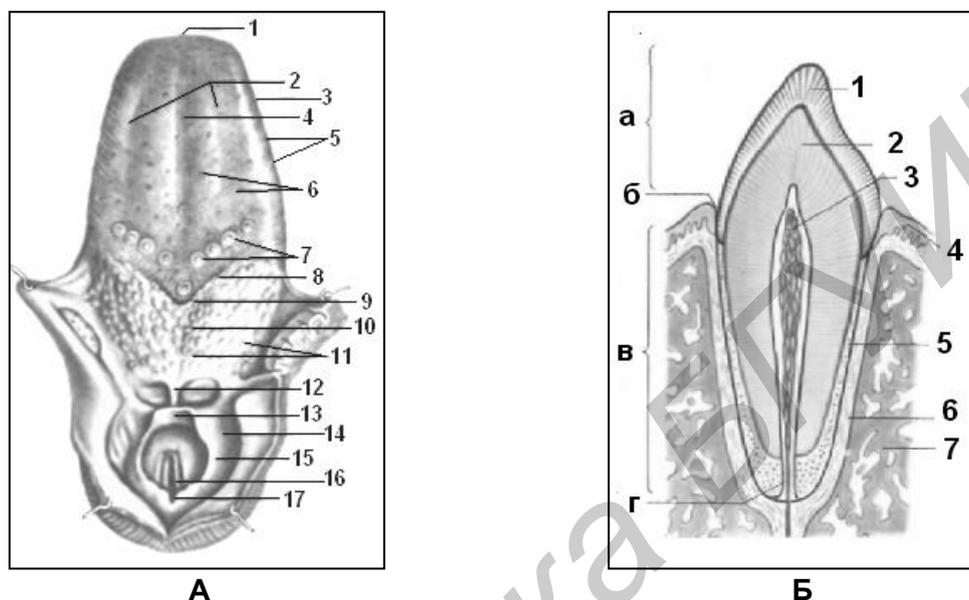


Рис. 3.3. Строение языка и гортанной части глотки (А) и схема строения зуба (Б):

А: 1 – верхушка языка; 2 – тело языка; 3 – край языка; 4 – срединная борозда языка; 5 – листовидные сосочки; 6 – грибовидные сосочки; 7 – желобоватые сосочки; 8 – пограничная борозда; 9 – слепое отверстие языка; 10 – корень языка; 11 – язычная миндалина; 12 – срединная язычно-надгортанная складка; 13 – надгортанник; 14 – грушевидный карман; 15 – черпало-надгортанная складка; 16 – голосовая щель; 17 – межчерпаловидная вырезка; Б: а – коронка зуба; б – шейка зуба; в – корень зуба; г – канал корня; 1 – эмаль; 2 – дентин; 3 – пульпа зуба; 4 – десна; 5 – цемент; 6 – периодонт; 7 – кость

Язык имеет верхушку, тело и корень, а также верхнюю поверхность (спинку языка), нижнюю поверхность и край. Слизистая оболочка спинки языка образует выросты-сосочки разной формы и размеров. Различают грибовидные, листовидные, нитевидные, конусовидные и желобовидные сосочки. Они содержат кровеносные сосуды и нервные окончания вкусовой или общей чувствительности. Слизистая оболочка корня языка не имеет сосочков. Здесь находится много лимфоидных узелков, которые образуют язычную миндалину. На нижней поверхности языка слизистая оболочка при переходе на дно полости рта образует по срединной линии складку – *уздечку языка*.

**Зубы** расположены в зубных альвеолах верхней и нижней челюсти на верхнем крае десен. Зубы служат органом захватывания, откусывания и измельчения пищи, участвуют в звукообразовании.

У человека на протяжении жизни зубы меняются дважды: вначале в соот-

ветствующей последовательности появляется 20 молочных зубов, а затем 32 постоянных зуба. Все зубы одинаковы по строению. Каждый зуб имеет коронку, шейку и корень (см. рис. 3.3, Б). *Коронка* – наиболее массивная часть зуба, выступает над десной. В ней различают язычную, вестибулярную (лицевую), контактную поверхность и поверхность смыкания (жевательная).

При помощи особого вида непрерывного соединения – вколачивания – зубы неподвижно закреплены в зубных альвеолах челюстей. Каждый зуб имеет от одного до трех корней. Корень заканчивается *верхушкой*, на ней находится малое отверстие, через которое в полость зуба входят и выходят сосуды и нервы. Корень удерживается в зубной ячейке челюсти за счет соединительной ткани – *периодонта*. *Шейка зуба* представляет собой небольшое сужение зуба между коронкой и корнем зуба, ее охватывает слизистая оболочка десны. Внутри зуба находится небольшая *полость зуба*, которая образует *полость коронки* и продолжается в корень зуба в виде *канала корня зуба*. Полость зуба заполнена пульпой, которая состоит из соединительной ткани, кровеносных сосудов и нервов. В вещество зуба входят дентин, эмаль и цемент. *Дентин* расположен вокруг полости зуба и коренного канала, он образует основную массу зуба. Снаружи коронка покрыта *эмалью*, а корень *цементом*.

*Нёбо* делится на твердое и мягкое. *Твердое нёбо* образовано поднёбными отростками верхней челюсти и горизонтальными пластинками костей нёба, соединенных между собой *швом нёба*. Оно покрыто слизистой оболочкой с многослойным плоским неороговевающим эпителием и плотно сросшейся с надкостницей (см. рис. 3.2).

*Мягкое нёбо* представляет собой мышечно-апоневротическое образование, покрытое слизистой оболочкой. Передний отдел мягкого нёба располагается горизонтально, а задний свисает свободно, образует *нёбную занавеску с нёбным язычком* посередине. Они отделяют носоглотку от ротоглотки. От латеральных краев нёбной занавески отходят две складки (дужки): передняя *нёбно-язычная дужка* и задняя – *нёбно-глоточная дужка*. Первая спускается к боковой поверхности языка, а вторая – к боковой стенке глотки. Между дужками располагается миндаликовая ямка с *нёбной миндалиной*. В основу мягкого нёба входят парные поперечно-полосатые мышцы (мышца, напрягающая нёбную занавеску, мышца, поднимающая нёбную занавеску, нёбно-язычная, нёбно-глоточные мышцы) и непарная мышца язычка. Сокращаясь, они напрягают нёбную занавеску, расширяют и опускают мягкое нёбо.

Полость рта кзади посредством *перешейка зева* сообщается с глоткой. Перешеек зева сверху ограничивается мягким нёбом, снизу – корнем языка, с боков – нёбно-язычными дужками.

### 3.2. ЖЕЛЕЗЫ РТА

К *железам рта* относятся большие и малые слюнные железы, протоки которых открываются в полость рта (рис. 3.4). *Малые слюнные железы* находятся в толще слизистой оболочки или в подслизистой основе, выстилающей

полость рта. Они разбросаны по всей ротовой полости. В зависимости от расположения различают губные, молярные, нёбные и язычные железы. От характера выделяемого ими секрета они делятся на серозные, слизистые и смешанные.

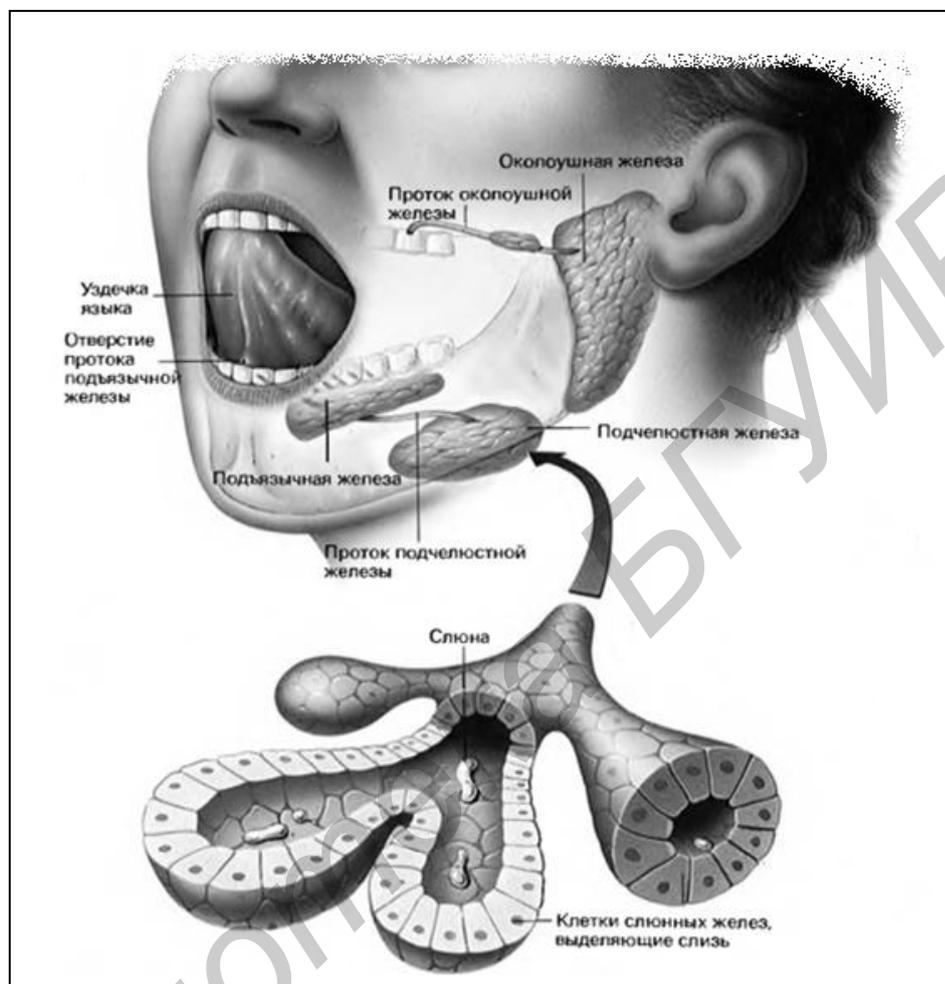


Рис. 3.4. Слюнные железы полости рта

**Большие слюнные железы** – это парные железы, расположенные за пределами полости рта. К ним относятся околоушная, поднижнечелюстная и подъязычная железы. Они, как и малые слюнные железы, выделяют серозный, слизистый и смешанный секрет. Смесь секрета всех слюнных желез ротовой полости называется *слюной*.

*Околоушная железа* – самая большая, лежит на боковой поверхности лица, впереди и книзу от ушной раковины. Ее выводной проток длиной около 5–6 см открывается в преддверие рта на слизистой оболочке щеки, на уровне верхнего второго большого коренного зуба.

*Поднижнечелюстная железа* находится несколько внутрь и ниже тела нижней челюсти. Выводной проток открывается на подъязычном сосочке. Секрет железы – серозно-слизистый.

*Подъязычная железа* расположена на дне полости рта непосредственно под слизистой оболочкой. Большой выводной проток соединяется с конечной

частью протока поднижнечелюстной железы и открывается на подъязычном сосочке. Малые подъязычные протоки самостоятельно впадают в полость рта на поверхности слизистой оболочки вдоль подъязычной складки.

Секрет слюнных желез – слюна – не только смачивает пищу, но и участвует в ее химическом изменении. Слюна на 95 % состоит из воды. Ее оставшаяся часть – это органические и неорганические вещества. В состав слюны входит муцин, придающий ей слизистую консистенцию. Обволакивая пищу, слюна делает пищевой комок скользким и этим облегчает проглатывание.

### 3.3. ГЛОТКА

*Глотка* – непарный орган, расположена в области головы и шеи, является частью пищеварительной и дыхательной систем, представляет собой воронкообразную трубку длиной 12–15 см, подвешенную к основанию черепа (см. рис. 3.2). Она прикрепляется к глоточному бугорку базилярной части затылочной кости, к пирамидам височных костей и к крыловидному отростку клиновидной кости; на уровне VI–VII шейных позвонков переходит в пищевод.

В глотку открываются отверстия полости носа (хоаны) и полости рта (зев). Воздух из полости носа через хоаны или из полости рта через зев поступает в глотку, а после – в гортань. Пищевая масса из полости рта во время акта глотания проходит в глотку, а далее в пищевод. Вследствие этого глотка является местом, где пересекаются дыхательный и пищеварительный пути. Между задней стенкой глотки и пластинкой шейной фасции располагается *заглоточное пространство*, заполненное рыхлой соединительной тканью, в которой залегают заглоточные лимфоузлы.

Глотка делится на три части: носовую, ротовую и гортанную.

*Носовая часть* составляет верхний отдел глотки и относится только к дыхательным путям. На боковой стенке носоглотки расположено глоточное отверстие слуховой трубы диаметром 3–4 мм, которое соединяет полость глотки с полостью среднего уха. Кроме того, здесь находятся скопления лимфоидной ткани в виде глоточной и трубной миндалин.

*Ротовая часть* простирается от небной занавески до входа в гортань. Спереди она имеет сообщение с перешейком зева, сзади – соответствует III шейному позвонку.

*Гортанная часть* является нижним отделом глотки и располагается от уровня входа в гортань до перехода глотки в пищевод. На передней стенке этой части находится отверстие, которое ведет в гортань. Оно ограничено сверху надгортанником, с боков – черпало-надгортанными складками, внизу – черпаловидными хрящами гортани. Стенка глотки образована слизистой оболочкой, которая лежит на плотной пластинке из соединительной ткани, заменяющей подслизистую основу.

Глоточная и трубная миндалины, а также небо и язычная миндалина образуют лимфоэпителиальное кольцо (кольцо Пирогова – Вальдейера). Эти миндалины выполняют важную защитную функцию по обезвреживанию микробов,



которые постоянно попадают в организм из внешней среды.

### 3.4. ПИЩЕВОД

*Пищевод* – это цилиндрическая трубка длиной 25–30 см, которая соединяет глотку с желудком (см. рис. 3.1). Пищевод начинается на уровне VI шейного позвонка, проходит через грудную полость, диафрагму и впадает в желудок слева от XI грудного позвонка. Различают три части пищевода: шейную, грудную и брюшную.

*Шейная часть* расположена между трахеей и позвоночником на уровне VI шейного и до II грудного позвонков. По бокам шейной части пищевода проходят возвратный гортанный нерв и общая сонная артерия.

*Грудная часть* пищевода располагается вначале в верхнем, а затем в заднем средостении. На этом уровне пищевод окружают трахея, перикард, грудная часть аорты, главный левый бронх, правый и левый блуждающие нервы.

*Брюшная часть* пищевода длиной 1–3 см соединяется с кардиальным отделом желудка. В трех местах имеет анатомические сужения: первое – на уровне VI–VII шейных позвонков; второе – IV–V грудных позвонков; третье – в месте прохода пищевода через диафрагму. Кроме того, различают и два физиологических сужения: аортальное – в месте пересечения пищевода с аортой и каудальное – в месте перехода в желудок.

### 3.5. ЖЕЛУДОК

*Желудок* представляет собой расширенную часть пищеварительного тракта, которая служит вместилищем для пищи и находится между пищеводом и двенадцатиперстной кишкой под диафрагмой (рис. 3.5).

В желудке различают переднюю и заднюю стенки, малую и большую кривизну, кардиальную часть, дно (свод), тело и пилорическую (привратниковую) часть (рис. 3.6, А).

Размеры желудка сильно варьируют в зависимости от телосложения и степени наполнения органа. При среднем наполнении желудок имеет длину 24–26 см, а натошак – 18–20 см. Вместимость желудка взрослого человека составляет в среднем 3 л (1,5–4,0 л).

В состав стенки желудка входят слизистая оболочка, подслизистая основа, мышечная и серозная оболочки. *Слизистая оболочка* желудка покрыта однослойным цилиндрическим эпителием, образует множество складок, имеющих разное направление: по малой кривизне – продольное, в области дна и тела желудка – поперечное, косое и продольное. В месте перехода желудка в двенадцатиперстную кишку находится кольцеобразная складка – заслонка пилоруса (привратника), которая при сокращении сфинктера привратника разграничивает полость желудка и двенадцатиперстной кишки. На слизистой оболочке находятся небольшие возвышения, которые получили название желудочных полей. На поверхности этих полей есть углубления (желудочные ямочки), которые

представляют устья желудочных желез. Последние выделяют желудочный сок для химической обработки пищи.

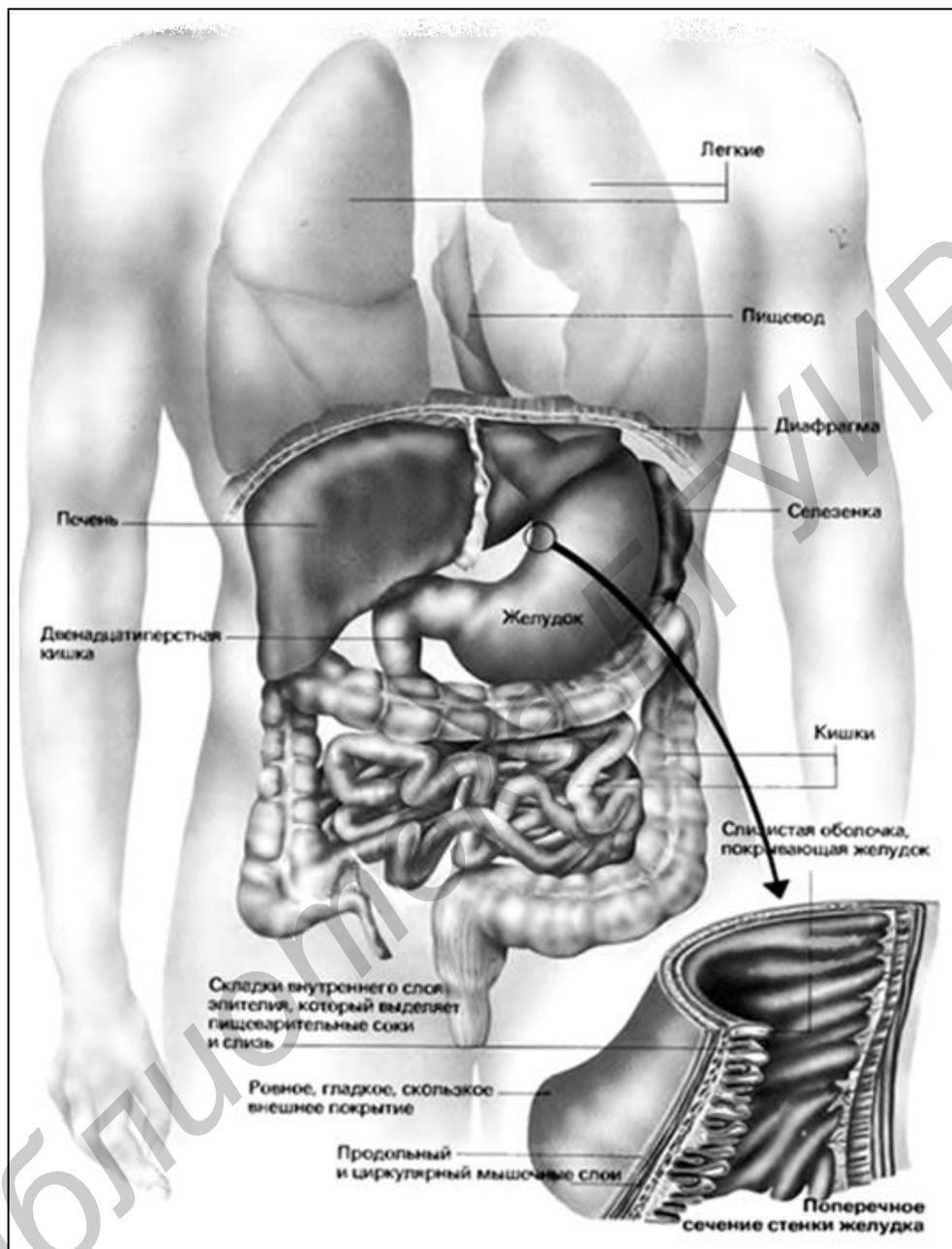


Рис. 3.5. Расположение органов пищеварения

*Подслизистая основа желудка* хорошо развита, содержит густые сосудистые и нервные сплетения.

*Мышечная оболочка желудка* (рис. 3.6, Б) имеет внутренний косой слой мышечных волокон, средний – круговой слой – представлен круговыми волокнами, наружный – продольными гладкими волокнами. В области привратниковой части желудка круговой слой развит больше, чем продольный, и образует вокруг выходного отверстия *сфинктер привратника*.

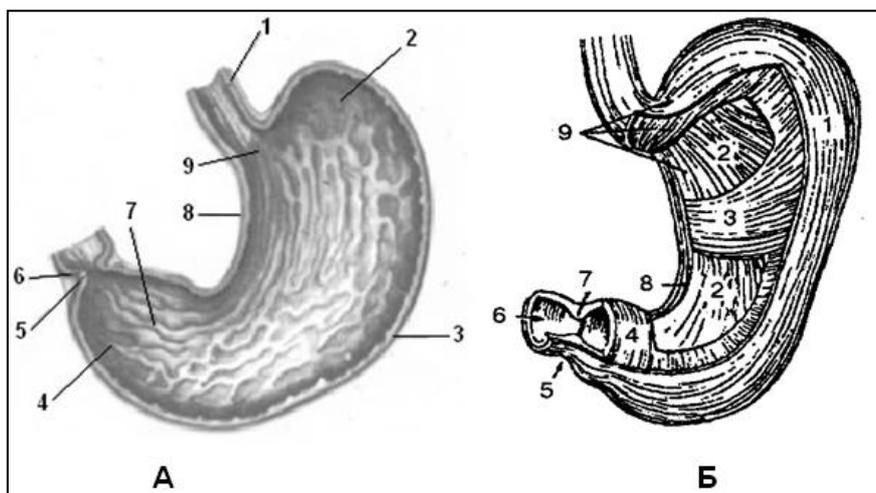


Рис. 3.6. Строение желудка:

А – продольный разрез желудка: 1 – пищевод; 2 – дно желудка; 3 – большая кривизна; 4 – привратниковая (пилорическая) часть; 5 – отверстие привратника; 6 – сфинктер привратника; 7 – складки слизистой оболочки; 8 – малая кривизна; 9 – тело; Б – мышечная оболочка желудка: 1; 8 – продольный слой; 2 – косые волокна; 3; 4 – круговой слой; 5 – привратник; 6 – отверстие привратника; 7 – сфинктер привратника; 9 – мышечная оболочка

Желудок расположен в верхней части брюшной полости, под диафрагмой и печенью. Три четверти его находятся в левом подреберье, одна четвертая – в надчревной области. Входное кардиальное отверстие располагается на уровне тел X–XI грудных позвонков, а выходное отверстие привратника – у правого края XII грудного и I поясничного позвонков.

Сзади желудка находится щелевидное пространство – *сальная сумка*, которая ограничивает его от органов, лежащих на задней брюшной стенке: левой почки, надпочечника и поджелудочной железы. Относительно устойчивое положение желудка обеспечивается его соединением с окружающими органами при помощи печеночно-желудочной, желудочно-ободочной и желудочно-селезеночной связок.

### 3.6. ТОНКАЯ КИШКА

**Тонкая кишка** – самая длинная часть пищеварительного тракта. Здесь происходит дальнейшее переваривание пищи, расщепление всех пищевых веществ под воздействием кишечного сока, сока поджелудочной железы, желчи печени и всасывание продуктов в кровеносные и лимфатические сосуды (капилляры). Кроме этого, мышцы тонкой кишки вызывают перистальтику, благодаря которой ее содержимое перемешивается и передвигается по кишечной трубке (рис. 3.7).

Длина тонкой кишки у человека колеблется от 2,2 до 4,5 м. У мужчин она несколько длиннее, чем у женщин. Тонкая кишка имеет форму трубки, которая в поперечнике составляет около 47 мм, а в конце – около 27 мм. Верхней границей тонкой кишки является привратник желудка, а нижней – илеоцекальный клапан в месте входа в слепую кишку.

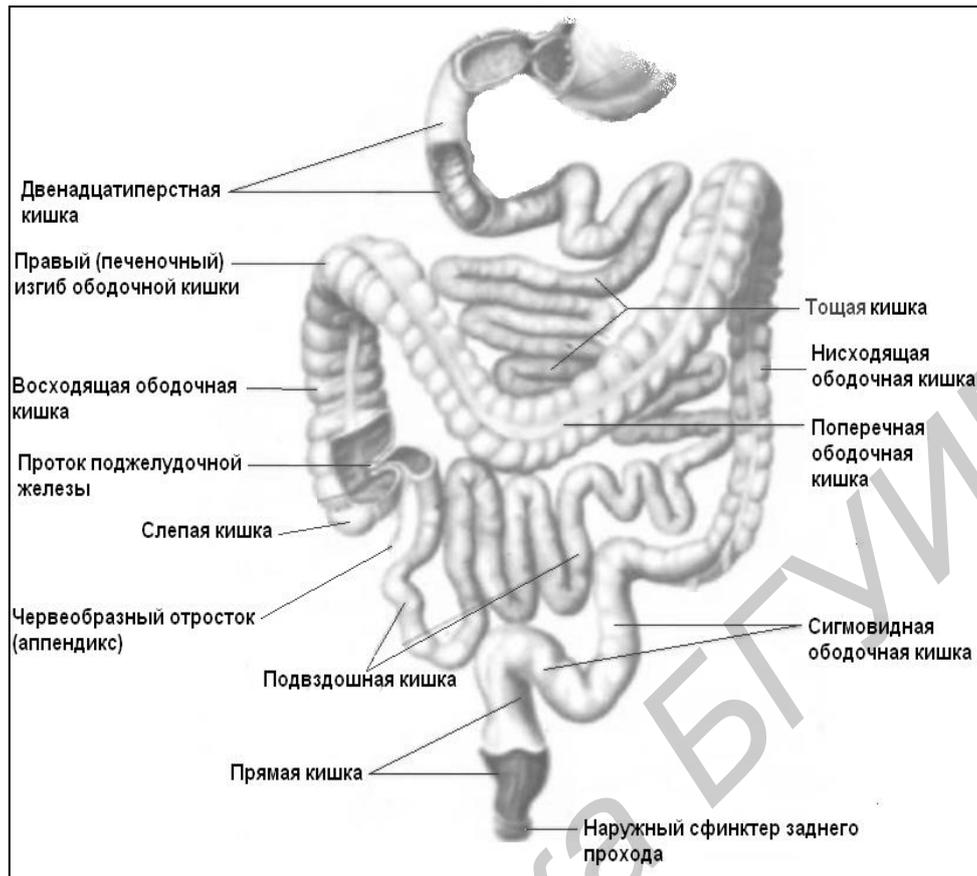


Рис. 3.7. Тонкая и толстая кишка

В тонкой кишке выделяют три отдела: двенадцатиперстную, тощую и подвздошную кишки. В отличие от двенадцатиперстной, тощая и подвздошная кишки имеют брыжейку и рассматриваются как брыжеечная часть тонкой кишки.

**Двенадцатиперстная кишка** имеет общую длину 17–21 см и является начальным отделом тонкой кишки. В ней выделяют четыре части: верхнюю, нисходящую, горизонтальную и восходящую.

Двенадцатиперстная кишка располагается забрюшинно и не имеет своей брыжейки. Брюшина прилегает к кишке спереди, покрывает со всех сторон только ее начальный отдел – ампулу. Двенадцатиперстная кишка фиксируется печеночно-дуоденальной, двенадцатиперстно-печеночной и подвешивающей связками. Слизистая оболочка этой кишки образует круговые складки, характерные для всего тонкого кишечника. Кроме того, на внутренней стенке ее находится продольная складка, в нижней части которой расположен *большой сосочек двенадцатиперстной кишки*, на котором открываются общим отверстием желчный проток и проток поджелудочной железы.

В подслизистой основе находится множество дуоденальных желез, протоки которых открываются в просвет кишки. Мышечная оболочка состоит из внутреннего циркулярного и наружного продольных слоев гладких мышечных волокон. Снаружи двенадцатиперстная кишка покрыта адвентицией.

**Тощая кишка** лежит непосредственно после двенадцатиперстной кишки, ее петли расположены в левой верхней части брюшной полости. Диаметр тощей кишки составляет 3,5–4,5 см.

**Подвздошная кишка** является продолжением тощей кишки. Она занимает правую нижнюю часть брюшной полости и соединяется со слепой кишкой в области правой подвздошной ямки. Длина подвздошной кишки около – 2,7 см.

Тощая и подвздошная кишки покрыты брюшиной, образующей *наружную серозную оболочку* ее стенки, которая расположена на тонкой субсерозной основе. При этом брюшина формирует брыжейку, между листками которой идут кровеносные и лимфатические сосуды, нервы.

*Слизистая оболочка* тощей и подвздошной кишок образует круговые складки высотой около 8 мм, которые охватывают 1/2–2/3 окружности кишки. Высота складок в направлении от тощей до подвздошной кишки уменьшается. Складки покрыты кишечными ворсинками высотой 0,2–1,2 мм, что значительно увеличивает площадь всасывания слизистой оболочки тонкой кишки, которая покрыта однослойным призматическим эпителием и имеет хорошо развитую сеть кровеносных и лимфатических сосудов (рис. 3.8).

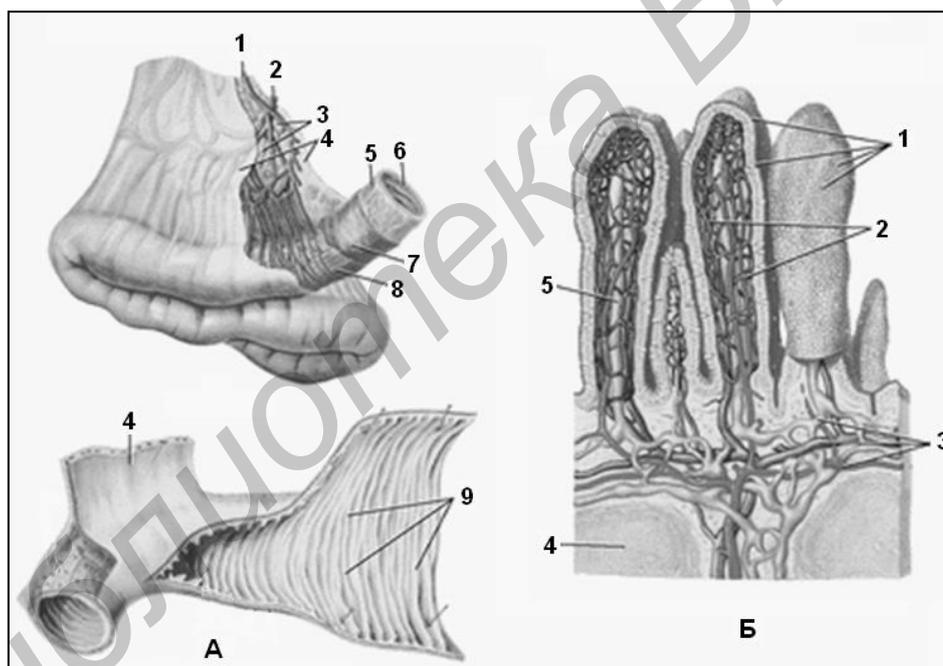


Рис. 3.8. Строение тощей и повздошной кишки:

А – строение стенки кишки: 1 – капилляр; 2 – венола; 3 – лимфатическая сеть брыжейки; 4 – брыжейка; 5 – средняя оболочка из рыхлой соединительной ткани; 6 – внутренний эпителий слизистой оболочки; 7 – круговой мышечный слой; 8 – продольный мышечный слой; 9 – складки слизистой кишечника; Б – строение ворсинки кишечника: 1 – эпителиальный покров слизистой оболочки; 2 – вены ворсинки; 3 – сеть кровеносных и лимфатических сосудов слизистой оболочки; 4 – лимфоидный узелок; 5 – центральный лимфатический синус (капилляр) ворсинки

У человека всасывающая поверхность тонкой кишки увеличивается в 3,5 раза за счет множества ворсинок. Благодаря складкам слизистой оболочки всасывающая поверхность тонкого кишечника в 3 раза больше общей поверхности тела человека и достигает 12 000 см<sup>2</sup>.

В слизистой оболочке тощей кишки, кроме того, расположены одиночные лимфоидные узелки, а в слизистой оболочке подвздошной кишки их много и они объединяются в групповые лимфоидные узлы (пейеровы бляшки). В стенке ворсинки расположены гладкие мышечные волокна. Пока происходит пищеварение, они сокращаются несколько раз в минуту и ворсинка при этом укорачивается, а содержимое лимфатического сосуда выталкивается в кровоток и лимфу.

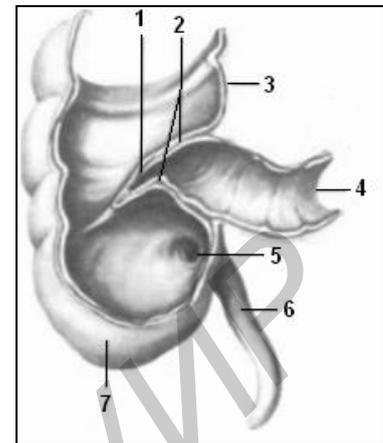
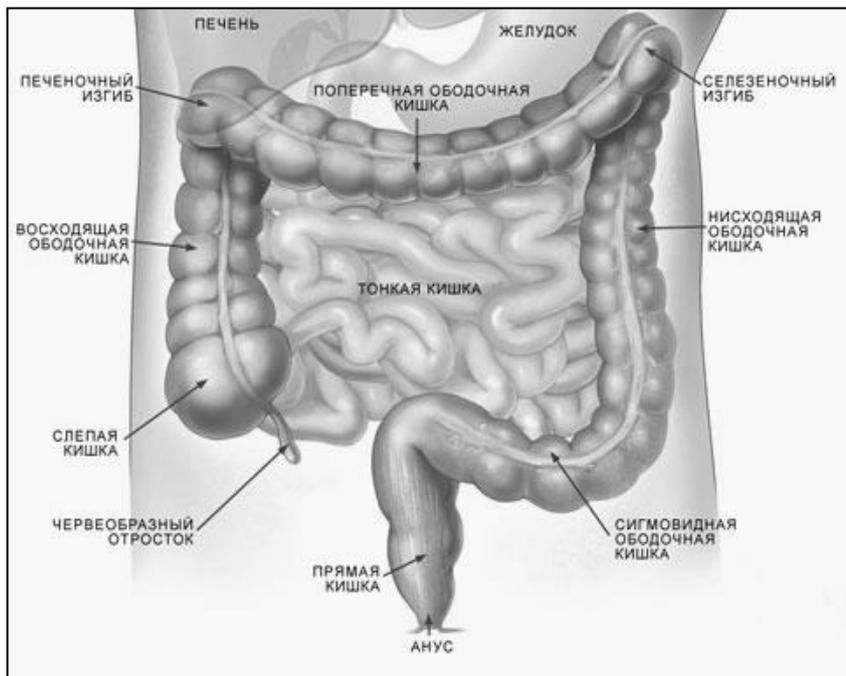
Основу ворсинок составляет соединительная ткань собственной пластинки слизистой оболочки с небольшим количеством гладких мышечных клеток. В центральной части расположен лимфатический капилляр, вокруг которого, ближе к эпителию, проходят кровеносные сосуды (см. рис. 3.8, Б). Больше всего ворсинок в двенадцатиперстной кишке (около 40 на 1 мм<sup>2</sup>). Считается, что у человека более 4 млн. ворсинок. Ворсинки служат для всасывания переваренных растворимых веществ. В углублениях между ворсинками находятся железистые клетки (кишечные железы), выделяющие кишечный сок.

### 3.7. Толстая кишка

**Толстая кишка** является продолжением тонкого кишечника и конечным отделом пищеварительного тракта. В ней завершается переваривание пищи, формируются и выводятся наружу через анальное отверстие каловые массы.

Расположена толстая кишка в брюшной полости и в полости малого таза; длина ее колеблется от 1 до 1,7 м; диаметр – до 4–8 см. В толстую кишку входят слепая кишка с червеобразным отростком; восходящая, поперечная нисходящая и сигмовидная ободочные кишки; прямая кишка (рис. 3.9, А).

**Слепая кишка** имеет длину около 6 см и диаметр 7,0–7,5 см. Она представляет собой начальную расширенную часть толстой кишки ниже места входа подвздошной кишки в толстую (см. рис. 3.9, Б). Брюшина покрывает слепую кишку со всех сторон, но не имеет брыжейки. Положение слепой кишки очень вариабельно, она часто может находиться у входа в малый таз. От задней поверхности слепой кишки отходит червеобразный отросток (аппендикс). Последний представляет собой вырост слепой кишки длиной 2–20 см (в среднем 8 см) и диаметром 0,5–1,0 см. Чаще червеобразный отросток расположен в правой подвздошной ямке и может иметь нисходящее, латеральное или восходящее направление. При переходе подвздошной кишки в слепую образуется *илеоцекальное отверстие*, напоминающее горизонтальную щель, ограниченную сверху и снизу двумя складками, которые формируют *илеоцекальный клапан*. Последний предупреждает возвращение содержимого из слепой кишки в подвздошную. Несколько ниже илеоцекального клапана на внутренней поверхности находится отверстие червеобразного отростка.



**А**

**Б**

Рис. 3.9. Отделы толстой кишки (А) и слепая кишка с червеобразным отростком (Б): 1 – илеоцекальное отверстие; 2 – илеоцекальный клапан; 3 – восходящая ободочная кишка; 4 – подвздошная кишка; 5 – отверстие червеобразного отростка (аппендикса); 6 – червеобразный отросток (аппендикс); 7 – слепая кишка

**Восходящая ободочная кишка** продолжает слепую кишку вверх, расположена в правой боковой области брюшной полости. Дойдя до висцеральной поверхности правой доли печени, кишка резко поворачивает влево и образует правый выгиб ободочной кишки, а затем переходит в поперечную ободочную кишку.

**Поперечная ободочная кишка** берет начало от правого изгиба ободочной кишки, идет поперек до левого изгиба ободочной кишки. Сверху к поперечной ободочной кишке, к ее правому изгибу, прилегает печень, а к левому изгибу – желудок и селезенка, снизу – петли тонкой кишки, спереди – передняя брюшная стенка, сзади – двенадцатиперстная кишка и поджелудочная железа. Кишка со всех сторон покрыта брюшиной, имеет брыжейку, при помощи которой прикрепляется к задней стенке брюшной полости.

**Нисходящая ободочная кишка** имеет длину 10–30 см, начинается от левого изгиба ободочной кишки и идет вниз до левой подвздошной ямки, где переходит в сигмовидную кишку. Находясь в левом отделе брюшной полости, кишка прилегает к квадратной мышце поясницы, левой почке, подвздошной мышце. Справа от кишки находятся петли тощей кишки, слева – левая брюшная стенка. Передняя поверхность нисходящей ободочной кишки соприкасается с передней брюшной стенкой. Брюшина покрывает нисходящую ободочную кишку с боков и спереди.

**Сигмовидная кишка** находится в левой подвздошной ямке, вверху начинается от уровня гребня подвздошной кости и заканчивается на уровне крест-

цово-подвздошного сустава, где переходит в прямую кишку. По ходу сигмовидная кишка образует две петли, форма и размер которых могут иметь индивидуальную вариабельность. Длина этой кишки у взрослого человека колеблется от 15 до 67 см. Брюшина покрывает ее со всех сторон и, образовав брыжейку, прикрепляется к задней стенке брюшной полости.

Стенка толстой кишки состоит из слизистой оболочки, подслизистой основы, мышечной и серозной оболочек.

Слизистая оболочка покрыта цилиндрическим эпителием, в котором находятся слизистые (бокаловидные) клетки. Ворсинок слизистая оболочка не образует, в ней есть только полулунные складки ободочной кишки, которые расположены в три ряда и соответствуют границам многочисленных мешковидных выпячиваний стенки – гаустр ободочной кишки.

**Прямая кишка** – конечная часть толстой кишки. В ней накапливаются, а затем выводятся из нее каловые массы. Длина прямой кишки в среднем составляет около 15 см, диаметр колеблется от 2,5 до 7,5 см, располагается она в полости малого таза. Сзади нее находятся крестец и копчик, спереди – предстательная железа, мочевой пузырь, семенные пузырьки и ампулы семявыводящих протоков у мужчин, матка и влагалище – у женщин. По ходу прямая кишка образует два изгиба в сагиттальной плоскости: крестцовый, который соответствует кривизне крестца, и промежностный, направленный выпуклостью вперед. На уровне крестца прямая кишка образует расширение – *ампулу*. Узкая часть кишки, проходящая через промежность, называется заднепроходным каналом, который открывается наружным отверстием – задним проходом.

### 3.8. Печень. ЖЕЛЧНЫЙ ПУЗЫРЬ

**Печень** – самая крупная железа тела человека (рис. 3.10), ее вес у человека составляет около 1500 г. Она выполняет несколько главных функций: пищеварительную, образует белок, обезвреживающую, кроветворную, осуществляет обмен веществ и др.

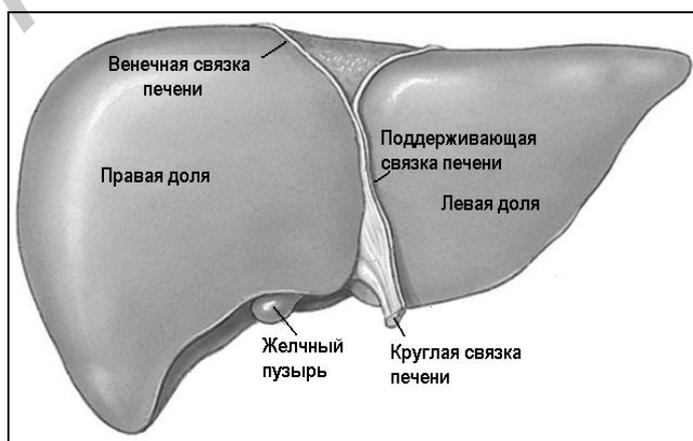


Рис. 3.10. Печень и желчный пузырь



Печень расположена в области правого подреберья и в надчревной. По форме она напоминает клин, имеет верхнюю и нижнюю поверхности. Верхняя (диафрагмальная) поверхность выпуклая, прилегает к нижней поверхности диафрагмы; нижняя (висцеральная) направлена вниз и к нижележащим органам. Она вогнутая, содержит борозды и вдавленности от прилегающих внутренних органов. Верхняя и нижняя поверхности, соединяясь, образуют нижний острый и задний тупой края. На висцеральной поверхности печени находятся три борозды: одна фронтальная и две сагиттальные; выделяют также правую и левую доли. Правая и левая сагиттальные борозды соединяются глубокой поперечной бороздой, которую называют *воротами печени*. На висцеральной поверхности печени выделяют правую, левую, квадратную и хвостовую доли. На диафрагмальной поверхности можно рассмотреть только правую и левую доли, разделенные серповидной связкой печени.

На диафрагмальной поверхности видны вдавления от прилегающих органов (сердца, нижней полой вены, позвоночника), а на висцеральной – вдавления от правой почки, надпочечника, правого изгиба ободочной кишки и двенадцатиперстной кишки. Левая доля печени соприкасается с желудком и пищеводом (рис. 3.11, А).

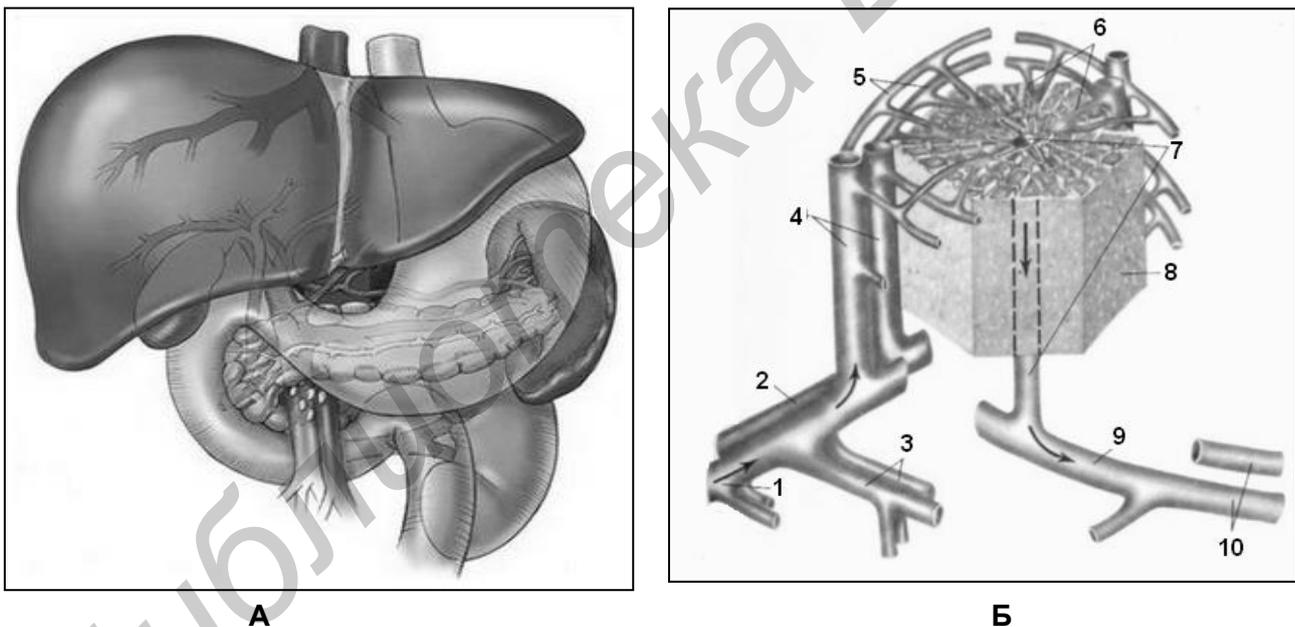


Рис. 3.11. Расположение печени в брюшной полости (А) и схема кровоснабжения печени и строения дольки (Б):

- 1 – воротная вена; 2 – печеночная артерия; 3 – сегментарные вена и артерия; 4 – междольковые вена и артерия; 5 – вокругдольковые вены и артерия; 6 – внутридольковые гемокапилляры (синусоидные сосуды); 7 – центральная вена; 8 – классическая печеночная долька; 9 – поддольковая (собирающая) вена; 10 – печеночные вены

По своему строению печень – сложная разветвленная трубчатая железа, выводными протоками которой являются желчные протоки. Морфофункцио-

нальной единицей печени служит долька печени. Она имеет форму призмы, размеры ее в поперечнике составляют от 0,5 до 2,0 мм, у человека их насчитывается около 500 000. Каждая долька состоит из соединенных печеночных пластинок, или «балок» в виде сдвоенных, радиально направленных рядов печеночных клеток. В центре каждой дольки находится центральная вена. Между дольками проходят лимфатические и кровеносные сосуды, а также нервы (см. рис. 3.11, Б).

Внутренние концы печеночных пластинок направлены к центральной вене, наружные – к периферии дольки. Внутри каждой печеночной пластинки между двумя рядами печеночных клеток находится желчный проток (каналец), который дает начало желчевыводящим путям. В центре дольки желчные протоки замкнутые, а на периферии они впадают в междольковые желчные протоки. Последние, соединяясь, образуют более крупные протоки, а затем формируются правый и левый печеночные протоки, выходящие из соответствующих долей печени. У ворот печени они образуют *общий печеночный проток* длиной 4–6 см. Затем этот проток соединяется с пузырным протоком и формируется *общий желчный проток*, который впадает в двенадцатиперстную кишку.

В отличие от других органов в печень, кроме артериальной, притекает и венозная кровь от всех органов желудочно-кишечного тракта. В печени эта кровь очищается от ядовитых продуктов распада белков, а также ядовитых веществ, образовавшихся в толстом кишечнике в результате жизнедеятельности микробов. Так печень осуществляет барьерную (защитную) функцию.

**Желчный пузырь** является вместилищем, в котором происходит накопление желчи, ее концентрация за счет всасывания воды. Он расположен в передней части правой продольной борозды печени, имеет грушевидную форму, вмещает около 40–60 мл желчи (рис. 3.12).

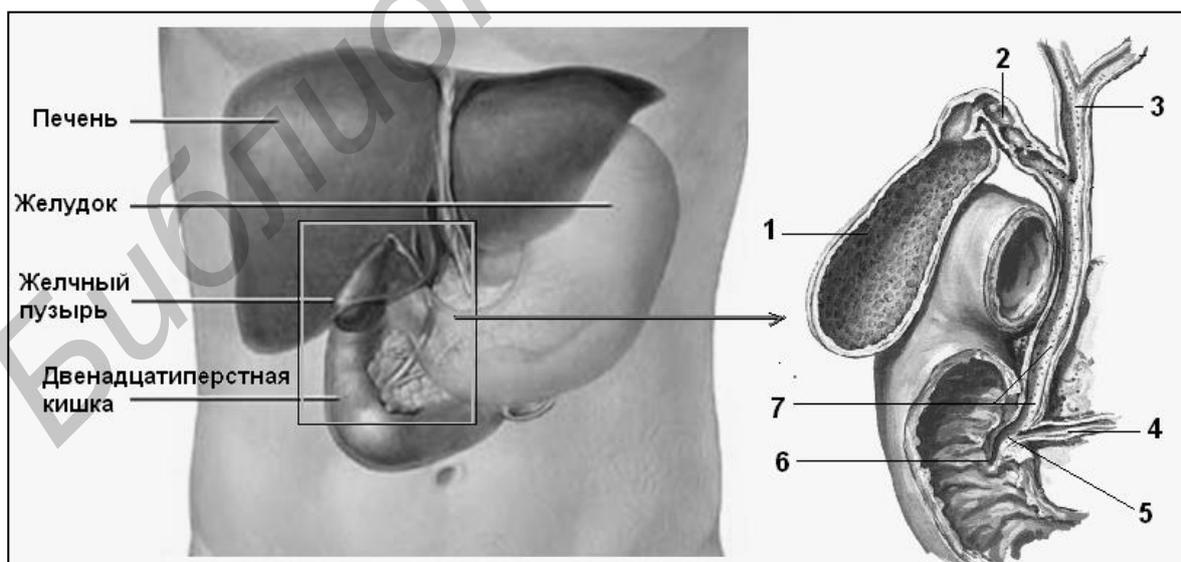


Рис. 3.12. Расположение и строение желчного пузыря:

1 – тело желчного пузыря; 2 – пузырный проток; 3 – печеночный проток; 4 – панкреатический проток; 5 – фатерова ампула; 6 – сфинктер Одди; 7 – общий печеночный проток

В желчном пузыре различают дно, тело и шейку. Шейка желчного пузыря переходит в пузырный проток, который соединяется с общим печеночным протоком. Дно желчного пузыря соприкасается с париетальной брюшиной, а тело – с нижней частью желудка, двенадцатиперстной и поперечной ободочной кишками.

Стенка желчного пузыря состоит из слизистой, мышечной оболочек и покрыта брюшиной. Слизистая оболочка в шейке и пузырном протоке формирует спиральную складку. Мышечная оболочка состоит из гладких мышечных волокон.

### 3.9. ПОДЖЕЛУДОЧНАЯ ЖЕЛЕЗА

*Поджелудочная железа* является смешанной пищеварительной железой. У взрослого человека длина ее составляет 14–18 см, ширина 3–9 см, толщина 2–3 см, масса 70–80 г. В поджелудочной железе выделяют головку, тело и хвост (рис. 3.13).

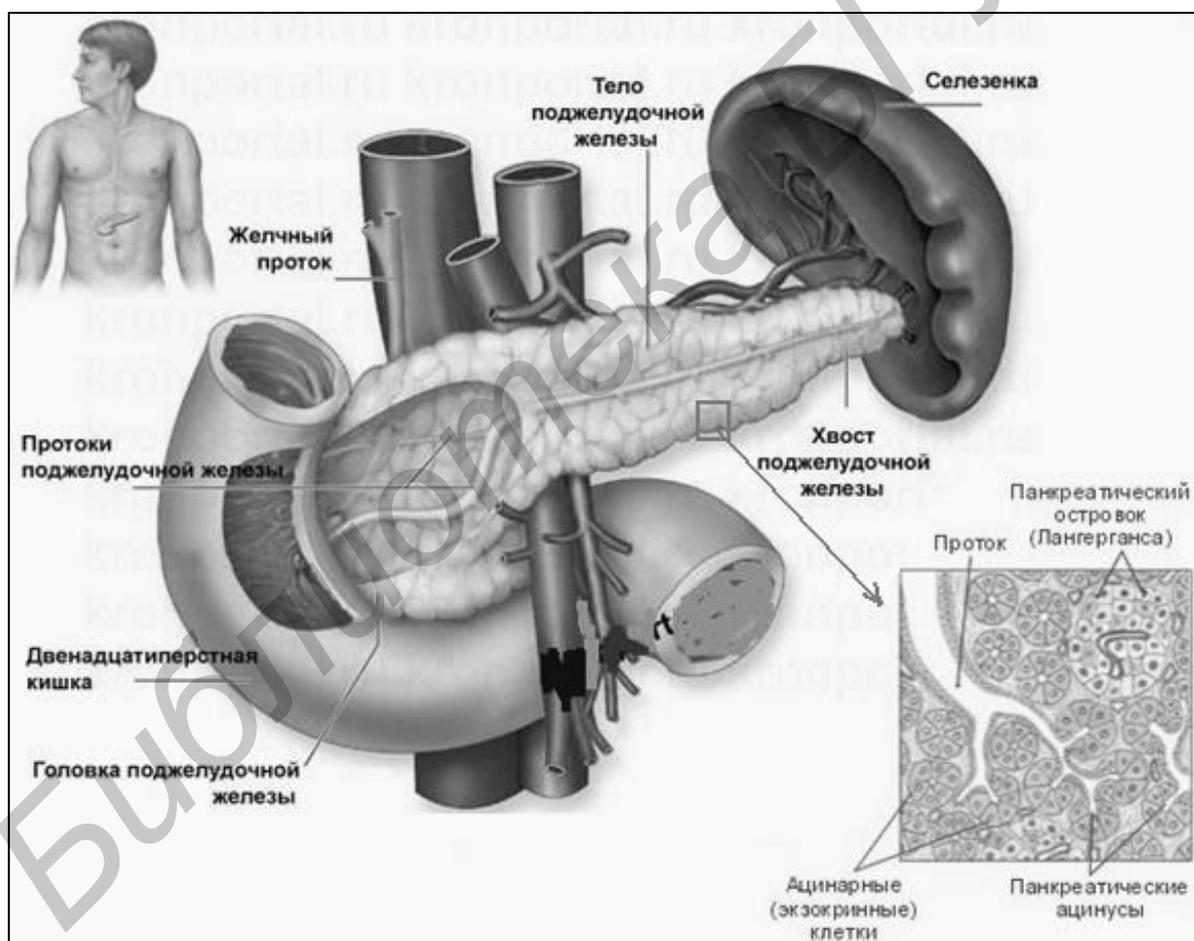


Рис. 3.13. Расположение и строение поджелудочной железы

*Головка* расположена на уровне I–III поясничных позвонков и прилегает к петле двенадцатиперстной кишки. Задняя поверхность головки лежит на нижней полой вене и аорте, спереди ее пересекает поперечная ободочная кишка.

*Тело* поджелудочной железы имеет форму треугольника и три поверхности – переднюю, заднюю и нижнюю, а также три края – верхний, передний и нижний.

*Хвост* поджелудочной железы доходит до ворот селезенки. Сзади хвоста находятся левый надпочечник и верхний конец левой почки.

*Выводной проток* поджелудочной железы проходит через всю железу, формируется путем слияния внутридольковых и междольковых протоков и впадает в просвет двенадцатиперстной кишки на ее большом сосочке, соединившись до этого с общим желчным протоком. В конце выводного протока находится сфинктер протока поджелудочной железы. Кроме того, через головку проходит *добавочный проток* поджелудочной железы, который открывается на малом сосочке двенадцатиперстной кишки.

Поджелудочная железа имеет дольковое строение. Дольки, выполняющие внешнесекреторную функцию, составляют основную массу железы. Между ними находится внутрисекреторная часть островков, которые выделяют гормон – инсулин.

### 3.10. ПОЛОСТЬ ЖИВОТА И БРЮШИНА

Полость живота (или брюшная полость) – самая большая полость организма человека. В ней находятся органы пищеварения и мочевыделения, надпочечники (рис. 3.14). Сверху брюшная полость ограничена диафрагмой, внизу она продолжается в полость малого таза, спереди и с боков – ограничена мышцами живота, сзади – мышцами поясницы и соответствующим отделом позвоночного столба. На задней стенке полости проходят аорта, нижняя полая вена, лежат нервные сплетения, лимфатические сосуды и узлы. Внутренняя поверхность брюшной полости выстлана забрюшинной фасцией, жировой клетчаткой и париетальной брюшиной.

**Брюшина** является серозной оболочкой, которая выстилает брюшную полость и покрывает расположенные в ней внутренние органы. Брюшина сформирована серозной пластинкой и покрыта однослойным плоским эпителием. Брюшина, которая выстилает внутренние органы, называется *висцеральной*, а брюшина, которая выстилает стенки брюшной полости, – *париетальной*. Соединяясь, висцеральная и париетальная брюшина образует ограниченную замкнутую *брюшинную полость*. У взрослого человека общая площадь висцеральной и париетальной брюшины составляет около  $1,7 \text{ м}^2$ . В брюшинной полости содержится небольшое количество серозной жидкости, которая уменьшает трение между поверхностями внутренних органов, покрытых брюшиной.

Брюшина, переходящая со стенок брюшной полости на органы или с органа на орган, образует связки, брыжейки, складки и ямки. Брюшина покрывает внутренние органы неодинаково. Ряд органов покрыт брюшиной только с одной стороны (почки, надпочечники, поджелудочная железа, часть двенадцатиперстной кишки). Такое расположение органов называется *экстраперитонеальным*, а сами органы – *забрюшинными*.

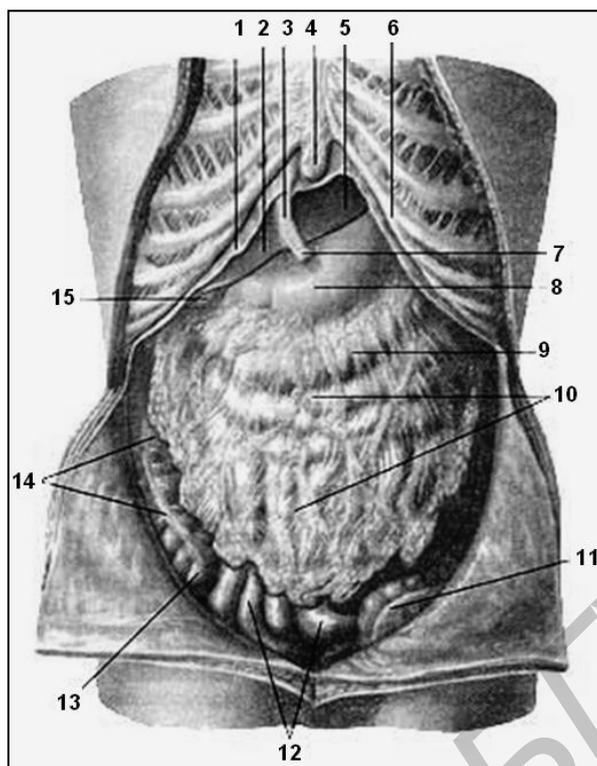


Рис. 3.14. Органы брюшной полости:

1 – брюшина; 2 – правая доля печени; 3 – серповидная связка печени; 4 – мечевидный отросток; 5 – левая доля печени; 6 – реберная дуга (левая); 7 – круглая связка печени; 8 – желудок; 9 – поперечная ободочная кишка (просвечивает через большой сальник); 10 – большой сальник; 11 – сигмовидная ободочная кишка; 12 – петли тонкой кишки; 13 – слепая кишка; 14 – восходящая ободочная кишка; 15 – дно желчного пузыря

Органы, покрытые брюшиной с трех сторон (восходящая ободочная кишка, нисходящая ободочная кишка, средняя часть прямой кишки, мочевого пузыря), имеют *мезоперитонеальное* расположение. Если органы покрыты брюшиной со всех сторон, то они расположены *интраперитонеально*, или *внутрибрюшинно* (желудок, тонкая и слепая кишки, червеобразный отросток, поперечная ободочная кишка, сигмовидная кишка, верхняя часть прямой кишки, селезенка, печень, маточные трубы и матка).

В брюшной полости условно выделяют три этажа: верхний, средний и нижний. *Верхний этаж* ограничен сверху диафрагмой; сбоку – боковыми стенками брюшной полости, покрытой париетальной брюшиной; снизу – поперечной ободочной кишкой и ее брыжейкой. Здесь находятся желудок, печень, селезенка, поджелудочная железа и верхняя часть двенадцатиперстной кишки. Соединяясь с передней и задней стенками живота, брюшина переходит на диафрагму, а затем на печень и образует венечную, серповидную, правую и левую треугольные связки печени. В воротах печени задний и передний листки брюшины соединяются и переходят на желудок и двенадцатиперстную кишку в виде печеночно-желудочной и печеночно-дуоденальной связок. Эти связки располагаются между воротами печени, малой кривизной желудка и верхней частью двенадцатиперстной кишки и образуют *малый сальник*. В последнем про-

ходят печеночная артерия, общий желчный проток и воротная вена.

**Большой сальник** – это длинная складка брюшины, свисающая впереди поперечной ободочной кишки и петель тонкой кишки в виде фартука. Он состоит из четырех листков брюшины, между которыми находится жировая клетчатка.

**Средний этаж** брюшной полости ограничен брыжейкой поперечной ободочной кишки и входом в малый таз. В нем находятся тонкая кишка и часть толстой кишки, а также множество ямок, углублений, которые образованы складками брюшины и внутренними органами. Более постоянными являются ямки вокруг тощей кишки (верхние и нижние дуоденальные углубления), конечной части подвздошной кишки (верхнее и нижнее илеоцекальные углубления), слепой кишки (сзади – слепокишечное углубление) и в брыжейке сигмовидной кишки (межсигмовидное углубление).

**Нижний этаж** брюшной полости расположен в малом тазу. В нем находятся прямая кишка, мочевой пузырь, семенные пузырьки (у мужчин), матка с маточными трубами и яичниками (у женщин). Брюшина в нижней поверхности покрывает не только верхний и часть среднего отдела прямой кишки, но и органы мочеполового аппарата.

### **3.11. ФИЗИОЛОГИЯ ПИЩЕВАРЕНИЯ**

Начальным этапом обмена веществ является пищеварение. Для возобновления и роста тканей организма необходимо поступление с пищей соответствующих веществ. Пищевые продукты содержат белки, жиры и углеводы, а также необходимые организму витамины, минеральные соли и воду. Однако белки, жиры и углеводы, содержащиеся в пище, не могут быть усвоены его клетками в первоначальном виде. В пищеварительном тракте происходит не только механическая обработка пищи, но и химическое расщепление под воздействием ферментов пищеварительных желез, которые расположены по ходу желудочно-кишечного тракта.

#### **3.11.1. Пищеварение в полости рта**

В полости рта осуществляется гидролиз полисахаридов (крахмала, гликогена). Фермент слюны  $\alpha$ -амилаза расщепляет гликозидные связи гликогена и молекул амилазы и амилопектина, которые входят в структуру крахмала, с образованием декстринов. Действие  $\alpha$ -амилазы в полости рта кратковременное, однако гидролиз углеводов под ее влиянием продолжается и в желудке за счет поступающей сюда слюны. Если содержимое желудка обрабатывается под влиянием соляной кислоты, то  $\alpha$ -амилаза инактивируется и прекращает свое действие.

#### **3.11.2. Пищеварение в желудке**

В желудке происходит переваривание пищи под влиянием желудочного сока. Последний продуцируется неоднородными в морфологическом отноше-

нии клетками, которые входят в состав пищеварительных желез.

Секреторные клетки дна и тела желудка выделяют кислый и щелочной секрет, а клетки антрального отдела – только щелочной. У человека объем суточной секреции желудочного сока составляет 2–3 л. Натощак реакция желудочного сока нейтральная или слабокислая, после приема пищи – сильнокислая (рН 0,8–1,5). В состав желудочного сока входят такие ферменты, как пепсин, гастриксин и липаза, а также значительное количество слизи – муцина.

В желудке происходит начальный гидролиз белков под влиянием протеолитических ферментов желудочного сока с образованием полипептидов. Здесь гидролизуется около 10 % пептидных связей. Вышеперечисленные ферменты активны только при соответствующем уровне НС1. Оптимальная величина рН для пепсина составляет 1,2–2,0; для гастриксина – 3,2–3,5. Соляная кислота вызывает набухание и денатурацию белков, что облегчает дальнейшее расщепление их протеолитическими ферментами. Действие последних реализуется преимущественно в верхних слоях пищевой массы, прилегающих к стенке желудка. По мере переваривания этих слоев пищевая масса смещается в пилорический отдел, откуда после частичной нейтрализации перемещается в двенадцатиперстную кишку. В регуляции желудочной секреции главное место занимает ацетилхолин, гастрин, гистамин. Каждый из них возбуждает секреторные клетки.

Различают три фазы секреции: мозговую, желудочную и кишечную. Стимулом для появления секреции желудочных желез в *мозговой фазе* являются все факторы, которые сопровождают прием пищи. При этом условные рефлексы, возникающие на вид и запах пищи, сочетаются с безусловными рефлексами, которые образуются при жевании и глотании.

В *желудочной фазе* стимулы секреции возникают в самом желудке, при его растяжении, при воздействии на слизистую оболочку продуктов гидролиза белка, некоторых аминокислот, а также экстрактивных веществ мяса и овощей.

Влияние на железы желудка происходит и в *третьей, кишечной, фазе секреции*, когда в кишечник поступает недостаточно переработанное желудочное содержимое.

Секретин двенадцатиперстной кишки тормозит секрецию НС1, но повышает секрецию пепсиногена. Резкое торможение желудочной секреции возникает при поступлении в двенадцатиперстную кишку жиров.

### 3.11.3. Пищеварение в тонком кишечнике

У человека железы слизистой оболочки тонкой кишки образуют кишечный сок, общее количество которого за сутки достигает 2,5 л. Его рН составляет 7,2–7,5, но при усилении секреции может увеличиться до 8,6. Кишечный сок содержит более 20 различных пищеварительных ферментов. Значительное выделение жидкой части сока наблюдается при механическом раздражении слизистой оболочки кишки. Продукты переваривания пищевых веществ также стимулируют выделение сока, богатого ферментами. Кишечную секрецию сти-

мулирует и вазоактивный интерстициальный пептид.

В тонком кишечнике происходят два вида переваривания пищи: *полостное* и *мембранное (пристеночное)*. Первое осуществляется непосредственно кишечным соком, второе – ферментами, адсорбированными из полости тонкой кишки, а также кишечными ферментами, синтезируемыми в кишечных клетках и встроенными в мембрану. Начальные стадии пищеварения происходят исключительно в полости желудочно-кишечного тракта. Мелкие молекулы (олигомеры), образовавшиеся в результате полостного гидролиза, поступают в зону щеточной каймы, где происходит их дальнейшее расщепление. Вследствие мембранного гидролиза образуются преимущественно мономеры, которые транспортируются в кровь.

Таким образом, по современным представлениям, усвоение пищевых веществ осуществляется в три этапа: полостное пищеварение – мембранное пищеварение – всасывание. Последний этап включает процессы, которые обеспечивают перенос веществ из просвета тонкой кишки в кровь и лимфу. Всасывание происходит большей частью в тонком кишечнике. Общая площадь всасывающей поверхности тонкой кишки составляет приблизительно около 200 м<sup>2</sup>. За счет многочисленных ворсинок поверхность клетки увеличивается более чем в 30 раз. Через эпителиальную поверхность кишки вещества поступают в двух направлениях: из просвета кишки в кровь и одновременно из кровеносных капилляров в полость кишечника.

#### **3.11.4. Физиология желчеобразования и выделения желчи**

Процесс образования желчи происходит непрерывно как путем фильтрации ряда веществ (вода, глюкоза, электролиты и др.) из крови в желчные капилляры, так и при активной секреции гепатоцитами солей желчных кислот и ионов натрия. Окончательное формирование желчи происходит в результате реабсорбции воды и минеральных солей в желчных капиллярах, протоках и желчном пузыре.

У человека в течение суток образуется 0,5–1,5 л желчи. Основными компонентами являются желчные кислоты, пигменты и холестерин. Кроме того, она содержит жирные кислоты, муцин, ионы (Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Cl<sup>-</sup>, NCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) и др.; рН печеночной желчи составляет 7,3–8,0, пузырной – 6,0–7,0.

Первичные желчные кислоты (холевая, хенодезоксихолевая) образуются в гепатоцитах из холестерина, соединяются с глицином или таурином и выделяются в виде натриевой соли гликохолевой и калиевой соли таурохолевой кислот. В кишечнике под влиянием микрофлоры они превращаются во вторичные желчные кислоты – дезоксихолевую и литохолевую. До 90 % желчных кислот активно реабсорбируется из кишечника в кровь и по портальным сосудам возвращается в печень. Желчные пигменты (билирубин, биливердин) – это продукты распада гемоглобина, они дают желчи характерную окраску.

В желчи ферменты отсутствуют и она не расщепляет пищевые вещества. Но желчь усиливает действие пищеварительных ферментов и в особенности



фермента, расщепляющего жиры. Она эмульгирует жиры, т. е. разбивает их на мельчайшие капельки. В виде эмульсии они легче перевариваются. Кроме того, желчь усиливает перистальтику кишечника и отделение сока поджелудочной железы.

Процесс образования желчи и ее выделения связан с пищей, секретинном, холецистокинином. Среди продуктов сильными возбудителями желчеотделения являются яичные желтки, молоко, мясо и жиры. Прием пищи и связанные с ним условно- и безусловно-рефлекторные раздражители активируют желчевыделение. Вначале происходит первичная реакция: желчный пузырь расслабляется, а затем сокращается. Через 7–10 мин после приема пищи наступает период эвакуаторной деятельности желчного пузыря, который характеризуется чередованием сокращений и расслаблений и продолжается 3–6 ч. После окончания этого периода наступает торможение сократительной функции желчного пузыря и в нем снова начинает накапливаться печеночная желчь.

### 3.11.5. Физиология поджелудочной железы

Поджелудочный сок представляет собой бесцветную жидкость. В течение суток поджелудочная железа человека вырабатывает 1,5–2,0 л сока; его рН составляет 7,5–8,8. Под влиянием ферментов поджелудочного сока происходит расщепление кишечного содержимого до конечных продуктов, пригодных для усвоения организмом. Ферменты  $\alpha$ -амилаза, липаза, нуклеаза секретируются в активном состоянии, а трипсиноген, химотрипсиноген, профосфолипаза А, проэластаза и прокарибоксипептидазы А и В – в виде проферментов. Трипсиноген в двенадцатиперстной кишке превращается в трипсин. Последний активизирует профосфолипазу А, проэластазу и прокарибоксипептидазы А и В, которые превращаются соответственно в фосфолипазу А, эластазу и карбоксипептидазы А и В.

Ферментный состав сока поджелудочной железы зависит от вида принимаемой пищи: при приеме углеводов возрастает преимущественно секреция амилазы; белков – трипсина и химотрипсина; жирной пищи – липазы. В состав сока поджелудочной железы входят бикарбонаты, хлориды  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ .

Секреция поджелудочной железы регулируется нервно-рефлекторным и гуморальным путями. Различают спонтанную (базальную) и стимулирующую секрецию. Первая обусловлена способностью клеток поджелудочной железы к автоматизму, вторая – влиянием на клетки нейрогуморальных факторов, которые включаются в процесс с приемом пищи.

Основными стимуляторами экзокринных клеток поджелудочной железы являются ацетилхолин и гастроинтестинальные гормоны – холецистокинин и секретин. Они усиливают выделение ферментов и бикарбонатов поджелудочным соком. Поджелудочный сок начинает выделяться через 2–3 мин после начала принятия пищи в результате рефлекторного возбуждения железы с рецепторов ротовой полости. А затем воздействие желудочного содержимого на

двенадцатиперстную кишку высвобождает гормоны холецистокинин и секретин, которые и определяют механизмы секреции поджелудочной железы.

### 3.11.6. Пищеварение в толстом кишечнике

Пищеварение в толстом кишечнике практически отсутствует. Низкий уровень ферментативной активности связан с тем, что поступающий в этот отдел пищеварительного тракта химус беден не переваренными пищевыми веществами. Однако толстая кишка в отличие от других отделов кишечника богата микроорганизмами. Под влиянием бактериальной флоры происходит разрушение остатков непереваренной пищи и компонентов пищеварительных секретов, в результате чего образуются органические кислоты, газы ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ) и токсичные для организма вещества (фенол, скатол, индол, крезол). Часть этих веществ обезвреживается в печени, другая – выводится с каловыми массами. Большое значение имеют ферменты бактерий, расщепляющие целлюлозу, гемицеллюлозу и пектины, на которые не действуют пищеварительные ферменты. Эти продукты гидролиза всасываются толстой кишкой и используются организмом. В толстой кишке микроорганизмами синтезируются витамин К и витамины группы В. Наличие в кишечнике нормальной микрофлоры защищает организм человека и повышает иммунитет. Остатки непереваренной пищи и бактерии, склеенные слизью сока толстой кишки, образуют каловые массы. При определенной степени растяжения прямой кишки возникает позыв к дефекации и происходит произвольное опорожнение кишечника. Рефлекторный непроизвольный центр дефекации находится в крестцовом отделе спинного мозга.

### 3.11.7. Всасывание

Продукты пищеварения проходят через слизистую оболочку желудочно-кишечного тракта и всасываются в кровь и лимфу при помощи транспорта и диффузии. Всасывание происходит главным образом в тонком кишечнике, благодаря ворсинкам. Слизистая оболочка ротовой полости также обладает способностью к всасыванию, это свойство используется в применении некоторых лекарственных препаратов (валидол, нитроглицерин и др.). В желудке всасывание практически не происходит. В нем всасываются вода, минеральные соли, глюкоза, лекарственные вещества, алкоголь и др. В двенадцатиперстной кишке также происходит всасывание воды, минеральных веществ, гормонов, продуктов расщепления белка. В верхних отделах тонкого кишечника углеводы в основном всасываются в виде глюкозы, галактозы, фруктозы и других моносахаридов. Аминокислоты белков всасываются в кровь при помощи активного транспорта. Продукты гидролиза основных пищевых жиров (триглицериды) способны проникать через клетку кишечника (энтероцит) только после соответствующих физико-химических преобразований. Моноглицериды и жирные кислоты всасываются в энтероцитах только после взаимодействия с желчными кислотами путем пассивной диффузии. Образовав с желчными кислотами комплексные соединения, они транспортируются главным образом в лимфу. Часть

жиров может поступать непосредственно в кровь, минуя лимфатические сосуды. Продукты расщепления углеводов, белков и растворы минеральных солей всасываются непосредственно в кровь. Попав в клетки, они с помощью ферментов превращаются в гликоген и белки, свойственные телу человека.

В тонкой и толстой кишках происходит всасывание воды и минеральных солей, которые поступают с пищей и секретируются пищеварительными железами. Общее количество воды, которое всасывается в кишечнике человека в течение суток, составляет около 8–10 л, натрия хлорида – 1 моль. Транспорт воды тесно связан с транспортом ионов  $\text{Na}^+$  и определяется им.

### 3.11.8. Регуляция пищеварения

Регуляция процессов пищеварения обеспечивается местным и центральным уровнями.

*Местный уровень регуляции* осуществляется нервной системой, которая представляет комплекс связанных между собой сплетений, расположенных в толще стенок желудочно-кишечного тракта. В их состав входят чувствительные (сенсорные), эффекторные и вставочные нейроны симпатической и парасимпатической вегетативной нервной системы. Кроме того, в желудочно-кишечном тракте находятся нейроны, вырабатывающие нейропептиды, которые влияют на процессы пищеварения. К ним относятся холецистокинин, гастриносвобождающий пептид, соматостатин, вазоактивный интерстициальный пептид, энкефалин и др. Вместе с нейронной сетью в желудочно-кишечном тракте находятся эндокринные клетки (диффузная эндокринная система), расположенные в эпителиальном слое слизистой оболочки и в поджелудочной железе. Они содержат гастроинтестинальные гормоны и другие биологически активные вещества, которые освобождаются при механическом и химическом воздействии пищи на эндокринные клетки просвета желудочно-кишечного тракта. Важную роль в регуляции функций желудочно-кишечного тракта играют и простогландины группы E и F.

*Центральный уровень регуляции* пищеварительной системы включает ряд структур центральной нервной системы (спинного мозга и ствола мозга), которые входят в состав пищевого центра. Последний, кроме координирующей деятельности желудочно-кишечного тракта, осуществляет регуляцию пищевых отношений. В формировании целенаправленных пищевых отношений принимают участие гипоталамус, лимбическая система и кора головного мозга. Компоненты пищевого центра, несмотря на то, что располагаются на разных уровнях центральной нервной системы, имеют функциональную связь. Действие пищевого центра многостороннее. За счет его активности формируется пищеводыбающее поведение (пищевая мотивация), при этом происходит сокращение скелетной мускулатуры (необходимо найти пищу и приготовить ее).

Пищевой центр регулирует моторную, секреторную и всасывающую активность желудочно-кишечного тракта. Его функция обеспечивает появление сложных субъективных ощущений, таких как голод, аппетит, чувство сытости.

## 4. МОЧЕПОЛОВОЙ АППАРАТ

Мочеполовой аппарат включает две группы органов с разными функциями: органы мочеобразования и мочевыделения (выделительная система); мужские и женские половые органы (репродуктивная система).

### 4.1. АНАТОМИЯ И ФИЗИОЛОГИЯ ВЫДЕЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

В процессе жизнедеятельности человека образуются конечные продукты обмена веществ (соли, мочевины и др.), которые называются шлаками. Задержка и накопление их в организме может вызвать глубокие изменения во многих внутренних органах. Организм имеет несколько путей избавления от продуктов жизнедеятельности. Эту функцию выполняют различные выделительные системы: мочевая система, кишечник, желчный пузырь и потовые железы на коже. Основная часть продуктов распада выводится с мочой через почки, мочеточники, мочевой пузырь, мочеиспускательный канал (рис. 4.1).

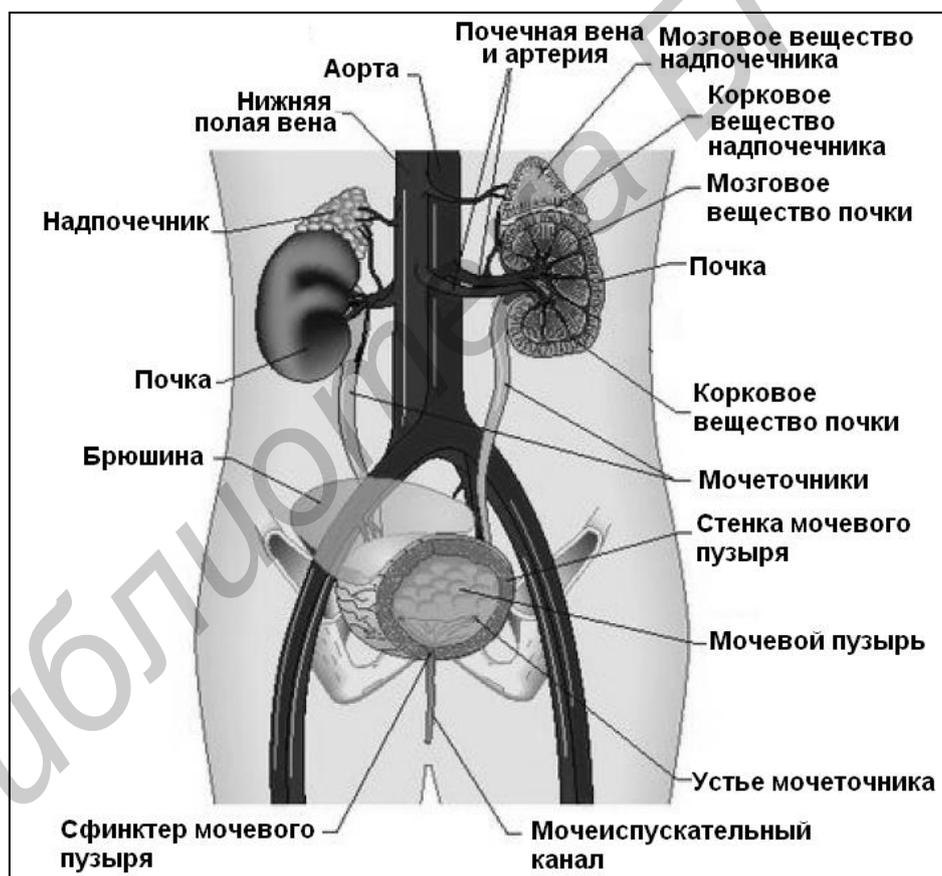


Рис. 4.1. Органы выделительной системы

Нормальная функция выделительной системы также поддерживает в организме кислотно-щелочное равновесие и обеспечивает деятельность органов и систем.

### 4.1.1. Почка

**Почка** – парный экскреторный орган, который образует мочу, имеет массу 100–200 г, располагается по бокам позвоночника у задней стенки брюшной полости на уровне XI грудного и II–III поясничных позвонков. Правая почка (см. рис. 4.1) лежит несколько ниже левой.

Почки имеют бобовидную форму, верхний и нижний полюсы, наружный выпуклый и внутренний вогнутый края, переднюю и заднюю поверхности (рис. 4.2). Задняя поверхность почек прилегает к диафрагме, квадратной мышце живота и большой поясничной мышце, которые образуют для почек углубления – *почечные ложа*.



Рис. 4.2. Строение почки

На внутреннем вогнутом краю расположены ворота почек, через которые в почку входят почечная артерия, нервы почечного сплетения, а выходят почечная вена, мочеточник, лимфатические сосуды. Ворота почек открываются в почечную пазуху, в которой находятся малые и большие почечные чашки и почечная лоханка.

Почка состоит из двух слоев: наружного светлого коркового и внутреннего темного мозгового, составляющего почечные пирамиды. Каждая почечная пирамида имеет основание, обращенное к корковому веществу, и верхушку в виде почечного сосочка, направленного в сторону почечной пазухи. Почечная пирамида состоит из прямых канальцев, образующих петлю нефрона, и собирающих трубочек, которые, соединяясь, формируют в области почечного сосочка 15–20 коротких сосочковых протоков, открывающихся на поверхности сосочка сосочковыми отверстиями.

Корковое вещество состоит из чередующихся светлых и темных участ-

ков. Светлые участки конусообразные, напоминают лучи, отходящие от мозгового вещества. Они образуют лучевую часть, в которой расположены почечные канальцы. Последние продолжаются в мозговое вещество и в начальные отделы собирательных трубочек. В темных участках коркового вещества почки находятся почечные тельца, проксимальные и дистальные отделы извитых почечных канальцев.

Основная функционально-структурная единица почки – *нефрон* (их насчитывается около 1,5 млн). Нефрон (рис. 4.3) состоит из почечного тельца, включая сосудистый клубочек. Тельце опоясано двухстенной капсулой (капсула Шумлянского – Боумена). Полость капсулы выстлана однослойным кубическим эпителием, переходит в проксимальную часть канальца нефрона, дальше идет петля нефрона. Последняя переходит в мозговое вещество, а затем в корковое и в дистальную часть нефрона, которая при помощи вставочного отдела впадает в собирательные почечные трубочки, собирающиеся в сосочковые протоки, а последние открываются в малую почечную чашку.

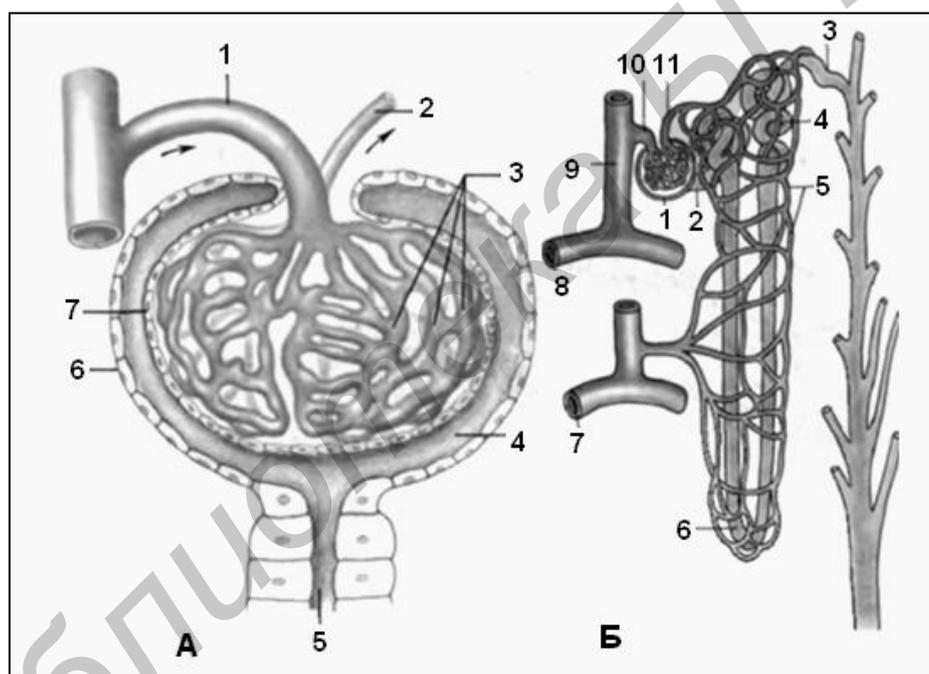


Рис. 4.3. Схема строения почечного тельца и кровоснабжения нефрона:

А: 1 – приносящая клубочковая артериола (приносящий сосуд); 2 – выносящая артериола (выносящий сосуд); 3 – сеть клубочковых капилляров; 4 – полость капсулы клубочка; 5 – проксимальный извитой каналец; 6 – наружная стенка капсулы клубочка; 7 – внутренняя стенка капсулы клубочка; Б: 1 – почечное тельце; 2 – проксимальный извитой каналец; 3 – собирательная трубочка; 4 – дистальный извитой каналец; 5 – собирательная сеть; 6 – петля нефрона; 7 – дугообразная вена; 8 – дугообразная артерия; 9 – междольковая артерия; 10 – приносящий сосуд; 11 – выносящий сосуд

Из соединений двух-трех малых чашек образуется большая почечная чашка, а при слиянии двух-трех последних – почечная лоханка. Около 80 % нефронов находится в толще коркового вещества – *корковые нефроны*, а 18–

20 % локализуется в мозговом веществе почки – *юкстамедуллярные (около-мозговые) нефроны*.

*Кровоснабжение почки* происходит за счет хорошо разветвленной сети кровеносных сосудов. Кровь в почку поступает по почечной артерии, которая в воротах почки делится на среднюю и заднюю ветви, дающие сегментарные артерии. От последних отходят междольевые артерии, проходящие между соседними почечными пирамидами и почечными столбами. На границе мозгового и коркового вещества междольевые артерии образуют между пирамидами дуговые артерии, от которых отходит множество междольковых артерий. Последние делятся на приносящие клубочковые артериолы, которые в почечных тельцах распадаются на капилляры и образуют капиллярные клубочки почечного тельца. Из клубочка выходит выносящая клубочковая артерия, она примерно в 2 раза меньше в диаметре, чем приносящая. Выносящие артериолы делятся на капилляры, образующие густую сеть вокруг почечных канальцев, а затем переходят в вены. Последние сливаются в междольковые вены, впадающие в дуговые вены. Они в свою очередь переходят в междольковые вены, которые, соединяясь, формируют почечную вену, впадающую в нижнюю полую вену.

#### 4.1.2. Мочеточники

*Мочеточник* – парный орган, выполняющий функцию выведения мочи из почки в мочевой пузырь. Он имеет форму трубки диаметром 6–8 мм, длиной 30–35 см. В нем различают брюшную, тазовую и внутривенечную части (см. рис. 4.1).

*Брюшная часть* мочеточника лежит забрюшинно, идет по средней поверхности большой поясничной мышцы к малому тазу. Правый мочеточник берет начало от уровня нисходящей части двенадцатиперстной кишки, а левый – от двенадцатиперстно-тощего изгиба.

*Тазовая часть* начинается от пограничной линии таза, идет вперед, медиально вниз до дна мочевого пузыря.

Конечный отдел (длина 1,5–2,0 мм) тазовой части мочеточника проходит в косом направлении в стенке мочевого пузыря и называется *внутривенечной частью*.

Мочеточник имеет три расширения (поясничное, тазовое и перед входом в мочевой пузырь) и три сужения (в месте перехода из почечной лоханки, при переходе брюшной части в тазовую и перед впадением в мочевой пузырь).

Стенка мочеточника состоит из трех оболочек. Внутренняя слизистая оболочка выстлана переходным эпителием и имеет глубокие продольные складки. Средняя мышечная оболочка состоит из внутреннего продольного и наружного циркулярного слоев в верхней части, а в нижней – из внутреннего и наружного продольного и среднего кругового слоев. Снаружи мочеточник покрыт адвентициальной оболочкой. Такое строение мочеточника обеспечивает беспрепятственное прохождение мочи из почки до мочевого пузыря.

### 4.1.3. Мочевой пузырь

**Мочевой пузырь** – непарный полый орган, в котором накапливается моча (250–500 мл); располагается на дне малого таза. Форма и размеры его зависят от степени наполнения мочой.

В мочевом пузыре различают верхушку, тело, дно, шейку (рис. 4.4). Передняя верхняя часть мочевого пузыря, направленная к передней брюшной стенке, называется *верхушкой мочевого пузыря*. Переход верхушки в более широкую часть пузыря образует *тело пузыря*, которое продолжается вниз и назад и переходит в *дно пузыря*. Нижняя часть мочевого пузыря воронкообразно сужается и переходит в мочеиспускательный канал. Эта часть называется *шейкой пузыря*. В нижнем отделе шейки пузыря находится внутреннее отверстие мочеиспускательного канала.

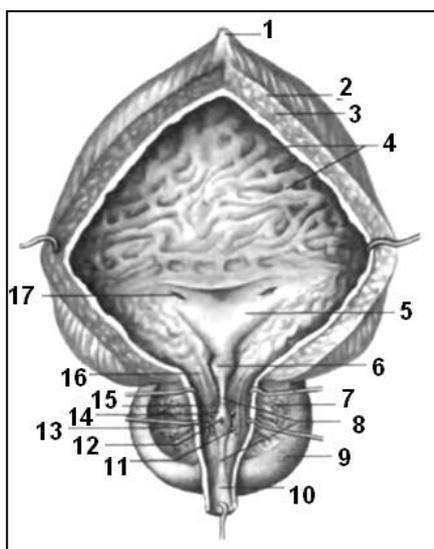


Рис. 4.4. Мочевой пузырь, предстательная железа и мочеиспускательный канал у мужчины:

1 – средняя пупочная связка; 2 – оболочка мочевого пузыря; 3 – мышечная оболочка; 4 – слизистая оболочка; 5 – треугольник мочевого пузыря; 6 – язычок мочевого пузыря; 7 – предстательная железа (паренхима); 8 – гребень мочеиспускательного канала; 9 – наружная оболочка предстательной железы; 10 – перепончатая часть уретры; 11 – отверстия предстательных проточков; 12 – предстательная маточка; 13 – устье семявыбрасывающего протока; 14 – семенной холмик; 15 – предстательная часть уретры; 16 – внутреннее отверстие уретры; 17 – отверстие мочеточника

В передней части дна мочевого пузыря находятся три отверстия: два отверстия мочеточников и внутреннее отверстие мочеиспускательного канала. Между ними расположен мочепузырный треугольник.

Мышечная оболочка мочевого пузыря состоит из наружного продольного, среднего циркулярного и внутреннего косопродольного слоев гладких мышечных волокон, тесно связанных между собой. Средний слой в области шейки мочевого пузыря образует вокруг внутреннего отверстия мочеиспускательного канала *мышцу-сжиматель мочевого пузыря*.

Сокращаясь, мышечная оболочка выталкивает мочу наружу через мочеиспускательный канал.

Снаружи мочевой пузырь покрыт соединительнотканной оболочкой, а сверху и частично слева и справа – брюшиной. Спереди мочевого пузыря находится лобковый симфиз, сзади него у мужчин расположены семенные пузырьки, ампулы семявыносящих протоков и прямая кишка, у женщин – матка и верхняя часть влагалища. Нижней поверхностью мочевой пузырь у мужчин прилегает к предстательной железе, у женщин – к тазовому дну.



#### 4.1.4. Мочеиспускательный канал

Мочеиспускательный канал (urethra) предназначен для периодического выведения мочи из мочевого пузыря и выталкивания семени (у мужчин).

*Мужской мочеиспускательный канал* представляет собой мягкую эластичную трубку длиной 16–20 см. Он берет начало от внутреннего отверстия мочевого пузыря и доходит до наружного отверстия мочеиспускательного канала, которое расположено на головке полового члена.

Мужской мочеиспускательный канал делится на три части: предстательную, перепончатую и губчатую. *Предстательная часть* находится внутри простаты и имеет длину около 3 см. На ее задней стенке расположено продольное возвышение – гребень мочеиспускательного канала. Наиболее выступающая часть этого гребня называется семенным холмиком или семенным бугорком, на верхушке которого находится небольшое углубление – *предстательная маточка*. По сторонам от предстательной маточки открываются устья семявыбрасывающих протоков, а также отверстия выводных протоков предстательной железы.

*Перепончатая часть* начинается от верхушки предстательной железы и достигает луковицы полового члена, длина ее составляет 1,5 см. В этом месте канал проходит через мочеполовую диафрагму, где вокруг него за счет концентрических пучков поперечнополосатых мышечных волокон образуется произвольный *сфинктер мочеиспускательного канала*.

*Губчатая часть* – самая длинная (около 15 см) часть мочеиспускательного канала, которая проходит внутри губчатого тела полового члена.

Женский мочеиспускательный канал шире мужского и значительно короче. Он представляет собой трубку длиной 3,0–3,5 см, шириной 8–12 мм, открывающуюся в преддверие влагалища. Его функция – выделение мочи.

Как у мужчин, так и у женщин при прохождении мочеиспускательного канала через мочеполовую диафрагму имеется наружный сфинктер, который подчиняется сознанию человека. Внутренний (непроизвольный) сфинктер расположен вокруг внутреннего отверстия мочеиспускательного канала и образован круговым мышечным слоем.

#### 4.1.5. Физиология почек

Почки отвечают за вывод из крови азотосодержащих соединений, основным компонентом которых является мочевина. Каждую минуту почки получают около одного литра крови. Эта кровь проходит через фильтр на конце одного из почечных канальцев и разделяется таким образом, что жидкая часть ее (плазма) поступает в каналец, в то время как остальная часть остается в кровотоке. Отфильтрованная часть проходит через длинный почечный каналец, и большая часть воды, солей и других ценных для организма веществ всасывается обратно в кровь. Оставшаяся часть выводится в мочевой пузырь. Почки вырабатывают мочу непрерывно. В течение суток выделяется около 2 л мочи.

Мочеобразование состоит из трех процессов: фильтрации, реабсорбции (обратное всасывание) и канальцевой секреции.

Образование мочи в почке начинается с ультрафильтрации плазмы крови в месте соприкосновения сосудистого клубочка и капсулы нефрона (боуменова капсула, капсула Шумлянського – Боумена) в результате разности давления крови (см. рис. 4.3).

Из капилляров клубочка вода, соли, глюкоза и другие компоненты крови попадают в полость капсулы. Так образуется клубочковый фильтрат (в нем отсутствуют форменные элементы крови и белки). Через почку за 1 мин проходит около 1200 мл крови, что составляет 25 % всей выбрасываемой сердцем крови. Переход жидкости из клубочка в капсулу за 1 мин называется *скоростью клубочковой фильтрации*. В норме у мужчин в обеих почках скорость клубочковой фильтрации составляет 125 мл/мин, у женщин – 110 мл/мин или 150–180 л в сутки. Это *первичная моча*.

Из капсулы первичная моча поступает в извитые канальцы, где происходит процесс *реабсорбции* (обратное всасывание) жидкости и находящихся в ней компонентов (глюкозы, солей и др.). Так, в почках человека из каждых 125 л фильтрата назад всасывается 124 л. В результате из 180 л первичной мочи образуется только 1,5–1,8 л конечной. Некоторые конечные продукты обмена (креатинин, мочева кислота, сульфаты) всасываются слабо и проникают из просвета канальца в окружающие капилляры путем диффузии. Кроме того, клетки почечных канальцев в результате активного переноса выводят достаточное количество ненужных веществ из крови в фильтрат. Этот процесс называется *канальцевой секрецией* и является единственным способом концентрирования мочи. Падение артериального давления может привести к прекращению фильтрации и образования мочи.

## 4.2. РЕГУЛЯЦИЯ МОЧЕОБРАЗОВАНИЯ

*Регуляция мочеобразования* осуществляется нервно-гуморальным путем. Нервная система и гормоны регулируют просвет почечных сосудов, поддерживают до определенной величины кровяное давление, способствуют нормальному мочеобразованию.

Гормоны гипофиза оказывают прямое влияние на мочеобразование. Соматотропный и тиреотропный гормоны повышают диурез, а антидиуретический гормон снижает мочеобразование (стимулирует процесс реабсорбции в канальцах). Недостаточное количество антидиуретического гормона вызывает сахарный диабет.

Акт мочеиспускания является сложным рефлекторным процессом и происходит периодически. В наполненном мочевом пузыре моча оказывает давление на его стенки и раздражает механорецепторы слизистой оболочки. Возникшие импульсы по афферентным нервам поступают в головной мозг, из которого импульсы по эфферентным нервам возвращаются в мышечный слой мочевого пузыря и его сфинктера. При сокращении мышц пузыря моча через

уретру выделяется наружу.

Рефлекторный центр мочеиспускания расположен на уровне II и IV крестцовых сегментов спинного мозга и находится под влиянием вышележащих отделов головного мозга – тормозные влияния исходят из коры головного мозга и среднего мозга, возбуждающие – из варолиева моста и заднего гипоталамуса. Кортиковые влияния, обеспечивающие импульс к произвольному акту мочеиспускания, вызывают сокращение мышц мочевого пузыря, в нем возрастает внутреннее давление. Происходит открытие шейки мочевого пузыря, расширение и укорочение задней уретры, расслабление сфинктера. Вследствие сокращения мышц пузыря давление в нем увеличивается, а в уретре – уменьшается, что вызывает переход мочевого пузыря в фазу опорожнения и удаления по мочеиспускательному каналу мочи наружу.

Суточное количество мочи (*диурез*) у взрослого человека в норме составляет 1,2–1,8 л и зависит от поступившей в организм жидкости, окружающей температуры и других факторов. Цвет нормальной мочи соломенно-желтый и чаще всего зависит от ее относительной плотности. Реакция мочи слабокислая, относительная плотность 1,010–1,025. В моче содержится 95 % воды, 5 % твердых веществ, основную часть которых составляют мочевины – 2 %, мочевиная кислота – 0,05 %, креатинин – 0,075 %. В суточной моче здорового человека содержится около 25–30 г мочевины и 15–25 г неорганических солей, а также солей натрия и калия. В моче обнаруживаются только следы глюкозы.

### 4.3. АНАТОМИЯ И ФИЗИОЛОГИЯ РЕПРОДУКТИВНОЙ СИСТЕМЫ

Половые органы выполняют репродуктивную функцию, по ним определяют половые признаки человека. Как у мужчин, так и у женщин половые органы делятся на внутренние и наружные.

#### 4.3.1. Мужские половые органы

К мужским половым органам относятся яички с их придатками, семявыносящие и семявыбрасывающие протоки, семенные пузырьки, предстательная и бульбоуретральные железы, мошонка и половой член (рис. 4.5).

**Внутренние мужские половые органы.** Яички, или семенники – парная мужская железа, функцией которой является образование мужских половых клеток – сперматозоидов и выделение в кровь мужских половых гормонов.

Яички овальной формы, размером 4,5 × 3 см, массой 20–30 г. Они находятся в мошонке, причем левое яичко ниже правого. Яички отделены одно от другого перегородкой мошонки и окружены оболочками. Яичко подвешено на семенном канатике, в состав которого входят семявыносящий проток, мышцы и фасции, кровеносные и лимфатические сосуды, нервы.

К заднему краю яичка прилегает придаток, в котором различают головку, тело и хвост.

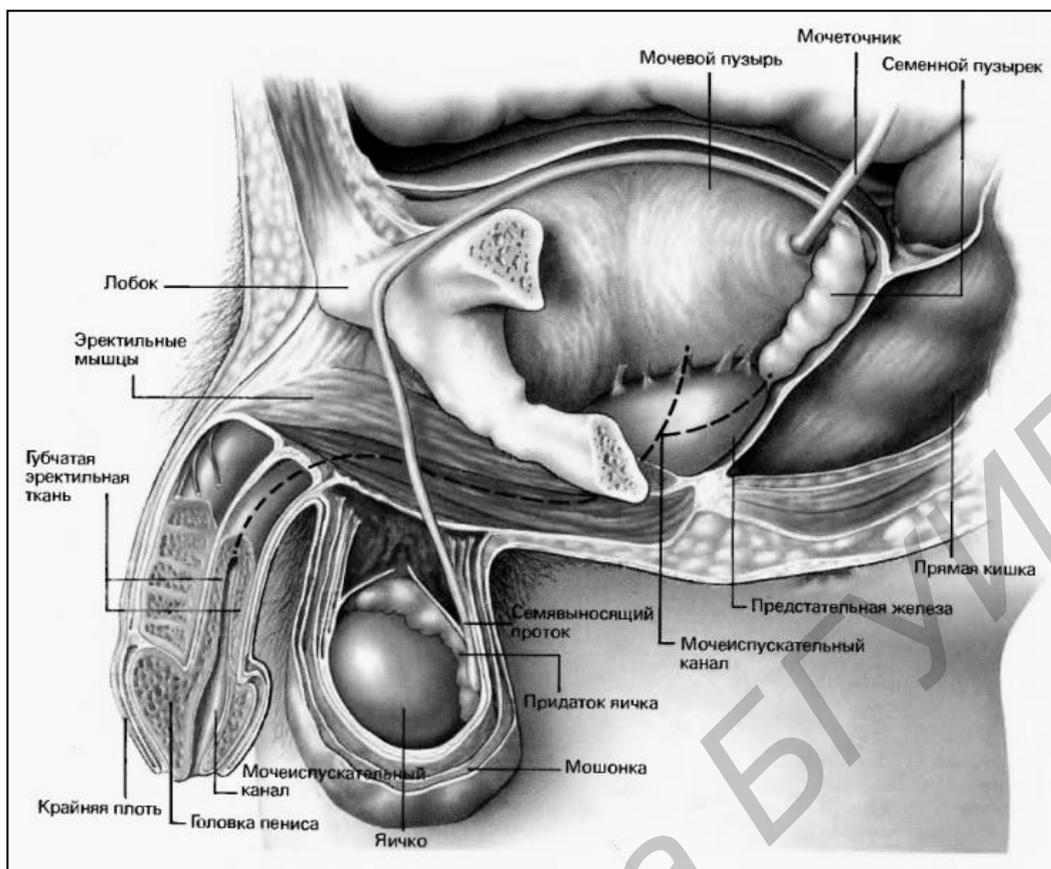


Рис. 4.5. Мужские половые органы

Брюшина охватывает яичко со всех сторон и образует замкнутую серозную полость. Снаружи яичко покрыто белой фиброзной оболочкой, получившей название *белочной оболочки*, под которой находится *паренхима яичка*. От внутренней поверхности заднего края белочной оболочки в паренхиму яичка входит вырост соединительной ткани – *средостение яичка*, от которого идут тонкие соединительнотканые перегородочки яичка, разделяющие железу на многочисленные (от 250 до 300) *пирамидальные дольки*, направленные вершинами к средостению яичка, а основанием – к белочной оболочке. В толще каждой дольки находятся два-три *извитых семенных канальца* длиной 60–90 мм, окруженные рыхлой соединительной тканью и множеством кровеносных сосудов. Семенные канальцы внутри выстланы многослойным сперматогенным эпителием, здесь образуются мужские половые клетки – сперматозоиды. Последние входят в состав спермы, жидкая часть которой формируется из секретов семенных пузырьков и простаты. Семенные канальцы, сливаясь, образуют *прямые семенные канальцы*, которые впадают в сеть яичка. Из сети яичка берут начало 12–15 выносящих канальцев, которые проходят через белочную оболочку и впадают в проток придатка яичка.

*Семявыносящий проток* – парный орган длиной около 50 см, имеет в поперечнике 3 мм и диаметр просвета около 0,5 мм. Исходя из топографических особенностей протока, в нем различают четыре части: яичковую, соответствующую длине яичка; канатиковую – в семенном канатике; паховую – в паховом

канале и тазовую – от глубокого пахового кольца до предстательной железы.

Пройдя семенной канал, семявыносящий проток соединяется с выделительным протоком семенного пузырька в семявыбрасывающий проток. Последний отверстием открывается в предстательную часть мочеиспускательного канала.

*Семенной пузырек* – парный секреторный орган длиной 10–12 см и толщиной 0,6–0,7 см. Располагаются пузырьки в полости малого таза сбоку и сзади от дна мочевого пузыря. В каждом семенном пузырьке различают основание (широкий конец), тело (средняя часть) и нижний (узкий) конец, который переходит в выделительный проток. Стенка семенного пузырька состоит из слизистой, мышечной и адвентициальной оболочек. В ней находится много извилистых камер, содержащих белковую жидкость, которая входит в состав спермы.

*Предстательная железа* – непарный мышечножелезистый орган массой 20–25 г, выделяет секрет, который входит в состав спермы. Она располагается под мочевым пузырем на дне малого таза (см. рис. 4.4). По форме напоминает каштан, несколько сжатый в переднезаднем направлении.

Предстательная железа имеет правую и левую доли, перешеек, снаружи покрыта капсулой, от которой внутрь органа идут перегородки. Она состоит из железистой и гладкомышечной ткани. Железистая ткань образует железистую паренхиму и представлена особыми комплексами в виде альвеолярно-трубчатых долек. Железистые ходы органа переходят в выводные предстательные протоки, открывающиеся точками в просвет мужского мочеиспускательного канала. Мышечная ткань заполняет переднюю часть простаты и, соединившись с мышечными пучками дна мочевого пузыря, образует внутренний (непроизвольный) сфинктер мочеиспускательного канала.

*Бульбоуретральная железа (железа Купера)* – парный орган, расположен сзади перепончатой части мужского мочеиспускательного канала в толще глубокой поперечной мышцы промежности. Железа имеет альвеолярно-трубчатое строение, плотную консистенцию, овальную форму, диаметр 0,3–0,8 см. Протоки бульбоуретральных желез открываются в мочеиспускательный канал. Железа вырабатывает вязкую жидкость, которая защищает слизистую оболочку стенки мочеиспускательного канала от раздражения ее мочой.

***Наружные мужские половые органы*** представлены половым членом и мошонкой.

*Половой член* – орган, который служит для выделения мочи и выбрасывания семени (рис. 4.6). Он состоит из передней свободной части – тела, которое заканчивается головкой, и задней части, прикрепленной к лобковым костям. В головке полового члена различают наиболее широкую часть – венечную головку и узкую – шейку головки.

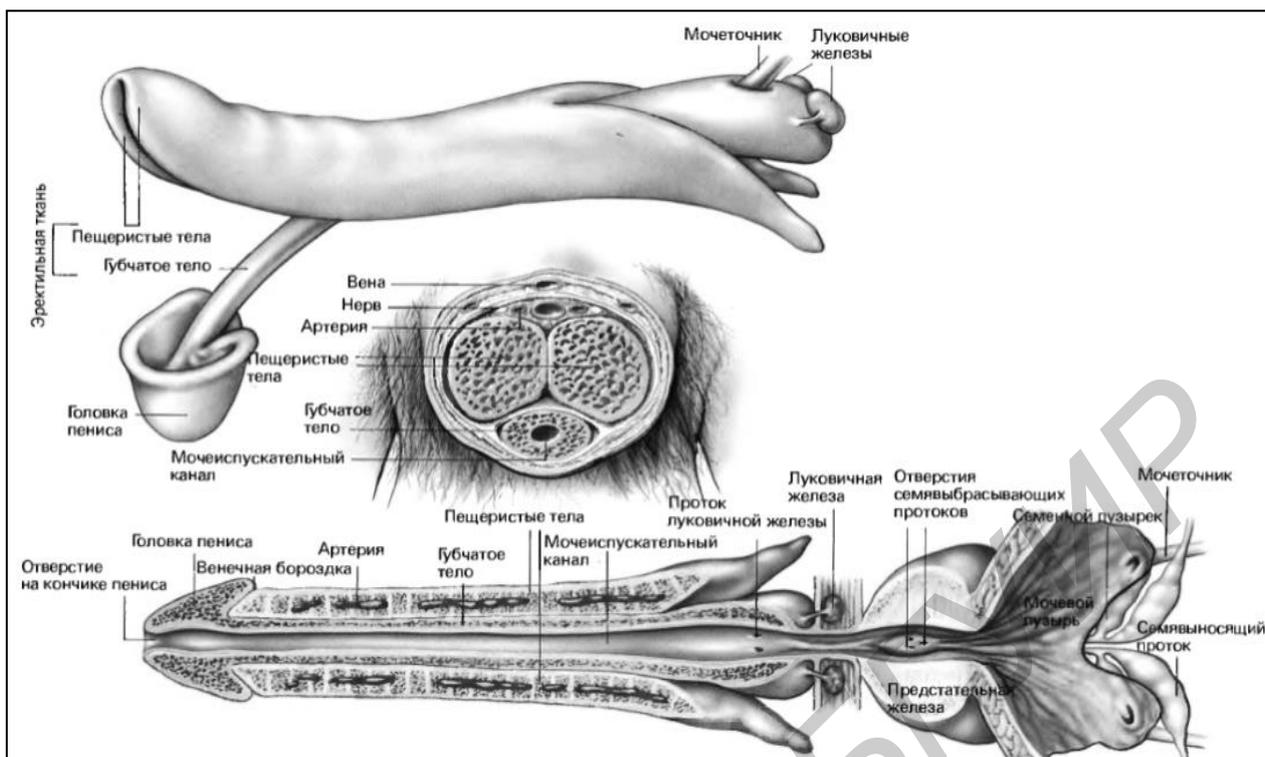


Рис. 4.6. Строение полового члена.

Тело полового члена покрыто тонкой легкоподвижной кожей. На нижней его поверхности находится шов. В переднем отделе тела образуется кожная складка – крайняя плоть полового члена, которая закрывает головку, а затем переходит в кожу головки полового члена. На нижней поверхности органа крайняя плоть соединяется с головкой при помощи уздечки крайней плоти. На верхушке головки полового члена открывается наружное отверстие мочеиспускательного канала, которое имеет вид вертикальной щели.

Тело полового члена состоит из двух пещеристых тел и одного непарного – губчатого. *Губчатое тело* задней части заканчивается луковицей, а в передней – головкой полового члена. Внутри губчатое тело проходит через мочеиспускательный канал, который в головке расширяется и образует ладьевидную ямку. *Пещеристые тела* имеют цилиндрическую форму, задние концы их расходятся в стороны в виде ножек полового члена и прикрепляются к нижним ветвям лобковых костей.

Пещеристые и губчатое тела состоят из специфической губчатой ткани и способны собирать в свои многочисленные каверны (полости) кровь и становятся достаточно плотными. При оттоке крови они спадаются.

*Мошонка* – кожно-мышечный мешок, в котором находятся яички и придатки, а также нижние отделы семенных канатиков. В мошонке выделяют семь слоев (оболочек): кожа, мясистая оболочка, наружные семенные фасции, фасция мышцы, поднимающей яичко, мышца, поднимающая яичко, внутренняя семенная фасция и паховая оболочка яичка, в которой выделяют два листка (пристеночный и внутренний). Оболочки стенки мошонки соответствуют слоям передней брюшной стенки, так как формируются по мере опускания яичка из

брюшной полости в мошонку. Полость мошонки делится на две половины перегородкой; каждая половина является вместилищем для одного яичка.

*Сперматогенез* – это процесс образования мужских половых клеток. Он является первым и основным показателем наступления половой зрелости у юношей и продолжается почти всю жизнь. Сперматогенез состоит из трех стадий и происходит в семенных канальцах мужских половых желез – семенниках (яичках) (рис. 4.7).

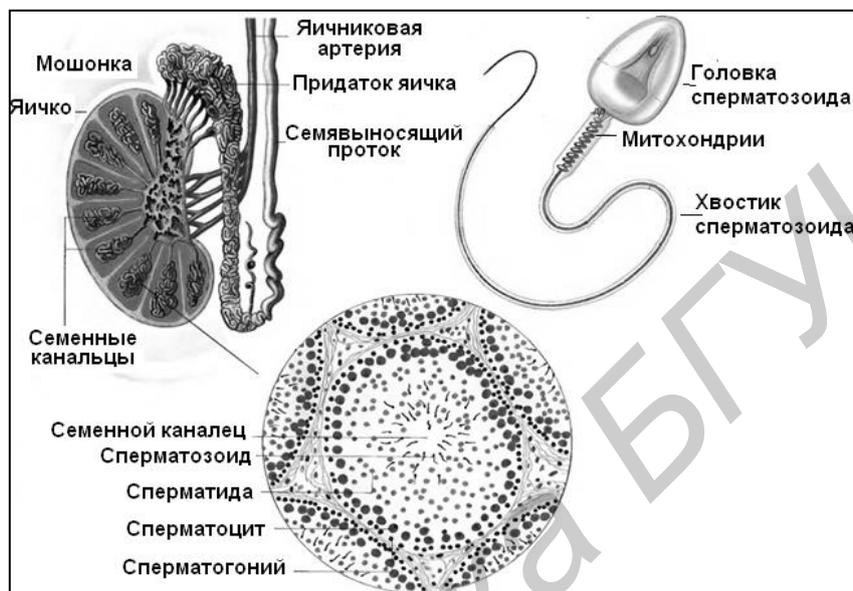


Рис. 4.7. Стадии сперматогенеза и схема строения сперматозоида

Первая стадия – многочисленный митоз спермообразующих клеток; вторая – мейоз; третья – спермиогенез. Вначале образуются сперматогонии, расположенные на наружной стенке семенных канальцев. Затем они последовательно превращаются в сперматоциты первого порядка. Последние путем мейотического деления дают две одинаковые клетки – сперматоциты второго порядка. Во время второго деления сперматоциты второго порядка дают четыре незрелые половые клетки – *гаметы*. Они называются сперматидами. Образовавшиеся четыре сперматиды постепенно превращаются в активные движущиеся сперматозоиды.

### 4.3.2. Женские половые органы

Женская репродуктивная система образована наружными и внутренними половыми органами и характеризуется первичными и вторичными женскими признаками. К ней относятся яичники и их придатки, матка и маточные трубы, влагалище, клитор и женская половая область (рис. 4.8).

**Наружные женские половые органы.** Они находятся в переднем отделе промежности в области мочеполювого треугольника и включают женскую половую область и клитор.

К женской половой области относятся лобок, большие и малые половые губы, преддверие влагалища, большие и малые железы преддверия и луковица преддверия.

Лобок вверху отделен от области живота лобковой бороздой, а от бедер – тазобедренными бороздами. Он покрыт волосами, которые переходят и на большие половые губы. В области лобка хорошо развит подкожный жировой слой.

Большие половые губы представляют собой округлую парную кожную складку длиной 7–8 см и шириной 2–3 см. Они ограничивают с боков половую щель. Между собой большие половые губы соединяются передней и задней спайкой. Кожа, покрывающая большие половые губы, содержит много сальных и потовых желез.

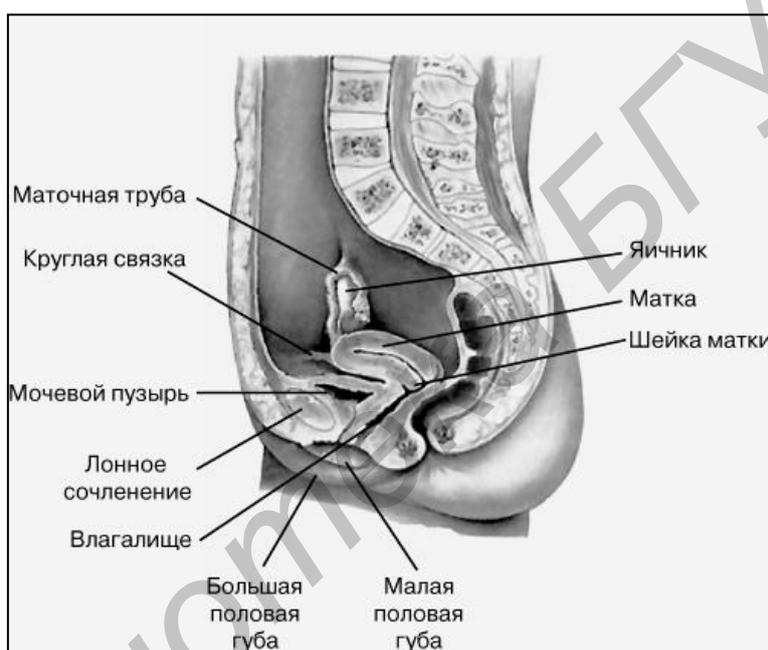


Рис. 4.8. Женские половые органы

Между большими половыми губами находится другая пара кожных складок – *малые половые губы*. Передние их концы охватывают клитор, образуют крайнюю плоть и уздечку клитора, а задние концы, соединившись между собой, образуют поперечную складку – уздечку половых губ. Пространство между малыми половыми губами называется *преддверием влагалища*. В нем располагаются наружное отверстие мочеиспускательного канала и отверстие влагалища.

*Клитор* является гомологом пещеристых тел мужского полового члена и состоит из парных пещеристых тел. В нем различают тело, головку и ножки, прикрепленные к нижним ветвям лобковых костей. Спереди тело клитора сужается и заканчивается головкой. Клитор имеет плотную фиброзную белочную оболочку и покрыт кожей, богатой нервными чувствительными окончаниями.

*Промежность* – комплекс мягких тканей (кожа, мышцы, фасции), закрывающих вход из полости малого таза. Она занимает область, ограниченную



спереди нижним краем лобкового симфиза, сзади – верхушкой копчика, а по бокам – нижними ветвями лобковых и седалищных костей и седалищными буграми. Линия, соединяющая седалищные бугры, делит промежность на два треугольника: передневерхняя часть получила название *мочеполовой*, а нижнезадняя – *заднепроходной области*. В пределах мочеполовой области находится мочеполовая диафрагма, а в заднепроходной – диафрагма таза.

Мочеполовая диафрагма и диафрагма таза представляют собой мышечно-фасциальную пластинку, образованную двумя слоями мышц (поверхностным и глубоким) и фасциями.

*Поверхностные мышцы* мочеполовой диафрагмы включают поверхностную поперечную мышцу промежности, седалищно-пещеристую и луковично-губчатую мышцы. К *глубоким мышцам* мочеполовой диафрагмы относятся глубокая поперечная мышца промежности и сфинктер мочеиспускательного канала.

В *диафрагму таза* входит поверхностный слой мышц, который представлен непарной мышцей – наружным сфинктером заднего прохода. При сокращении он сжимает (закрывает) отверстие заднего прохода. К глубоким мышцам диафрагмы таза относятся две мышцы, которые образуют задний отдел дна полости малого таза: мышца, поднимающая задний проход, и копчиковая.

Женская промежность отличается от мужской. Мочеполовая диафрагма у женщин широкая, через нее проходят мочеиспускательный канал и влагалище. Мышцы несколько слабее, чем у мужчин, а фасции, наоборот, более сильные. Мышечные пучки мочеиспускательного канала охватывают и стенку влагалища. Сухожильный центр промежности находится между влагалищем и задним проходом, состоит из сухожильных и эластических волокон.

***Внутренние женские половые органы.*** *Яичник* – парная женская половая железа, расположенная в области малого таза (рис. 4.9). Масса яичника равна 5–8 г, длина составляет 2,5–5,5 см, ширина – 1,5–3,0 см и толщина – до 2 см. Яичник имеет овоидную форму, несколько сжат в переднезаднем направлении. При помощи собственной и подвешивающей связок он фиксируется по обеим сторонам матки. Участвует в фиксации и брюшина, которая образует брыжейку (дубликатуру) яичника и прикрепляет его к широкой связке матки. В яичнике различают две свободные поверхности: медиальную, направленную в полость малого таза, и латеральную, прилегающую к стенке малого таза. Поверхности яичника переходят сзади в выпуклый свободный (задний) край, спереди – в брыжеечный край, к которому прикреплена брыжейка яичника.

В области брыжеечного края находится углубление – *ворота яичника*, через которые в него входят и выходят сосуды и нервы. В яичнике различают верхний трубный конец, который повернут к маточной трубе, и нижний маточный, соединенный с маткой собственной связкой яичника. Эта связка находится между двумя листками широкой связки матки. К трубному концу яичника прикреплена наиболее крупная яичниковая бахромка маточной трубы.

Яичники входят в группу подвижных органов, топография их зависит от положения матки, ее размера.

Поверхность яичника покрыта однослойным зародышевым эпителием, под которым лежит плотная соединительнотканная белочная оболочка. Внутреннее вещество (паренхима) делится на наружные и внутренние слои. Наружный слой яичника называется *корковым веществом*. В нем находится большое количество фолликулов, содержащих яйцеклетки. Среди них бывают везикулярные яичниковые (зрелые) фолликулы (граафовы пузырьки) и созревающие первичные яичниковые фолликулы. Зрелый фолликул может быть размером 0,5–1,0 см, он покрыт соединительнотканной оболочкой, состоящей из наружного и внутреннего слоёв.

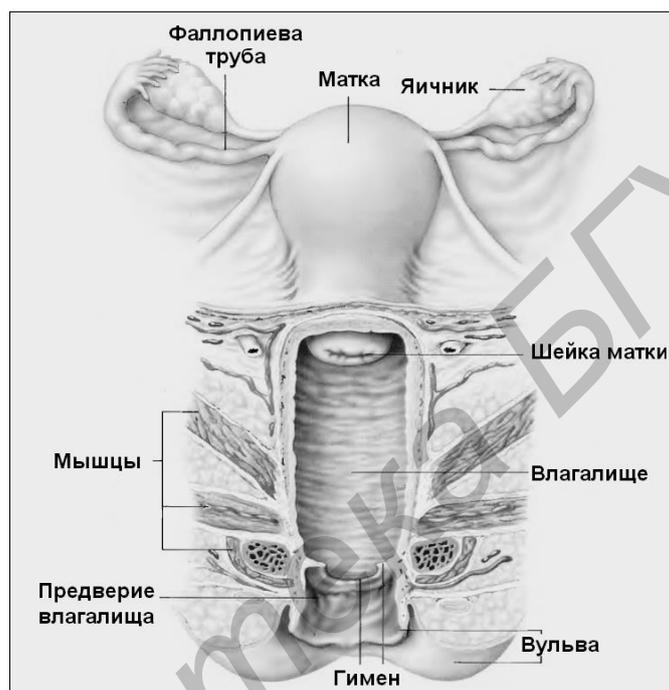


Рис. 4.9. Внутренние женские половые органы.

*Матка* – полый непарный орган, в котором происходит развитие зародыша и вынашивание плода. В ней различают дно – верхняя часть, тело – средний отдел, и шейку – нижняя суженная часть. Суженный переход тела матки в шейку называется *перешейком матки*. Нижняя часть шейки, входящая в полость влагалища, носит название *влагалищной части шейки*, а верхняя, лежащая над влагалищем, – *надвлагалищной частью*. Отверстие матки ограничено передней и задней губами. Задняя губа тоньше передней. Матка имеет переднюю и заднюю поверхности.

Размеры матки и ее масса варьируют. Длина матки у взрослой женщины в среднем составляет 7–8 см, а толщина 2–3 см. Масса матки у нерожавшей женщины колеблется от 40 до 50 г, у рожавшей достигает 80–90 г. Объем полости матки находится в пределах 4–6 см<sup>3</sup>. Расположена в полости малого таза между прямой кишкой и мочевым пузырем.

Фиксируется матка при помощи левой и правой широких связок, состоя-

ших из двух листков брюшины (переднего и заднего). Участок широкой связки матки, прилегающий к яичнику, называется *брыжейкой яичника*. Матка удерживается также круглой связкой и кардинальными связками матки.

Матка в значительной степени обладает подвижностью, которая зависит от положения соседних органов.

*Маточная (фаллопиева) труба* – парный трубчатый орган длиной 10–12 см, диаметром 2–4 мм, способствует проведению яйцеклетки от яичника в полость матки. Маточные трубы расположены по обе стороны дна матки, узким концом они открываются в полость матки, а расширенным – в полость брюшины. Таким образом, через маточные трубы полость брюшины соединяется с полостью матки.

В маточной трубе различают воронку, ампулу, перешеек и маточную часть. *Воронка* имеет брюшное отверстие трубы, которая заканчивается длинными узкими бахромками. За воронкой следует *ампула маточной трубы*, далее – узкая ее часть – *перешеек*. Последний переходит в *маточную часть*, которая открывается в полость матки маточным отверстием трубы.

*Влагалище* – непарный полый орган в виде трубки длиной 8–10 см, толщина стенок равна 3 мм. Верхним концом оно охватывает шейку матки, а нижним через мочеполовую диафрагму таза открывается в преддверие отверстием влагалища. Это отверстие у девственницы закрыто девственной плевой, представляющей собой полулунную или продырявленную пластинку, которая во время первого полового акта разрывается, а ее лоскуты потом атрофируются. Впереди влагалища находятся мочевой пузырь и мочеиспускательный канал, сзади – прямая кишка, с которой оно срастается рыхлой и плотной соединительной тканью.

Во влагалище выделяют переднюю и заднюю стенки, которые соединяются одна с другой. Охватывая влагалищную часть шейки матки, они образуют вокруг нее куполообразное углубление – *свод влагалища*.

*Оогенез* – процесс развития женских половых клеток в яичнике. Первичные женские половые клетки (*оогонии*) начинают развиваться в первые месяцы внутриутробного развития. Затем оогонии превращаются в *ооциты*. К моменту рождения в яичнике девочек находится около 2 млн ооцитов, которые превращаются в ооциты первого порядка. Однако среди них идет интенсивный процесс атрезии, что значительно снижает их количество. До начала половой зрелости остается около 500 000 ооцитов, способных к дальнейшему делению. Далее ооциты превращаются в примордиальные фолликулы, а затем в первичные фолликулы. Вторичные фолликулы появляются только после достижения половой зрелости.

Вторичный фолликул продолжает расти и превращается в зрелый (граафов пузырек). Затем фолликул разрывается и яйцеклетка попадает в брюшинную полость (рис. 4.10). Этот процесс называется *овуляцией*.

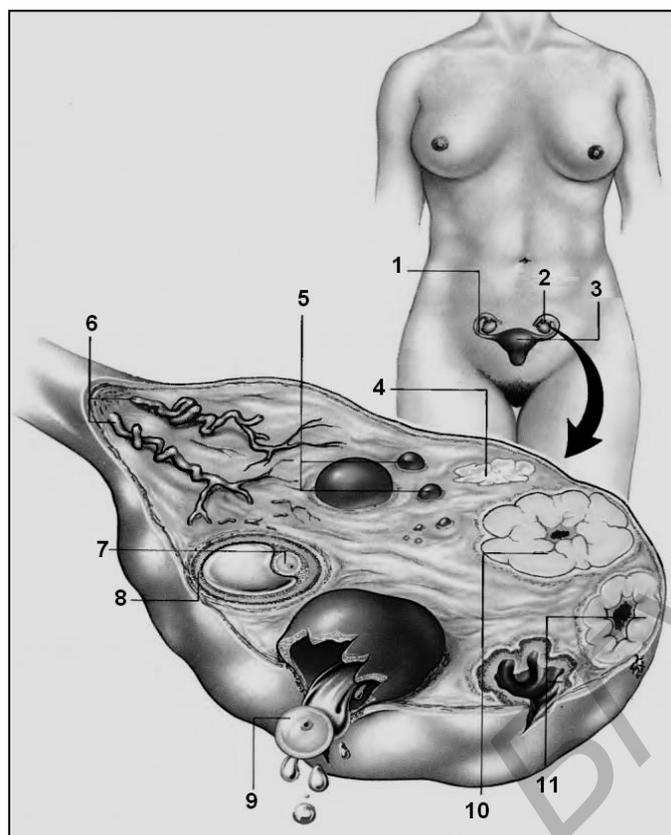


Рис. 4.10. Процесс созревания яйцеклетки и овуляции:

1 – фаллопиева труба; 2 – яичник; 3 – матка; 4 – белесое тело (выродившееся желтое тело); 5 – первичные фолликулы; 6 – питающие кровеносные сосуды; 7 – яйцеклетка; 8 – созревающий фолликул; 9 – созревающая яйцеклетка (овуляция); 10 – зрелое желтое тело; 11 – развивающееся желтое тело

Менструальный (половой) цикл женщины характеризуется периодическим изменением слизистой оболочки матки, протекающим взаимосвязано с процессом созревания яйцеклетки в яичнике и овуляцией.

Менструальный цикл состоит из двух циклов: яичникового и маточного. Яичниковый цикл связан с процессом созревания яйцеклетки в яичнике. Вторым циклом называют маточным, потому что все изменения, происходящие в строении и функции матки, наступают под влиянием половых гормонов яичников.

Выделяют три фазы изменений слизистой оболочки матки в течение одного менструального цикла женщины: менструальную, постменструальную и предменструальную (рис. 4.11).

*Менструальная фаза (фаза десквамации эндометрия)* наступает, когда не происходит оплодотворения яйцеклетки. В фазе десквамации снижается выработка желтым телом эстрогенов и прогестерона. В результате этого в слизистой оболочке матки появляются очаги некроза – омертвление, кровоизлияния. Функциональный слой слизистой оболочки отпадает и начинается очередная менструация. Эта фаза обычно длится 3–4 дня. В менструальной фазе вытекает 40–50 мл крови.

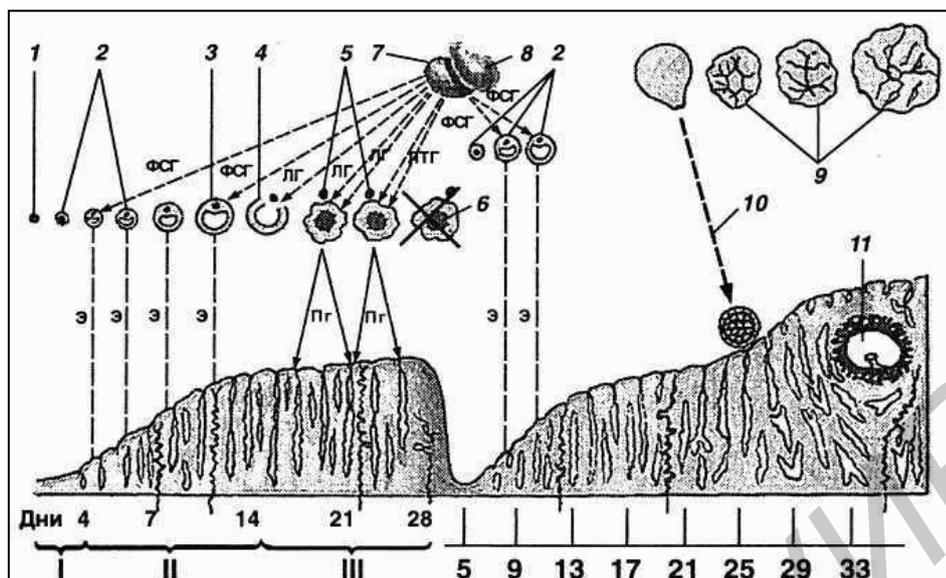


Рис. 4.11. Схема овариально-менструального цикла женщины:

I – менструальная фаза; II – постменструальная фаза; III – предменструальная фаза: 1 – примордиальный фолликул в яичнике; 2 – первичные (растущие) фолликулы; 3 – первичный фолликул (графов пузырек); 4 – овуляция; 5 – менструальные желтые тела в стадии расцвета; 6 – обратное развитие желтого тела; 7 – передняя доля гипофиза; 8 – задняя доля гипофиза; 9 – желтые тела беременности; 10 – оплодотворение; 11 – имплантированный зародыш; ФСГ – действие фоллитропина на фолликулы; ЛГ – действие лютропина на овуляцию и образование желтого тела; ЛТГ – действие пролактина на желтое тело; Э – действие эстрогена на матку (рост эндометрия); Пг – действие прогестерона на эндометрий

*Постменструальная фаза (фаза пролиферации)* наступает после менструации и длится 10–12 дней. Эта фаза тесно связана с воздействием на слизистую оболочку матки *эстрогенов* – гормонов, которые образует новый развитый фолликул. Максимальное разрастание слизистой оболочки матки наблюдается на 12–14-й день во время полного созревания фолликула и овуляции. В этот период толщина слизистой оболочки матки составляет 3–4 мм.

*Предменструальная фаза (фаза секреции)* является основной в подготовке матки к беременности. Под влиянием *гестагенов* – гормонов желтого тела яичника – железы слизистой оболочки матки все больше наполняются секретом, запасаются в клетках пищевые вещества, увеличивается количество извиленных кровеносных сосудов. В это время слизистая оболочка матки и организм женщины подготовлены к принятию и имплантации оплодотворенной яйцеклетки.

Во время беременности размеры матки увеличиваются, изменяется ее форма за счет гипертрофии миометрия. После родов матка принимает своиственные ей форму и размеры.

Менструальная функция регулируется при помощи совместной деятельности сложного комплекса нервных, гуморальных и половых органов (кора головного мозга, гипоталамус, гипофиз, яичники, влагалище, матка, маточные трубы).

### 4.3.3. Эндокринная часть половых желез

Яичко (семенник) у мужчин и яичники у женщин, кроме половых клеток, вырабатывают и выделяют в кровь половые гормоны, под влиянием которых происходит формирование вторичных половых признаков.

Эндокринной функцией в яичке обладает интерстиций, который представлен железистыми клетками – *интерстициальными эндокриноцитами* яичка, или *клетками Лейдига*, которые располагаются в рыхлой соединительной ткани между извитыми семенными канальцами, рядом с кровеносными и лимфатическими сосудами. Интерстициальные эндокриноциты яичка выделяют мужской половой гормон – *тестостерон*.

В яичнике вырабатываются такие половые гормоны, как эстроген, гонадотропин и прогестерон. Местом образования эстрогена (фолликулина) и гонадотропина является зернистый слой созревающих фолликулов, а также интерстициальные клетки яичника. Эстроген стимулирует, а гонадотропин угнетает рост и развитие половых клеток. Под влиянием фолликулостимулирующего и лютеинизирующего гормонов гипофиза происходит рост фолликулов и активизация интерстициальных клеток. Лютеинизирующий гормон вызывает овуляцию и образование желтого тела, клетки которого вырабатывают гормон яичника *прогестерон*. Этот гормон подготавливает слизистую оболочку матки для имплантации оплодотворенной яйцеклетки, а также задерживает рост новых фолликулов.

## 5. ДЫХАТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА

*Дыхательная система* объединяет органы, которые выполняют воздухоносную (полость рта, носоглотка, гортань, трахея, бронхи) и дыхательную, или газообменную (легкие) функции (рис. 5.1).

Основная функция органов дыхания – обеспечение газообмена между воздухом и кровью путем диффузии кислорода и углекислого газа через стенки легочных альвеол в кровеносные капилляры. Кроме того, органы дыхания участвуют в звукообразовании, определении запаха, выработке некоторых гормоноподобных веществ, в липидном и водно-солевом обмене, в поддержании иммунитета организма.

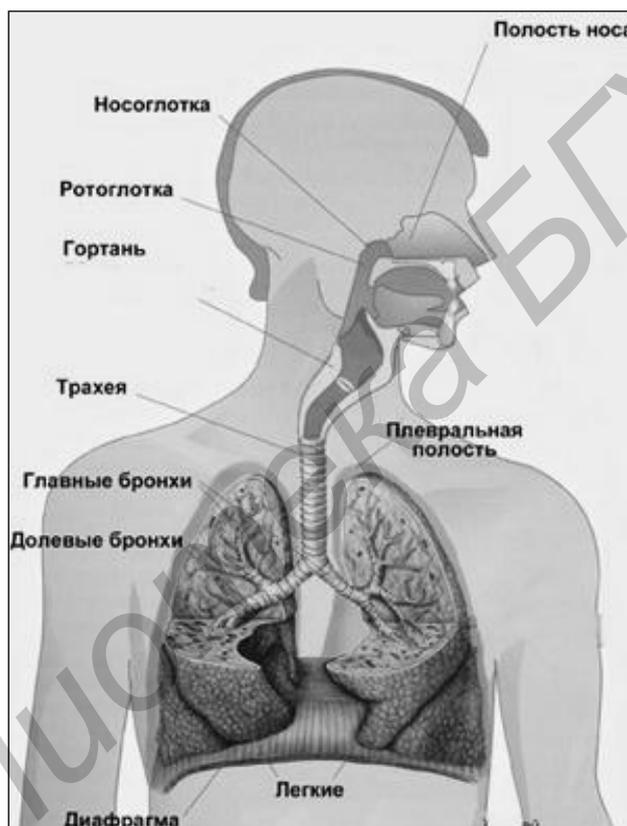


Рис. 5.1. Органы дыхательной системы

В воздухоносных путях происходит очищение, увлажнение, согревание вдыхаемого воздуха, а также восприятие запаха, температурных и механических раздражителей.

Характерной особенностью строения дыхательных путей является наличие хрящевой основы в их стенках, в результате чего они не спадаются. Внутренняя поверхность дыхательных путей покрыта слизистой оболочкой, которая выстлана мерцательным эпителием и содержит значительное количество желез, выделяющих слизь. Реснички эпителиальных клеток, двигаясь против ветра, выводят наружу вместе со слизью и инородные тела.

## 5.1. ПОЛОСТЬ НОСА

**Полость носа** – это начальный отдел дыхательных путей и одновременно орган обоняния. Проходя через полость носа, воздух или охлаждается, или согревается, увлажняется и очищается. Полость носа формируется наружным носом и костями лицевого черепа, делится перегородкой на две симметричные половины (рис. 5.2, А). Спереди входными отверстиями в носовую полость являются *ноздри*, а сзади через хоаны она соединяется с носовой частью глотки.

**Перегорodka носа** состоит из перепончатой, хрящевой и костной частей. В каждой половине носа выделяют преддверие полости носа. Внутри оно покрыто переходящей через ноздри кожей наружного носа, содержащей потовые, сальные железы и жесткие волоски, которые задерживают частицы пыли. От боковой стенки в просвет каждой половины носа выступают по три выпнутые костные пластинки: верхняя, средняя и нижняя раковины. Они делят полость носа на узкие, соединенные между собой носовые ходы.



Рис. 5.2. Наружный нос (А) и поперечный разрез носа (Б):

1 – малые хрящи крыльев носа; 2 – ноздри; 3 – большой хрящ крыла; 4 – добавочные носовые хрящи; 5 – латеральный хрящ носа; 6 – спинка носа; 7 – носовая кость; 8 – лобный отросток верхней челюсти; 9 – носовая часть лобной кости

Различают верхний, средний и нижний носовые ходы, расположенные под соответствующей носовой раковиной (рис. 5.2, Б.). В каждый носовой ход открываются воздухоносные (околоносовые) пазухи и каналы черепа: отверстия решетчатой кости, клиновидная, верхнечелюстная (гайморова) и лобная пазухи, носослезный канал.

Слизистая оболочка носа продолжается в слизистую оболочку околоносовых пазух, слезного мешка, носовой части глотки и мягкого нёба. Она плотно срастается с надкостницей и надхрящницей стенок полости носа и покрыта эпителием, который содержит большое количество бокаловидных слизистых желез, кровеносных сосудов и нервных окончаний.

В верхней носовой раковине, частично в средней и в верхнем отделе перегородки находятся нейросенсорные (чувствительные) клетки обоняния. Воз-



дух из полости носа попадает в носоглотку, а затем в ротовую и гортанную части глотки, где открывается отверстие гортани. В области глотки происходит пересечение пищеварительного и дыхательного путей; воздух сюда может поступать и через рот.

## 5.2. ГОРТАНЬ

**Гортань** выполняет функции дыхания, звукообразования и защиты нижних дыхательных путей от попадания в них инородных частиц (рис. 5.3). Она расположена в передней области шеи, на уровне IV–VII шейных позвонков; на поверхности шеи образует небольшое (у женщин) и сильно выступающее вперед (у мужчин) возвышение – *выступ гортани*. Сверху гортань подвешена к подъязычной кости, внизу соединяется с трахеей. Спереди гортани лежат мышцы шеи, сбоку – сосудисто-нервные пучки.

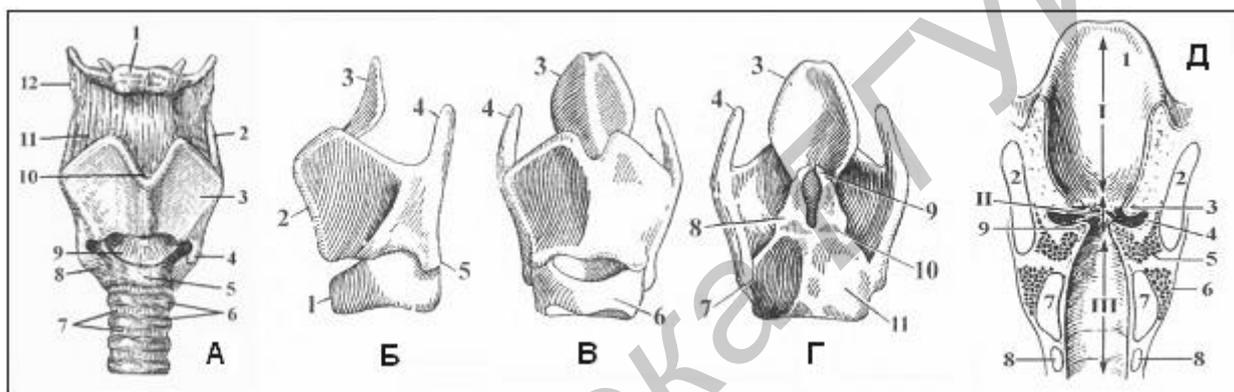


Рис. 5.3. Гортань :

А: 1 – щитовидная кость; 2 – верхний рог щитовидного хряща; 3 – щитовидный хрящ; 4 – нижний рог; 5 – перстневидный хрящ; 6 – кольца трахеи; 7 – кольцевые связки трахеи; 8 – перстнечерпаловидный сустав; 9 – эластичный отросток; 10 – верхняя вырезка щитовидного хряща; 11 – мембрана; Б – хрящи гортани (вид сбоку); В – вид спереди; Г – вид сзади; 1 – перстневидный хрящ; 2 – выступ гортани (кадык); 3 – надгортанный хрящ; 4 – верхний рог щитовидного хряща; 5 – нижний рог; 6 – дуга перстневидного хряща; 7 – перстнещитовидный сустав; 8 – черпаловидный хрящ; 9 – рожковидный хрящ; 10 – перстнечерпаловидный сустав; 11 – пластинка перстневидного хряща; Д – полость гортани (поперечный разрез): I – преддверие гортани; II – промежуточная часть; III – предголосовая полость; 1 – надгортанник; 2 – щитовидный хрящ; 3 – складка преддверия; 4 – желудочек гортани; 5 – голосовая мышца; 6 – латеральная перстнечерпаловидная мышца; 7 – перстневидный хрящ; 8 – хрящи трахеи; 9 – голосовая складка

Скелет гортани составляют непарные и парные хрящи. К *непарным* относятся щитовидный, перстневидный хрящи и надгортанник, к *парным* – черпаловидные, рожковидные и клиновидные хрящи, которые соединяются между собой связками, соединительнотканными мембранами и суставом.

**Хрящи гортани.** Основу гортани составляет *гиалиновый перстневидный хрящ*, который соединяется с первым хрящом трахеи при помощи связки (рис. 5.3, Б, В, Г). Он имеет дугу и четырехугольную пластинку, дуга хряща направлена вперед, пластинка – назад. На верхнем крае пластинки находятся

две составные поверхности для соединения с черпаловидными хрящами. На дуге перстневидного хряща расположен гиалиновый непарный, самый большой хрящ гортани – *щитовидный*. На передней части щитовидного хряща находятся верхняя щитовидная и небольшая нижняя щитовидная вырезки. Задние края пластинок щитовидного хряща образуют с каждой стороны длинный верхний и короткий нижний рога. *Черпаловидный хрящ* парный, гиалиновый, похож на четырехгранную пирамиду. Основание хряща направлено вниз, верхушка заострена, отклонена несколько назад. От основания отходит мышечный отросток, к которому прикрепляются голосовые связка и мышца. Сверху и спереди вход в гортань прикрывает надгортанник – эластичный отросток. Он прикрепляется щитонадгортанной связкой к щитовидному хрящу. Надгортанник перекрывает вход в гортань во время проглатывания еды. *Рожковидный* и *клиновидный хрящи* находятся в толще черпаловидной связки.

Соединяются хрящи гортани между собой и с подъязычной костью при помощи суставов (перстнещитовидный, перстнечерпаловидный) и связок (щитоподъязычная мембрана, срединная щитоподъязычная, латеральные щитоподъязычные, подъязычно-надгортанная, щитонадгортанная, перстнещитовидная, перстнетрахеальная).

**Мышцы гортани.** Все мышцы гортани делятся на три группы:

- а) расширители;
- б) мышцы, суживающие голосовую щель;
- в) мышцы, изменяющие напряжение голосовых связок.

К мышцам, расширяющим голосовую щель, относится только одна мышца – *задняя перстнечерпаловидная*. Эта парная мышца при сокращении оттягивает мышечный отросток назад, поворачивает черпаловидный хрящ наружу. Голосовой отросток поворачивается также латерально и голосовая щель расширяется.

В группу мышц, суживающих голосовую щель, входят *парная латеральная перстнечерпаловидная, парная щиточерпаловидная, парная косая черпаловидная мышцы* и *непарная поперечная черпаловидная мышца*.

К мышцам, натягивающим (напрягающим) голосовые связки, относится *парная перстнещитовидная*, а также *голосовая мышца*.

**Полость гортани.** В полости гортани различают три отдела: преддверие, промежуточный отдел и предголосовую полость (рис. 5.3, Д).

*Преддверие гортани* находится в пределах от входа в гортань до складок преддверия. Складки преддверия сформированы слизистой оболочкой гортани, которая содержит слизистые железы и утолщенные эластические волокна. Между этими складками находится *щель преддверия*.

Средний отдел – *промежуточная часть* – самый узкий. Он простирается от складок преддверия вверх к голосовым связкам вниз. Между складками преддверия (ложная голосовая складка) и голосовой складкой с левой и правой сторон гортани расположены желудочки. Правая и левая голосовые складки ограничивают *голосовую щель* – наиболее узкую часть полости гортани. В голосовой щели выделяют межперепончатую и межхрящевую части. Длина голосо-

вой щели у мужчин равна 20–24 мм, у женщин – 16–19 мм; ширина при спокойном дыхании – 5 мм, а при голосообразовании – 15 мм.

Нижний отдел полости гортани, который переходит в трахею, называется *предголосовой полостью*.

При образовании звука голосовая щель закрыта и открывается только при повышении давления воздуха в предголосовой полости на выдохе. Воздух, поступающий из легких в гортань, вибрирует голосовые связки. При этом образуются звуки разной высоты и силы. В формировании звука участвуют мышцы гортани, которые суживают и расширяют голосовую щель. Кроме того, звукообразование зависит от состояния резонаторов (полость носа, придаточные пазухи носа, глотка), возраста, пола, функции речевого аппарата. В звукообразовании принимает участие и центральная нервная система, под контролем которой находятся голосовые связки и мышцы гортани. У детей размеры гортани меньше, чем у взрослых, голосовые связки короче, тембр голоса выше. Размеры гортани могут изменяться в период полового созревания, что ведет к изменению голоса.

### 5.3. ТРАХЕЯ И БРОНХИ

*Трахея* – непарный полый орган, через который воздух поступает в легкие и наоборот (рис. 5.4, А). Трахея имеет форму трубки длиной 9–10 см, несколько сжатой в направлении спереди назад, поперечник ее равен в среднем 15–18 мм.

Основу трахеи составляют 16–20 гиалиновых хрящевых полуколец, соединенных между собой кольцевыми связками.

В трахее различают шейную и грудную части. В *шейной части* спереди трахеи находятся щитовидная железа, сзади – пищевод, а по бокам – сосудисто-нервные пучки (общая сонная артерия, внутренняя яремная вена, блуждающий нерв).

В *грудной части* спереди трахеи находятся дуга аорты, плечеголовный ствол, левая плечеголовная вена, начало левой общей сонной артерии и вилочковая железа.

В грудной полости трахея делится на два главных бронха, которые отходят в правое и левое легкое. Место деления трахеи называется *бифуркацией*. Правый главный бронх имеет более вертикальное направление, он короче и шире левого. В связи с этим инородные тела из трахеи чаще попадают в правый бронх. Длина правого бронха около 3 см, а левого 4–5 см. Над левым главным бронхом лежит дуга аорты, над правым – непарная вена. Правый главный бронх имеет 6–8, а левый 9–12 хрящевых полуколец. Внутри трахея и бронхи выстланы слизистой оболочкой с реснитчатым многослойным эпителием, содержащей слизистые железы и одиночные лимфоидные узелки. Снаружи трахея и главный бронх покрыты адвентицией.

Главные бронхи (первого порядка) делятся на долевы (второго порядка), а они в свою очередь – на сегментарные (третьего порядка), которые делятся далее и образуют бронхиальное дерево легких.

Главные бронхи состоят из неполных хрящевых колец. В бронхах среднего калибра гиалиновая хрящевая ткань заменяется на хрящевую эластическую. В концевых бронхиолах хрящевая оболочка отсутствует.

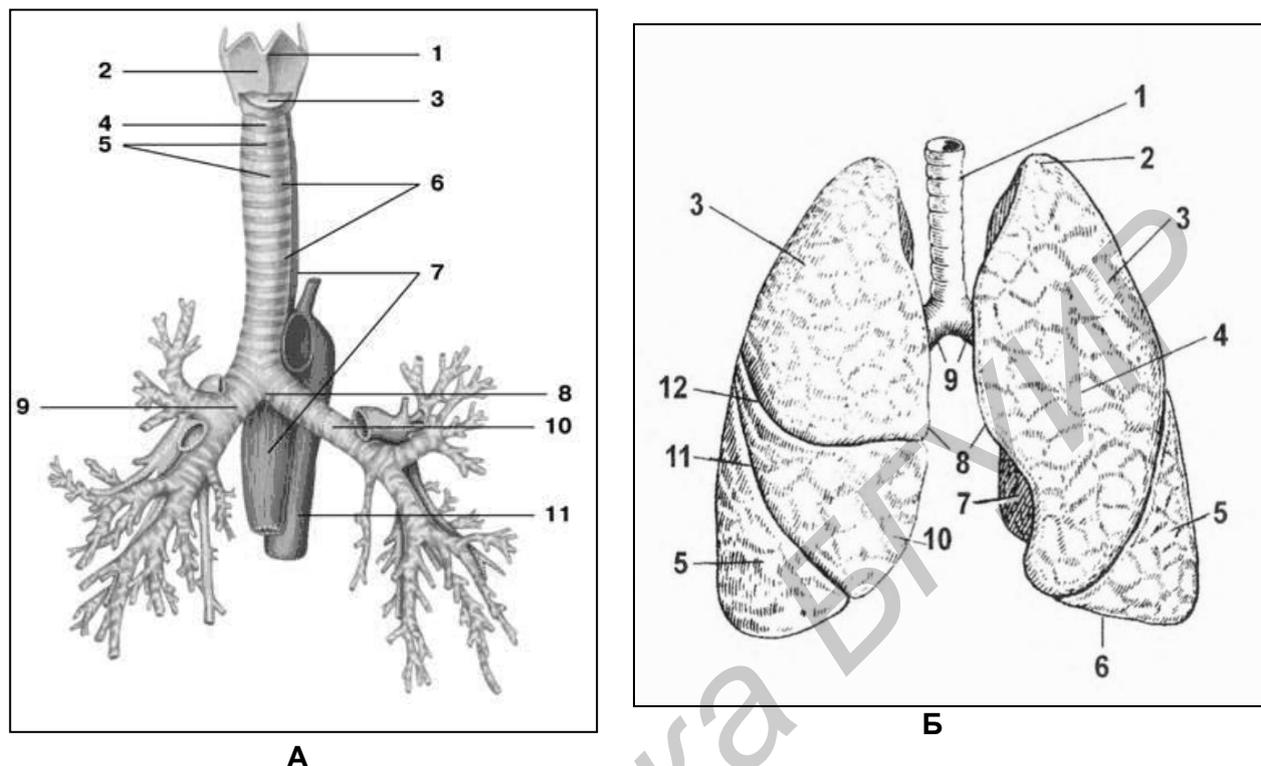


Рис. 5.4. Трахея и бронхи ( А), легкие (Б):

А: 1 – гортанный выступ (кадык); 2 – щитовидный хрящ; 3 – перстнещитовидная связка; 4 – перстнетрахеальная связка; 5 – дугообразные трахейные хрящи; 6 – кольцевые связки трахеи; 7 – пищевод; 8 – раздвоение трахеи; 9 – главный правый бронх; 10 – главный левый бронх; 11 – аорта; Б: 1 – трахея; 2 – верхушка легкого; 3 – верхняя доля; 4 – реберная поверхность; 5 – нижняя доля; 6 – диафрагмальная поверхность; 7 – сердечная вырезка левого легкого; 8 – медиальная поверхность; 9 – главные бронхи; 10 – средняя доля; 11 – косая щель; 12 – горизонтальная щель

## 5.4. ЛЕГКИЕ

**Легкие** – главный орган дыхательной системы, который насыщает кислородом кровь и выводит углекислый газ. Правое и левое легкое расположено в грудной полости, каждое в своем плевральном мешке (см. рис. 5.4, Б). Внизу легкие прилегают к диафрагме, спереди, с боков и сзади каждое легкое соприкасается с грудной стенкой. Правый купол диафрагмы лежит выше левого, поэтому правое легкое короче и шире левого. Левое легкое уже и длиннее, потому что в левой половине грудной клетки находится сердце, которое своей верхушкой повернуто влево.

Нижняя граница левого легкого расположена несколько ниже. На максимальном вдохе нижний край опускается еще на 5–7 см.

В легком выделяют три поверхности: *выпуклую реберную*, прилегающую к внутренней поверхности стенки грудной полости; *диафрагмальную* – приле-

гает к диафрагме; *медиальную (средостенную)*, направленную в сторону средостения. На медиальной поверхности находятся ворота легкого, через которые входят главный бронх, легочная артерия и нервы, а выходят две легочные вены и лимфатические сосуды. Все вышеперечисленные сосуды и бронхи составляют *корень легкого*.

Каждое легкое бороздами делится на доли: правое – на три (верхнюю, среднюю и нижнюю), левое – на две (верхнюю и нижнюю).

Каждое легкое состоит из разветвленных бронхов, которые образуют бронхиальное дерево и систему легочных пузырьков. Вначале главные бронхи делятся на долевые, а затем и на сегментарные. Последние в свою очередь разветвляются на субсегментарные (средние) бронхи. Субсегментарные бронхи также делятся на более мелкие 9–10-го порядка. Бронх диаметром около 1 мм называется *дольковым*, он вновь разветвляется на 18–20 конечных бронхиол. В правом и левом легком человека насчитывается около 20 000 конечных (терминальных) бронхиол. Каждая конечная бронхиола делится на дыхательные бронхиолы, которые в свою очередь делятся последовательно дихотомично (на две) и переходят в альвеолярные ходы (рис. 5.5).

Каждый альвеолярный ход заканчивается двумя альвеолярными мешочками. Стенки альвеолярных мешочков состоят из легочных альвеол. Диаметр альвеолярного хода и альвеолярного мешочка составляет 0,2–0,6 мм, альвеолы – 0,25–0,30 мм.

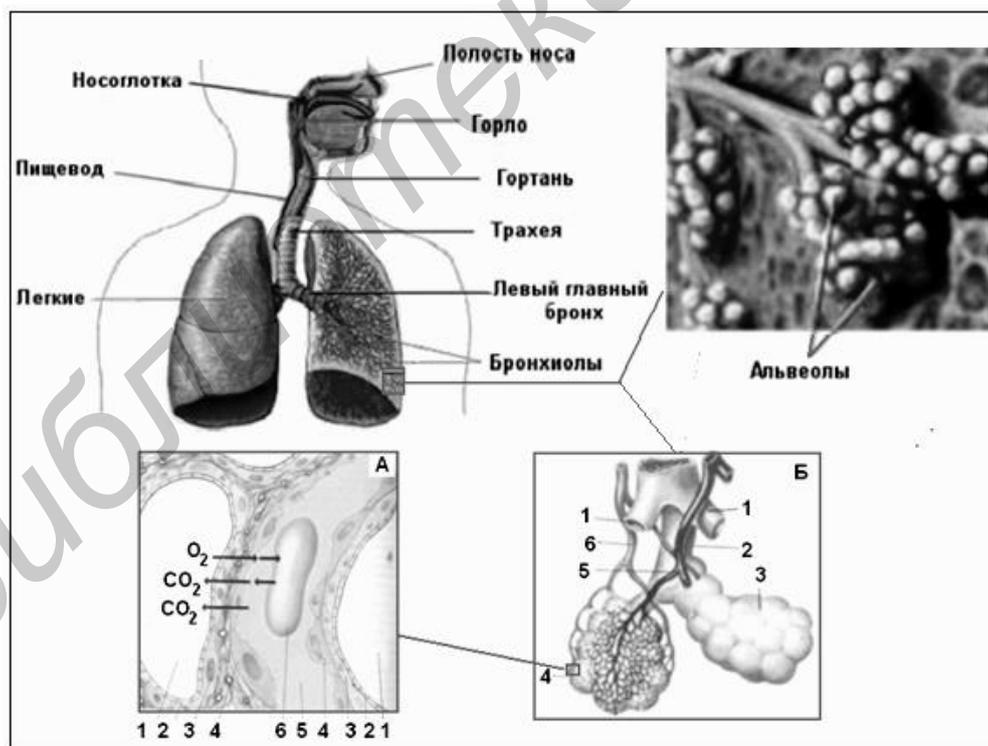


Рис. 5.5. Схема строения бронхиального дерева, альвеол и легочного ацинуса:

А: 1 – просвет альвеол; 2 – сурфактант; 3 – альвеолоцит; 4 – эндотелиоцит; 5 – просвет капилляра; 6 – эритроцит в просвете капилляра, стрелками показан путь кислорода и углекислого газа через альвеолокапиллярную мембрану (между кровью и воздухом);  
 Б: 1 – бронхи; 2 – бронхиола; 3 – альвеолы; 4 – капиллярная сеть; 5 – артерия; 6 – вена

Дыхательные бронхиолы, а также альвеолярные ходы, альвеолярные мешочки и альвеолы легкого образуют *альвеолярное дерево (легочный ацинус)*, которое является структурно-функциональной единицей легкого. Количество легочных ацинусов в одном легком достигает 15 000, количество альвеол в среднем составляет 300–350 млн, а площадь дыхательной поверхности всех альвеол – около 80 м<sup>2</sup>.

Для кровоснабжения легочной ткани и стенок бронхов кровь поступает в легкие по бронхиальным артериям из грудной части аорты. Кровь от стенок бронхов по бронхиальным венам отходит в протоки легочных вен, а также в непарную и полунепарную вены. По левой и правой легочным артериям в легкие поступает венозная кровь, которая обогащается кислородом в результате газообмена, отдает углекислый газ и, превратившись в артериальную кровь, по легочным венам стекает в левое предсердие.

### 5.5. ПЛЕВРА И СРЕДОСТЕНИЕ

**Плевра** – тонкая гладкая серозная оболочка, которая окутывает каждое легкое. Различают *висцеральную плевру*, которая плотно срастается с тканью легкого и заходит в щели между долями легкого, и *париетальную*, которая выстилает внутри стенки грудной полости. В области корня легкого висцеральная плевра переходит в париетальную.

Париетальная плевра состоит из реберной, медиастинальной (средостенной) и диафрагмальной плевры. *Реберная плевра* покрывает внутреннюю поверхность ребер и межреберных промежутков, около грудины и сзади около позвоночного столба переходит в *медиастинальную плевру*. Вверху реберная и медиастинальная плевры переходят одна в другую и образуют *купол плевры*, а внизу они переходят в диафрагмальную плевру, которая покрывает диафрагму, кроме центральной части, где диафрагма соединяется с перикардом.

Таким образом, между париетальной и висцеральной плеврой образуется щелевидное замкнутое пространство – *плевральная полость*. В этой полости находится небольшое количество серозной жидкости, которая увлажняет листки плевры при дыхательных движениях легких. В местах перехода реберной плевры в диафрагмальную и медиастинальную образуются углубления – *плевральные синусы*. Эти синусы являются резервными пространствами правой и левой плевральных полостей, а также вместилищем для накопления плевральной жидкости при нарушении процессов ее образования и усвоения.

Между реберной и диафрагмальной плеврой находится реберно-диафрагмальный синус; в месте перехода медиастинальной плевры в диафрагмальную – диафрагмо-медиастинальный синус, а в месте перехода реберной плевры в медиастинальную образуется реберно-медиастинальный синус.

*Средостение (mediastinum)* представляет собой комплекс органов, расположенных между правой и левой плевральными полостями. Спереди средостение ограничено грудиной, сзади – грудным отделом позвоночного столба, с боков – правой и левой медиастинальной плеврой. Вверху средостение продолжа-

ется до верхней апертуры грудной клетки, внизу – до диафрагмы. Различают два отдела средостения: верхнее и нижнее.

В *верхнем средостении* находятся вилочковая железа, правая и левая плечеголовые вены, верхняя полая вена, дуга аорты и отходящие от нее сосуды (плечеголовой ствол, левая общая сонная и подключичная артерии), трахея, верхняя часть пищевода, соответствующие отделы грудного лимфатического протока правого и левого симпатических стволов, проходят блуждающий и диафрагмальный нервы.

В *нижнем средостении* находятся перикард с расположенными в нем сердцем, крупными сосудами, главные бронхи, легочные артерии и вены, лимфатические узлы, нижняя часть грудной аорты, непарная и полунепарная вены, средний и нижние отделы пищевода, грудной лимфатический проток, симпатические стволы и блуждающие нервы.

## 5.6. ФИЗИОЛОГИЯ ДЫХАНИЯ

Жизнедеятельность живого организма связана с поглощением им  $O_2$  и выделением  $CO_2$ . Поэтому в понятие «дыхание» входят все процессы, связанные с доставкой  $O_2$  из внешней среды внутрь клетки и выделением  $CO_2$  из клетки в окружающую среду.

У человека различают дыхание: 1) внутреннее (клеточное, тканевое); 2) транспорт газов кровью или другими жидкостями тела; 3) внешнее (легочное). Фактически все звенья газотранспортной системы организма, включая регуляторные механизмы, призваны обеспечить концентрацию кислорода в клетках, необходимую для поддержания активности дыхательных ферментов.

Перенос  $O_2$  из альвеолярного воздуха в кровь и  $CO_2$  из крови в альвеолярный воздух происходит исключительно путем диффузии. Движущей силой диффузии является разница парциального давления  $O_2$  и  $CO_2$  по обеим сторонам альвеоло-капиллярной мембраны (табл. 5.1).

Таблица 5.1

Парциальное давление газов в атмосфере, легких и крови

Газ	Парциальное давление, мм рт. ст.			
	Атмосфера	Мертвое пространство (выдох)	Альвеолярный газ	Капилляры (венозная кровь)
Кислород	160→	126→	103→	40
Двуокись углерода	0,2	←28	←40	←46

Кислород и углекислый газ диффундируют через слой тонкой пленки фосфолипидов (сурфактанта), альвеолярный эпителий, две основные мембраны, эндотелий кровеносного капилляра (см. рис. 5.5, А). Диффузионная способность легких имеет большое значение для усвоения обмена кислорода. Это обу-

словлено большим количеством альвеол и их значительной газообменной поверхностью, а также небольшой толщиной (около 1 мкм) альвеолокапиллярной мембраны. Время прохождения крови через капилляры легких составляет около 1 с, напряжение газов в артериальной крови, которая оттекает от легких, полностью соответствует парциальному давлению в альвеолярном воздухе. Если вентиляция легких недостаточная и в альвеолах увеличивается содержание  $\text{CO}_2$ , то уровень концентрации  $\text{CO}_2$  сразу же повышается в крови, что приводит к учащению дыхания.

В легких кровь из венозной превращается в артериальную, богатую  $\text{O}_2$  и бедную  $\text{CO}_2$ . Артериальная кровь поступает в ткани, где в результате непрерывно проходящих процессов используется  $\text{O}_2$  и образуется  $\text{CO}_2$ . В тканях напряжение  $\text{O}_2$  близко к нулю, а напряжение  $\text{CO}_2$  около 60 мм рт. ст. В результате разности давления  $\text{CO}_2$  из ткани диффундирует в кровь, а  $\text{O}_2$  – в ткани. Кровь становится венозной и по венам поступает в легкие, где цикл обмена газов повторяется вновь.

Газы очень слабо растворяются в жидкостях. Так, только небольшая часть  $\text{O}_2$  (около 2 %) растворяется в плазме, а  $\text{CO}_2$  – 3–6 %. Основная часть гемоглобина транспортируется в форме непрочного соединения гемоглобина, который содержится в эритроцитах. В молекулу этого дыхательного пигмента входят специфический белок – *глобин* и простетическая группа – *гем*, которая содержит двухвалентное железо. При присоединении кислорода к гемоглобину образуется *оксигемоглобин*, а при отдаче кислорода – *дизоксигемоглобин*. Например, 1 г гемоглобина способен связать 1,36 мл газообразного  $\text{O}_2$  (при атмосферном давлении). Если учесть, что в крови человека содержится около 15 % гемоглобина, то 100 мл его крови могут перенести до 21 мл  $\text{O}_2$ . Это так называемая *кислородная емкость крови*. Оксигенация гемоглобина зависит от парциального давления  $\text{O}_2$  в среде, с которой контактирует кровь. Сродство гемоглобина с кислородом измеряется величиной парциального давления кислорода, при которой гемоглобин насыщается на 50 % ( $P_{50}$ ). У человека в норме она составляет 26,5 мм рт. ст. для артериальной крови. Для того чтобы гемоглобин мог связывать кислород в легочных капиллярах и отдавать в тканевых, он должен обладать рядом свойств, которые в значительной мере отражают кривые диссоциации оксигемоглобина (рис. 5.6).

На графике по вертикали отмечается процент молекул гемоглобина, связанных с кислородом (%  $\text{HbO}_2$ ), по горизонтали – напряжение кислорода ( $p\text{O}_2$ ). Кривая отражает изменение %  $\text{HbO}_2$  по мере возрастания напряжения кислорода в плазме крови. Эта кривая имеет S-образный вид с перегибами в области напряжения 10 мм рт. ст. и 60 мм рт. ст. Если  $p\text{O}_2$  в плазме становится больше 10 мм рт. ст., то сродство гемоглобина с кислородом повышается, и по мере возрастания напряжения кислорода почти линейно нарастает процент оксигенированных молекул гемоглобина. При  $p\text{O}_2$ , равном 27 мм рт. ст., 50 % молекул гемоглобина оказываются оксигенированными, при 60 мм рт. ст. – 90 %. При дальнейшем нарастании  $p\text{O}_2$  скорость увеличения %  $\text{HbO}_2$  замедляется так, что при обычном парциальном давлении кислорода в альвеолярном воздухе и



плазме крови (90–100 мм рт. ст.) оксигенация гемоглобина составляет 98 %. В норме % НвО<sub>2</sub> артериальной крови должен составлять 95–98 %. Если рО<sub>2</sub> в крови становится ниже 80 мм рт. ст., а оксигенация гемоглобина ниже 92 %, то это состояние называют *гипоксемией*, недостаточным содержанием и напряжением кислорода в крови.

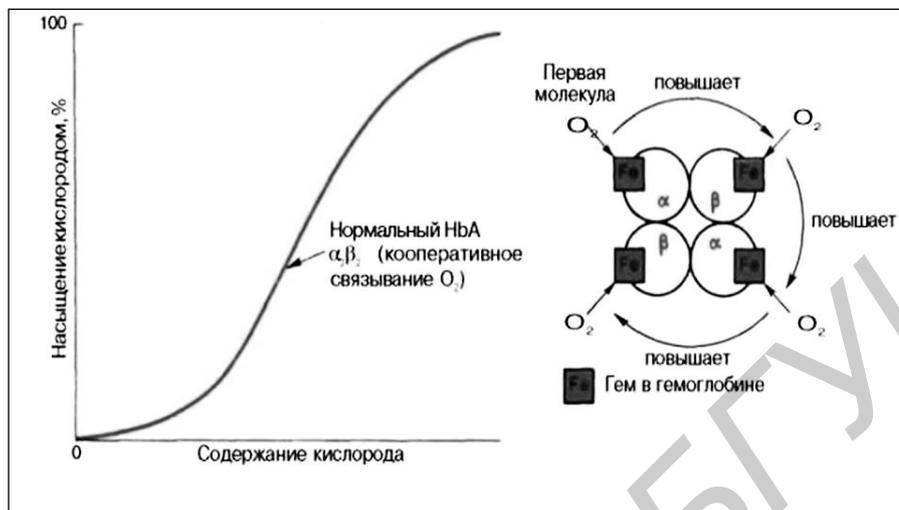


Рис. 5.6. Кривая диссоциации оксигемоглобина

**Механизм вдоха и выдоха.** Благодаря ритмичному сокращению диафрагмы (8–18 раз в минуту) и других дыхательных мышц (наружных, межреберных, плечевого пояса, шеи), объем грудной клетки то увеличивается (при вдохе), то уменьшается (при выдохе). При расширении грудной клетки легкие пассивно растягиваются, давление воздуха в них понижается и становится ниже атмосферного (на 3–4 мм рт. ст.). Поэтому воздух извне через дыхательные пути устремляется в легкие – происходит вдох (рис. 5.7, А).

Ведущая дыхательная мышца человека диафрагма работает, подобно поршню, засасывая воздух в легкие, а затем выталкивая его. При сокращении мышц диафрагмы она уплощается, вследствие чего уменьшается внутрилегочное давление – атмосферный воздух по дыхательным путям устремляется в область более низкого давления – в легкие. Происходит вдох. Растяжение альвеол рефлекторно тормозит прохождение импульсов по нервам, регулирующим сокращение диафрагмы. При расслаблении диафрагма приобретает форму купола. Объем грудной полости уменьшается, и в результате повышения внутрилегочного давления воздух устремляется наружу – происходит выдох. Следует отметить, что выдох осуществляется не только при расслаблении мышц вдоха, но и при сокращении мышц выдоха (внутренние межреберные мышцы, мышцы передней брюшной стенки).

**Дыхательные объемы.** При спокойном дыхании человек вдыхает и выдыхает 500 мл воздуха. Это количество воздуха называют дыхательным объемом (см. рис. 5.7, Б). При глубоком (дополнительном) вдохе в легкие поступит еще 1500 мл воздуха. Это – резервный объем воздуха. При равномерном дыхании после спокойного выдоха человек, при напряжении дыхательных мышц,

может выдохнуть еще 1500 мл воздуха. Это еще один резервный объем воздуха. Объем воздуха (3500 мл), складывающийся из дыхательного (500 мл), резервного – вдоха (1500 мл), резервного – выдоха (1500 мл), называют жизненной емкостью легких. У тренированных, физически развитых людей жизненная емкость легких может достигать 7000–7500 мл. У женщин, в связи с меньшей массой тела, жизненная емкость легких меньше, чем у мужчин. У детей 4–летнего возраста составляет 1200 мл, в 10 лет – 1600 мл, в 15 лет – 2600 мл. После того как человек выдохнет 500 мл воздуха, а затем еще сделает глубокий выдох (1500 мл), в его легких все еще останется примерно 1200 мл остаточного объема воздуха. В течение минуты человек вдыхает и выдыхает 5–8 литров воздуха. Это – минутный объем дыхания. Из 500 мл вдыхаемого воздуха только 360 мл проходит в альвеолы и отдает кислород в кровь. Остальные 140 мл остаются в воздухоносных путях и в газообмене не участвуют.

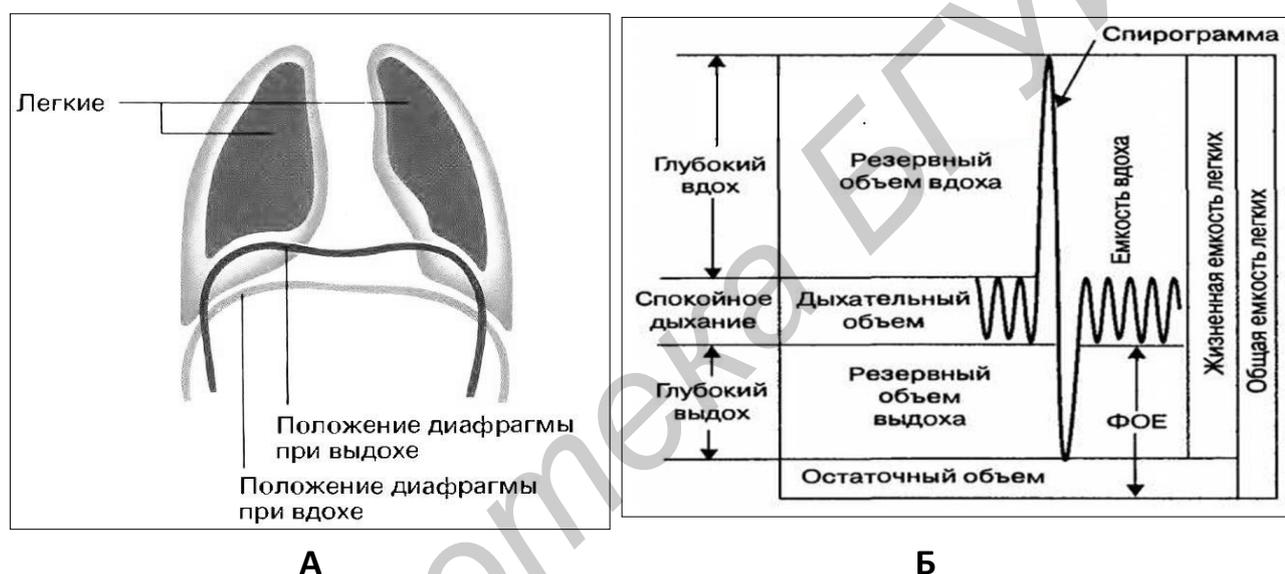


Рис. 5.7. Изменение объема легких при вдохе и выдохе (А) и дыхательные объемы (Б)

**Газообмен в легких и тканях.** В легких происходит газообмен между поступающим в альвеолы воздухом и протекающей по капиллярам кровью. Интенсивному газообмену между воздухом альвеол и кровью способствует малая толщина так называемого аэрогематического барьера. Он образован стенками альвеолы и кровеносного капилляра. Толщина барьера – около 2,5 мкм. Стенки альвеол построены из однослойного плоского эпителия, покрытого изнутри тонкой пленкой фосфолипида – сурфактантом, который препятствует слипанию альвеол при выдохе и понижает поверхностное натяжение. Альвеолы оплетены густой сетью кровеносных капилляров, что сильно увеличивает площадь, на которой совершается газообмен между воздухом и кровью. При вдохе концентрация (парциальное давление) кислорода в альвеолах намного выше (100 мм рт. ст.), чем в венозной крови (40 мм рт. ст.), протекающей по легочным капиллярам. Поэтому кислород легко выходит из альвеол в кровь, где он быстро вступает в соединение с гемоглобином эритроцитов. Одновременно

углекислый газ, концентрация которого в венозной крови капилляров высокая (47 мм рт. ст.), диффундирует в альвеолы, где его парциальное давление ниже (40 мм рт. ст.). Из альвеол легкого углекислый газ выводится с выдыхаемым воздухом.

Таким образом, разница в давлении (напряжение) кислорода и углекислого газа в альвеолярном воздухе, в артериальной и венозной крови дает возможность кислороду диффундировать из альвеол в кровь, а углекислому газу – из крови в альвеолы. Благодаря особому свойству гемоглобина вступать в соединение с кислородом и углекислым газом кровь способна поглощать эти газы в значительном количестве. В 1000 мл артериальной крови содержится до 20 мл кислорода и до 52 мл углекислого газа. Одна молекула гемоглобина способна присоединить к себе 4 молекулы кислорода, образуя неустойчивое соединение – оксигемоглобин. В тканях организма в результате непрерывного обмена веществ и интенсивных окислительных процессов расходуется кислород и образуется углекислый газ. При поступлении крови в ткани организма гемоглобин отдает клеткам и тканям кислород. Образовавшийся при обмене веществ углекислый газ переходит из тканей в кровь и присоединяется к гемоглобину. При этом образуется непрочное соединение – карбогемоглобин. Быстрому соединению гемоглобина с углекислым газом способствует находящийся в эритроцитах фермент карбоангидраза.

**Нервно-гуморальная регуляция дыхания.** Функция дыхания направлена на поддержание оптимального снабжения тканей кислородом и удаление из организма углекислого газа. Дыхание имеет жизненно важное значение, так как окислительные процессы в организме совершаются непрерывно, а внутренних резервов кислорода в организме практически нет. Для функции дыхания характерны большая подвижность и изменчивость. Это сказывается в довольно широком диапазоне индивидуальных колебаний частоты и глубины дыхания, а также чрезвычайной чувствительности дыхания к малейшим изменениям внутренней и внешней среды. Дыхание теснейшим образом связано с функциями кровообращения, кислородной емкостью крови и регуляцией кислотно-щелочного равновесия. Приспособление дыхания к потребностям организма называется регуляцией дыхания. Она проявляется в регуляции движений грудной клетки – регуляции легочной вентиляции, а также регуляции состояния гладкой мускулатуры бронхиального дерева. Гладкие мышцы бронхов иннервируются симпатическими и блуждающими нервами. При возбуждении симпатических нервов гладкие мышцы бронхов расслабляются. Возбуждение блуждающих нервов вызывает спазм бронхов. Регуляция состояния бронхиальных мышц может быть рефлекторной и гуморальной.

Функция дыхания – вегетативная функция, но в эфферентном звене регуляции легочной вентиляции ведущую роль выполняет соматическая нервная система, так как рабочими органами, ответственными за вентиляцию легких, являются скелетные мышцы. Дыхательные движения грудной клетки связаны с сокращением и расслаблением дыхательных мышц: диафрагмы, наружных межреберных (вдыхательных) и внутренних межреберных (выдыхательных)

мышц. Двигательные ядра эфферентных нервов, иннервирующих дыхательные мышцы, расположены в спинном мозге. Ядро диафрагмального нерва локализуется в III–VI шейных сегментах, ядра межреберных нервов – в грудных сегментах спинного мозга. Импульсы, идущие от мотонейронов спинного мозга, вызывают возбуждение и сокращение дыхательных мышц, но эти центры не могут обеспечить регуляцию дыхания. Такой вывод позволяют сделать результаты опыта с послойной перерезкой мозга. Поперечная перерезка на границе между продолговатым и спинным мозгом сопровождается прекращением дыхания, хотя мотонейроны спинного мозга, ведущие эфферентные нервные волокна к дыхательным мышцам, остались целыми и сохранили свои связи с эфферентами. При перерезке спинного мозга на уровне нижних шейных сегментов прекращается реберное дыхание и сохраняется диафрагмальное. При перерезке выше продолговатого мозга сохраняется ритмическое дыхание.

Как установил И. М. Сеченов, дыхательный центр продолговатого мозга может возбуждаться автоматически. Причина ритмических автоматических разрядов в дыхательном центре окончательно не определена. Вероятнее всего, автоматическое возбуждение дыхательного центра обусловлено процессами обмена веществ, протекающими в нем самом, и его высокой чувствительностью к углекислоте, которая может накапливаться в процессе обмена. При сохранении афферентных и эфферентных связей ствола мозга с другими отделами центральной нервной системы и с рецепторными приборами тела, а также при сохранении кровообращения деятельность дыхательного центра регулируется нервными импульсами, приходящими от рецепторов легких, сосудистых рефлексогенных зон, дыхательных и других скелетных мышц, а также импульсами из вышележащих отделов центральной нервной системы и, наконец, гуморальными влияниями.

В регуляции дыхания принимают участие также и многие другие отделы центральной нервной системы. Однако роль разных нервных центров в регуляции дыхания неодинакова. Дыхательный центр продолговатого мозга является абсолютно необходимым для осуществления ритмической смены фаз дыхания, при его разрушении дыхание прекращается. Промежуточный мозг, его гипоталамический отдел, обеспечивает связь дыхания с другими вегетативными функциями, в частности, с изменениями обмена веществ и кровообращения. Интенсивность дыхания и кровообращения в организме приспособляется к имеющемуся в данный момент уровню метаболизма. Большим полушариям головного мозга принадлежит особая роль в связи с тем, что они обеспечивают всю гамму тончайших приспособлений дыхания к потребностям организма из-за непрерывных изменений условий жизнедеятельности и внешней среды. Способность коры больших полушарий влиять на процессы внешнего дыхания является общеизвестным фактором. Человек может произвольно изменять ритм и глубину дыхательных движений, а также задерживать дыхание на 30–60 секунд и более.

В легочной ткани и в висцеральной плевре расположены механорецепторы – чувствительные нервные окончания блуждающих нервов, адекватным

раздражителем для которых является растяжение. При вдохе происходит растяжение легких и раздражение механорецепторов. По блуждающим нервам импульсы поступают в дыхательный центр, где возбуждают экспираторные нейроны и тормозят инспираторные. Вдох сменяется выдохом. При спокойном выдохе наблюдается умеренное спадение легочной ткани, раздражение рецепторов прекращается, растяжение прекращается. Прекращается и импульсация, возбуждающая центр выдоха и тормозящая центр вдоха. Под влиянием углекислого газа центр вдоха возбуждается и выдох сменяется вдохом.

С рецепторов верхних дыхательных путей могут осуществляться рефлекторные реакции двух типов:

- 1) рефлекторная реакция глубины и частоты дыхания;
- 2) защитные рефлексы.

Адекватными раздражителями для механорецепторов слизистой, мышц, надхрящницы верхних дыхательных путей, вызывающими рефлекторные изменения глубины и частоты дыхания, является скорость и направление движения струи воздуха, изменение давления в воздухоносных путях при вдохе и выдохе. Афферентные нервные волокна с рефлексогенной зоны верхних дыхательных путей идут в составе тройничных, верхних и нижних гортанных нервов; эфферентные – в составе вегетативных нервов, иннервирующих мускулатуру верхних дыхательных путей, и в составе двигательных нервов дыхательных мышц грудной клетки и диафрагмы.

Таким образом, движение воздуха через верхние дыхательные пути облегчает развитие вдоха и выдоха, а также способствует ритмической смене фаз дыхания.

Неадекватное механическое или химическое раздражение слизистой дыхательных путей может вызывать защитные рефлекторные реакции, способствующие удалению раздражителя (кашель, чихание) или препятствующие его попаданию в бронхи и легкие (закрытие входа в гортань, спазм голосовых связок, спазм бронхов, кратковременная остановка дыхания). Рецепторное поле кашлевого рефлекса – слизистая всего дыхательного тракта от глотки до бронхов, а рефлекса чихания – слизистая носа. В ответ на раздражение соответствующего рецепторного поля происходит рефлекторный спазм голосовых связок, закрытие голосовой щели и одновременно сокращение дыхательных мышц. В легких и бронхах создается высокое давление, при котором раскрывается голосовая щель, и воздух из дыхательных путей толчком с большой скоростью выбрасывается наружу через рот при кашле и через нос при чихании.

**Роль кислорода и двуокиси углерода в регуляции дыхания.** Уровень легочной вентиляции определяется прежде всего потребностями организма поддерживать нормальное напряжение кислорода и углекислого газа в артериальной крови при любом уровне тканевого метаболизма и органного кровообращения. В связи с этим в регуляции дыхания большая роль принадлежит двуокиси углерода и кислороду.

Дыхание может учащаться и углубляться при гиперкапнии (повышенном напряжении углекислого газа) и гипоксемии (пониженном напряжении кисло-

рода) или урежаться и уменьшаться по глубине при гипокапнии (пониженном напряжении углекислого газа). Повышение напряжения углекислого газа в крови может вызывать возбуждение дыхательного центра путем воздействия на хеморецепторы артериальных рефлексогенных зон и на специализированные хеморецепторные клетки, расположенные на вентральной поверхности продолговатого мозга. Прямое возбуждающее действие углекислого газа на хеморецепторы продолговатого мозга доказано путем различных экспериментов.

Артериальные хеморецепторы ответственны за начальную фазу гипервентиляции при гиперкапнии. Дальнейшее увеличение глубины и частоты дыхания поддерживается раздражением хеморецепторных клеток продолговатого мозга. Недостаток кислорода вызывает усиление и главным образом учащение дыхательных движений только через возбуждение хеморецепторов сосудистых рефлексогенных зон. Если в организме сочетаются явления гиперкапнии и гипоксемии, то усиление дыхания в этом случае может быть значительно больше того, которое можно ожидать исходя из законов арифметического суммирования. В этом случае говорят о гипоксически-гиперкапническом взаимодействии.

Таким образом, с медуллярных и артериальных хеморецепторов управление дыханием осуществляется по принципу отрицательной обратной связи – отклонения в регулируемых параметрах (напряжение углекислого газа и кислорода) воздействуют через рецепторы на дыхательный центр и вызывают изменения в легочной вентиляции, приводящие к изменению возникших отклонений.

Любая форма мышечной деятельности сопровождается ускорением метаболизма, возрастанием потребностей организма в кислороде, поэтому она всегда сопровождается изменением частоты и глубины дыхания, значительным (иногда в 10–20 раз) увеличением минутного объема дыхания.

Одним из наиболее важных факторов, приводящих к приспособлению дыхания к новым условиям жизнедеятельности при мышечной работе, является возрастание афферентной импульсации в мозг с проприорецепторов работающих мышц. Ее значение в регуляции дыхания доказывается усилением легочной вентиляции при пассивных движениях конечностей, при работе мышц конечностей с наложенным жгутом, исключая поступление в общее кровеносное русло углекислого газа и других продуктов обмена.

Усиление афферентной импульсации с проприорецепторов может рассматриваться как сигнал о возможном наступлении несоответствия минутного объема дыхания уровню энергетических процессов, о возможном отклонении напряжения углекислого газа и кислорода от нормального уровня, т. е. как сигнал возмущения. На основе такого сигнала и перестраивается работа дыхательного центра. Конечно, в этих условиях перестройка функции дыхательного центра определяется высшими отделами центральной нервной системы: промежуточным мозгом, лимбической системой и новой корой.

## 6. СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТАЯ СИСТЕМА

Необходимым условием жизнедеятельности организма является непрерывная доставка клеткам и тканям питательных веществ и кислорода, а также удаление из них продуктов метаболизма. Эту функцию выполняет *сердечно-сосудистая система*.

Сосудистая система человека состоит из большого количества сосудов разного диаметра и протяженности. По характеру циркулирующей жидкости сосудистая система делится на кровеносную систему, по сосудам которой циркулирует кровь, и лимфатическую систему, по сосудам которой течет бесцветная жидкость – лимфа.

Центральным органом кровеносной системы, обуславливающим движение крови, является сердце. Кровеносные сосуды, отходящие от сердца и несущие кровь к органам и тканям, называются артериями. Сосуды, приносящие кровь к сердцу, называются венами. Капилляры – тончайшие сосуды, выполняющие обменную функцию.

### 6.1. СЕРДЦЕ

*Сердце* представляет собой полый мышечный орган конусовидной формы. Различают переднюю (грудино-реберную) поверхность, выпуклую и несколько уплощенную задне-нижнюю (диафрагмальную). Правый край сердца относительно острый, левый – тупой. Сердце находится в нижней части переднего средостения и по отношению к средней линии тела оно располагается несимметрично – около 2/3 слева от нее и около 1/3 справа. Верхушка сердца обращена вниз, влево и вперед, проецируется в пятом левом межреберье на 1 см внутрь от средне-ключичной линии. Основание обращено вверх, вправо и несколько назад.

Размеры сердца здорового человека коррелируют с величиной его тела, а также зависят от интенсивности обмена веществ. Длина сердца взрослого человека колеблется от 10 до 15 см, ширина в основании 8–11 см, переднезадний размер 6–8,5 см. Масса сердца в среднем составляет у мужчин 330 г, у женщин – 250 г.

Масса и размеры сердца увеличиваются при некоторых заболеваниях (пороки сердца), а также у людей, длительное время занимающихся напряженным физическим трудом или спортом.

Сердце четырехкамерное. Продольной перегородкой оно делится на две не сообщающиеся полости, каждая из которых делится поперечной перегородкой с отверстием, имеющим клапан. Верхняя часть каждой полости называется предсердием, нижняя – желудочком. Таким образом, в сердце выделяют правое и левое предсердия, правый и левый желудочки (рис. 6.1). Сердце имеет четыре клапана: двухстворчатый (митральный) в предсердно-желудочном отверстии слева, аортальный – в месте выхода аорты из левого желудочка, трех-

створчатый – в правом предсердно-желудочковом отверстии и легочный – в месте выхода легочного ствола из правого желудочка. Клапаны направляют ток крови только из предсердий в желудочки, а из желудочков – в аорту и легочный ствол. Поражение клапанов называется пороком сердца. Сердечная мышца (миокард) снабжается кровью за счет правой и левой коронарной (вечных) артерий, которые отходят от аорты сразу же после выхода последней из левого желудочка. Закупорка или длительный спазм коронарных артерий или их ветвей приводит к инфаркту миокарда.

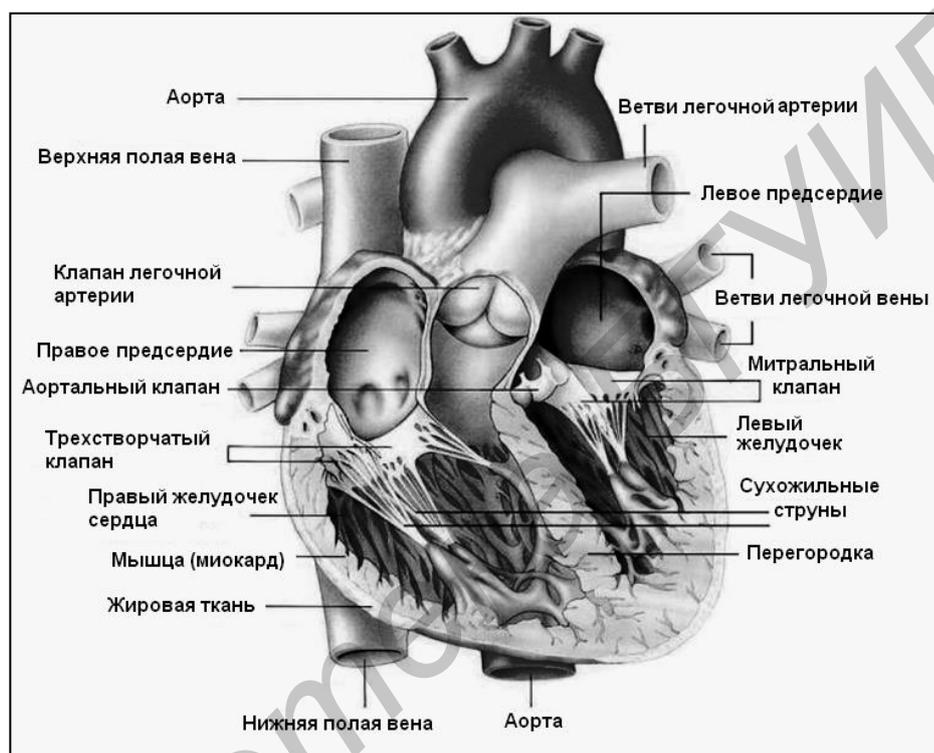


Рис. 6.1. Строение сердца человека

**Строение стенок сердца.** В стенке сердца различают наружную (эпикард), среднюю (миокард) и внутреннюю (эндокард) оболочки. Наиболее мощной оболочкой является миокард, который берет начало от фиброзных колец, окружающих предсердно-желудочковые отверстия. В миокарде предсердия два слоя: внутренний – продольный, отдельный для правого и левого предсердий и наружный – циркуляторный, общий для обоих предсердий. Мышечная оболочка желудочков представлена тремя слоями: наружным и внутренним продольными, общими для обоих желудочков, и средним циркуляторным, для каждого желудочка в отдельности. Толщина миокарда неодинакова в разных камерах сердца. Наиболее тонок он в предсердиях, которые несут незначительную функциональную нагрузку (протолкнуть кровь из предсердий в желудочки). Значительно толще оболочка в правом желудочке, который проталкивает кровь из правого желудочка через малый круг кровообращения (легочный ствол, легочные артерии, система капилляров, легочные вены, левое пред-



сердце). Левый желудочек имеет самую мощную мышечную стенку. При его сокращении кровь поступает через большой круг кровообращения (аорта, ее ветви, система капилляров, верхняя и нижняя полые вены, правое предсердие). Внутренняя стенка сердца – эндокард, по своему происхождению соответствует сосудистой стенке и покрыт эндотелием. Эта оболочка участвует в образовании створок клапанов. Наружная оболочка сердца – эпикард, является висцеральным листком серозной оболочки сердца – перикарда (околосердечной сумки). Parietalный листок перикарда переходит в эпикард на корнях больших сосудов. Между перикардом и эпикардом находится щелевидная полость, в которой содержится незначительное количество серозной жидкости. Серозная жидкость выделяется клетками мезотелия, покрывающими эпикард. В эпикарде проходят кровеносные и лимфатические сосуды, а также нервы.

**Сердечный цикл и его фазы.** В деятельности сердца можно выделить две фазы: систола (сокращение) и диастола (расслабление). Систола предсердий слабее и короче систолы желудочков: в сердце человека она длится 0,1 с, а систола желудочков – 0,3 с. Диастола предсердий занимает 0,7 с, а желудочков – 0,5 с. Общая пауза (одновременная диастола предсердий и желудочков) сердца длится 0,4 с. Весь сердечный цикл продолжается 0,8 с. Длительность различных фаз сердечного цикла зависит от частоты сердечных сокращений. При более частых сердечных сокращениях длительность каждой фазы уменьшается, особенно диастолы.

**Основные физиологические свойства сердечной мышцы.** Сердечная мышца, как и скелетная, обладает возбудимостью, способностью проводить возбуждение и сократимостью.

**Возбудимость сердечной мышцы.** Сердечная мышца менее возбудима, чем скелетная. Для возникновения возбуждения в сердечной мышце необходимо применить более сильный раздражитель, чем для скелетной. Установлено, что величина реакции сердечной мышцы не зависит от силы наносимых раздражений (электрических, механических, химических и т. д.). Сердечная мышца максимально сокращается и на пороговое, и на более сильное по величине раздражение.

**Проводимость.** Волны возбуждения проводятся по волокнам сердечной мышцы и так называемой специальной ткани сердца с неодинаковой скоростью. Возбуждение по волокнам мышц предсердий распространяется со скоростью 0,8–1,0 м/с, по волокнам мышц желудочков – 0,8–0,9 м/с, по специальной ткани сердца – 2,0–4,2 м/с.

**Сократимость.** Сократимость сердечной мышцы имеет свои особенности. Первыми сокращаются мышцы предсердий, затем – папиллярные мышцы и субэндокардиальный слой мышц желудочков. В дальнейшем сокращение охватывает и внутренний слой желудочков, обеспечивая тем самым движение крови из полостей желудочков в аорту и легочный ствол.

Физиологическими особенностями сердечной мышцы является удлиненный рефрактерный период и автоматия.

**Рефрактерный период.** В сердце, в отличие от других возбудимых тка-

ней, имеется значительно выраженный и удлиненный рефрактерный период. Он характеризуется резким снижением возбудимости ткани в течение активности. Выделяют абсолютный и относительный рефрактерный период. Во время *абсолютного* рефрактерного периода какой бы силы не наносили раздражения на сердечную мышцу, она не отвечает на него возбуждением и сокращением. Он соответствует по времени систоле и началу диастолы предсердий и желудочков. Во время *относительного* рефрактерного периода возбудимость сердечной мышцы постепенно возвращается к исходному уровню. В этот период мышца может ответить на раздражитель сильнее порогового.

Сокращение миокарда продолжается около 0,3 с и это по времени примерно совпадает с рефрактерной фазой. Следовательно, в период сокращения сердце неспособно реагировать на раздражители. Благодаря выраженному рефрактерному периоду, который длится больше чем период систолы, сердечная мышца неспособна к тетаническому (длительному) сокращению и совершает свою работу по типу одиночного мышечного сокращения.

**Автоматия сердца.** Вне организма при определенных условиях сердце способно сокращаться и расслабляться, сохраняя правильный ритм. Следовательно, причина сокращений изолированного сердца лежит в нем самом. Способность сердца ритмически сокращаться под влиянием импульсов, возникающих в нем самом, носит название *автоматии*.

В сердце различают рабочую мускулатуру (представлена поперечно-полосатыми мышцами) и атипическую ткань (состоит из малодифференцированных мышечных волокон). Атипическая ткань формирует проводящую систему сердца, в которой возникает и проводится возбуждение. Проводящая система состоит из следующих образований: синусно-предсердный узел (расположен около устья верхней полой вены в стенке правого предсердия), предсердно-желудочковый узел (расположен около трехстворчатого клапана в стенке правого предсердия), пучок Гиса (располагается в перегородке между желудочками), который делится на две ножки (к обоим желудочкам) и волокна Пуркинье (разветвляющиеся волокна в стенке миокарда) (рис. 6.2).

Синусно-предсердный узел является ведущим в деятельности сердца (водитель ритма), в нем возникают импульсы, определяющие частоту сокращений сердца. В норме предсердно-желудочковый узел и пучок Гиса являются только передатчиками возбуждения из ведущего узла к сердечной мышце. Однако им присуща способность к автоматии, только выражена она в меньшей степени, чем у синусно-предсердного узла, и проявляется лишь в условиях патологии.

В области синусно-предсердного узла обнаружено значительное количество нервных клеток, нервных волокон и их окончаний, которые здесь образуют нервную сеть. К узлам атипической ткани подходят нервные волокна от блуждающих и симпатических нервов.

**Ритм сердца и факторы, влияющие на него.** Ритм сердца, т. е. количество сокращений в 1 мин, зависит главным образом от функционального состояния блуждающих и симпатических нервов. При возбуждении симпатических нервов частота сердечных сокращений возрастает. Это явление носит

название *тахикардии*. При возбуждении блуждающих нервов частота сердечных сокращений уменьшается – *брадикардия*. На ритм сердца влияет также состояние коры головного мозга: при усилении торможения ритм сердца замедляется, при усилении возбудительного процесса стимулируется.

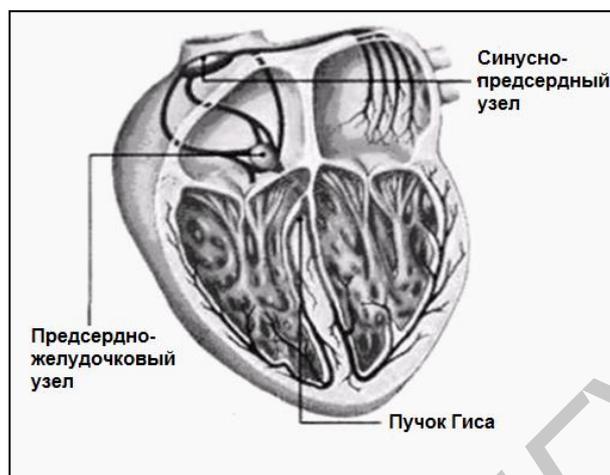


Рис. 6.2. Проводящая система сердца

Ритм сердца может изменяться под влиянием гуморальных воздействий, в частности температуры крови, притекающей к сердцу. В опытах было показано, что местное раздражение теплом области правого предсердия (локализация ведущего узла) ведет к учащению ритма сердца, при охлаждении этой области сердца наблюдается противоположный эффект. Местное раздражение теплом или холодом других участков сердца не отражается на частоте сердечных сокращений. Однако оно может изменить скорость проведения возбуждений по проводящей системе сердца и отразиться на силе сердечных сокращений.

Частота сердечных сокращений у здорового человека находится в зависимости от возраста.

**Показатели сердечной деятельности.** Показателями работы сердца являются систолический и минутный объем сердца.

*Систолический, или ударный, объем сердца* – это количество крови, которое сердце выбрасывает в соответствующие сосуды при каждом сокращении. Величина систолического объема зависит от размеров сердца, состояния миокарда и организма. У взрослого здорового человека при относительном покое систолический объем каждого желудочка составляет приблизительно 70–80 мл. Таким образом, при сокращении желудочков в артериальную систему поступает 120–160 мл крови.

*Минутный объем сердца* – это количество крови, которое сердце выбрасывает в легочный ствол и аорту за 1 мин. Минутный объем сердца – это произведение величины систолического объема на частоту сердечных сокращений в 1 мин. В среднем минутный объем составляет 3–5 л. Систолический и минутный объем сердца характеризует деятельность всего аппарата кровообращения.

## 6.2. КРОВЕНОСНАЯ СИСТЕМА

Различают три вида кровеносных сосудов: артерии, вены и капилляры. **Артерии** – сосуды, по которым кровь течет от сердца к органам и тканям (рис. 6.3). Стенка артерии состоит из трех слоев: внутренняя – эндотелий, средняя – мышечная (гладкая мышечная ткань) и наружная – из соединительной ткани. При артериальном кровотоке кровь выбрасывается с большой силой, толчкообразно, просвет сосуда зияет, кровь имеет ярко-красный цвет. Мелкие артерии называют артериолы, которые переходят в капилляры. **Капилляры** – мельчайшие сосуды, которые видны только под микроскопом. Стенки капилляра состоят из эндотелия. При капиллярном кровотоке кровь течет медленно, каплями. **Вены** – сосуды, по которым кровь течет к сердцу (рис. 6.3).

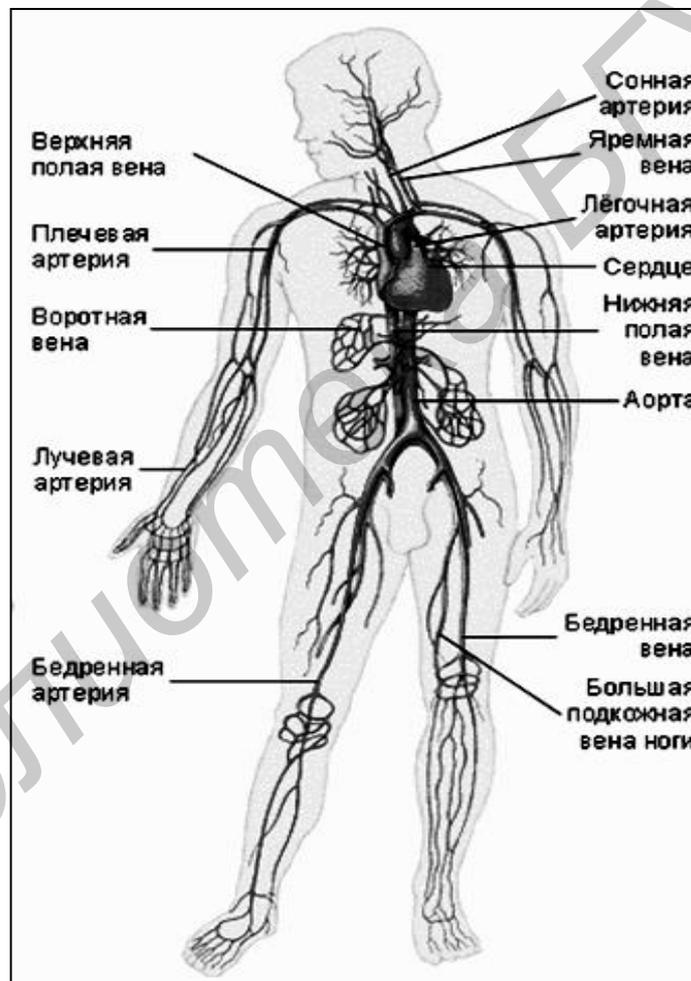


Рис. 6.3. Кровеносная система

Стенка вены также состоит из трех слоев, но в отличие от артерий – мышечный слой развит слабо и внутри вены имеются клапаны, которые препятствуют обратному току крови. Вены шире артерий. При венозном кровотоке кровь вытекает медленно, струйкой и она имеет темнокрасный цвет.

**Большой круг кровообращения** – путь, по которому кровь идет из левого желудочка по аорте, а затем по другим артериям ко всем органам и тканям, а от них по венам возвращается до правого предсердия (рис. 6.4).

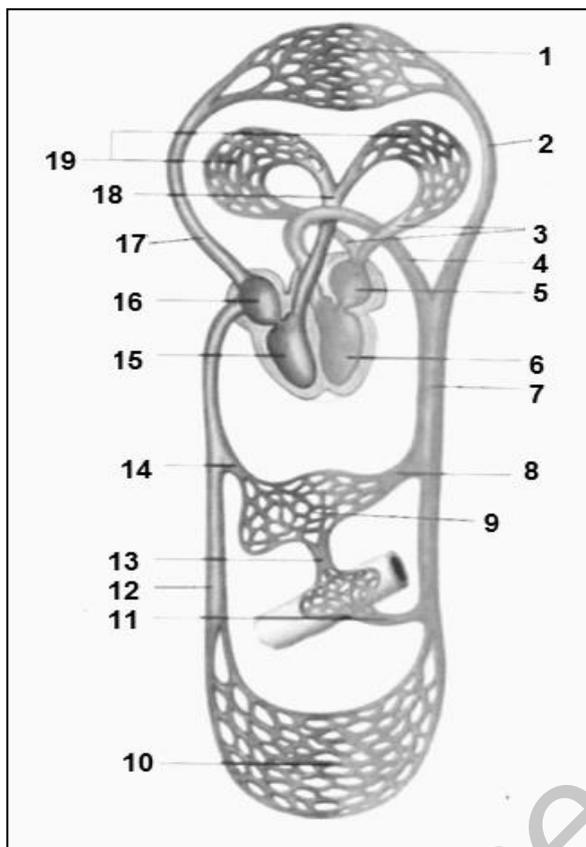


Рис. 6.4. Схема большого и малого кругов кровообращения:

1 – капилляры головы; верхних отделов туловища и верхних конечностей; 2 – общая сонная артерия; 3 – легочные вены; 4 – дуга аорты; 5 – левое предсердие; 6 – левый желудочек; 7 – аорта; 8 – печеночная артерия; 9 – капилляры печени; 10 – капилляры нижних отделов туловища; нижних конечностей; 11 – верхняя брыжеечная артерия; 12 – нижняя полая вена; 13 – воротная вена; 14 – печеночные вены; 15 – правый желудочек; 16 – правое предсердие; 17 – верхняя полая вена; 18 – легочный ствол; 19 – капилляры легких

**Малый круг кровообращения** – путь, по которому кровь идет из правого желудочка по легочному стволу в легкие и затем возвращается по легочным венам к левому предсердию. В артериях малого круга течет венозная кровь, в легких происходит газообмен и обогащенная кислородом артериальная кровь по четырем легочным венам впадает в левое предсердие.

### 6.2.1. Сосуды малого круга кровообращения

Система сосудов малого (легочного) круга кровообращения непосредственно участвует в газообмене. Малый круг образован легочным стволом, правой и левой легочными артериями и их ветвями, правыми и левыми легочными венами со всеми их притоками. *Легочный ствол* целиком располагается внутриперикардially, несет венозную кровь из правого желудочка к легким. Длина его 5–6 см, диаметр 3–3,5 см, он идет наискось влево, впереди начальной части аорты, которую он пересекает. Под дугой аорты на уровне IV–V грудного позвонка легочный ствол делится на правую и левую легочные артерии, каждая из которых идет к соответствующему легкому. Бифуркация легочного ствола расположена ниже бифуркации трахеи.

*Правая легочная артерия* диаметром 2–2,5 см несколько длиннее левой.

Общая длина ее до деления на долевые и сегментарные ветви около 4 см, лежит позади восходящей части аорты и верхней полой вены.

*Левая легочная артерия* является как бы продолжением легочного ствола и идет сначала вверх, а затем кзади, и влево. Каждая артерия, сопровождая бронхи, соответственно делится на долевые, сегментарные ветви и т. д., разветвляется до мельчайших артерий, артериол и капилляров, оплетающих альвеолы.

*Легочные вены*, начавшись из капилляров легких, несут артериальную кровь из легких в левое предсердие. Легочные вены выходят по две из каждого легкого – верхняя и нижняя. Они идут горизонтально и впадают отдельными отверстиями в левое предсердие. Легочные вены не имеют клапанов.

### **6.2.2. Сосуды большого круга кровообращения**

Аорта – самая крупная артерия, выходит из левого желудочка и в ней различают восходящую часть, дугу аорты и нисходящую часть (делится на грудную и брюшную аорту). От восходящей аорты отходят две коронарные (венечные) артерии, которые питают миокард. От дуги аорты отходят плечеголовной ствол (он делится на правую общую сонную и правую подключичную артерии), левая общая сонная и левая подключичная артерии. Каждая общая сонная артерия делится на наружную (питает щитовидную и околоушную железы, язык, гортань, кожу и мышцы лица и шеи) и внутреннюю (питает головной мозг) сонные артерии.

Подключичные артерии несут кровь к верхней конечности, частично к грудной клетке и шее, продолжением ее является подкрыльцовая, затем плечевая, которая в локтевой ямке делится на локтевую и лучевую артерии. Грудная часть нисходящей аорты располагается спереди от позвоночника, рядом с пищеводом, от нее отходят: бронхиальные артерии (питают бронхи и легкие), 12 пар межреберных артерий (питают стенку грудной клетки).

От брюшной части нисходящей аорты (ниже диафрагмы) отходят: чревный ствол (он делится на общую печеночную, селезеночную и левую желудочную артерии), верхняя брыжеечная артерия, нижняя брыжеечная артерия (питают кишечник) и почечные артерии (по одной к каждой почке). На уровне IV поясничного позвонка брюшная аорта делится на правую и левую общие подвздошные артерии, которые, в свою очередь, делятся на внутреннюю и наружную подвздошные артерии. Внутренние подвздошные артерии питают органы малого таза, ткани промежности, мышцы тазового пояса и др. Наружная подвздошная артерия несет кровь к нижней конечности и при выходе из таза на бедро получает название бедренной артерии (вместе с нервами проходит по передней внутренней стороне бедра, переходя в подколенную ямку, где она делится на переднюю и заднюю большеберцовые артерии, задняя делится на две подошвенных артерии). Точки прижатия артерий к костям при кровотечениях (здесь же можно определять пульс): лицевую артерию – к нижней челюсти спереди от собственно жевательной мышцы; височную артерию – к височной кости впереди ушной раковины; общую сонную артерию – к поперечному от-

ростку шестого шейного позвонка; подключичную артерию к первому ребру в области надключичной ямки; плечевую артерию – к плечевой кости по внутреннему краю двуглавой мышцы; лучевую и локтевую артерию – к соответствующим костям в нижней трети предплечья спереди; бедренную артерию – к лонной кости и к средней трети бедра с внутренней стороны.

Вены большого круга кровообращения делятся на поверхностные и глубокие. Поверхностные вены располагаются в подкожной клетчатке, их используют в медицинской практике для введения лекарственных средств. Внутривенные вливания чаще всего производят в локтевые (наружную, внутреннюю, срединную) подкожные вены и в большую подкожную вену ноги. Глубокие вены обычно находятся рядом с соответствующими по названиям артериями.

Все вены большого круга кровообращения объединяются в систему верхней полую и нижней полую вены, которые впадают в правое предсердие. Верхняя полая вена образуется при слиянии правой и левой плечеголовных (безымянных) вен. Каждая безымянная вена образуется от слияния яремной вены (идет рядом с общей сонной артерией) и подключичной вены. Верхняя полая вена собирает кровь от головы, шеи, верхних конечностей, от стенок и органов грудной полости. Нижняя полая вена – самый крупный венозный ствол, идет вверх спереди от позвоночника и через собственное отверстие проходит через диафрагму в грудную полость. Она образуется от слияния правой и левой общих подвздошных вен. В нижнюю полую вену впадают печеночные вены, вены, собирающие кровь от всех парных органов и стенок брюшной полости.

Воротная вена собирает кровь от непарных органов брюшной полости (желудок, кишечник, селезенка, поджелудочная железа, желчный пузырь) и входит в печень через ее ворота. Кровообращение в системе воротной вены связано с функциями печени (главным образом, барьерной функцией и участием ее в обмене веществ – в синтезе гликогена, белков и т. д.). В печени воротная вена образует сеть венозных капилляров, из которых кровь собирается в печеночные вены. Воротная вена относится к системе нижней полую вены.

### **6.2.3. Физиология кровообращения**

*Движение крови по сосудам.* Основным двигателем крови в кровеносных сосудах является сердце. Поступление крови в артерии происходит при систоле желудочков. Стенки артерий обладают эластичностью, что также способствует продвижению крови в них. Большое значение для непрерывного движения крови по сосудам имеет разница в давлении при выходе из сердца и при поступлении в сердце по венам. В аорте давление, в среднем, равно 150 мм рт. ст., в артериолах – 40 мм, в капиллярах – 20 мм, а в полых венах оно ниже атмосферного.

Движению крови по венам способствует присасывающее действие грудной полости (давление в ней меньше атмосферного), сокращение скелетной мускулатуры и наличие в венах клапанов, которые препятствуют обратному току крови. Скорость движения крови в артериях в момент систолы желудочков

составляет 450–550 мм/с, в капиллярах – 0,5 мм/с, а в венах – 100–200 мм/с. Медленный кровоток в капиллярах обеспечивает на необходимом уровне обмен между кровью и тканями.

**Пульс, артериальное давление.** Пульс – ритмические колебания стенок артерий, соответствующие систоле левого желудочка. Пульс определяется на лучевой, височной, общей сонной артериях и в других местах. Он характеризуется частотой, наполнением и ритмичностью. У взрослого человека частота пульса составляет 70–80 ударов в 1 мин, у детей – чаще. При повышении температуры тела, ослаблении сердечной деятельности, острой кровопотере, поражении отравляющими веществами, при ожоговой травме, лучевой болезни пульс учащается. В норме пульс ритмичный. Нарушение ритма в сокращениях желудочков называется аритмией. Наполнение пульса снижается также при различных поражениях и заболеваниях, что указывает на упадок сердечно-сосудистой деятельности. Нитевидный пульс (еле прощупываемый и весьма частый) является грозным симптомом.

Помимо пульса в медицинской практике важное значение имеет измерение артериального давления (АД). Оно измеряется на плечевой артерии с помощью ртутного сфигмоманометра или тонометра. У взрослого человека в норме максимальное АД равно 115–125 мм рт. ст., а минимальное 60–80 мм рт. ст. Разница между максимальным и минимальным АД называется пульсовым давлением (в норме оно равно 30–45 мм рт. ст.). У детей АД ниже, а у пожилых людей в связи с развитием атеросклероза, АД повышается. Гипертония – повышение АД, гипотония – понижение АД. Если эти явления носят длительный, стойкий характер, то говорят о гипертонической или гипотонической болезни.

**Регуляция сердечно-сосудистой деятельности.** Работа сердечно-сосудистой системы регулируется нервно-гуморальным путем. Влияние нервной системы на деятельность сердца осуществляется за счет *блуждающих и симпатических нервов*. Эти нервы относятся к *вегетативной* нервной системе. Блуждающие нервы идут к сердцу от ядер, расположенных в продолговатом мозге на дне IV желудочка. Симпатические нервы подходят к сердцу от ядер, локализованных в боковых рогах спинного мозга (I–V грудные сегменты). Блуждающие и симпатические нервы оканчиваются в синоаурикулярном и атриовентрикулярном узлах, также в мускулатуре сердца. В результате при возбуждении этих нервов наблюдаются изменения в автоматии синусно-предсердного узла, скорости проведения возбуждения по проводящей системе сердца, в интенсивности сердечных сокращений.

Слабые раздражения блуждающих нервов приводят к замедлению ритма сердца, сильные – обуславливают остановку сердечных сокращений. После прекращения раздражения блуждающих нервов деятельность сердца может вновь восстановиться.

При раздражении симпатических нервов происходит учащение ритма сердца и увеличивается сила сердечных сокращений, повышается возбудимость и тонус сердечной мышцы, а также скорость проведения возбуждения.



*Тонус центров сердечных нервов.* Центры сердечной деятельности, представленные ядрами блуждающих и симпатических нервов, всегда находятся в состоянии тонуса, который может быть усилен или ослаблен в зависимости от условий существования организма.

Тонус центров сердечных нервов зависит от афферентных влияний, идущих от механо- и хеморецепторов сердца и сосудов, внутренних органов, рецепторов кожи и слизистых оболочек. На тонус центров сердечных нервов оказывают воздействие и гуморальные факторы.

Есть и определенные особенности в работе сердечных нервов. Одна из них проявляется в том, что при повышении возбудимости нейронов блуждающих нервов снижается возбудимость ядер симпатических нервов. Такие функционально взаимосвязанные отношения между центрами сердечных нервов способствуют лучшему приспособлению деятельности сердца к условиям существования организма.

Рефлекторные влияния на деятельность сердца осуществляются *с самого сердца*. Внутрисердечные рефлекторные влияния проявляются в изменениях силы сердечных сокращений. Так, установлено, что растяжение миокарда одного из отделов сердца приводит к изменению силы сокращения миокарда другого его отдела, гемодинамически с ним разобщенного. Например, при растяжении миокарда правого предсердия наблюдается усиление работы левого желудочка. Этот эффект может быть результатом только рефлекторных внутрисердечных влияний.

Обширные связи сердца с различными отделами нервной системы создают условия для разнообразных рефлекторных воздействий на деятельность сердца, *осуществляемых через вегетативную нервную систему*. В стенках сосудов располагаются многочисленные рецепторы, обладающие способностью возбуждаться при изменении величины кровяного давления и химического состава крови. Особенно много рецепторов имеется в области дуги аорты и каротидных синусов (небольшое расширение, выпячивание стенки сосуда на внутренней сонной артерии). Их еще называют сосудистые рефлексогенные зоны.

При уменьшении артериального давления происходит возбуждение этих рецепторов, и импульсы от них поступают в продолговатый мозг к ядрам блуждающих нервов. Под влиянием нервных импульсов снижается возбудимость нейронов ядер блуждающих нервов, что усиливает влияние симпатических нервов на сердце. В результате влияния симпатических нервов ритм сердца и сила сердечных сокращений увеличиваются, сосуды суживаются, что является одной из причин нормализации артериального давления. При увеличении артериального давления нервные импульсы, возникшие в рецепторах области дуги аорты и каротидных синусов, усиливают активность нейронов ядер блуждающих нервов. Обнаруживается влияние блуждающих нервов на сердце, замедляется ритм сердца, ослабляются сердечные сокращения, сосуды расширяются, что также является одной из причин восстановления исходного уровня артериального давления. Таким образом, рефлекторные влияния на деятельность сердца, осуществляемые с рецепторов области дуги аорты и каротидных

синусов, следует отнести к механизмам саморегуляции, проявляющимся в ответ на изменение величины артериального давления. Возбуждение рецепторов внутренних органов, если оно достаточно сильное, может изменить деятельность сердца.

Естественно, необходимо отметить влияние коры головного мозга на работу сердца. Кора головного мозга регулирует и корригирует деятельность сердца через блуждающие и симпатические нервы. Доказательством влияния коры головного мозга на деятельность сердца является возможность образования условных рефлексов. Условные рефлексы достаточно легко образуются и у человека, и у животных. У человека различные эмоциональные состояния (волнение, страх, гнев, злость, радость) сопровождаются соответствующими изменениями в деятельности сердца. Это также свидетельствует о влиянии коры головного мозга на работу сердца.

Парасимпатические и симпатические нервные волокна имеются и в стенках кровеносных сосудов. Симпатические волокна суживают просвет сосудов, парасимпатические – расширяют.

Гуморальные влияния на деятельность сердца реализуются гормонами, некоторыми электролитами и другими высокоактивными веществами, поступающими в кровь и являющимися продуктами жизнедеятельности многих органов и тканей организма.

*Ацетилхолин и норадреналин* – медиаторы нервной системы – оказывают выраженное влияние на работу сердца. Действие ацетилхолина неотделимо от функций парасимпатических нервов, так как он синтезируется в их окончаниях. Ацетилхолин уменьшает возбудимость сердечной мышцы и силу ее сокращений.

Важное значение для регуляции деятельности сердца имеют *катехоламины*, к которым относятся норадреналин (медиатор) и адреналин (гормон). Катехоламины оказывают на сердце влияние, аналогичное воздействию симпатических нервов. Катехоламины стимулируют обменные процессы в сердце, повышают расход энергии и тем самым увеличивают потребность миокарда в кислороде. Адреналин одновременно вызывает расширение коронарных сосудов, что способствует улучшению питания сердца. В регуляции деятельности сердца особо важную роль играют гормоны коры надпочечников и щитовидной железы. Гормоны коры надпочечников – *минералокортикоиды* – увеличивают силу сердечных сокращений миокарда. Гормон щитовидной железы – *тироксин* – повышает обменные процессы в сердце и увеличивает его чувствительность к воздействию симпатических нервов.

### 6.3. ЛИМФАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА

*Лимфатическая система* – составная часть сосудистой системы, является добавочным руслом венозной системы, в тесной связи с которой она развивается и имеет сходные черты строения. Стенки лимфатических сосудов по-

строены по типу вен (внутри – эндотелий, слабо выраженный мышечный слой, снаружи – адвентиций).

При движении крови по капиллярам через их стенки в окружающие ткани поступает часть плазмы с растворенными в ней веществами и некоторое количество лейкоцитов. Этим путем пополняется тканевая жидкость. Тканевая жидкость, а также жидкость серозных (плевральной, околосердечной и брюшной) и синовиальных полостей проникает в лимфатические капилляры, в лимфоузлах обогащается лимфоцитами и становится лимфой. Лимфа – прозрачная жидкость желтоватого цвета, состоящая из плазмы и лейкоцитов, главным образом, лимфоцитов. Лимфа, оттекающая от тонких кишок, содержит эмульгированный жир, придающий ей вид молока.

Основные функции лимфатической системы:

- 1) проведение лимфы от тканей в венозное русло (проводниковая);
- 2) образование лимфоидных элементов (лимфопоэз);
- 3) обезвреживание попадающих в организм инородных частиц, бактерий (барьерная).

По лимфатическим путям происходит распространение (метастазирование) злокачественных опухолей.

Лимфатической системе отводится важнейшая роль (посредника) в обменных процессах между кровью и клетками тканей. Известно, что кровеносная система замкнута и нигде (кроме печени и селезенки) в непосредственный контакт с клетками не вступает. Посредником между кровью и клетками тканей является тканевая жидкость. Из крови все необходимые для клеток вещества поступают в тканевую жидкость, а из нее – в клетки, и, наоборот, продукты метаболизма из клеток поступают в тканевую жидкость, а из последней – в венозные капилляры.

Лимфатическая система (рис. 6.5) состоит из:

- 1) путей, отводящих лимфу (капилляры, сосуды, стволы и протоки);
- 2) лимфоидных органов (лимфатические узлы, миндалины, одиночные фолликулы, фолликулярные бляшки кишечника и селезенка).

Все эти образования выполняют наряду с кроветворением (лимфопоэзом) и барьерную функцию. Наличие лимфатических узлов отличает лимфатическую систему от кровеносной, другим отличием от последней является то, что венозные капилляры являются продолжением артериальных, тогда как лимфатическая система представляет систему трубок, замкнутую на одном конце (периферическом) и открывающуюся другим концом (центральным) в венозное русло. Диаметр лимфатических капилляров в несколько раз больше, чем кровеносных.

Лимфатические капилляры представляют систему эндотелиальных трубок, пронизывающих почти все органы, кроме мозга, хрящей, роговицы и хрусталика глаза, плаценты, слизистых оболочек и центральной нервной системы. Особенно много их в легких, печени, почках, в капсуле селезенки. Лимфатические капилляры собираются в мелкие лимфатические сосуды, которые постепенно укрупняются. Ток лимфы очень медленный; ее продвижению способ-

ствует сокращение стенок лимфатических сосудов, присасывающее действие грудной полости, сокращение скелетных мышц. Наличие большого количества клапанов в сосудах обеспечивает продвижение лимфы лишь в одном направлении – к сердцу. Лимфатические сосуды, соединяясь между собой, образуют лимфатические протоки – грудной и правый.

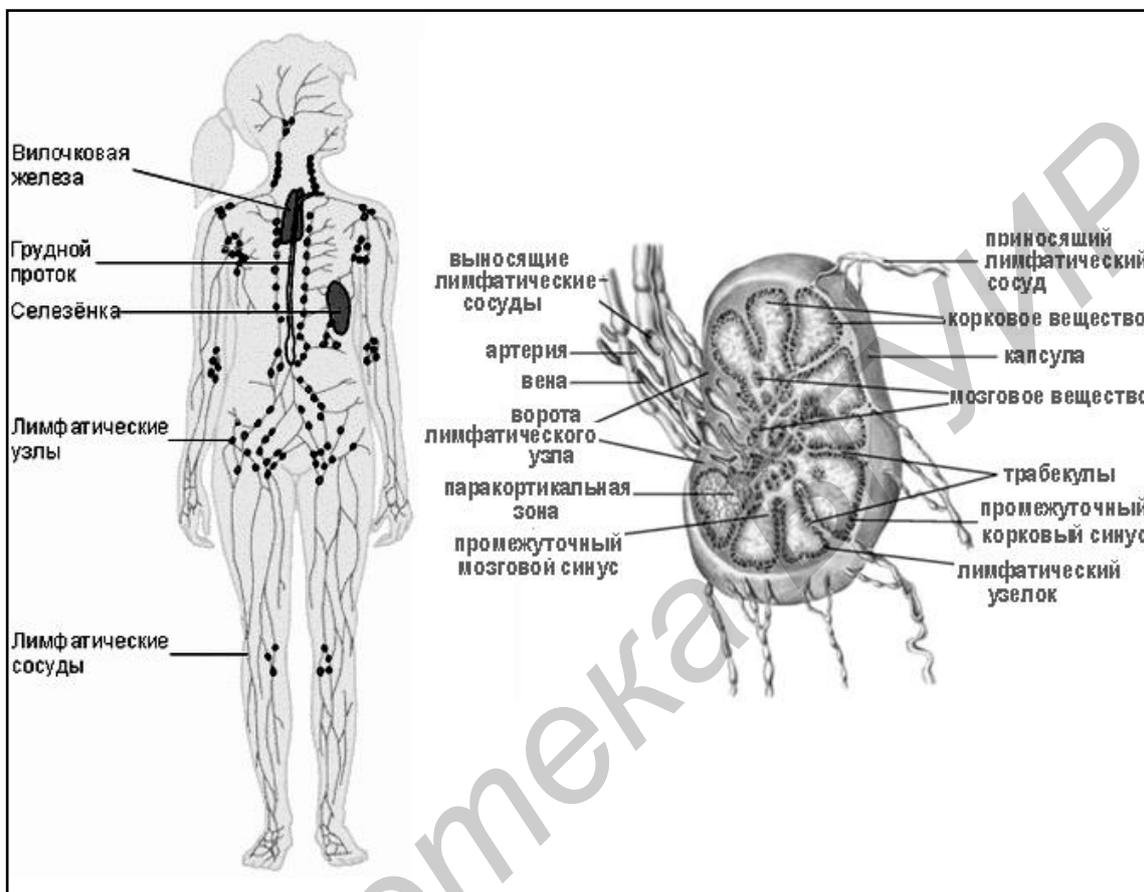


Рис. 6.5. Лимфатическая система и единственный лимфатический узел

Грудной проток собирает лимфу из  $\frac{3}{4}$  тела: из обеих нижних конечностей, брюшной полости, левой половины головы, шеи, грудной полости и из левой верхней конечности. Он начинается в области задней стенки брюшной полости (поясничный отдел) на уровне XI грудного – II поясничного позвонков и образуется слиянием 3 лимфатических стволов: правого и левого поясничных, собирающих лимфу из нижних конечностей, и общего кишечного, по которому лимфа оттекает от органов брюшной полости. В месте слияния этих стволов образуется расширение – цистерна, от которой и начинается грудной проток, поднимающийся вверх и через аортальное отверстие проникающий в грудную полость (грудной отдел), затем он идет в область шеи (шейный отдел), где впадает в левый венозный угол (место слияния левой внутренней яремной вены с левой подключичной веной), длина протока достигает примерно 40 см. В устье грудного протока впадают: левый бронхосредостенный лимфатический ствол (собирает лимфу из левой половины грудной полости), левый подключичный

ствол (из левой верхней конечности) и яремный ствол (по нему оттекает лимфа из левой половины головы и шеи). На своем пути в грудной полости грудной проток принимает лимфатические сосуды из стенки грудной клетки, средостения, пищевода, трахеи, левого легкого и левой половины сердца.

*Правый лимфатический проток* – короткий (не более 1,5 см) образуется из слияния правого яремного ствола (собирает лимфу из правой половины головы и шеи), правого подключичного (правой верхней конечности) и правого бронхосредостенного (правой половины грудной клетки и органов, расположенных в ней). Он впадает в правый венозный угол. Таким образом, через лимфатическую систему в кровеносное русло возвращается жидкость, поступившая в ткани из кровеносных капилляров, и содержащиеся в ней продукты жизнедеятельности тканей.

### 6.3.1. Лимфатические узлы

На пути лимфатических сосудов расположены *лимфатические узлы* – скопление лимфоидной ткани плотной консистенции, величиной от 2 до 30 мм (см. рис. 6.5). Лимфатические узлы – наиболее многочисленные органы иммунной системы. В теле человека их количество достигает 500. Все они располагаются на пути тока лимфы и, сокращаясь, способствуют ее дальнейшему продвижению. Их основной функцией является барьерно-фильтрационная, то есть задерживание бактерий и других инородных частиц по пути тока лимфы. Кроме того, лимфатические узлы выполняют гемопоэтическую функцию, принимая участие в образовании лимфоцитов, и иммуноцитопоэтическую функцию, образуя плазматические клетки, вырабатывающие антитела. Форма лимфатических узлов может быть самой разнообразной: округлой, овоидной, вытянутой или бобовидной.

Лимфатические узлы располагаются группами в определенных местах. В них впадают сосуды, несущие лимфу из определенных областей тела, поэтому они называются областными или регионарными узлами. Наиболее важные группы лимфатических узлов:

- 1) голова и шея – подчелюстные;
- 2) верхняя конечность – локтевые и подмышечные;
- 3) грудная полость – передние и задние средостенные и трахеобронхиальные;
- 4) брюшная полость – чревные и брыжеечные;
- 5) нижняя конечность – подколенные и паховые.

Узлы покрыты капсулой из плотной соединительной ткани, от которой внутрь узлов отходят перегородки. Между этими перегородками располагается лимфоидная ткань из коркового и мозгового вещества. Она отделена от капсулы и перегородок пространствами (синусами). В каждый узел впадают несколько приносящих лимфатических сосудов, они открываются в синусы. Здесь ток лимфы замедляется, она обогащается лимфоцитами. Вытекает лимфа из узлов по выносящим лимфатическим сосудам, выходящим из ворот узла. При воспа-

лительных процессах лимфатические узлы увеличиваются и становятся болезненными. Наличие приносящих сосудов отличает лимфатические узлы от других лимфоидных органов и миндалин, которые имеют только выносящие сосуды; приносящие у них отсутствуют.

### 6.3.2. Селезенка

**Селезенка** – лимфоидный орган темно-красного цвета, мягкой консистенции, расположен в левом подреберье на уровне IX–XI ребер (рис. 6.6). Величина и форма ее меняется в зависимости от кровенаполнения, средний вес – 150 г.

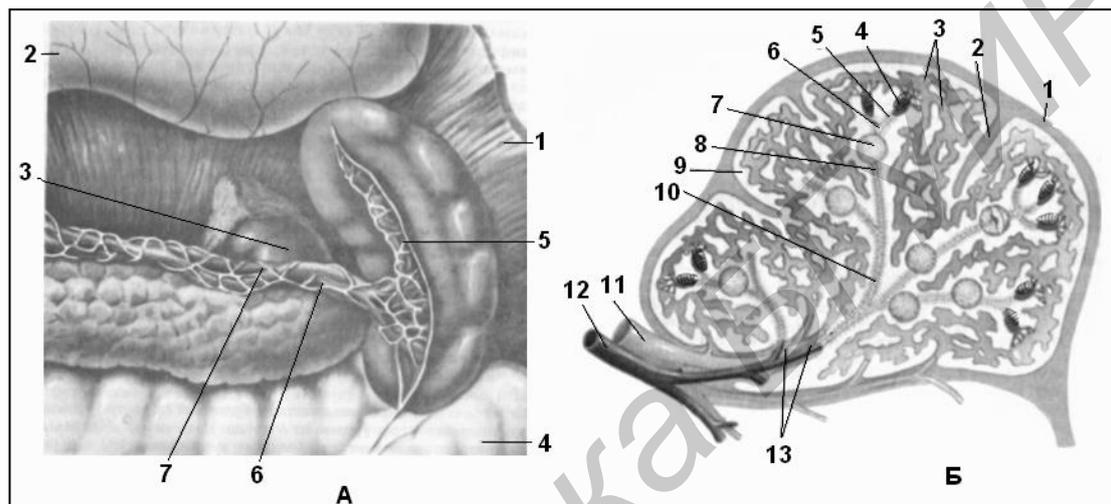


Рис. 6.6. Селезенка:

А – расположение в брюшной полости: 1 – диафрагма; 2 – желудок; 3 – левая почка; 4 – левый изгиб ободочной кишки; 5 – ворота селезенки; 6 – селезеночная артерия; 7 – селезеночная вена; Б – схема строения: 1 – фиброзная оболочка; 2 – трабекула селезенки; 3 – венозные синусы селезенки; 4 – эллипсоидная макрофагальная муфта; 5 – кисточковые артериолы; 6 – центральная артерия; 7 – лимфоидный узелок (белая пульпа); 8 – лимфоидная периартериальная муфта; 9 – красная пульпа; 10 – пульпарная артерия; 11 – селезеночная вена; 12 – селезеночная артерия; 13 – трабекулярные артерия и вена

В селезенке кровеносная система входит в тесный контакт с лимфоидной тканью, благодаря чему кровь здесь обогащается свежим запасом развивающихся в селезенке лейкоцитов. Здесь кровь освобождается от отживших кровяных телец («кладбище» эритроцитов) и от попавших в кровяное русло болезнетворных микробов, взвешенных инородных частиц и т. д. Селезенка со всех сторон, кроме ворот, покрыта брюшиной, под ней находится фиброзная капсула, от которой внутрь органа отходят перегородки, образующие вместе с эластическими волокнами сетчатую основу, в петлях которой находится пульпа (мякоть) темно-красного цвета.

Пульпа состоит из ретикулярной ткани, в промежутках которой лежат клеточные элементы крови (лимфоциты, эритроциты, лейкоциты), кровеносные капилляры открываются в синусы, которые в месте перехода в вены имеют сфинктер, регулирующий кровенаполнение. В пульпе по всей селезенке разбро-

саны лимфоидные фолликулы. Они продуцируют лимфоциты селезенки, поступающие в кровеносное русло. При инфекциях, интоксикациях лимфоидные фолликулы разрастаются.

В пульпе осуществляется гибель части форменных элементов крови, срок деятельности которых истек. Железо гемоглобина из разрушенных эритроцитов направляется по венам в печень, где служит материалом для синтеза желчных пигментов.

### 6.3.3. Вилочковая железа

**Вилочковая железа (тимус)** – орган «детского» возраста, состоит из двух долей и лежит за грудиной. Железа является главным органом иммунитета, которая вырабатывает Т-лимфоциты, а также регулирует нейромышечную передачу, углеводный обмен и обмен кальция. Во взрослом возрасте тимус перерождается в жировую ткань.

Вилочковая железа расположена в верхнепередней части грудной полости позади рукоятки и части тела грудины.

Тимус состоит из двух долей, соединенных друг с другом посредством рыхлой соединительной ткани (рис. 6.7).

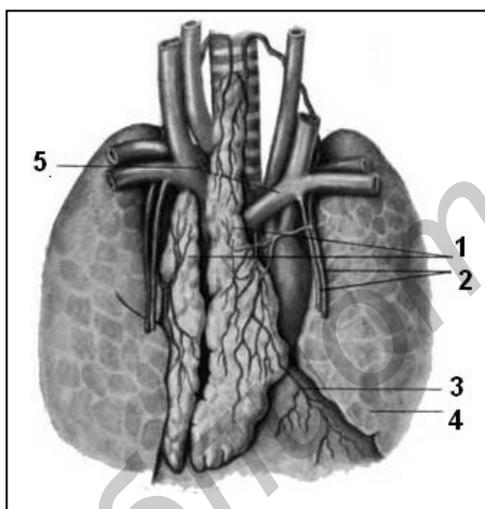


Рис. 6.7. Вилочковая железа (тимус):

- 1 – вилочковая железа; доли (правая/левая);
- 2 – внутренние грудные артерия и вена;
- 3 – перикард;
- 4 – левое легкое;
- 5 – плечеголовная вена (левая)

Верхние, более узкие, концы долей обычно выходят за пределы грудной полости, выступая над верхним краем рукоятки грудины и иногда достигая щитовидной железы. Расширяясь книзу, вилочковая железа ложится впереди больших сосудов, сердца и части перикарда.

Величина железы изменяется с возрастом. У новорожденного масса ее примерно 12 г и продолжает расти после рождения до наступления половой зрелости, достигая 35–40 г, после чего (14–15 лет) начинается процесс инволюции, вследствие которого масса тимуса у 25-летних понижается до 25 г, к 60 годам – менее 15 г, к 70 – около 6 г. При инволюции элементы железы в значительной степени замещаются жировой тканью с сохранением общих очертаний железы.

Вилочковая железа покрыта капсулой и разделена на дольки. Каждая долька состоит из коркового и мозгового вещества. Корковое вещество образовано сетью эпителиальных клеток, в петлях которой лежат лимфоциты вилочковой железы (тимоциты). В мозговом веществе эпителиальные клетки уплотняются и ороговевают, образуя так называемые тельца вилочковой железы.

Вилочковая железа является центральным органом иммунной системы. Лимфоциты (Т-лимфоциты) развиваются из стволовых клеток крови, поступающих сюда по кровеносным сосудам. Ранняя потеря функций вилочковой железы влечет за собой неполноценность иммунологической системы. Эпителиальные клетки долек вырабатывают гормон, который регулирует превращение лимфоцитов в самой вилочковой железе, вследствие этого вилочковую железу относят также к органам эндокринной системы.

Библиотека БГУИР



## 7. ЭНДОКРИННАЯ СИСТЕМА

В организме человека имеется группа особых желез. Они не имеют выводящих протоков в полости или на поверхности тела, а вырабатываемые ими вещества – гормоны поступают непосредственно в кровь, лимфу, тканевую жидкость. Эти железы называются железами внутренней секреции или эндокринными органами. К числу их относятся: гипофиз, эпифиз, щитовидная, окощитовидные и вилочковая железы, надпочечники, островковая часть поджелудочной железы, внутрисекреторная часть половых желез (рис. 7.1). Эндокринными функциями обладает гипоталамус или подбугорье (отдел промежуточного мозга). Некоторые железы выполняют двойную функцию – как внешней, так и внутренней секреции (поджелудочная железа, половые железы) и носят название желез смешанной секреции.

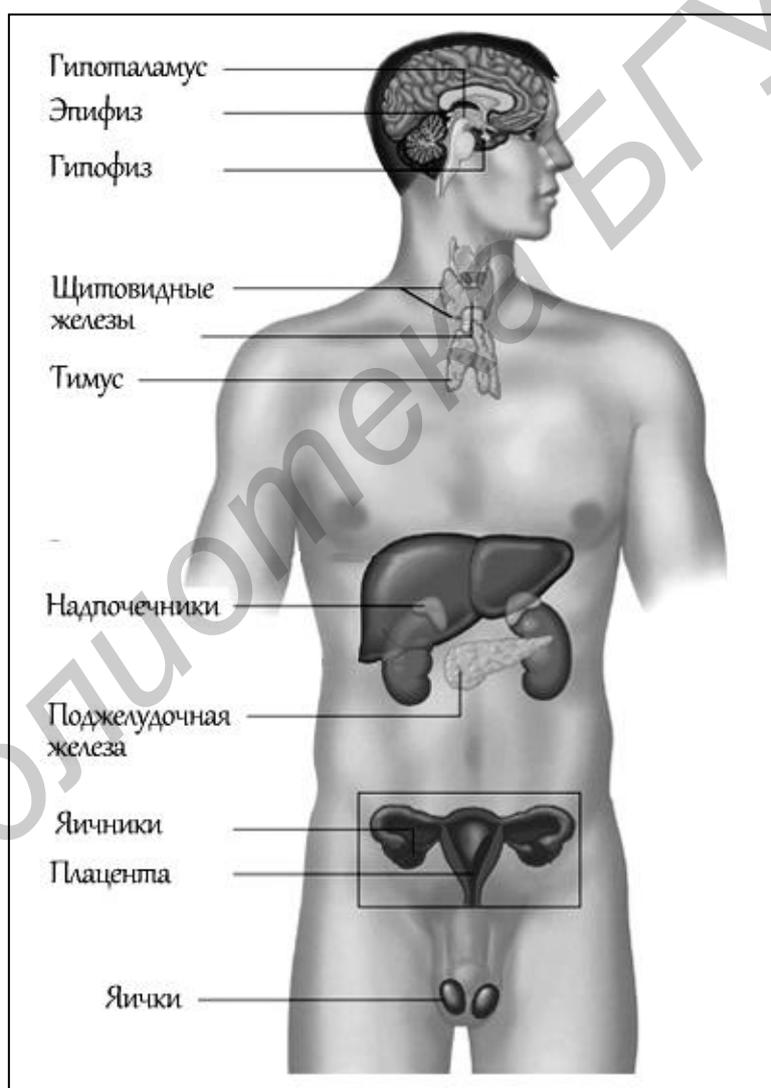


Рис. 7.1. Положение эндокринных желез в теле человека:

1 – гипофиз и эпифиз; 2 – паращитовидные железы; 3 – щитовидная железа; 4 – надпочечники; 5 – панкреатические островки; 6 – яичник; 7 – яичко

## 7.1. ГОРМОНАЛЬНАЯ РЕГУЛЯЦИЯ

Гормоны, выделяемые железами внутренней секреции, обладают дистантным действием, т. е. оказывают влияние на клетки-, ткани- и органы-мишени, расположенные вдали от места своего образования. Гистогормоны, в отличие от истинных гормонов, обладают преимущественно местным действием (рис. 7.2).

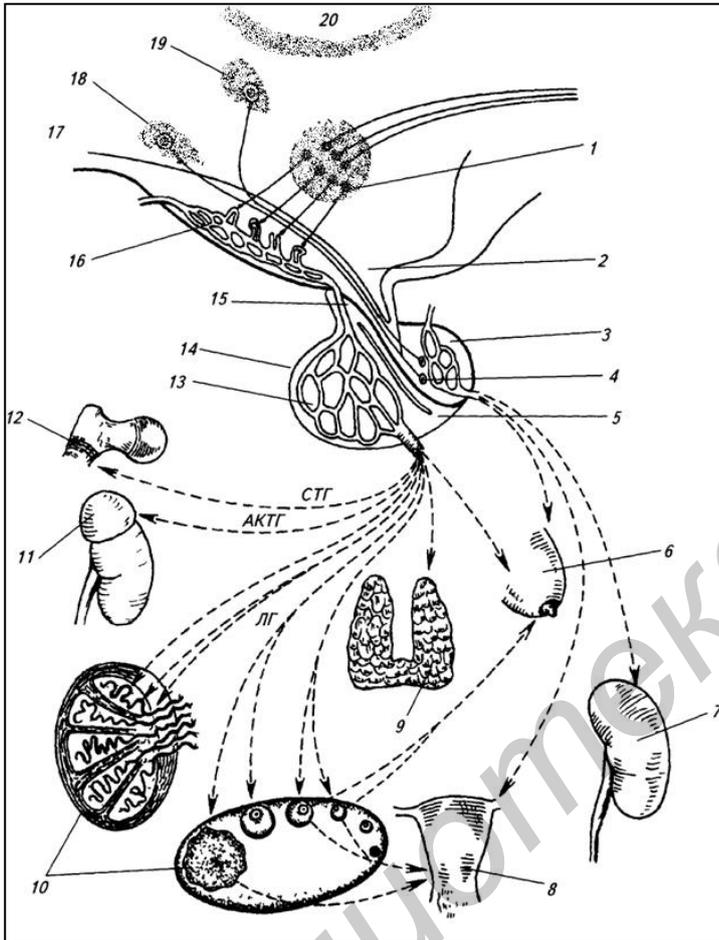


Рис. 7.2. Схема гипоталамо-гипофизарной системы:

1 – нейросекреторные клетки медиобазального комплекса гипоталамуса; 2 – воронка III желудочка и гипофизарная ножка; 3 – задняя доля гипофиза; 4 – окончания аксонов нейронов переднего гипоталамуса; 5 – средняя доля гипофиза; 6 – молочные железы; 7 – каналцы почки; 8 – матка; 9 – щитовидная железа; 10 – половые железы; 11 – надпочечник; 12 – зона роста кости; 13 – вторичная капиллярная сеть гипофиза; 14 – передняя доля гипофиза; 15 – порталная вена гипофиза; 16 – капиллярная сеть гипоталамуса; 17 – гипоталамус; 18 – супраоптическое ядро; 19 – паравентрикулярное ядро; 20 – таламус; АКТГ – адренокортикотропный гормон; ЛГ – лютеинизирующий гормон; СТГ – соматотропный гормон

Гормоны реализуют свое влияние как непосредственно, так и опосредованно – через различные регуляторные образования (нервную систему, другие эндокринные структуры, межклеточные и внутриклеточные передатчики, генетический аппарат).

В настоящее время многие гормоны получены в чистом виде, а также путем химического синтеза (искусственно получено около 2000 химических соединений, близких по своей структуре к гормонам). В медицинской практике широко применяются препараты гормонов в лечебных целях.

Отличительной чертой гормонов является то, что они, секретирясь в небольших количествах (0,2–20 мг/сут), обладают высокой физиологической активностью ( $10^{-6}$ – $10^{-11}$  моль/л). Так, например, адреналин стимулирует работу изолированного сердца крысы уже в концентрации  $10^{-9}$ – $10^{-8}$  моль/л перфузионного раствора, а 1 г инсулина достаточно для снижения сахара в крови у сотни кроликов.

Выделяют четыре типа влияния гормонов на организм: метаболическое (действие на обмен веществ); морфогенетическое (стимуляция формообразовательных процессов, дифференцировки, роста, метаморфоза); кинетическое (включение определенной деятельности исполнительных органов); корректирующее (изменение интенсивности функций органов и тканей).

Несмотря на многообразие эффектов гормонов на различных уровнях организации организма, их действие обусловлено в первую очередь изменением метаболизма клетки, влиянием на клеточные и субклеточные структуры. Основными механизмами этого влияния являются: изменение проницаемости мембран клетки и органелл для ионов, субстратов, метаболитов и других регуляторных веществ; изменение функциональной активности ферментов (белков) путем их химической модификации; изменение количества ферментов в результате индукции или репрессии синтеза белка при воздействии на генетический аппарат клетки.

Гормоны транспортируются кровью не только в свободном состоянии (водорастворимые гормоны), но и в связанном виде: с белками плазмы или клетками крови. Существуют белки плазмы крови, связывающие только определенные гормоны ( $\gamma$ -глобулины, альбумины, трансферон), и другие белки, способные образовывать комплексы с различными гормонами. При этом активность действия гормона определяется не только концентрацией его в крови, но и скоростью его отщепления от транспортирующих структур.

Гормоны относительно быстро метаболизируются в тканях организма, в частности в печени, а также выводятся из него с мочой, потом, секретами пищеварительных желез. Период полураспада инсулина и половых гормонов составляет 10–30 минут, глюко- и минералокортикоидов – 30–90 минут. Поэтому для обеспечения более длительного или непрерывного действия гормонов необходимо их постоянное выделение соответствующей железой.

По химическому строению гормоны делят на три группы:

1) стероидные (глюкокортикоиды – кортизол, кортизон; минералокортикоиды – альдостерон, дезоксикортикостерон; половые гормоны – андрогены, эстрогены, прогестерон);

2) белково-пептидные (либерины, статины; вазопрессин, окситоцин; адренотропный гормон (АКТГ), тиреотропный гормон (ТТГ), фолликулостимулирующий (ФСГ), лютеинизирующий гормон (ЛГ), липотропный гормон (ЛТГ), меланоцитстимулирующий гормон (МСГ); инсулин, глюкагон, соматостатин; паратгормон; хорионический гонадотропин, плацентарный лактогенный гормон);

3) производные аминокислот (адреналин, норадреналин; мелатонин).

По месту образования и механизму действия различают следующие группы гормонов (см. рис. 7.1):

1) гормоны гипоталамуса, обладающие тропностью к клеткам аденогипофиза – тропного действия (либерины, статины, вазопрессин); обладающие непосредственным влиянием на органы и ткани – конечного действия (окситоцин, вазопрессин);

2) гормоны гипофиза, обладающие тропностью к периферическим эндокринным железам – тропного действия (АКТГ, ТТГ, ФСГ, ЛГ, ЛТГ); обладающие непосредственным влиянием на органы и ткани конечного действия (соматотропный гормон (СТГ), МСГ, окситоцин, вазопрессин);

3) гормоны периферических эндокринных желез (конечного действия), оказывающие неспецифическое влияние на клетки, ткани, органы и их системы (тироксин, глюкокортикоиды и др.); оказывающие специфическое влияние на клетки-мишени (минералокортикоиды, андрогены, эстрогены, прогестерон, инсулин, глюкагон, паратгормон, тирекальцитонин и др.).

Интенсивность синтеза и выделения каждого гормона в данный момент регулируется в соответствии с величиной потребности организма в нем нервными и гуморальными (гормональными) механизмами.

## 7.2. ГИПОТАЛАМУС, ГИПОФИЗ, ЭПИФИЗ

*Гипоталамус* занимает центральное место в регуляции функционального состояния желез внутренней секреции. Он интегрирует функции нервной и эндокринной систем в организме. Нейроны гипоталамуса способны не только воспринимать и передавать нервный импульс, но и синтезировать, выделять так называемые нейрогормоны (либерины, статины, вазопрессин, окситоцин). На функциональную активность нейросекреторных клеток гипоталамуса оказывают влияние ретикулярная формация, лимбическая система, эпифиз, кора больших полушарий головного мозга.

Нервная регуляция деятельности желез внутренней секреции осуществляется в основном через гипоталамус и выделяемые им нейрогормоны. Прямых нервных (нервно-проводниковых) влияний на секреторные клетки эндокринных желез, как правило, не наблюдается, за исключением мозгового вещества надпочечников и эпифиза. Нервные волокна (симпатические и парасимпатические), иннервирующие эндокринную железу, регулируют в основном тонус ее кровеносных сосудов и кровоснабжение.

Гуморальная регуляция желез внутренней секреции обеспечивается в первую очередь гормонами других эндокринных желез, а также нейромедиаторами, гистогормонами и различными веществами, ионами, находящимися под контролем соответствующих гормонов. В основе гуморальной регуляции лежат принципы прямой и обратной, положительной или отрицательной связи. Нейрогормоны гипоталамуса оказывают прямое стимулирующее (либерины, вазопрессин) или тормозное (статины) действие на секрецию гипофизом тропных гормонов, которые способны повышать секреторную активность периферических эндокринных желез. Гормоны в свою очередь подавляют собственную секрецию по принципу обратной отрицательной связи, влияя на эндокринную железу как непосредственно, так и опосредованно, через снижение функциональной активности гипоталамо-гипофизарного комплекса.

*Гипофиз* – железа овальной формы, массой 0,5–0,8 г. Она расположена в турецком седле клиновидной кости черепа и соединена ножкой (воронкой) с

серым бугром гипоталамуса. По происхождению и строению гипофиз является сложным органом и состоит из аденогипофиза и нейрогипофиза (рис. 7.3).

*Аденогипофиз* (передняя доля) – плотная и крупная доля, составляет 70–80 % от всей массы гипофиза. Она имеет эпителиальное происхождение и образована несколькими типами железистых клеток. В ней выделяют дистальную, промежуточную и бугорную части.

*Нейрогипофиз* (задняя доля) имеет нейрогенное происхождение и образована клетками нейроглии (питуицитами), нервными волокнами, идущими от нейросекреторных ядер гипоталамуса, и нейросекреторными тельцами.

Кровоснабжение гипофиза обеспечивается верхними и нижними гипофизарными артериями. Верхние гипофизарные артерии образуют в области серого бугра первичную капиллярную сеть, тесно контактирующую с окончаниями волокон секреторных нейронов гипоталамуса. В передней доле гипофиза при разветвлении воротных венул первичной сети формируется вторичная капиллярная сеть. Задняя доля гипофиза кровоснабжается преимущественно за счет нижних гипофизарных артерий.

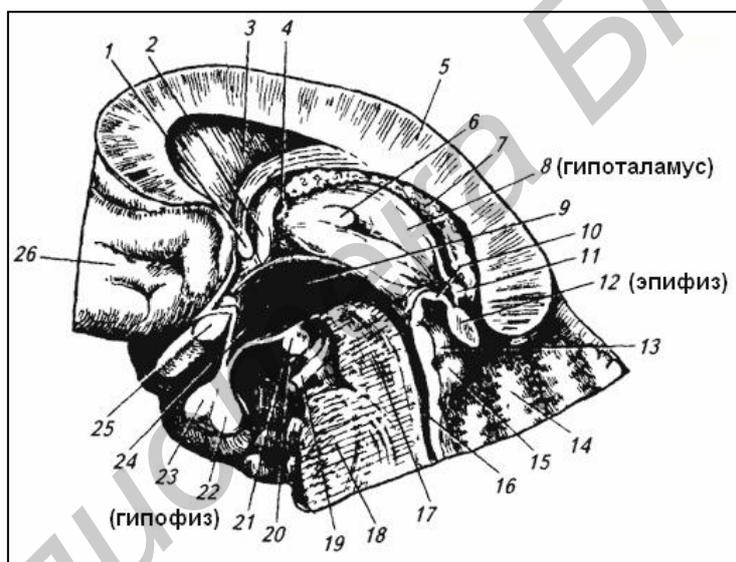


Рис. 7.3. Гипоталамус, гипофиз и эпифиз (топография):

1 – передняя спайка; 2 – колонка свода; 3 – прозрачная перегородка; 4 – межжелудочковое отверстие; 5 – мозолистое тело; 6 – серая спайка; 7 – сосудистое сплетение третьего желудочка; 8 – медиальная поверхность таламуса; 9 – третий желудочек; 10 – задняя спайка; 11 – поводковое ядро; 12 – эпифиз; 13 – верхнее и 15 – нижнее двухолмия; 14 – червь мозжечка; 16 – водопровод; 17 – ножка мозга; 18 – мост; 19 – глазодвигательный нерв; 20 – височная доля большого полушария; 21 – сосковидное тело; 22 – задняя и 23 – передняя доли гипофиза; 24 – воронка; 25 – перекрест зрительных нервов; 26 – медиальная поверхность лобной доли

Иннервация гипофиза осуществляется в основном симпатическими волокнами, идущими из верхнего шейного симпатического узла. Нейрогипофиз в отличие от аденогипофиза иннервируется также отростками нейросекреторных клеток ядер гипоталамуса.

В эндокринной системе гипофиз занимает особое, центральное положение, так как регулирует деятельность многих периферических эндокринных желез (рис. 7.4). Большая часть гормонов гипофиза вырабатывается его передней долей. К ним относятся:

1) гормон роста (соматотропный) – стимулирует рост. При недостаточной выработке этого гормона, возникшей в раннем возрасте, отмечается резкая задержка роста (гипофизарный карликовый рост). При избыточной продукции гормона в раннем возрасте возникает гигантизм. Рост при этом заболевании достигает 240–250 см, вес – 150 кг. При избыточной продукции гормона у взрослого – развивается акромегалия (увеличиваются размеры пальцев рук и ног, кистей и стоп, носа, нижней челюсти и языка, органов грудной и брюшной полостей);

2) гормон, стимулирующий секрецию щитовидной железы (тиреотропный);

3) гормон, стимулирующий функцию надпочечников (адренокортикотропный);

4) гормоны, ускоряющие развитие половых желез и увеличивающие образование половых гормонов (гонадотропины);

5) гормон, возбуждающий секрецию молока.

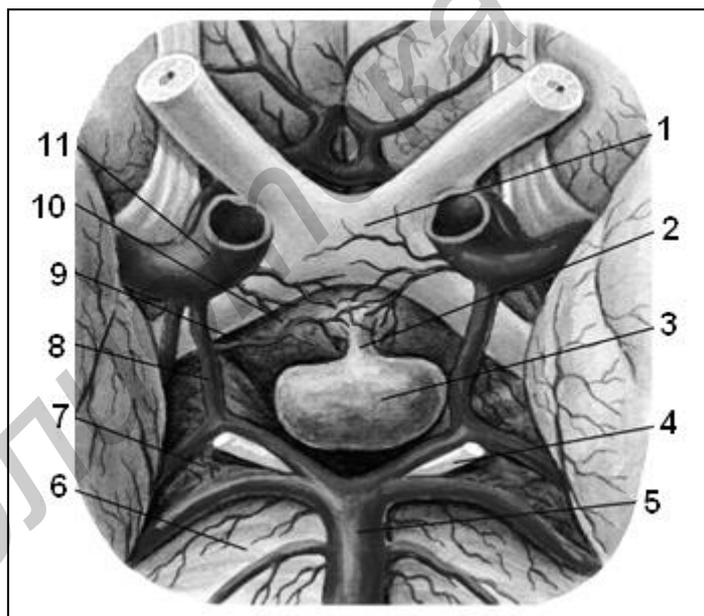


Рис. 7.4. Топография гипофиза:

1 – перекрест зрительных нервов; 2 – воронка гипофиза; 3 – гипофиз; 4 – глазодвигательный нерв; 5 – базилярная артерия; 6 – мост головного мозга; 7 – ножка мозга; 8 – задняя соединительная артерия; 9 – гипофизарная артерия; 10 – серый бугор; 11 – внутренняя сонная артерия

Задняя доля выделяет два гормона (установлено, что они вырабатываются в гипоталамусе и затем депонируются в гипофизе):

1) вазопрессин – сужает кровеносные сосуды и повышает артериальное

давление крови, а также уменьшает процесс мочеобразования путем усиления реабсорбции (называется также антидиуретическим гормоном);

2) окситоцин, вызывающий сокращение мускулатуры матки.

Недостаточная продукция антидиуретического гормона приводит к несахарному мочеизнурению (несахарный диабет), при котором наблюдается выделение огромного количества мочи, иногда десятки литров в сутки и сильная жажда.

**Эпифиз**, или **шишковидная железа** – овально-конусовидное образование эпиталамуса промежуточного мозга, расположенное над верхними буграми четверохолмия, массой 0,1–0,2 г (напоминает по форме еловую шишку). Он связан со зрительными буграми промежуточного мозга поводками (см. рис. 7.3).

Эпифиз состоит из соединительнотканной стромы и паренхимы, образованной железистыми клетками и клетками нейроглии.

Кровоснабжение эпифиза осуществляется ветвями задней мозговой и верхней мозжечковой артерий.

Иннервация железы обеспечивается симпатическими волокнами и нервными волокнами, идущими из различных структур ЦНС.

Эпифиз выполняет разнообразные, но не до конца изученные физиологические функции. В настоящее время из него выделено несколько физиологически активных веществ, участвующих в регуляции гомеостаза организма. К ним относятся следующие гормоны:

1) серотонин регулирует ритмическую деятельность нервной и эндокринной систем в организме в зависимости от светового и темного периодов суток. При свете содержание серотонина в эпифизе возрастает, в темное время – уменьшается;

2) мелатонин снижает функциональную активность меланоцитов кожи (эффект, обратный МСГ); тормозит продукцию люлиберина, ЛГ и половых гормонов, тиролиберина, ТТГ и тиреоидных гормонов, тиреокальцитонина, инсулина, простагландинов; задерживает развитие половых функций в молодом возрасте, предупреждая преждевременное половое созревание организма; ослабляет действие ГТГ у взрослых людей; снижает сексуальную возбудимость организма; регулирует синтез нейропептидов в головном мозге; оказывает снотворное (гипногенное) и радиопротекторное действия; обладает противоопухолевым эффектом, уменьшая скорость пролиферации клеток (содержание мелатонина в эпифизе снижается в световой период суток, а в темновой – повышается).

В эпифизе также синтезируются такие вещества, как *гиперкалиемический фактор*, *гистамин*, *ацетилхолин*, *норадреналин*.

### 7.3. Щитовидная и околощитовидные железы

**Щитовидная железа** расположена в переднем отделе шеи, прилегает к гортани и трахее, состоит из двух боковых долей и перешейка, покрыта капсу-

лой и состоит из множества пузырьков, которые собираются в дольки (рис. 7.5). Характерной особенностью железы является способность накапливать йод, концентрация которого внутри ее клеток в 300 раз выше, чем в плазме крови.

В щитовидной железе образуются йодсодержащие гормоны (тироксин и трийодтиронин), которые усиливают окислительные процессы, повышают обмен веществ, особенно жировой, увеличивают расщепление гликогена в печени, влияют на рост и развитие организма, а также оказывают стимулирующее воздействие на центральную нервную систему, деятельность сердца и кровообращение. Гиперфункция щитовидной железы приводит к болезни Базедова или тиреотоксикозу, симптомами которого являются, как правило: увеличение щитовидной железы (зоб), пучеглазие, тахикардия, повышение возбудимости нервной системы, дрожание рук, повышение артериального давления, повышение обмена веществ, исхудание. В 80 % случаев болезнь развивается после психических травм. Это указывает на тесную связь между железами внутренней секреции и нервной системой.

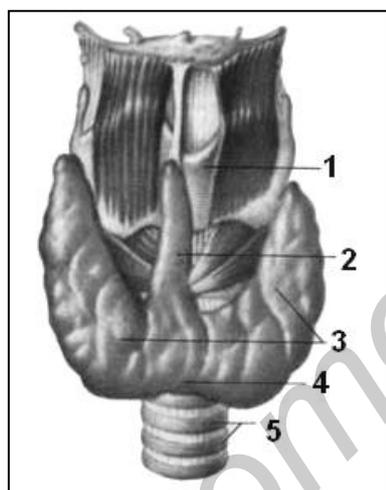


Рис. 7.5. Щитовидная железа:  
1 – щитовидный хрящ;  
2 – пирамидальная доля;  
3 – доля (правая/левая);  
4 – перешеек щитовидной железы; 5 – трахея

В молодом возрасте гормоны имеют значение для роста, физического и психического развития. У взрослого человека гормоны регулируют интенсивность окислительных процессов, особенно усиливает их тироксин, количество которого в организме всего 20 мг. Йод, который попадает с питанием, накапливается в железе и тормозит выработку тироксина. Контролируется выработка гормонов нервной системой, а также другими железами – гипофизом и половыми железами.

В результате гипофункции щитовидной железы, проявившейся в раннем детском возрасте, возникает кретинизм (отмечается задержка роста и полового развития, глубокая умственная отсталость). Гипофункция щитовидной железы у взрослого человека вызывает болезнь – микседему (слизистый отек). Симптомы заболевания: понижение основного обмена, отечность, одутловатость лица, понижение температуры тела, замедленность мышления и речи, апатия, нарушение половых функций (у женщин прекращаются менструации).

При недостаточном поступлении йода в организм (с пищей и водой), воз-



никает заболевание, называемое эндемическим зобом. При этом значительное увеличение щитовидной железы сочетается со снижением ее гормональной функции. Для профилактики зоба в ряде районов к поваренной соли добавляют йодид кальция.

**Околощитовидные, или паращитовидные железы** – это округлые тельца (две пары), расположенные на задней поверхности долей щитовидной железы (по одному сверху и снизу каждой доли) и массой около 200–300 мг каждое.

Околощитовидные железы состоят из соединительнотканной стромы и групп эпителиальных клеток. Железы хорошо кровоснабжаются. Имеют симпатическую и парасимпатическую иннервацию.

Гормоном околощитовидных желез является *паратгормон*. Он обеспечивает гомеостаз кальция и фосфатов в организме. Основными органами-мишенями гормона являются кости, почки, кишечник. Паратгормон повышает декальцинацию костей (вследствие активации остеокластов и торможения активности остеобластов), всасывание ионов кальция в кишечнике, увеличивает реабсорбцию  $\text{Ca}^{2+}$  и снижает реабсорбцию фосфатов в почках. Все это ведет к повышению уровня ионов кальция и снижению концентрации фосфатов в крови.

Секреция паратгормона регулируется главным образом содержанием ионов кальция в крови. Между продукцией гормона и уровнем кальция в крови существует обратная зависимость.

При гипофункции желез – вследствие падения уровня кальция в крови – резко повышается возбудимость ЦНС, возникают приступы судорог мышц тела (тетания). При гиперфункции увеличивается содержание кальция в крови вследствие разрушения костной ткани с выходом из нее ионов кальция. Заболевание сопровождается мышечной слабостью, апатией, болями в спине и конечностях.

#### 7.4. ПОДЖЕЛУДОЧНАЯ ЖЕЛЕЗА

**Поджелудочная железа** – это железа смешанной секреции, состоящая из экзокринной и эндокринной частей. Внутренней секрецией обладают эпителиальные клетки, образующие своеобразной формы панкреатические островки (островки Лангерганса) (см. рис. 1.8). Размеры островков колеблются от 0,1 до 0,3 мм, а общая масса их не превышает одной сотой массы всей железы. Они имеются во всех отделах поджелудочной железы, но больше всего их в области хвоста железы. Различают несколько видов островковых клеток:  $\alpha$  (25 %),  $\beta$  (60 %),  $\Delta$  (10 %) и др.

Поджелудочная железа продуцирует такие гормоны, как:

1) *инсулин* (секретируется  $\beta$ -клетками островков Лангерганса, повышает синтез гликогена (гликогенез) в тканях (особенно в печени), синтез жиров, белков (особенно в присутствии СТГ); снижает содержание глюкозы в крови (вызывает гипогликемию), повышая проницаемость мембран клеток для глюкозы и ее потребление тканями; ингибирует секреторную активность  $\alpha$ -клеток подже-

лудочной железы). Секреция инсулина повышается под влиянием глюкозы, маннозы, аминокислот пищи, СТГ, глюкагона, ацетилхолина и понижается под влиянием адреналина, норадреналина;

2) *глюкагон* (продуцируется  $\alpha$ -клетками островков Лангерганса, активирует распад гликогена (гликогенолиз) в тканях (особенно в печени), синтез глюкозы из аминокислот (гликонеогенез), распад липидов (липолиз) в печени и жировой ткани; снижает синтез жиров (липогенез) в печени, белка в организме в целом; повышает уровень глюкозы (вызывает гипергликемию), жирных кислот в крови; стимулирует сократительную функцию миокарда; активирует секреторную активность  $\beta$ - и  $\Delta$ -клеток островков Лангерганса). Секреция глюкагона повышается под влиянием белков и аминокислот пищи, ацетилхолина, адреналина, норадреналина и снижается под влиянием глюкозы и жирных кислот;

3) *соматостатин* (вырабатывается  $\Delta$ -клетками островков Лангерганса, снижает секрецию СТГ, инсулина, глюкагона и всасывание глюкозы в пищеварительном тракте). Секреция соматостатина возрастает под влиянием веществ пищи, СТГ, глюкагона.

Кроме того, эндокринные клетки поджелудочной железы секретируют *ваготонин*, который стимулирует парасимпатический отдел вегетативной нервной системы, *липокаин*, который повышает утилизацию жирных кислот тканями организма, и *центроптеин*, увеличивающий активность дыхательного центра и кислородсвязывающую способность гемоглобина.

## 7.5. НАДПОЧЕЧНИКИ

**Надпочечники** – парный орган, расположенный в забрюшинном пространстве над верхним полюсом каждой почки (рис. 7.6). Правый надпочечник имеет форму треугольника, левый – полумесяца. Масса каждого надпочечника у взрослого человека в норме составляет 8–12 г. Надпочечник состоит из коркового и мозгового вещества.

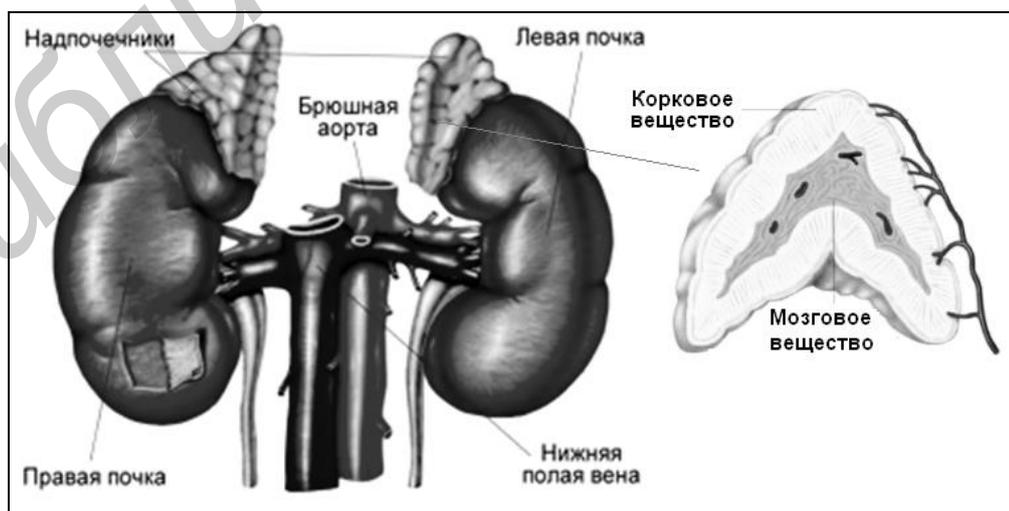


Рис. 7.6. Надпочечники

В мозговом (внутреннем) слое вырабатываются гормоны: адреналин и норадреналин. Оба гормона действуют подобно симпатическим нервам. Под влиянием адреналина происходит усиление и учащение сердечных сокращений, сужение кровеносных сосудов (за исключением сосудов мозга, сердца и работающих мышц), расслабление мускулатуры бронхов, сокращение мышц, расширяющих зрачки, угнетение перистальтики кишечника. Адреналин увеличивает содержание сахара в крови, вызывая расщепление гликогена в печени, повышает работоспособность скелетных мышц, возбудимость рецепторов сетчатки глаза, слухового и вестибулярного аппаратов. Поэтому адреналин может вызывать экстренную перестройку функций организма, направленную на усиление его работоспособности в чрезвычайных условиях. Адреналин получают искусственным путем и широко применяют в медицинской практике при приступах бронхиальной астмы, при сосудистой недостаточности, для повышения артериального давления.

В корковом (наружном) слое надпочечников образуются гормоны, носящие название кортикостероидов (кортизон, кортикостерон и др.). Они оказывают разностороннее действие: усиливают расщепление углеводов, белков, жиров, регулируют водно-солевой обмен, повышают работоспособность скелетных мышц, сопротивляемость организма к различным вредным воздействиям, влияют на выработку антител и на течение воспалительных процессов. Особые, половые гормоны коры надпочечников играют значительную роль в развитии половых органов в детском возрасте, когда внутрисекреторная функция половых желез еще незначительна.

Гипофункция коркового слоя ведет к развитию бронзовой болезни (болезнь Аддисона), основными симптомами которой являются: бронзовая окраска кожи, прогрессирующая мышечная слабость и утомляемость, ослабление сердечной мышцы и падение артериального давления, желудочно-кишечные расстройства, снижение устойчивости к инфекциям, исхудание, доходящее до истощения.

Гиперфункция коркового слоя приводит к нарушениям в половой системе: у детей наблюдается раннее половое созревание; у женщин – появление мужских вторичных половых признаков (грубый голос, появление бороды), прекращение менструаций.

Несмотря на различия в действии гормонов коркового и мозгового слоев надпочечников, общим для них является то, что они способствуют усилению защитных реакций организма при действии повреждающих факторов (травма, кровопотеря, перегревание, переохлаждение, инфекции, тяжелые психические переживания и др.). При этом адреналин способствует усилению активных двигательных реакций организма, а кортикостероиды усиливают сопротивляемость вредным воздействиям.

В клинической практике широко применяются такие гормональные препараты, как гидрокортизон, преднизон, преднизолон, метилпреднизолон и др. при воспалительных процессах, аллергических заболеваниях, некоторых заболеваниях крови и др.

## 7.6. ПОЛОВЫЕ ЖЕЛЕЗЫ

**Половые железы** – *яичко* или *семенник* у мужчин и *яичник* у женщин – это парные органы, продуцирующие не только половые клетки (сперматозоиды и яйцеклетки), но и половые гормоны (см. рис. 4.6, 4.8, 4.10, 4.12).

Эндокринную функцию в яичке выполняют железистые клетки – интерстициальные эндокриноциты (клетки Лейдига), расположенные в рыхлой соединительной ткани между извитыми семенными канальцами рядом с кровеносными и лимфатическими сосудами. Местом образования половых гормонов в яичнике являются зернистый слой созревающих фолликулов, интерстициальные клетки и желтое тело.

Половые гормоны разделяются на мужские – *андрогены* (от греч. «andros» – «мужчина») и женские – *эстрогены* (от греч. «oestrus» – «течка»), *прогестерон*. И те, и другие образуются как в мужских, так и в женских половых железах, но в разных количествах. Для яичника характерна циклическая продукция половых гормонов.

Физиологическая роль половых гормонов заключается в эмбриональной дифференцировке организма по полу, последующем его половом созревании, в формировании полового поведения, а также в обеспечении нормального протекания беременности, в частности:

1) *андрогены* (*тестостерон* и др.) стимулируют формирование первичных (наружные и внутренние половые органы) и вторичных мужских половых признаков;

2) *эстрогены* (*эстрон, эстрадиол, эстриол*) отвечают за развитие первичных и вторичных женских половых признаков;

3) *прогестерон* (образуется в желтом теле) подготавливает эндометрий матки к имплантации оплодотворенной яйцеклетки, задерживает рост новых фолликулов, стимулирует развитие молочных желез у женщин.

Секреция половых гормонов стимулируется ФСГ, ЛГ, ЛТГ. Мелатонин оказывает противоположное тропинам аденогипофиза действие на продукцию половых гормонов.

## 8. НЕРВНАЯ СИСТЕМА

Нервная система обеспечивает индивидуальное приспособление организма к внешней среде и объединяет деятельность всех систем, органов и тканей, являясь интегративной системой, которая связывает в одно целое чувствительность, двигательную активность и работу других регуляторных систем (эндокринной и иммунной), координирует процессы, протекающие в организме в зависимости от состояния внешней и внутренней среды. Она осуществляет координирование кровообращения, лимфооттока, метаболических процессов, которые, в свою очередь, влияют на состояние и деятельность нервной системы, определяет психическую деятельность человека как основы его социального существования.

Стимулы внешней среды (свет, звук, запах, прикосновение и т. п.) преобразуются специальными чувствительными клетками (рецепторами) в нервные импульсы – серию электрических и химических изменений в нервном волокне. Нервные импульсы передаются по чувствительным (афферентным, центростремительным) нервным волокнам в спинной и головной мозг. Здесь вырабатываются соответствующие командные импульсы, которые передаются по моторным (эфферентным, центробежным) нервным волокнам к исполнительным органам (мышцам, железам). Эти исполнительные органы называются эффекторами.

Функциями нервной системы являются восприятие афферентных импульсов от рецепторов, расположенных во всех органах и тканях организма, синтез этих раздражений и формирование ответных эфферентных команд, вызывающих или прекращающих деятельность периферических органов или поддерживающих их тонус.

Нервную систему человека подразделяют на центральную, периферическую и вегетативную. К центральной нервной системе (ЦНС) относят спинной и головной мозг, к периферической – образования, лежащие за пределами ЦНС, а именно: отходящие от ЦНС нервы, узлы (ганглии), нервные сплетения и рецепторные аппараты.

В зависимости от структурных и функциональных особенностей иннервируемых органов выделяют соматический и вегетативный отделы нервной системы. Соматическая нервная система – часть нервной системы, регулирующая деятельность скелетной (произвольной) мускулатуры. Вегетативная нервная система – часть нервной системы, регулирующая деятельность гладкой (непроизвольной) мускулатуры внутренних органов, сосудов, кожи, мышцы сердца и желез. В свою очередь, в зависимости от анатомических и функциональных особенностей вегетативная нервная система подразделяется на два отдела: симпатический и парасимпатический.

## 8.1. ЦЕНТРАЛЬНАЯ НЕРВНАЯ СИСТЕМА

### 8.1.1. Спинной мозг

#### Строение спинного мозга

Спинной мозг представляет собой цилиндрической формы вытянутый тяж, несколько уплощенный спереди назад, расположенный в позвоночном канале. Длина спинного мозга у мужчин составляет около 45 см, у женщин – 41–42 см. Масса спинного мозга около 30 г, что составляет 2,3 % массы головного мозга. Спинной мозг окружен тремя оболочками (твердой, паутинной и мягкой). Начинается спинной мозг на уровне нижнего края большого затылочного отверстия, где переходит в головной мозг. Нижняя граница суживающегося в виде конуса спинного мозга соответствует уровню верхнего края второго поясничного позвонка. Ниже этого уровня находится терминальная нить, окруженная корешками спинномозговых нервов и оболочками спинного мозга, образующими в нижней части позвоночного канала замкнутый мешок.

На поперечных срезах спинного мозга видно расположение *белого и серого вещества* (рис. 8.1). Серое вещество занимает центральную часть и имеет форму бабочки с расправленными крыльями или буквы Н.

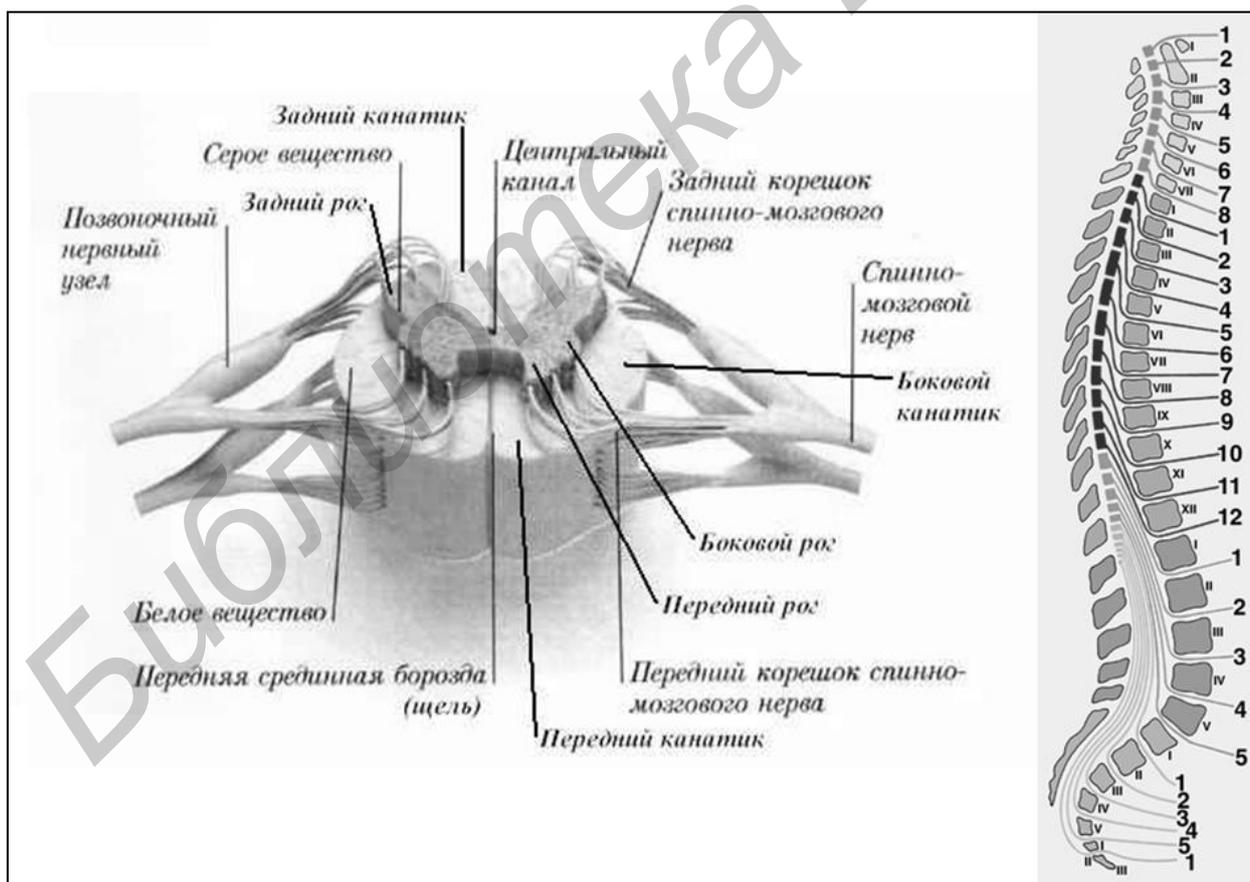


Рис. 8.1. Строение спинного мозга (поперечный срез) и схема позвоночного канала со спинным мозгом и выходящими спинномозговыми нервами

Выходящий через передне-боковую борозду передний корешок образован аксонами двигательных нейронов, залегающих в переднем роге серого вещества спинного мозга. Задний корешок, чувствительный, образован совокупностью аксонов псевдоуниполярных нейронов. Тела этих нейронов образуют спинномозговой узел, располагающийся в позвоночном канале возле соответствующего межпозвоночного отверстия. В дальнейшем, в межпозвоночном отверстии, оба корешка соединяются друг с другом, образуя смешанный (содержащий чувствительные, двигательные и вегетативные нервные волокна) спинномозговой нерв, который затем делится на переднюю и заднюю ветви. На протяжении спинного мозга с каждой стороны имеется 31 пара корешков, образующих 31 пару спинномозговых нервов. Различают 8 шейных, 12 грудных, 5 поясничных, 5 крестцовых и 1–3 копчиковых сегмента (см. рис. 8.1).

Спинальный мозг не на всем протяжении имеет одинаковый диаметр. Его толщина несколько увеличивается снизу вверх. Наибольший размер в поперечнике отмечается в двух веретенообразных утолщениях: в верхнем отделе – это шейное утолщение, соответствующее выходу спинномозговых нервов, идущих к верхним конечностям, и в нижнем отделе – это пояснично-крестцовое утолщение – место выхода нервов к нижним конечностям.

Верхние сегменты расположены на уровне соответствующих их порядковому номеру тел шейных позвонков. Нижние шейные и верхние грудные сегменты находятся на один позвонок выше, чем тела соответствующих позвонков. В среднем грудном отделе эта разница равна двум позвонкам, в нижнем грудном – трем позвонкам. Поясничные сегменты располагаются на уровне тел десятого и одиннадцатого грудных позвонков, крестцовые и копчиковые сегменты соответствуют уровням двенадцатого грудного и первого поясничного позвонков.

Такое несоответствие сегментов спинного мозга позвонкам обусловлено разной скоростью роста позвоночника и спинного мозга. Вначале, на II месяце внутриутробной жизни, спинной мозг занимает весь позвоночный канал, а затем вследствие более быстрого роста позвоночника отстает в росте и смещается относительно него вверх. Так что корешки спинномозговых нервов направляются не только в стороны, но еще и вниз, и тем больше вниз, чем ближе к хвостовому концу спинного мозга. Направление корешков в поясничной части спинного мозга внутри позвоночного канала становится почти параллельным продольной оси спинного мозга, так что мозговой конус и терминальная нить оказываются лежащими среди густого пучка нервных корешков, который получил название конского хвоста.

**Внутреннее строение спинного мозга.** В составе спинного мозга различают серое и белое вещество. Серое вещество располагается в центральных отделах спинного мозга, белое – на его периферии. В сером веществе сверху вниз проходит узкий центральный канал. Вверху канал сообщается с четвертым желудочком головного мозга. Нижний конец канала расширяется и слепо заканчивается терминальным желудочком (желудочек Краузе). У взрослого человека местами центральный канал зарастает, его незаросшие участки содержат спинномозговую жидкость. Стенки канала выстланы эпендимоцитами.

Серое вещество на протяжении спинного мозга с обеих сторон от центрального канала образует два вертикальных тяжа неправильной формы – правый и левый серые столбы. Тонкая пластинка серого вещества, соединяющая спереди от центрального канала оба серых столба, называется передней серой спайкой. Сзади от центрального канала правый и левый столбы серого вещества соединены задней серой спайкой. У каждого столба серого вещества выделяют переднюю часть (передний столб) и заднюю часть (задний столб). На уровне между восьмым шейным сегментом и вторым поясничным сегментом включительно с каждой стороны серое вещество образует также латеральное (боковое) выпячивание – боковой столб. Выше и ниже этого уровня боковые столбы отсутствуют.

Серое вещество спинного мозга образовано телами нейронов, безмиелиновыми и тонкими миелиновыми волокнами и нейроглией.

В передних рогах расположены тела наиболее крупных нейронов спинного мозга (диаметром 100–140 мкм). Они образуют пять ядер (скоплений). Эти ядра являются моторными (двигательными) центрами спинного мозга. Аксоны этих клеток составляют основную массу волокон передних корешков спинномозговых нервов. В составе спинномозговых нервов они идут на периферию и образуют моторные (двигательные) окончания в мышцах туловища, конечностей и в диафрагме (мышечной пластине, разделяющей грудную и брюшную полости и играющей главную роль при вдохе).

Серое вещество задних рогов (столбов) неоднородно. В составе задних рогов помимо нейроглии имеется большое количество вставочных нейронов, с которыми контактирует часть аксонов, идущих от чувствительных нейронов в составе задних корешков. Они представляют собой мелкие мультиполярные, так называемые ассоциативные и комиссуральные клетки. Ассоциативные нейроны имеют аксоны, которые заканчиваются на разных уровнях в пределах серого вещества своей половины спинного мозга. Аксоны комиссуральных нейронов заканчиваются на противоположной стороне спинного мозга. Отростки нервных клеток заднего рога осуществляют связь с нейронами выше- и нижележащих соседних сегментов спинного мозга. Отростки этих нейронов заканчиваются также на нейронах, расположенных в передних рогах своего сегмента.

В боковых рогах спинного мозга находятся центры вегетативной нервной системы. В боковых рогах грудного и верхних сегментах поясничного отделов спинного мозга расположены спинальные центры симпатической нервной системы, иннервирующие сердце, сосуды, потовые железы, пищеварительный тракт. Именно здесь лежат нейроны, непосредственно связанные с периферическими симпатическими ганглиями. Аксоны этих нейронов, образующих вегетативное ядро в сегментах спинного мозга с восьмого шейного по второй поясничной, проходят через передний рог, выходят из спинного мозга в составе передних корешков спинномозговых нервов. В крестцовом отделе спинного мозга заложены парасимпатические центры, иннервирующие органы малого таза (рефлекторные центры мочеиспускания, дефекации, эрекции, эякуляции).



Нервные центры спинного мозга являются сегментарными или рабочими центрами. Их нейроны непосредственно связаны с рецепторами и рабочими органами. Кроме спинного мозга, такие центры имеются в продолговатом и среднем мозге. Надсегментарные центры, например, промежуточного мозга, коры больших полушарий, непосредственной связи с периферией не имеют. Они управляют ею посредством сегментарных центров.

**Рефлекторная функция спинного мозга.** Серое вещество спинного мозга, задние и передние корешки спинномозговых нервов, собственные пучки белого вещества образуют сегментарный аппарат спинного мозга. Он обеспечивает рефлекторную (сегментарную) функцию спинного мозга. Нервная система функционирует по рефлекторным принципам. Рефлекс представляет собой ответную реакцию организма на внешнее или внутреннее воздействие и распространяется по рефлекторной дуге. Рефлекторные дуги – это цепи, состоящие из нервных клеток.

Простейшая рефлекторная дуга включает чувствительный и эффекторный нейроны, по которым нервный импульс движется от места возникновения (от рецептора) к рабочему органу (эффектору).

Примером простейшего рефлекса может служить коленный рефлекс, возникающий в ответ на кратковременное растяжение четырехглавой мышцы бедра легким ударом по ее сухожилию ниже коленной чашечки (рис. 8.2). После короткого латентного периода происходит сокращение четырехглавой мышцы, в результате которого приподнимается свободно висящая нижняя часть ноги. Коленный рефлекс относится к числу так называемых рефлексов растяжения мышцы, физиологическое значение которых состоит в регуляции длины мышцы, что особенно важно для поддержания позы.

Более сложные рефлекторные дуги имеют один или несколько вставочных нейронов. Тело вставочного нейрона в трехнейронных рефлекторных дугах находится в сером веществе задних столбов (рогов) спинного мозга и контактирует с приходящим в составе задних (чувствительных) корешков спинномозговых нервов аксоном чувствительного нейрона. Аксоны вставочных нейронов направляются к передним столбам (рогам), где располагаются тела эффекторных клеток. Аксоны эффекторных клеток направляются к мышцам, железам, влияя на их функцию.

**Проводниковая функция спинного мозга.** Белое вещество спинного мозга образовано совокупностью продольно ориентированных нервных волокон, идущих в восходящем или нисходящем направлении. Белое вещество окружает со всех сторон серое и разделяется, как уже упомянуто было выше, на три канатика: передний, задний, боковой.

Пучки нервных волокон (совокупность отростков) в канатиках спинного мозга составляют проводящие пути спинного мозга. Различают три системы пучков:

– короткие пучки ассоциативных волокон связывают сегменты спинного мозга, расположенные на различных уровнях;

- восходящие (афферентные, чувствительные) пути направляются к центрам головного мозга;
- нисходящие (эфферентные, двигательные) пути идут от головного мозга к клеткам передних рогов спинного мозга.

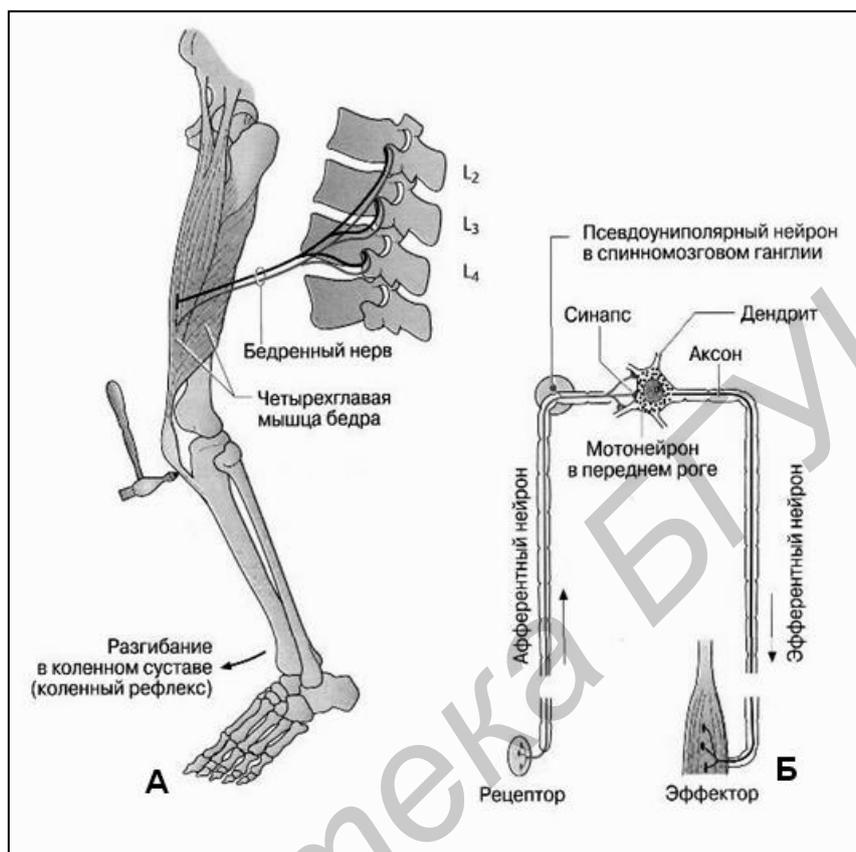


Рис. 8.2. Моносинаптический рефлекс на растяжение:  
 А – коленный рефлекс, Б – компоненты рефлекторной дуги

**Чувствительные (восходящие) пути.** Спинной мозг проводит четыре вида чувствительности: *тактильную* (чувство прикосновения и давления), *температурную*, *болевую* и *проприоцептивную* (от рецепторов мышц и сухожилий, так называемое суставно-мышечное чувство, чувство положения и движения тела и конечностей).

Основная масса восходящих путей проводит проприоцептивную чувствительность. Это говорит о важности контроля движений так называемой обратной связи для двигательной функции организма. Пути проприоцептивной чувствительности направляются к коре полушарий большого мозга и в мозжечок, который участвует в координации движений.

Благодаря поступлению импульсов от проприоцепторов мозжечок участвует в автоматической рефлекторной координации движений. Особенно отчетливо это проявляется при внезапных нарушениях равновесия во время ходьбы, когда в ответ на изменение положения тела возникает целый комплекс произвольных движений, направленный на поддержание равновесия.

Импульсы болевой и температурной чувствительности проводит латеральный (боковой) спинно-таламический путь. Первым нейроном этого пути являются чувствительные клетки спинномозговых узлов. Их центральные отростки (аксоны) в составе задних корешков вступают в спинной мозг, направляясь к заднему рогу, где находятся вторые нейроны. В результате того, что волокна по пути перекрещиваются, импульсы от левой половины туловища и конечностей передаются в правое полушарие, а от правой половины – в левое.

Тактильную чувствительность (чувство осязания, прикосновения, давления) проводит передний спинно-таламический путь, идущий в составе переднего канатика спинного мозга.

***Двигательные пути представлены двумя группами:***

1. *Передний и боковой пирамидные (кортико-спинальные) пути*, проводящие импульсы от коры к двигательным клеткам спинного мозга, являющиеся путями произвольных (осознанных) движений. Центральный мотонейрон начинается в передней центральной извилине, задних отделах верхней и средней лобных извилин, парацентральной дольке. Оба пирамидных пути являются перекрещенными. Поэтому при одностороннем повреждении головного или спинного мозга возникают двигательные нарушения ниже места повреждения на противоположной стороне тела.

Пирамидные пути – двухнейронные (центральный нейрон – пирамидная клетка коры, периферический нейрон – мотонейрон переднего рога спинного мозга). При повреждении тела или аксона центрального нейрона наступает центральный (спастический) паралич, а при повреждении тела или аксона периферического нейрона – периферический (вялый) паралич.

2. *Экстрапирамидные двигательные пути*. К ним относятся:

– красноядерно-спинномозговой (руброспинальный) путь – идет в составе боковых канатиков от клеток красного ядра среднего мозга к передним рогам спинного мозга, несет импульсы подсознательного управления движениями и тонусом скелетных мышц;

– текто-спинальный (покрышечно-спинальный) путь – идет в переднем канатике, связывает верхние холмики покрышки среднего мозга (подкорковые центры зрения) и нижние холмики (центры слуха) с двигательными ядрами передних рогов спинного мозга, функция его заключается в обеспечении координированных движений глаз, головы и верхних конечностей на неожиданные световые и звуковые воздействия;

– вестибуло-спинальный (преддверно-спинальный) путь – направляется от преддверных (вестибулярных) ядер (8-й пары черепных нервов) к двигательным клеткам передних рогов спинного мозга, оказывает возбуждающее влияние на двигательные ядра мышц-разгибателей (антигравитационная мускулатура), причем преимущественно на осевые мышцы (мышцы позвоночного столба) и на мышцы поясов верхних и нижних конечностей. На сгибательную мускулатуру вестибуло-спинальный тракт оказывает тормозящее влияние.

**Оболочки спинного мозга**

Спинной мозг окружен тремя оболочками. Снаружи располагается твер-

дая мозговая оболочка. Между этой оболочкой и надкостницей позвоночного канала находится эпидуральное пространство. Кнутри от твердой мозговой оболочки имеется паутинная оболочка, отделенная от твердой мозговой оболочки субдуральным пространством. Непосредственно к спинному мозгу прилежит внутренняя мягкая мозговая оболочка. Между паутинной и внутренней мозговой оболочками располагается подпаутинное (субарахноидальное) пространство, заполненное спинномозговой жидкостью.

Твердая оболочка спинного мозга представляет собой слепой мешок, внутри которого находятся спинной мозг, передние и задние корешки спинномозговых нервов и остальные мозговые оболочки. Твердая мозговая оболочка плотная, образована волокнистой соединительной тканью, содержит значительное количество эластических волокон. Вверху твердая оболочка спинного мозга прочно срастается с краями большого затылочного отверстия и переходит в твердую оболочку головного мозга. Наружная поверхность твердой мозговой оболочки отделена от надкостницы эпидуральным пространством. Оно заполнено жировой клетчаткой и содержит внутреннее позвоночное венозное сплетение. Внутренняя поверхность твердой оболочки спинного мозга отделена от паутинной оболочки щелевидным субдуральным пространством. Оно заполнено большим количеством тонких соединительнотканых пучков. Субдуральное пространство спинного мозга вверху сообщается с одноименным пространством головного мозга, внизу слепо заканчивается на уровне второго крестцового позвонка. Ниже этого уровня пучки фиброзных волокон твердой мозговой оболочки продолжают в терминальную нить.

Паутинная оболочка спинного мозга представлена тонкой полупрозрачной соединительнотканной пластинкой, расположенной кнутри от твердой оболочки. Твердая и паутинная оболочки срастаются между собой только возле межпозвоночных отверстий.

Мягкая (сосудистая) оболочка спинного мозга плотно прилежит в поверхности спинного мозга. Между паутинной и мягкой мозговыми оболочками находится подпаутинное или субарахноидальное пространство. В нем содержится 120–140 мл спинномозговой жидкости. В верхних отделах это пространство продолжается в подпаутинное пространство головного мозга. В нижних отделах подпаутинное пространство спинного мозга содержит лишь корешки спинномозговых нервов.

### **Кровоснабжение спинного мозга**

Спинной мозг кровоснабжается продольно идущими передней и двумя задними спинномозговыми артериями. Передняя спинномозговая артерия образуется при соединении спинномозговых ветвей правой и левой позвоночных артерий и идет вдоль передней продольной щели спинного мозга. Задняя спинномозговая артерия, парная, прилежит к задней поверхности спинного мозга возле вхождения в него заднего корешка спинномозгового нерва. Эти артерии продолжают на протяжении всего спинного мозга. Они соединяются со спинномозговыми ветвями глубокой шейной артерии, задних межреберных, поясничных и латеральных крестцовых артерий, проникающими в позвоночный ка-

нал через межпозвоночные отверстия. Вены спинного мозга впадают во внутреннее позвоночное венозное сплетение.

### 8.1.2. Головной мозг

**Головной мозг** – высший отдел центральной нервной системы позвоночных животных и человека, расположенный в полости черепа, является материальным субстратом высшей нервной деятельности. Наряду с эндокринной системой регулирует все жизненно важные функции организма. Функции головного мозга и внутренние механизмы его интегративной деятельности до конца не выяснены.

Наивысшего развития головной мозг достиг у человека. Масса мозга у новорожденного около 350–400 г. При этом у новорожденного больше развиты филогенетически более старые отделы мозга. До 5 лет масса мозга быстро увеличивается, в 6-летнем возрасте составляет 85–90 % окончательной массы, затем до 24–25 лет медленно возрастает, после чего рост мозга заканчивается и его масса составляет 1100–2000 г.

Абсолютная и относительная масса мозга не является надежным критерием степени развития организма. По относительной массе мозга по сравнению с массой тела многие млекопитающие (ряд низших обезьян, грызунов, птиц и др.) превосходят человека. Советский антрополог Я. Я. Рогинский предложил оригинальный «квадратный указатель мозга» – произведение абсолютной массы мозга на относительную. Приведенный указатель отражает уровень «церебрализации», т. е. «величину массы мозга при исключенном влиянии массы тела на массу мозга». По данным автора, эта величина составляет у насекомых 0,06; грызунов 0,19; копытных и хищных 1,14; гиббонов 2,51; ластоногих 2,81; китообразных 6,25; человекообразных обезьян 7,35; слонов 9,82; человека 32,0. Сравнительный анализ «квадратного указателя мозга» позволяет говорить «о связи интеллекта с деятельностью анализирующей конечности (цепкого хвоста, хобота, руки) у животных с большой массой мозга, уже не говоря про человека» (Я. Я. Рогинский, 1972).

Изучение головного мозга человека наносит удар по некоторым стереотипам. Абсолютная масса мозга не позволяет судить об интеллекте человека, что отражают следующие любопытные цифры: масса мозга Тургенева составляла 2012 г, Кромвеля – 2000 г, Байрона – 2238 г, Шиллера – 1871 г, Теккерея – 1644 г, врача Деллингера – 1207 г, писателя и мыслителя Анатоля Франца – 1017 г.

Русский анатом Д. И. Зернов, изучив изменчивость строения головного мозга, борозд полушарий большого мозга, еще в конце XIX в. доказал несостоятельность теории итальянского психиатра и криминалиста Ломброзо о существовании якобы особого биологического типа человека, предрасположенного к преступлениям. Д. И. Зернов показал, что расположение борозд принципиально тождественно у всех людей. Не обнаружено также национальных отличий в расположении борозд и извилин. Современные исследования не выявили при-

знаков превосходства какой-либо расы в зависимости от рельефа коры большого мозга. Отсутствуют также национальные или расовые различия в цито- и миелоархитектонике коры большого мозга, ее толщине, строении нейронов, строении других отделов мозга.

Отличительными признаками строения головного мозга человека от животных являются:

1. Преобладание массы головного мозга над спинным. Например, у кошки головной мозг в 4 раза тяжелее спинного, у макака – в 8 раз, а у человека – в 45 раз. Спинной мозг составляет у млекопитающих 22–48 % массы головного мозга, у гориллы 5–6 %, у человека – только 2 %.

2. Масса мозга. У крупных животных мозг тяжелее, чем у человека – 1500 г, у дельфина – 1800 г, у слона – 5200 г, у кита – 7000 г, но квадратный показатель мозга, т. е. произведение абсолютной массы мозга на относительную, позволил выделить человека из всего животного мира.

3. Преобладание плаща над мозговым стволом, т. е. нового мозга над древним.

4. Наивысшее развитие лобной доли большого мозга. На лобные доли приходится у низших обезьян 8–12 % всей поверхности полушарий, у антропидных обезьян – 16 %, у человека – 30 %.

5. Преобладание коры над подкоркой, которое у человека достигает максимальных цифр: кора составляет 53,7 % всего объема мозга, а базальные ядра – только 3,7 %.

6. Борозды и извилины увеличивают площадь коры серого вещества, поэтому, чем больше развита кора полушарий большого мозга, тем больше и складчатость мозга. Увеличение складчатости достигается большим развитием мелких борозд третьей категории, глубиной борозд и их асимметричным расположением. Ни у одного животного нет одновременно такого большого числа борозд и извилин, при этом столь глубоких и асимметричных, как у человека.

7. Наличие второй сигнальной системы, анатомическим субстратом которой являются самые поверхностные слои мозговой коры.

Таким образом, специфическими чертами строения мозга человека, отличающими его от мозга самых высокоразвитых животных, является максимальное преобладание молодых частей центральной нервной системы над старыми: головного мозга над спинным, плаща над стволом, новой коры над старой, поверхностных слоев мозговой коры над глубокими.

С физиологической точки зрения головной мозг состоит из нервных клеток и структур, обеспечивающих их жизнедеятельность и защиту. Нервные клетки управляют работой всего организма человека. Для этого они должны хорошо и постоянно питаться, поэтому клетки головного мозга потребляют много кислорода и глюкозы, которая является основным источником энергии для них.

Вес головного мозга взрослого человека в среднем равен одной пятидесятой части от общего веса тела. При этом мозг человека потребляет одну пятую часть циркулирующей крови (т. е. одну пятую кислорода), одну пятую часть

поступающей в организм глюкозы. Для обеспечения таких значительных потребностей головного мозга, природа снабдила его густой сетью кровеносных сосудов, обеспечивающей высокий кровоток. За 1 минуту через головной мозг проходит до 1 литра крови, что составляет 20 % всего кровотока. Поэтому, даже кратковременное нарушение кровотока головного мозга (пусть даже какой-то его части) сразу заставляет «голодать» клетки мозга. После 5 минут абсолютного голода нервные клетки мозга безвозвратно отмирают.

### **Строение головного мозга**

Головной мозг состоит из больших полушарий, ствола головного мозга и мозжечка. Ствол мозга – филогенетически самая древняя часть головного мозга включает продолговатый мозг, мост, средний и промежуточный мозг. Именно отсюда выходят черепные нервы (рис. 8.3).

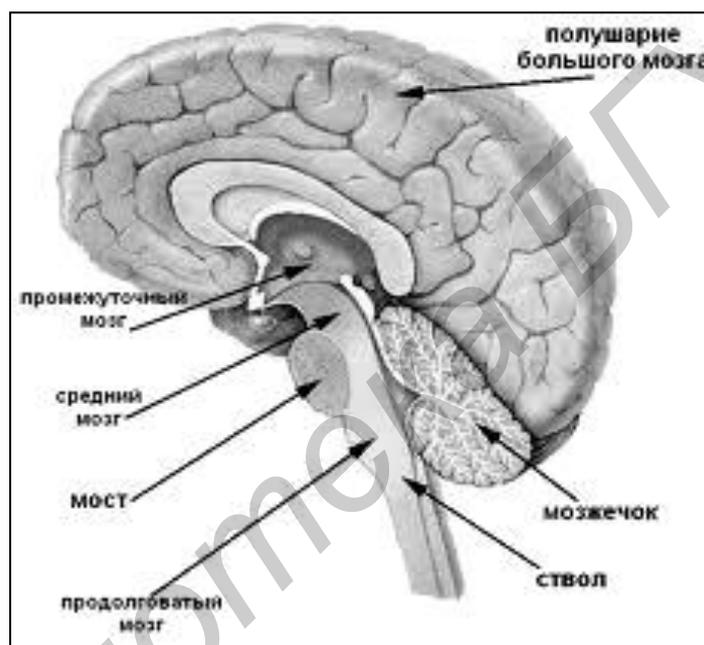


Рис. 8.3. Отделы головного мозга

Самая развитая, крупная и функционально значимая часть мозга – это полушария большого мозга. Отделы полушарий, образующие плащ, наиболее новые в филогенетическом отношении. В соответствии с источником эмбриогенеза в головном мозге выделяют пять отделов, развивающихся из пяти мозговых пузырей: конечный мозг, промежуточный мозг, средний мозг, задний мозг, продолговатый мозг, который на уровне большого затылочного отверстия переходит в следующий за головным мозгом отдел центральной нервной системы – спинной мозг.

### **Конечный мозг или большой мозг**

Конечный мозг представляет собой самую развитую и в филогенетическом отношении новую часть головного мозга, непосредственно связанную с наиболее сложными проявлениями психической и интеллектуальной деятельности человека.

Конечный мозг состоит из двух полушарий большого мозга, соединенных между собой мозолистым телом, передней и задней спайками, а также спайкой свода. Полости конечного мозга образуют правый и левый боковые желудочки, каждый из которых находится в соответствующем полушарии. Медиальную стенку бокового желудочка в ростральном отделе образует прозрачная перегородка.

Полушария большого мозга сверху покрыты корой мозга – слоем серого вещества, образованного нейронами более пятидесяти разновидностей. Под корой мозга в больших полушариях находится белое вещество, состоящее из миелинизированных волокон, большая часть которых соединяет кору больших полушарий с другими отделами и центрами головного мозга. В толще белого вещества полушарий находятся скопления серого вещества – базальные ганглии (подкорковые ядерные центры). Слой белого вещества, называемый внутренней капсулой, ограничивает полушария от таламусов промежуточного мозга.

Правое и левое полушария отделены друг от друга глубокой продольной щелью большого мозга, достигающей большой спайки мозга, или мозолистого тела. В задних отделах продольная щель впадает в поперечную щель большого мозга, которая отделяет полушария от мозжечка.

Кора большого мозга покрывает поверхность полушарий и образует большое количество различных по глубине и протяженности борозд. Глубокие борозды разделяют каждое из полушарий на доли большого мозга. Мелкие борозды отделяют друг от друга извилины большого мозга.

В каждом полушарии различают следующие поверхности:

1) верхнелатеральную поверхность – выпуклую, примыкающую к внутренней поверхности костей свода черепа;

2) нижнюю поверхность – передние и средние отделы, которой располагаются на внутренней поверхности основания черепа, в области передней и средней черепных ямок, а задние – на намёте мозжечка;

3) медиальную поверхность – направленную к продольной щели мозга.

Эти три поверхности каждого полушария, переходя одна в другую, образуют три края. Верхний край разделяет верхнелатеральную и медиальную поверхности. Нижнелатеральный край отделяет верхнелатеральную поверхность от нижней. Нижнемедиальный край располагается между нижней и медиальной поверхностями.

В каждом полушарии различают наиболее выступающие места: спереди – лобный полюс, сзади – затылочный, и сбоку – височный.

### ***Верхнелатеральная поверхность полушарий большого мозга***

Полушарие разделено на пять долей. Четыре из них примыкают к соответствующим костям свода черепа: лобная доля, теменная доля, затылочная доля, височная доля, островковая доля – заложена в глубине латеральной ямки большого мозга, отделяющей лобную долю от височной (рис. 8.4).



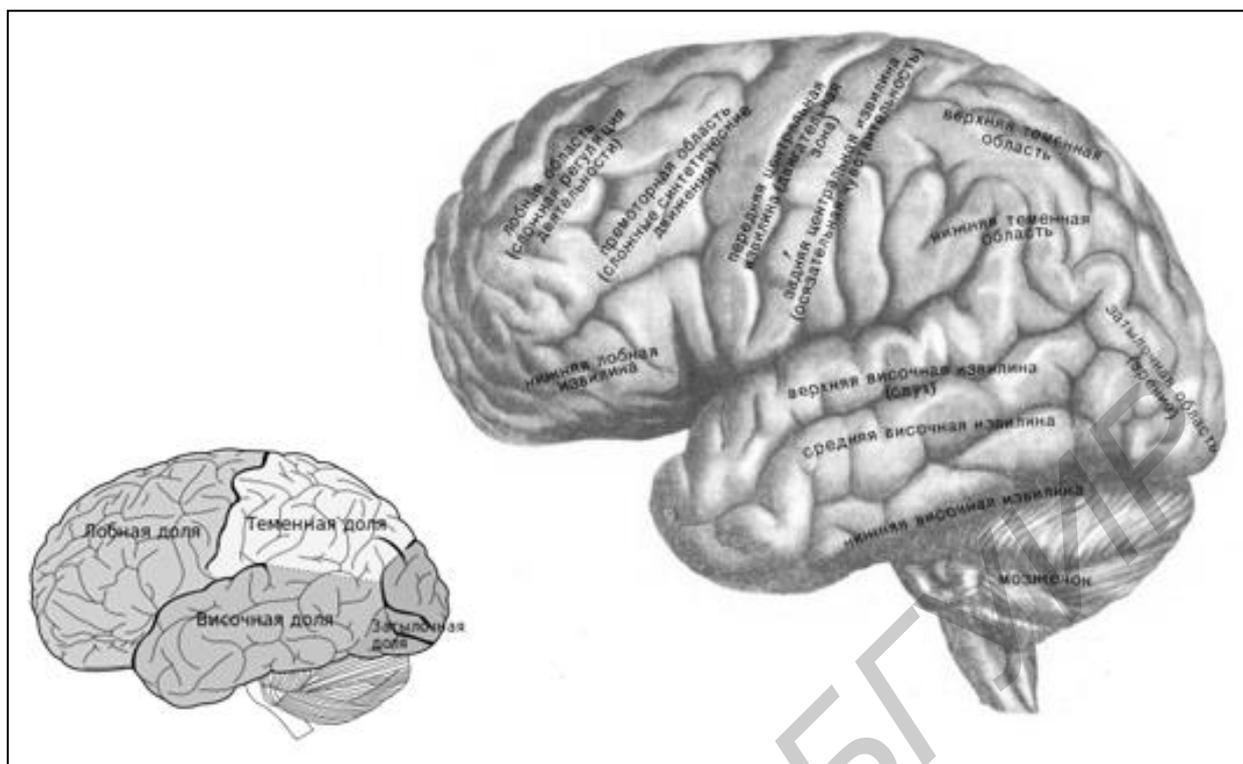


Рис. 8.4. Схема расположения долей и извилин латеральной поверхности головного мозга

Лобную долю от теменной отделяет глубокая центральная борозда. Параллельно центральной борозде располагается предцентральная борозда, которая окаймляет спереди предцентральную извилину. От предцентральной борозды более или менее горизонтально проходят вперед верхняя и нижняя лобные борозды, разделяющие верхнюю, среднюю и нижнюю лобные извилины.

Теменная доля залегает кзади от центральной борозды, которая отделяет ее от лобной доли. От височной доли теменная доля отграничена латеральной бороздой мозга, от затылочной доли – частью теменно-затылочной борозды, горизонтальная внутритеменная борозда разделяет верхнюю и нижнюю теменные доли.

Затылочная доля разделяется на несколько извилин бороздами, из которых наиболее постоянной является поперечная затылочная борозда.

Височная доля отделена латеральной бороздой от лобной и теменной. Две борозды, расположенные на верхнелатеральной поверхности, верхняя и нижняя височные борозды разделяют долю на три височные извилины: верхнюю, среднюю и нижнюю.

Островковая доля располагается в глубине латеральной борозды. Глубокая круговая борозда островка отделяет ее от других отделов полушария.

Со стороны нижней поверхности мозга (рис. 8.5) видна не только нижняя сторона полушарий большого мозга и мозжечка, но и вся нижняя поверхность мозгового ствола, а также отходящие от мозга нервы. Большую часть основания мозга занимают лобные (спереди) и височные (по бокам) доли полушарий, мост, продолговатый мозг и мозжечок (сзади).

Передний отдел нижней поверхности головного мозга представлен лобными долями полушарий. На нижней поверхности лобных долей находятся обонятельные луковицы, которые переходят в обонятельные тракты, обонятельные треугольники к переднему продырявленному веществу, названному так по причине наличия здесь маленьких дырочек, через которые проходят в мозговое вещество сосуды. Посередине между обоими передними продырявленными пространствами лежит зрительный перекрест, имеющий форму буквы «Х». Сзади зрительного перекрестка помещается серый бугор, верхушка его вытянута в узкую трубку, так называемую воронку, к которой подвешен расположенный в турецком седле гипофиз. Позади серого бугра находятся два шарообразных, белого цвета возвышения – сосцевидные тела. Позади ножек мозга находится толстый поперечный вал – мост, который, суживаясь с боков, погружается в мозжечок. Боковые части моста, ближайшие к мозжечку, носят название средних ножек мозжечка. Позади моста лежит продолговатый мозг.

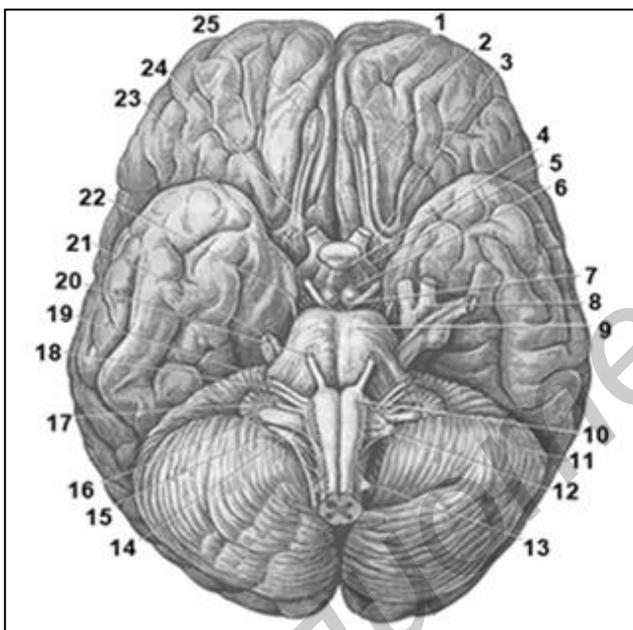


Рис. 8.5. Основание головного мозга  
 1 – обонятельные луковицы; 2 – обонятельный тракт; 3 – переднее продырявленное вещество; 4 – серый бугор; 5 – зрительный тракт; 6 – сосцевидное тело; 7 – заднее продырявленное вещество; 8 – тройничный (гассеров) узел; 9 – варолиев мост; 10 – пирамида продолговатого мозга; 11 – мозжечок; 12 – подъязычный нерв; 13 – спинномозговые нервы; 14 – олива; 15 – добавочный нерв; 16 – блуждающий нерв; 17 – языкоглоточный нерв; 18 – преддверно-улитковый нерв; 19 – лицевой нерв; 20 – отводящий нерв; 21 – тройничный нерв; 22 – блоковый нерв; 23 – глазодвигательный нерв; 24 – зрительный нерв; 25 – обонятельные нервы

### Строение коры большого мозга

Кора полушарий головного мозга представлена слоем серого вещества толщиной в среднем около 3 мм (1,3–4,5 мм). Наиболее сильно развита она в передней центральной извилине. Обилие борозд и извилин значительно увеличивает площадь серого вещества головного мозга. В коре содержится около 10–14 млрд нервных клеток. Различные её участки, отличающиеся друг от друга особенностями расположения и строения клеток, расположения волокон и функциональным значением, называются полями. Они представляют собой места высшего анализа и синтеза нервных импульсов. Резко очерченные границы между ними отсутствуют. Для коры характерно расположение клеток и волокон слоями (рис. 8.6).

Типичным для новой коры является наличие шести слоёв, различающихся

ся между собой главным образом по форме входящих в них нервных клеток. Древняя кора представлена гиппокампом, а старая – участком коры возле обонятельной луковицы на нижней поверхности лобной доли. Мультиполярные нейроны коры головного мозга весьма разнообразны по форме. Среди них можно выделить: пирамидные, звёздчатые, веретенообразные, паукообразные, горизонтальные. Нейроны коры расположены нерезко отграниченными слоями. В двигательной зоне коры различают 6 основных слоёв: молекулярный, наружный зернистый, слой пирамидальных нейронов, внутренний зернистый, ганглионарный, слой мультиформных (полиморфных) клеток.

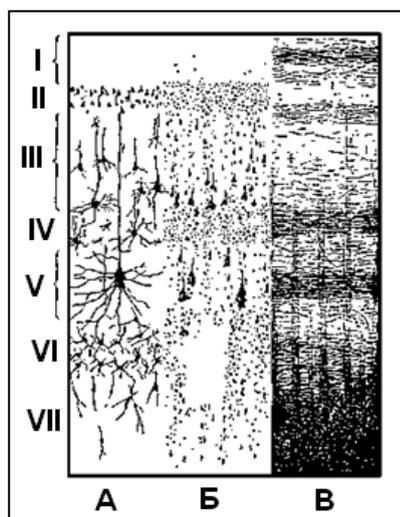


Рис. 8.6. Схема строения коры головного мозга человека: I – зональный слой; II – наружный зернистый слой; III – пирамидный слой; IV – внутренний зернистый слой; V – ганглионарный слой; VI – слой треугольных клеток; VII – слой веретеновидных клеток; А – нейронное строение; Б – цитоархитектоника; В – волоконная структура

Пирамидные нейроны составляют основную и наиболее специфическую для коры головного мозга форму (80–90 % всех нейронов). Размеры их варьируют от 10 до 140 мкм. Они имеют вытянутое треугольное тело, вершина которого обращена к поверхности коры. От вершины и боковых поверхностей тела отходят дендриты, заканчивающиеся в различных слоях серого вещества. От основания пирамидных клеток берут начало аксоны, в одних клетках короткие, образующие ветвления в пределах данного участка коры, в других – длинные, поступающие в белое вещество.

Пирамидные клетки различных слоёв коры отличаются размерами и имеют разное функциональное значение. Мелкие клетки представляют собой вставочные нейроны, аксоны которых связывают отдельные участки коры одного полушария (ассоциативные нейроны) или двух полушарий (комиссуральные нейроны). Эти клетки встречаются в разных количествах во всех слоях коры. Особенно богата ими кора головного мозга человека. Аксоны крупных пирамидных нейронов принимают участие в образовании пирамидных путей, проецирующих импульсы в соответствующие центры мозгового ствола и спинного мозга.

Ганглионарный слой образован крупными пирамидными клетками, причём область прецентральной извилины содержит гигантские клетки, описанные впервые киевским анатомом В. А. Бецем в 1874 году (клетки Беца). Они достигают в высоту 120 мкм и в ширину 80 мкм. Их аксоны образуют главную часть

кортико-спинальных и кортико-нуклеарных путей и оканчиваются на мотонейронах мозгового ствола и спинного мозга.

Кора полушарий головного мозга также содержит мощный нейроглиальный аппарат, выполняющий трофическую, защитную, опорную и разграничительную функции.

Среди нервных волокон коры полушарий головного мозга можно выделить: ассоциативные волокна – связывают отдельные участки коры одного полушария, комиссуральные волокна – соединяют кору двух полушарий; проекционные волокна – соединяют кору с ядрами низших отделов центральной нервной системы.

Кора различных отделов характеризуется преимущественным развитием тех или иных слоёв. В двигательных центрах коры, например, в передней центральной извилине, сильно развиты III, V, VI и плохо выражены II и IV слои – это агранулярный тип коры. Из этих областей берут начало нисходящие проводящие пути центральной нервной системы. В чувствительных корковых центрах – гранулярный тип коры, где заканчиваются афферентные проводники, идущие от органов обоняния, слуха и зрения, слабо развиты слои, содержащие крупные и средние пирамидные клетки, тогда как зернистые слои (II и IV) достигают своего максимального развития.

#### **Локализация функций в коре полушарий большого мозга**

В коре большого мозга происходит анализ всех раздражений, которые поступают из окружающей внешней и внутренней среды. Наибольшее число афферентных импульсов поступает к клеткам 3-го и 4-го слоев коры большого мозга. В коре большого мозга располагаются центры, регулирующие выполнение определенных функций. И. П. Павлов рассматривал кору большого мозга как совокупность корковых концов анализаторов. Под термином «анализатор» понимается сложный комплекс анатомических структур, который состоит из периферического рецепторного (воспринимающего) аппарата, проводников нервных импульсов и центра. В процессе эволюции происходит локализация функций в коре большого мозга. Корковый конец анализаторов – это не какая-либо строго очерченная зона. В коре большого мозга различают «ядро» сенсорной системы и «рассеянные элементы». Ядро – это участок расположения наибольшего количества нейронов коры, в которых точно проецируются все структуры периферического рецептора. Рассеянные элементы расположены вблизи ядра и на различном расстоянии от него. Если в ядре осуществляется высший анализ и синтез, то в рассеянных элементах – более простой. При этом зоны «рассеянных элементов» различных анализаторов не имеют четких границ и наслаиваются друг на друга.

**Функциональная характеристика корковых зон лобной доли.** В области предцентральной извилины лобной доли находится корковое ядро двигательного анализатора. Эту область еще называют сенсомоторной корой. Сюда приходит часть афферентных волокон от таламуса, несущих проприоцептивную информацию от мышц и суставов тела (рис. 8.7). Здесь также начинаются нисходящие пути к стволу мозга и спинному мозгу, обеспечивающие возмож-

ность сознательной регуляции движений (пирамидные пути). Поражение этой области коры приводит к параличу противоположной половины тела.

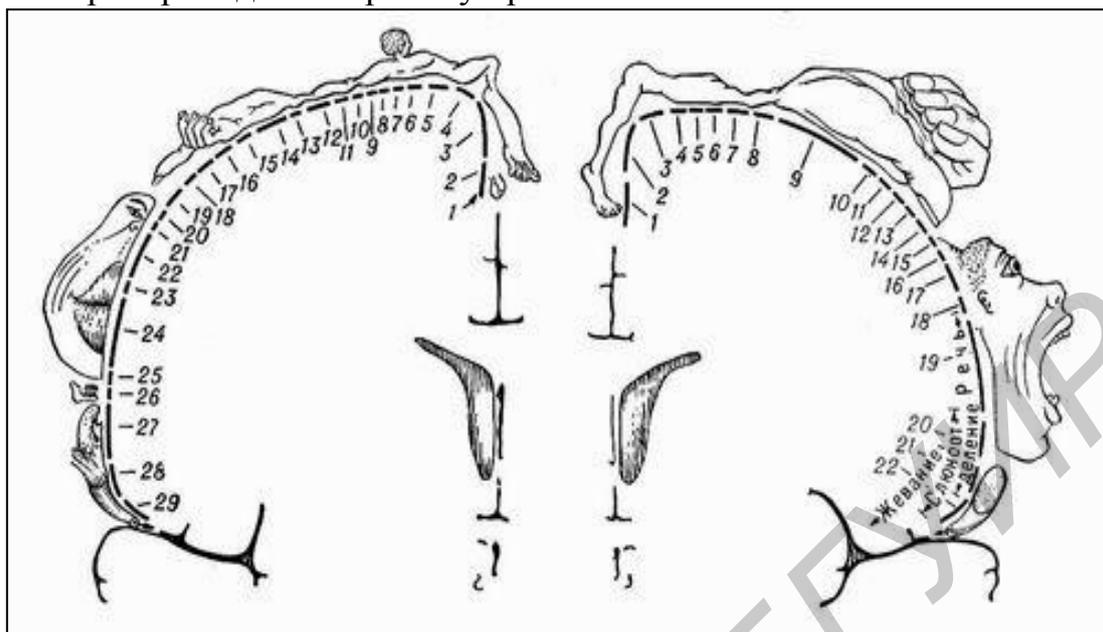


Рис. 8.7. Соматотопическое распределение в предцентральной извилине

В задней трети средней лобной извилины лежит центр письма. Эта зона коры дает проекции к ядрам глазодвигательных черепных нервов, а также с помощью корково-корковых связей сообщается с центром зрения в затылочной доле и центром управления мышцами рук и шеи в предцентральной извилине. Поражение этого центра приводит к нарушениям навыков письма под контролем зрения (аграфия).

В зоне нижней лобной извилины располагается речедвигательный центр (центр Брока). Он обладает ярко выраженной функциональной асимметрией. При его разрушении в правом полушарии теряется способность регулировать тембр и интонации, речь становится монотонной. При разрушении речедвигательного центра слева необратимо нарушается речевая артикуляция вплоть до потери способности к членораздельной речи (афазия) и пению (амузия). При частичных нарушениях может наблюдаться аграмматизм – неспособность правильно строить фразы.

В области передней и средней трети верхней, средней и частично нижней лобных извилин находится обширная передняя ассоциативная зона коры, осуществляющая программирование сложных форм поведения (планирование разных форм деятельности, принятие решений, анализ полученных результатов, волевое подкрепление деятельности, коррекция мотивационной иерархии).

Область лобного полюса и медиальной лобной извилины приурочена к регуляции активности эмоциогенных областей мозга, входящих в лимбическую систему, и имеет отношение к контролю над психо-эмоциональными состояниями. Нарушения в этой области мозга могут привести к изменениям того, что принято называть «структурой личности» и отразиться на характере человека,

его ценностных ориентациях, интеллектуальной деятельности.

Орбитальная область содержит центры обонятельного анализатора и тесно связана в анатомическом и функциональном плане с лимбической системой мозга.

**Функциональная характеристика корковых зон теменной доли.** В постцентральной извилине и верхней теменной дольке располагается корковый центр анализатора общей чувствительности (болевой, температурной и тактильной), или соматосенсорная кора. Представительство различных участков тела в ней, как и в предцентральной извилине, построено по соматотопическому принципу. Этот принцип предполагает, что части тела проецируются на поверхность борозды в тех топографических отношениях, которые они имеют в теле человека. Однако представительство разных частей тела в коре мозга существенно различается. Наибольшее представительство имеют те области (кисть руки, голова, особенно язык и губы), которые связаны со сложными движениями типа письма, речи и т. п. Нарушения коры в этой области приводят к частичной или полной анестезии (потере чувствительности).

Поражения коры в области верхней теменной дольки приводят к снижению болевой чувствительности и нарушению стереогноза – узнавания предметов на ощупь без помощи зрения.

В нижней теменной дольке в области надкраевой извилины располагается центр праксии, регулирующий способность осуществлять сложнокоординированные, составляющие основу трудовых процессов действия, которые требуют специального обучения. Отсюда также берет начало значительное число нисходящих волокон, следующих в составе путей, управляющих сознательными движениями (пирамидные пути). Эта область теменной коры с помощью корково-корковых связей тесно взаимодействует с корой лобной доли и со всеми сенсорными зонами задней половины мозга.

В угловой извилине теменной доли располагается зрительный (оптический) центр речи. Его повреждение приводит к невозможности понимать читаемый текст (алексия).

**Функциональная характеристика корковых зон затылочной доли.** В области шпорной борозды находится корковый центр зрительного анализатора. Его повреждение приводит к слепоте. При нарушениях в соседних со шпорной бороздой участках коры в области затылочного полюса на медиальной и латеральной поверхностях доли может наступить потеря зрительной памяти, способности ориентироваться в незнакомой обстановке, нарушаются функции, связанные с бинокулярным зрением (способность с помощью зрения оценивать форму предметов, расстояние до них, правильно соразмерять в пространстве движения под контролем зрения и т. д.).

**Функциональная характеристика корковых зон височной доли.** В области верхней височной извилины в глубине боковой борозды, находится корковый центр слухового анализатора. Его повреждение приводит к глухоте.

В задней трети верхней височной извилины лежит слуховой центр речи (центр Вернике). Травмы в этой области приводят к неспособности понимать

устную речь: она воспринимается как шум (сенсорная афазия).

В области средней и нижней височных извилин находится корковое представительство вестибулярного анализатора. Повреждения этой области приводят к нарушениям равновесия при стоянии и снижению чувствительности вестибулярного аппарата.

**Функциональная характеристика корковых зон островковой доли.**

Сведения, касающиеся функций островковой доли, противоречивы и недостаточны. Есть данные, что кора передней части островка имеет отношение к анализу обонятельных и вкусовых ощущений, а задней части – к обработке соматосенсорной информации и слуховому восприятию речи.

**Функциональная характеристика лимбической системы.**

*Лимбическая система* – совокупность ряда структур головного мозга, включает поясную извилину, перешеек, зубчатую и парагиппокампальную извилины и др. Участвует в регуляции функций внутренних органов, обоняния, инстинктивного поведения, эмоций, памяти, сна, бодрствования и др.

Поясная и парагиппокампальная извилины имеют непосредственное отношение к лимбической системе мозга (рис. 8.8 и 8.9). Ею контролируется комплекс вегетативных и поведенческих психоэмоциональных реакций на внешне-средовые воздействия. В парагиппокампальной извилине и крючке располагаются корковое представительство вкусового и обонятельного анализаторов. Вместе с тем, гиппокамп играет важную роль в обучении: с ним связаны механизмы кратковременной и долговременной памяти.

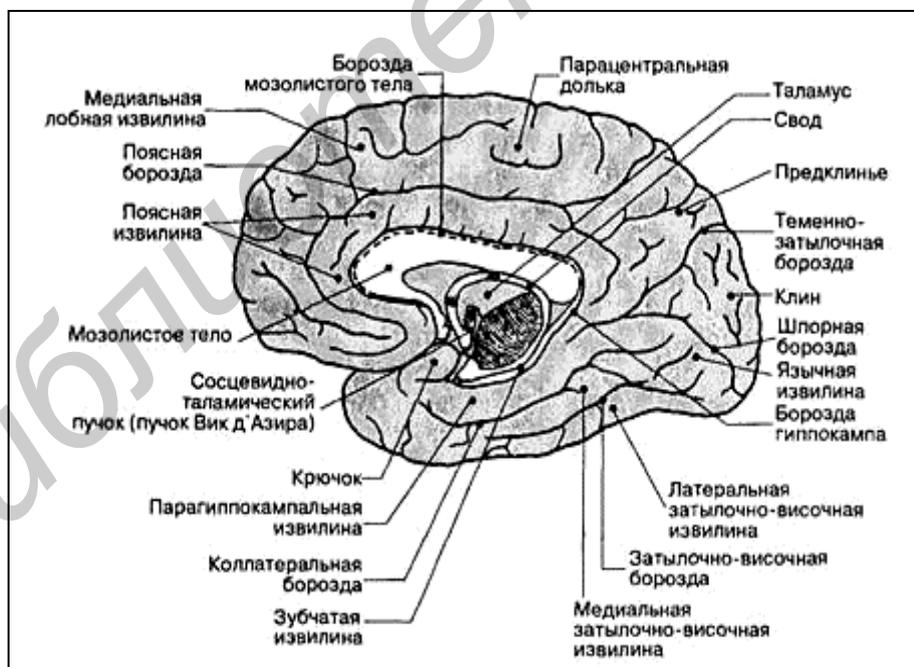


Рис. 8.8. Медиальная поверхность головного мозга

**Базальные (подкорковые центральные) ядра** – скопления серого вещества, образующего отдельно лежащие ядра, которые залегают ближе к основанию мозга. К ним относятся полосатое тело, составляющее у низших позвоноч-

ных преобладающую массу полушарий; ограда и миндалевидное тело (рис. 8.10).

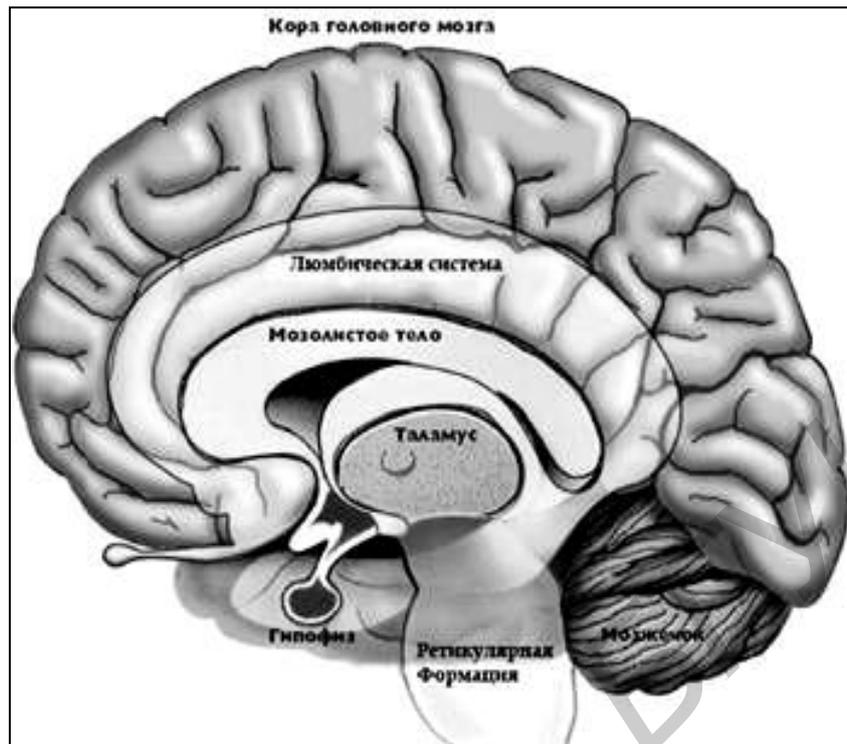


Рис. 8.9. Лимбическая система

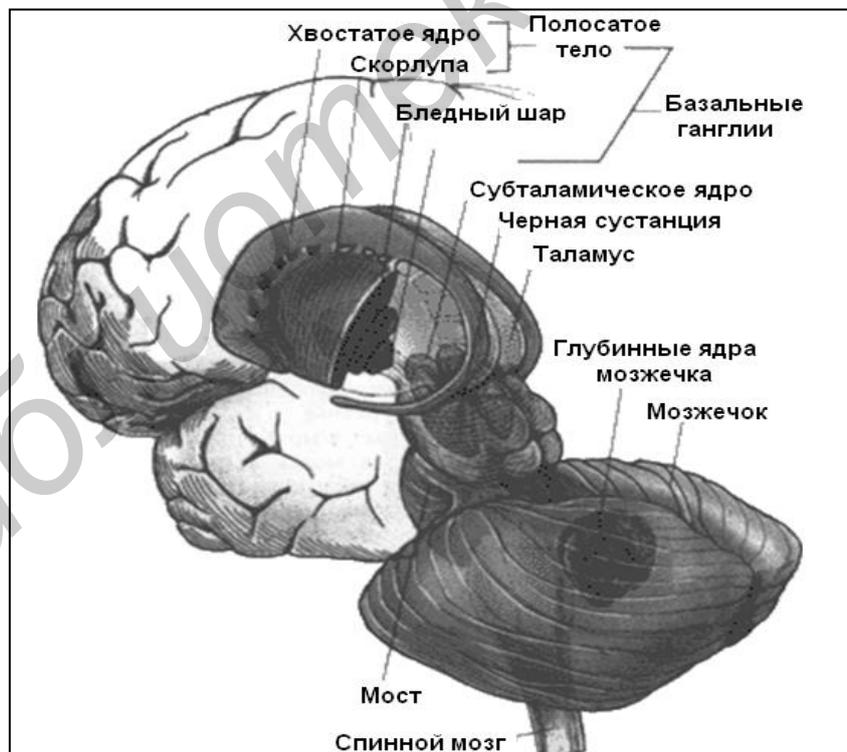


Рис. 8.10. Базальные ганглии

Полосатое тело состоит из хвостатого и чечевицеобразного ядер. Серое вещество хвостатого и чечевицеобразного ядер чередуется с прослойками бело-



го вещества, что и обусловило общее название этой группы подкорковых ядер – полосатое тело.

Хвостатое ядро располагается латеральнее и выше таламуса будучи отделенным от него терминальной полоской. Хвостатое ядро имеет головку, тело и хвост. Чечевицеобразное ядро расположено латеральнее хвостатого. Прослойка белого вещества – внутренняя капсула, отделяет чечевицеобразное ядро от хвостатого и от таламуса. В чечевицеобразном ядре различают бледный шар (медially) и скорлупу (латерально). Наружная капсула (узкая полоска белого вещества) отделяет скорлупу от ограда.

Хвостатое ядро, скорлупа и бледный шар управляют сложнокоординированными автоматизированными движениями организма, контролируют и поддерживают тонус скелетных мышц, а также являются высшим центром регуляции таких вегетативных функций, как теплопродукция и углеводный обмен в мускулатуре тела. При повреждениях скорлупы и бледного шара могут наблюдаться медленные стереотипные движения (атетоз).

Ядра полосатого тела относятся к экстрапирамидной системе, участвующей в управлении движениями, регуляции мышечного тонуса.

Ограда – это вертикальная пластинка серого вещества, нижняя часть которой продолжается в вещество передней продырявленной пластинки на основании мозга. Ограда расположена в белом веществе полушария латеральнее чечевицеобразного ядра и имеет многочисленные связи с корой больших полушарий.

Миндалевидное тело залегает в белом веществе височной доли полушария, на 1,5–2 см кзади от ее височного полюса, посредством ядер имеет связи с корой большого мозга, со структурами обонятельной системы, с гипоталамусом и ядрами ствола мозга, контролирующими вегетативные функции организма. Его разрушение приводит к агрессивному поведению или апатичному, вялому состоянию. Благодаря своим связям с гипоталамусом миндалевидное тело влияет на эндокринную систему, а также на репродуктивное поведение.

К белому веществу полушария относятся внутренняя капсула и волокна, проходящие через спайки мозга (мозолистое тело, передняя спайка, спайка свода) и направляющиеся к коре и базальным ядрам, свод, а также системы волокон, соединяющих участки коры и подкорковые центры в пределах одной половины мозга (полушария).

***I и II боковые желудочки.*** Полостями полушарий большого мозга являются боковые желудочки (I и II), расположенные в толще белого вещества под мозолистым телом. Каждый желудочек состоит из четырех частей: передний рог залегает в лобной, центральная часть – в теменной, задний рог – в затылочной и нижний рог – в височной доле (рис. 8.11).

Передние рога обоих желудочков отделены друг от друга двумя пластинками прозрачной перегородки. Центральная часть бокового желудочка изгибается сверху вокруг таламуса, образует дугу и переходит кзади в задний рог, внизу в нижний рог. В центральную часть и нижний рог бокового желудочка вдается сосудистое сплетение, которое через межжелудочковое отверстие соединяется с сосудистым сплетением третьего желудочка.

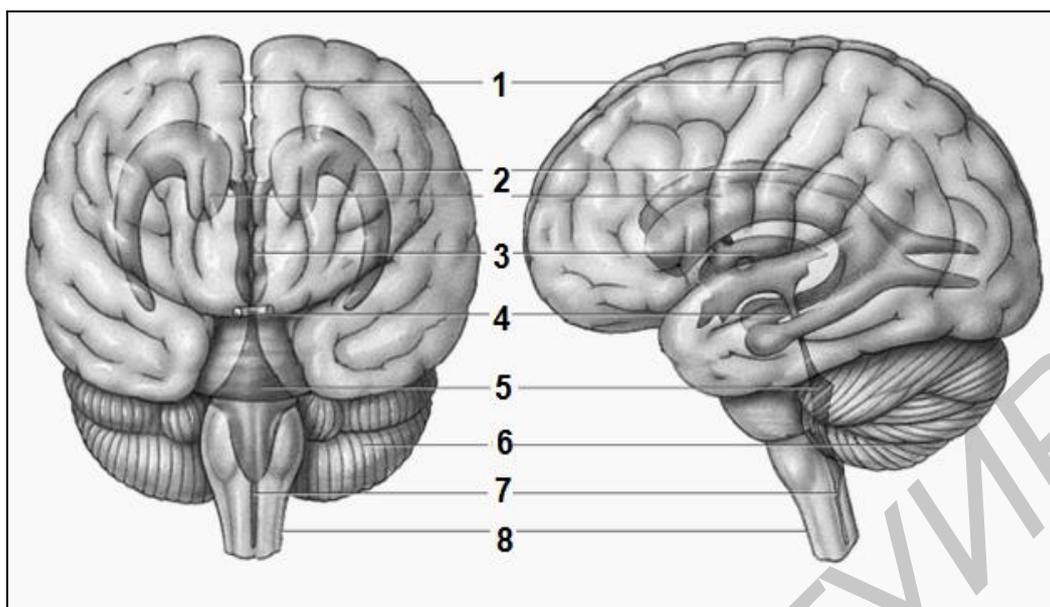


Рис. 8.11. Желудочки мозга:

1 – левое полушарие головного мозга; 2 – боковые желудочки; 3 – третий желудочек; 4 – водопровод среднего мозга; 5 – четвертый желудочек; 6 – мозжечок; 7 – вход в центральный канал спинного мозга; 8 – спинной мозг

Система желудочков включает парные С-образные полости – боковые желудочки с их передними, нижними и задними рогами, простирающимися соответственно в лобные доли, в височные доли и в затылочные доли полушарий головного мозга. Около 70 % всей цереброспинальной жидкости секретируется сосудистым сплетением стенок боковых желудочков.

Из боковых желудочков жидкость проходит через межжелудочковые отверстия в щелевидную полость третьего желудочка, расположенного в сагиттальной плоскости мозга и разделяющего на две симметричные половины таламус и гипоталамус. Полость третьего желудочка соединяется узким каналом – водопроводом среднего мозга (сильвиевым водопроводом) с полостью четвертого желудочка. Четвертый желудочек несколькими каналами (апертурами) сообщается с подпаутинными пространствами головного и спинного мозга.

### **Промежуточный мозг**

Промежуточный мозг расположен под мозолистым телом, состоит из таламуса, эпиталамуса, метаталамуса и гипоталамуса (рис. 8.12, см. рис. 7.2).

**Таламус** (зрительный бугор) парный, яйцевидной формы, образован главным образом серым веществом. Таламус является подкорковым центром всех видов чувствительности. Медиальные поверхности правого и левого таламусов, обращенные друг к другу, образуют боковые стенки полости промежуточного мозга – III желудочка, они соединены между собой межталамическим сращением. Таламус содержит серое вещество, состоящее из скоплений нейронов, которые образуют ядра таламуса. Ядра разделены тонкими прослойками белого вещества. Исследовано около 40 ядер таламуса. Основными ядрами являются передние, медиальные, задние.

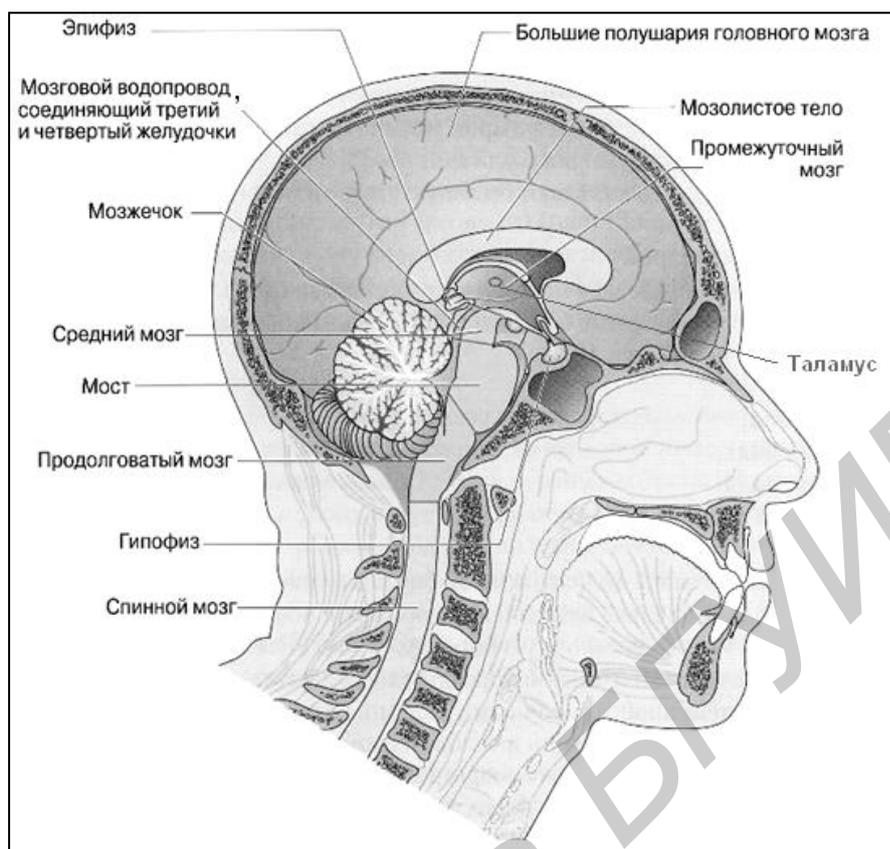


Рис. 8.12. Отделы мозга

**Эпиталамус** включает шишковидное тело, поводки и треугольники поводков. Шишковидное тело или эпифиз, являющийся железой внутренней секреции, как бы подвешен на двух поводках, соединенных между собой спайкой и связанных с таламусом посредством треугольников поводков. В треугольниках поводков заложены ядра, относящиеся к обонятельному анализатору. У взрослого человека средняя длина эпифиза составляет  $\sim 0,64$  см, а масса  $\sim 0,1$  г.

**Метаталамус** образован парными медиальным и латеральным коленчатыми телами, лежащими позади каждого таламуса. Медиальное коленчатое тело находится позади подушки таламуса, оно является наряду с нижними холмиками пластинки крыши среднего мозга (четверохолмия) подкорковым центром слухового анализатора. Латеральное – расположено книзу от подушки, оно вместе с верхними холмиками пластинки крыши является подкорковым центром зрительного анализатора. Ядра коленчатых тел связаны с корковыми центрами зрительного и слухового анализаторов.

**Гипоталамус**, представляющий собой вентральную часть промежуточного мозга, располагается впереди от ножек мозга и включает ряд структур, которые имеют различное происхождение – из конечного мозга образуется расположенная впереди зрительная часть (зрительный перекрест, зрительный тракт, серый бугор, воронка, нейрогипофиз); из промежуточного – обонятельная часть (сосцевидные тела и собственно подталамическая область – подбугорье) (рис. 8.13).

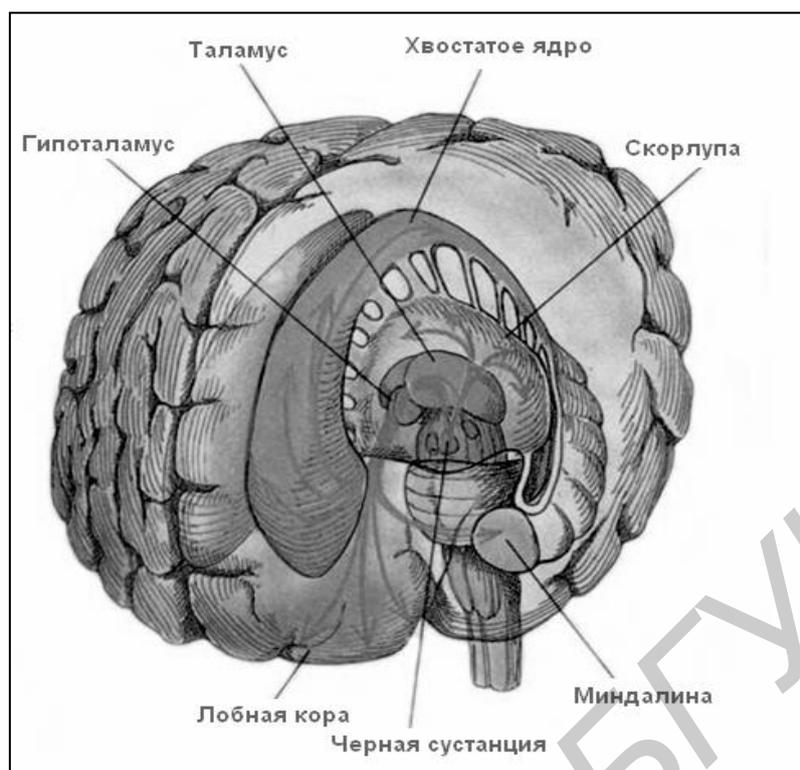


Рис 8.13. Базальные ядра и промежуточный мозг

Гипоталамус является центром регуляции эндокринных функций, он объединяет нервные и эндокринные регуляторные механизмы в общую нейроэндокринную систему, координирует нервные и гормональные механизмы регуляции функций внутренних органов. В гипоталамусе имеются нейроны обычного типа и нейросекреторные клетки. Гипоталамус образует с гипофизом единый функциональный комплекс, в котором первый играет регулируемую, а второй эффекторную роль.

В гипоталамусе более 30 пар ядер. Крупные нейросекреторные клетки супраоптического и паравентрикулярного ядер передней гипоталамической области вырабатывают нейросекреты пептидной природы.

В медиальном гипоталамусе залегают нейроны, которые воспринимают все изменения, происходящие в крови и спинномозговой жидкости (температуру, состав, содержание гормонов и т. д.). Медиальный гипоталамус связан также с латеральным гипоталамусом. Последний не имеет ядер, но обладает двусторонними связями с вышележащими и нижележащими отделами мозга. Медиальный гипоталамус является связующим звеном между нервной и эндокринной системами. В последние годы из гипоталамуса выделены энкефалины и эндорфины (пептиды), обладающие морфиноподобным действием. Считают, что они участвуют в регуляции поведения и вегетативных процессов.

Кпереди от заднего продырявленного вещества лежат два небольших шаровидной формы сосцевидных тела, образованные серым веществом, покрытым тонким слоем белого. Ядра сосцевидных тел являются подкорковыми центрами обонятельного анализатора. Кпереди от сосцевидных тел расположен серый бу-

гор, который ограничен зрительным перекрестом и зрительным трактом, он представляет собой тонкую пластинку серого вещества на дне III желудочка, которая вытянута книзу и кпереди и образует воронку. Конец ее переходит в *гипофиз* – железу внутренней секреции, расположенную в гипофизарной ямке турецкого седла. В сером бугре залегают ядра вегетативной нервной системы. Они также оказывают влияние на эмоциональные реакции человека.

Часть промежуточного мозга, расположенная ниже таламуса и отделенная от него гипоталамической бороздой, составляет собственно подбугорье. Сюда продолжаются покрывки ножек мозга, здесь заканчиваются красные ядра и черное вещество среднего мозга.

**III желудочек.** Полость промежуточного мозга – **III желудочек** представляет собой узкое, расположенное в сагиттальной плоскости щелевидное пространство, ограниченное с боков медиальными поверхностями таламусов, снизу гипоталамусом, спереди столбами свода, передней спайкой и терминальной пластинкой, сзади эпителиальной (задней) спайкой, сверху – сводом, над которым располагается мозолистое тело. Собственно верхняя стенка образована сосудистой основой III желудочка, в которой залегают его сосудистое сплетение.

Полость III желудочка кзади переходит в водопровод среднего мозга, а спереди, по бокам, через межжелудочковые отверстия сообщается с боковыми желудочками.

### **Средний мозг**

**Средний мозг** – самая маленькая часть мозга, лежащая между промежуточным мозгом и мостом (рис. 8.14 и 8.15). Область над водопроводом называется крышей среднего мозга, и на ней располагаются четыре выпуклости – пластинка четверохолмия с верхними и нижними холмиками. Отсюда выходят пути зрительных и слуховых рефлексов, направляющиеся в спинной мозг.

Ножки мозга – это белые округлые тяжи, выходящие из моста и направляющиеся вперед к полушариям большого мозга. Из борозды на медиальной поверхности каждой ножки выходит глазодвигательный нерв (III пара черепных нервов). Каждая ножка состоит из покрывки и основания, границей между ними является черное вещество. Цвет зависит от обилия меланина в его нервных клетках. Черное вещество относится к экстрапирамидной системе, которая участвует в поддержании мышечного тонуса и автоматически регулирует работу мышц. Основание ножки образовано нервными волокнами, идущими от коры большого мозга в спинной и продолговатый мозг и мост. Покрывка ножек мозга содержит главным образом восходящие волокна, направляющиеся к таламусу, среди которых залегают ядра. Самыми крупными являются красные ядра, от которых начинается двигательный красноядерно-спинномозговой путь. Кроме того, в покрывке располагаются ретикулярная формация и ядро дорсального продольного пучка (промежуточное ядро).

### **Задний мозг**

К заднему мозгу относится мост, расположенный вентрально, и лежащий позади моста мозжечок.

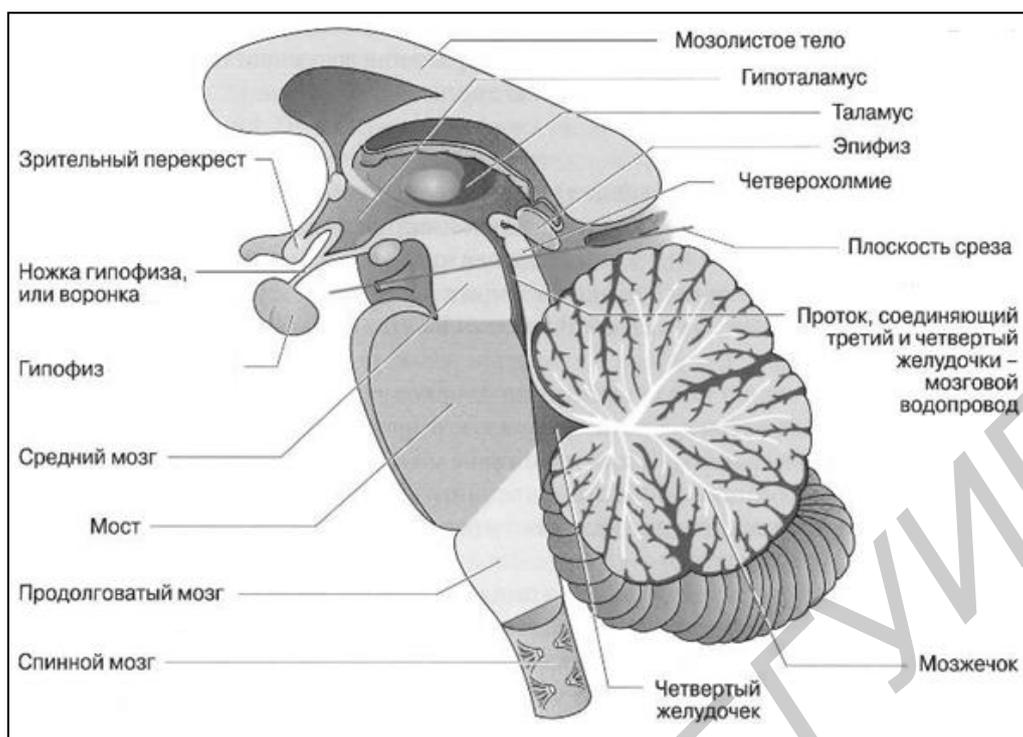


Рис. 8.14. Схематическое изображение продольного среза головного мозга

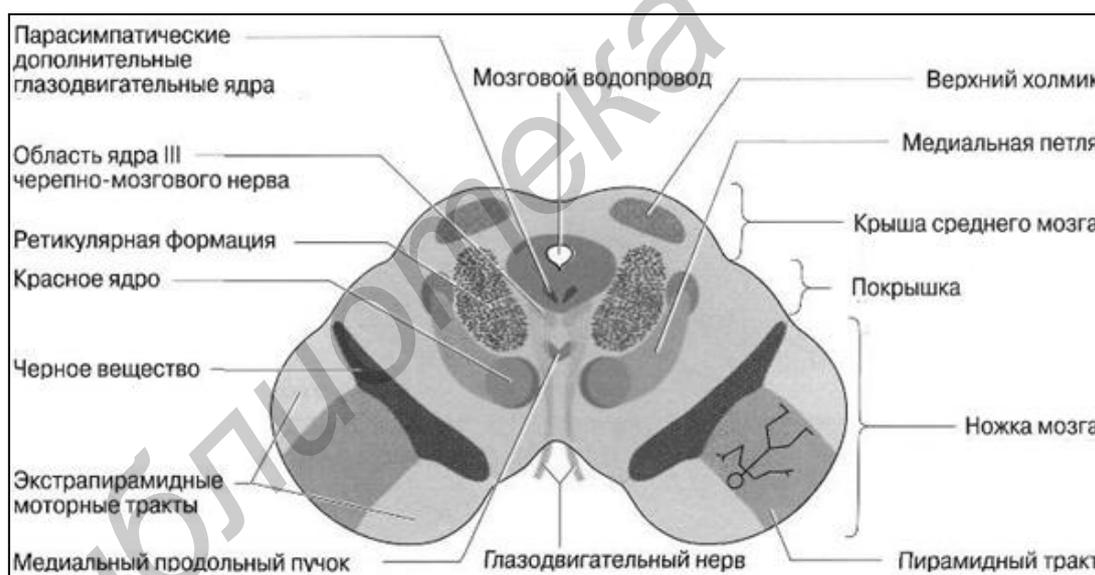


Рис. 8.15. Поперечный срез через средний мозг на уровне верхних холмиков (плоскость среза показана на рис. 8.14)

**Мост** выглядит в виде лежащего поперечно утолщенного валика, от латеральной стороны которого справа и слева отходят средние мозжечковые ножки. Задняя поверхность моста, прикрытая мозжечком, участвует в образовании ромбовидной ямки, передняя (прилежащая к основанию черепа) граничит с продолговатым мозгом внизу и ножками мозга вверху (см. рис. 8.15). Она поперечно исчерчена в связи с поперечным направлением волокон, которые идут от собственных ядер моста в средние мозжечковые ножки. На передней по-

верхности моста по средней линии продольно расположена базилярная борозда, в которой проходит одноименная артерия.

Мост состоит из множества нервных волокон, образующих проводящие пути, среди которых находятся клеточные скопления – ядра. Проводящие пути передней части связывают кору большого мозга со спинным мозгом и с корой полушарий мозжечка. В задней части моста (покрышке) проходят восходящие проводящие пути и частично нисходящие, располагается ретикулярная формация, ядра V, VI, VII, VIII пар черепных нервов. На границе между обеими частями моста лежит трапециевидное тело, образованное ядрами и поперечно идущими волокнами проводящего пути слухового анализатора.

**Мозжечок** играет основную роль в поддержании равновесия тела и координации движений. Наибольшего развития мозжечок достигает у человека в связи с прямохождением и приспособлением руки к труду. В этой связи у человека сильно развиты полушария (новая часть) мозжечка.

В мозжечке различают два полушария и непарную срединную филогенетически старую часть – червь (рис. 8.16).

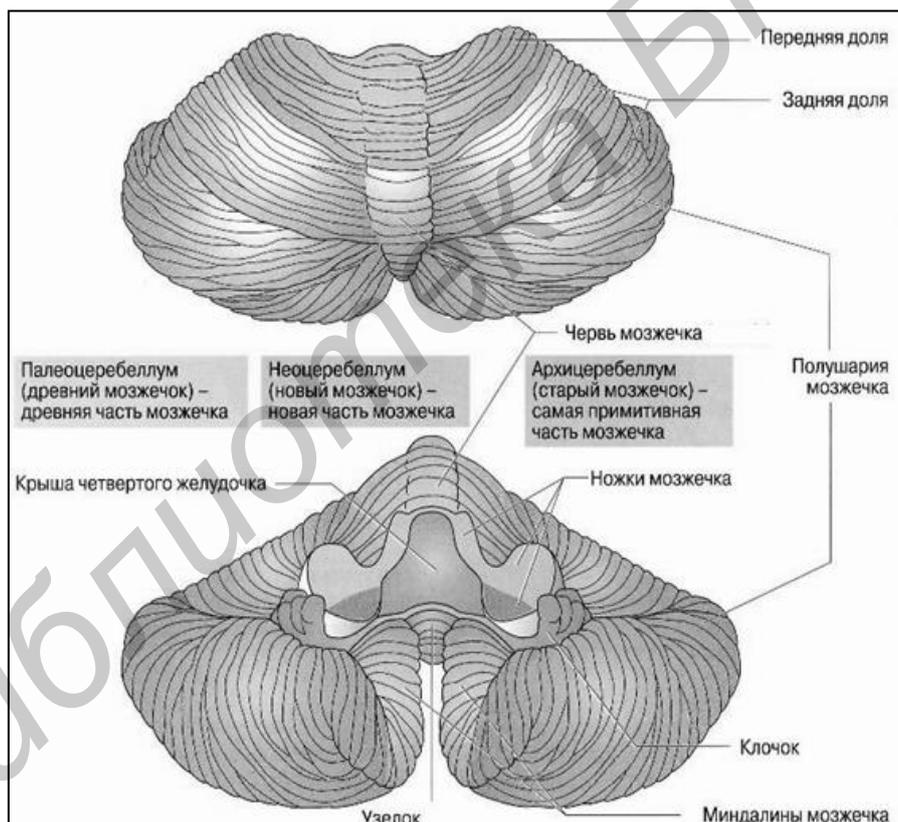


Рис. 8.16. Мозжечок: вид сверху и снизу

Поверхности полушарий и червя разделяют поперечные параллельные борозды, между которыми расположены узкие длинные листки мозжечка. В мозжечке различают переднюю, заднюю и клочково-узелковую доли, отделенные более глубокими щелями.

Мозжечок состоит из серого и белого вещества. Белое вещество, прони-

кая между серым, как бы ветвится, образуя на срединном разрезе фигуру ветвящегося дерева – «дерево жизни» мозжечка.

Кора мозжечка состоит из серого вещества толщиной 1–2,5 мм. Кроме того, в толще белого вещества имеются скопления серого – парные ядра: зубчатое ядро, пробковидное, шаровидное и ядро шатра. Аfferентные и эfferентные волокна, связывающие мозжечок с другими отделами, образуют три пары мозжечковых ножек: нижние направляются к продолговатому мозгу, средние – к мосту, верхние – к четверохолмию.

К моменту рождения мозжечок менее развит по сравнению с конечным мозгом (особенно полушария), но на первом году жизни он развивается быстрее других отделов мозга. Выраженное увеличение мозжечка отмечается между 5-м и 11-м месяцами жизни, когда ребенок учится сидеть и ходить.

**Продолговатый мозг** является непосредственным продолжением спинного мозга. Нижней его границей считают место выхода корешков 1-го шейного спинномозгового нерва или перекрест пирамид, верхней – задний край моста, длина его около 25 мм, форма приближается к усеченному конусу, обращенному основанием вверх.

Передняя поверхность разделена передней срединной щелью, по бокам которой располагаются пирамиды, образованные пирамидными проводящими путями, частично перекрещивающимися (перекрест пирамид) в глубине описанной щели на границе со спинным мозгом. Волокна пирамидных путей соединяют кору большого мозга с ядрами черепных нервов и передними рогами спинного мозга. Сбоку от пирамиды с каждой стороны располагается олива, отделенная от пирамиды передней латеральной бороздой.

Задняя поверхность продолговатого мозга разделена задней срединной бороздой, по бокам от нее расположены продолжения задних канатиков спинного мозга, которые кверху расходятся, переходя в нижние мозжечковые ножки.

Продолговатый мозг построен из белого и серого вещества, последнее представлено ядрами IX–XII пар черепных нервов, олив, центрами дыхания и кровообращения, ретикулярной формацией. Белое вещество образовано длинными и короткими волокнами, составляющими соответствующие проводящие пути.

**Ретикулярная формация** представляет собой совокупность клеток, клеточных скоплений и нервных волокон, расположенных в стволе мозга (продолговатый мозг, мост и средний мозг) и образующих сеть. Ретикулярная формация связана со всеми органами чувств, двигательными и чувствительными областями коры большого мозга, таламусом и гипоталамусом, спинным мозгом. Она регулирует уровень возбудимости и тонуса различных отделов ЦНС, включая кору большого мозга, участвует в регуляции уровня сознания, эмоций, сна и бодрствования, вегетативных функций, целенаправленных движений.

**IV желудочек** – это полость ромбовидного мозга, книзу он продолжается в центральный канал спинного мозга. Дно IV желудочка благодаря своей форме называется ромбовидной ямкой (рис. 8.17). Она образована задними поверхно-



стями продолговатого мозга и моста, верхними сторонами ямки служат верхние, а нижними – нижние мозжечковые ножки.

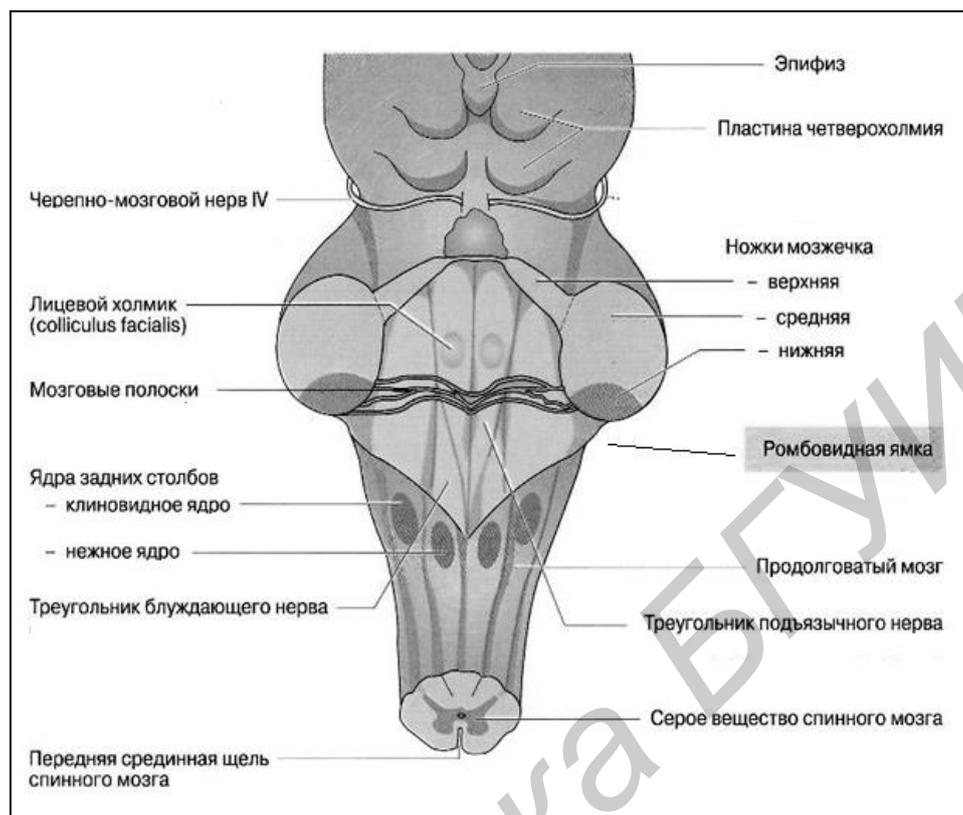


Рис. 8.17. Ствол мозга, вид сзади. Мозжечок удален, ромбовидная ямка открыта

Срединная борозда делит дно ямки на две симметричные половины, по обеим сторонам борозды видны медиальные возвышения, расширяющиеся в середине ямки в правый и левый лицевые бугорки, где залегают: ядро VI пары черепных нервов (отводящий нерв), глубже и латеральнее – ядро VII пары (лицевой нерв), а книзу медиальное возвышение переходит в треугольник подъязычного нерва, латеральнее которого находится треугольник блуждающего нерва. В треугольниках, в толще вещества мозга залегают ядра одноименных нервов. Верхний угол ромбовидной ямки сообщается с водопроводом среднего мозга. Боковые отделы ромбовидной ямки получили название вестибулярных полей, где лежат слуховые и вестибулярные ядра преддверно-улиткового нерва (VIII пара черепных нервов). От слуховых ядер отходят к срединной борозде поперечные мозговые полоски, располагающиеся на границе между продолговатым мозгом и мостом и являющиеся волокнами проводящего пути слухового анализатора. В толще ромбовидной ямки залегают ядра V, VI, VII, VIII, IX, X, XI и XII пар черепных нервов.

### **Кровоснабжение мозга**

Кровь в мозг поступает по двум парным артериям: внутренней сонной и позвоночной. В полости черепа обе позвоночные артерии сливаются, вместе образуя основную (базальную) артерию. На основании головного мозга основ-

ная артерия сливается с двумя сонными артериями, образуя единое артериальное кольцо (рис. 8.18). Такой каскадный механизм кровоснабжения головного мозга гарантирует достаточный кровоток, если какая-нибудь из артерий выйдет из строя.

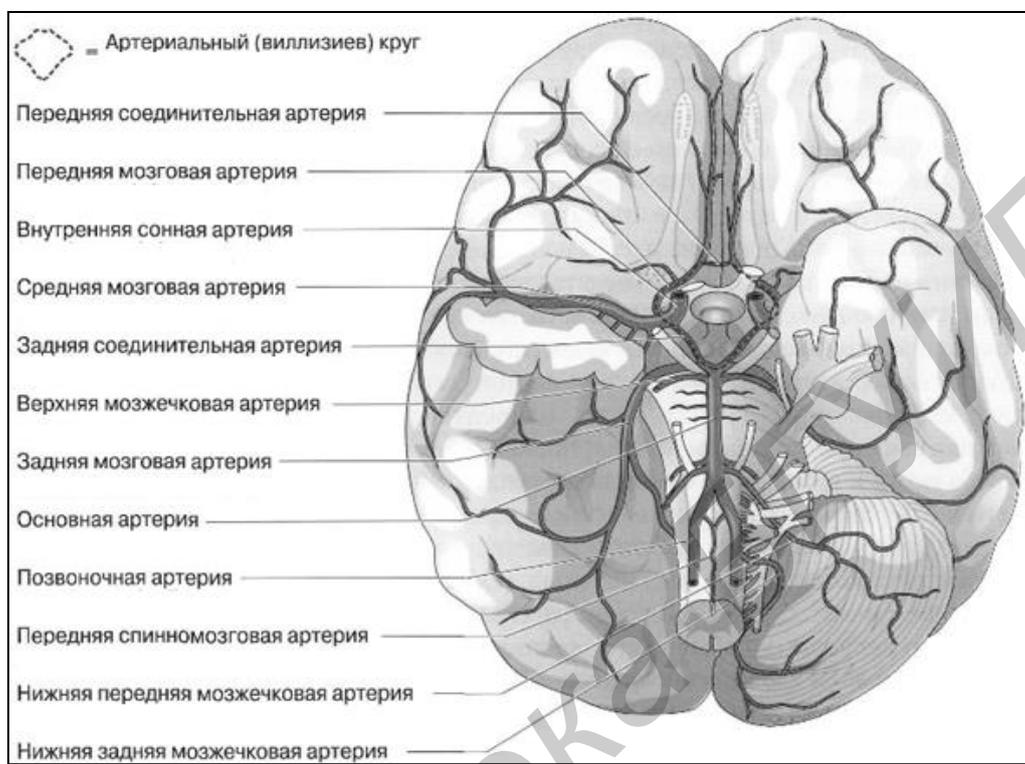


Рис. 8.19. Артерии на основании головного мозга и виллизиев круг (правое полушарие мозжечка и правая височная доля удалены). Виллизиев круг показан пунктирной линией

От артериального кольца отходят три сосуда: передняя, задняя и средняя мозговые артерии, питающие полушария головного мозга. Эти артерии идут по поверхности головного мозга, а уже от них вглубь мозга кровь доставляется более мелкими артериями.

Систему сонных артерий называют каротидным бассейном, который обеспечивает 2/3 потребностей мозга в артериальной крови и кровоснабжает передние и средние отделы мозга.

Систему артерий «позвоночная – основная» называют вертебробазиллярным бассейном, который обеспечивает 1/3 потребностей головного мозга и доставляет кровь в задние отделы.

Отток венозной крови происходит преимущественно через поверхностные и глубокие мозговые вены и венозные синусы (рис. 8.19). В конечном счете кровь направляется во внутреннюю яремную вену, которая выходит из черепа через яремное отверстие, расположенное на основании черепа сбоку от большого затылочного отверстия.

### **Оболочки мозга**

Оболочки головного мозга защищают его от механических повреждений, а также от проникновения инфекций и токсических веществ (рис. 8.20).

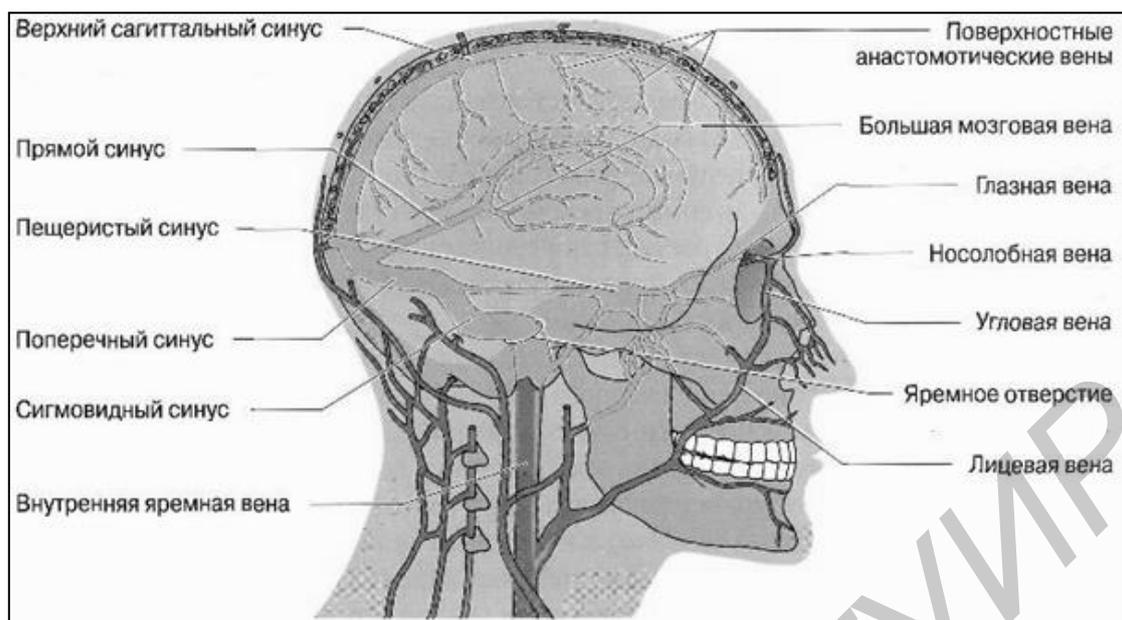


Рис. 8.19. Вены и венозные синусы головного мозга

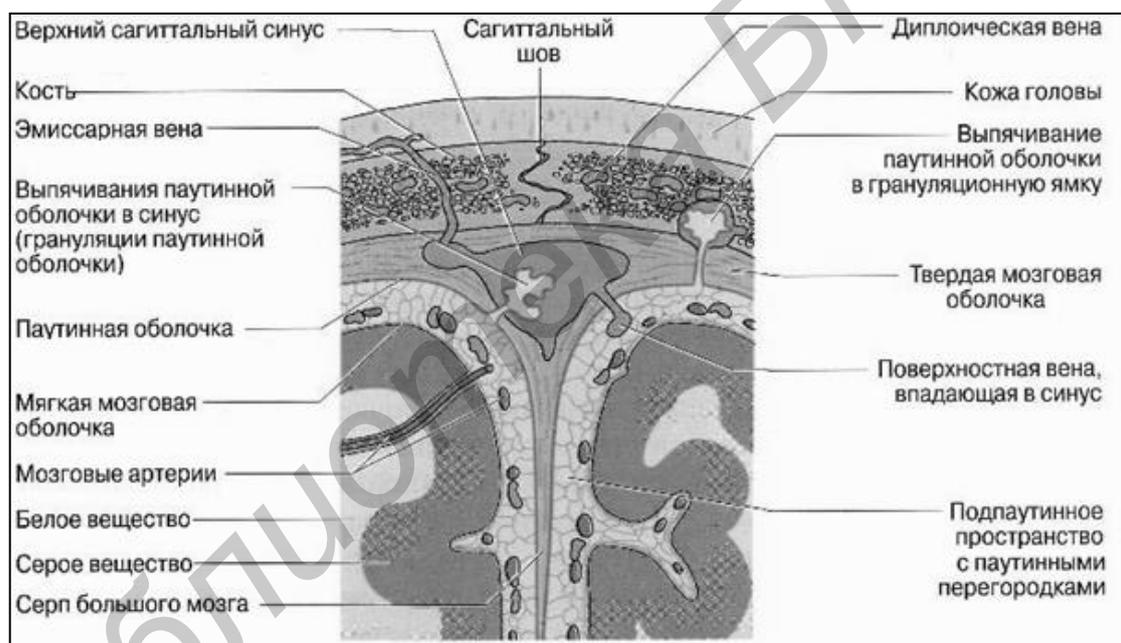


Рис. 8.20. Коронарный срез через череп оболочки и мозг

Первая оболочка, защищающая мозг, носит название «мягкая мозговая оболочка». Она тесно прилегает к мозгу, заходит во все борозды и полости (желудочки), имеющиеся в толще самого мозга. Желудочки мозга заполнены жидкостью, которую называют ликвором или спинномозговой (цереброспинальной) жидкостью. Твердая мозговая оболочка непосредственно примыкает к костям черепа. Между мягкой и твердой оболочкой располагается паутинная (арахноидальная) оболочка. Между паутинной и мягкой оболочками существует пространство (подпаутинное или субарахноидальное пространство), заполненное ликвором. Над бороздами мозга паутинная оболочка перекидывается,

образуя мостик, а мягкая сливается с ними. Благодаря этому между двумя оболочками образуются полости, называемые цистернами. В цистернах находится цереброспинальная жидкость. Эти цистерны защищают мозг от механических травм, выполняя роль «подушек безопасности».

Нервные клетки и сосуды окружены нейроглией – специальными клеточными образованиями, которые выполняют защитную, опорную и обменную функции, обеспечивая реактивные свойства нервной ткани и участвуя в образовании рубцов, в реакциях воспаления и т. п.

При повреждениях головного мозга включается механизм пластичности, когда сохранившиеся структуры головного мозга берут на себя функции пораженных участков.

### 8.1.3. Высшая нервная деятельность

Высшая нервная деятельность – это процессы, происходящие в высших отделах центральной нервной системы животных и человека. К этим процессам относят совокупность условных и безусловных рефлексов, а также «высших» психических функций, которые обеспечивают адекватное поведение животных и человека в изменяющихся окружающих природных и социальных условиях.

В работе русского физиолога И. М. Сеченова «Рефлексы головного мозга» (1863) впервые была высказана мысль о связи сознания и мышления человека с рефлекторной деятельностью головного мозга. Эта идея была экспериментально подтверждена и развита академиком И. П. Павловым, который по праву является создателем учения о высшей нервной деятельности. Ее основой являются условные рефлексы.

Все рефлекторные реакции организма на различные раздражители И. П. Павлов подразделил на две группы: безусловные и условные.

Безусловные рефлексы – это врожденные рефлексы, передаваемые по наследству от родителей. Они являются видовыми, относительно постоянными и осуществляются низшими отделами ЦНС – спинным мозгом, стволом и подкорковыми ядрами головного мозга (например сосательный, глотательный, зрачковый рефлексы, кашель, чихание и др.). На основе безусловных рефлексов осуществляются регуляция и согласованная деятельность разных органов и их систем, поддерживается само существование организма. В изменчивых условиях окружающей среды сохранение жизнедеятельности организма и приспособительное поведение осуществляется благодаря образованию условных рефлексов с обязательным участием коры больших полушарий головного мозга. Они образуются в течение жизни на базе безусловных рефлексов под воздействием определенных факторов внешней среды. Условные рефлексы строго индивидуальны, т. е. у одних особей вида тот или иной рефлекс может присутствовать, у других – отсутствовать.

Биологическое значение условных рефлексов в жизни человека и животных огромно, так как они обеспечивают их приспособительное поведение – позволяют точно ориентироваться в пространстве и времени, находить пищу

(по виду, запаху), избегать опасности, устранять вредные для организма воздействия. С возрастом число условных рефлексов возрастает, приобретается опыт поведения, благодаря которому взрослый организм оказывается лучше приспособленным к окружающей среде, чем детский.

Выработка условных рефлексов лежит в основе дрессировки животных, когда тот или иной условный рефлекс образуется в результате сочетания с безусловным (дача лакомства и др.). Непрерывное совершенствование высшей нервной деятельности происходит в процессе обучения (усвоения чужого опыта), в результате которого человек приобретает способность выбирать наилучший из возможных вариантов, предвидеть результаты своей деятельности, изменять окружающие его условия, создавать новые, не имеющие аналогов материальные и духовные ценности, то есть осуществлять психическую деятельность. Индивидуальные особенности проявления высшей нервной деятельности зависят от характера, темперамента, интеллекта, внимания, памяти и других свойств организма и психики.

Высшую нервную деятельность центральной нервной системы следует отличать от работы центральной нервной системы по синхронизации работы различных частей организма между собой. Высшую нервную деятельность связывают с нейрофизиологическими процессами, проходящими в коре больших полушарий головного мозга и ближайшей к ней подкорке.

**Торможение условных рефлексов.** При изменении условий существования в организме образуются новые условные рефлексы, а выработанные ранее ослабляются или вовсе исчезают благодаря процессу торможения. И. П. Павлов опытным путем выявил два вида торможения условных рефлексов – внешнее и внутреннее.

Внешнее торможение происходит в случае образования в коре больших полушарий мозга нового очага возбуждения под действием более сильного раздражителя, не связанного с данным условным рефлексом. Например, боль приводит к торможению пищевого условного рефлекса. Чем сильнее посторонний раздражитель, тем больше его ослабляющее действие.

Внутреннее торможение условного рефлекса развивается постепенно в случае многократного неподкрепления условного раздражителя безусловным. Благодаря внутреннему торможению в ЦНС происходит угасание биологически нецелесообразных для организма реакций, утративших свое значение в измененных условиях среды.

Аналитическая деятельность коры заключается в тонком различении (дифференцировке) по характеру и интенсивности действия множества раздражений, действующих на организм и доходящих в форме нервных импульсов до мозговой коры. За счет внутреннего торможения в коре осуществляется дифференцировка раздражителей по степени их биологической значимости. Синтетическая деятельность коры проявляется в связывании, объединении возбуждений, возникающих в разных зонах коры, что формирует сложные формы поведения человека.

**Первая и вторая сигнальные системы.** Академик И. П. Павлов разрабо-

тал учение о первой и второй сигнальных системах. Сигнальной системой называют совокупность процессов в нервной системе, которые осуществляют восприятие, анализ информации и ответную реакцию организма.

Первой сигнальной системой он назвал деятельность коры больших полушарий мозга, которая связана с восприятием через рецепторы раздражителей внешней среды, например, световых, тепловых, болевых и т. д. Она является основой для выработки условных рефлексов, присущих как животным, так и человеку.

В отличие от животных человеку как социальному существу свойственна еще и вторая сигнальная система, связанная с функцией речи, со словом, слышимым или видимым (письменная речь). Слово, по И. П. Павлову, является сигналом для работы первой сигнальной системы («сигналы сигналов»). Например, действия человека (его поведение) будут одинаковыми как при произнесении слова «пожар!», так и при действительно наблюдаемом (зрительное раздражение) им пожаре. Образование условного рефлекса на основе речи является качественной особенностью высшей нервной деятельности человека.

Развитие у человека речи повысило его способность отражать явления внешней среды, накапливать и использовать опыт предыдущих поколений. В результате сформировалась свойственная только человеку форма отражения действительности, называемая сознанием. Человек с помощью слов, математических символов, образов художественных произведений может передавать другим людям знания об окружающем мире, в том числе и о самом себе. Благодаря слову (словесной сигнализации) у человека появилась возможность отвлеченно и обобщенно воспринимать явления, находящие свое выражение в понятиях, суждениях, умозаключениях. Например, слово «деревья» обобщает многочисленные породы деревьев, не указывая конкретных признаков дерева каждой породы.

Способность к обобщению и отвлечению служит основой мышления человека, являясь результатом функции всей коры мозга и в особенности ее лобных долей. Благодаря отвлеченному логическому мышлению человек познает окружающий мир и его законы. Способность к мышлению используется человеком в его практической деятельности, когда он ставит определенные цели, намечает пути реализации и достигает их. В ходе исторического развития человечества благодаря мышлению накоплены огромные знания о внешнем мире.

Таким образом, благодаря первой сигнальной системе достигается конкретное чувственное восприятие окружающего мира и познается состояние самого организма. С развитием у человека второй сигнальной системы достигается чрезвычайной сложности абстрактная аналитическая и синтетическая деятельность коры, проявляющаяся в способности делать широкие обобщения, создавать понятия, открывать действующие в природе законы.

**Сон.** У человека, как практически и у всех других живых организмов, внутренние (биологические) часы в норме отсчитывают цикл сна – бодрствования – это циркадные ритмы (от лат. *circa* – приблизительно и *dies* – день). Если бодрствующий организм активно взаимодействует с окружающей средой и реа-

гирует на внешние стимулы, то во время сна контакт с внешним миром в значительной степени прекращается.

Регистрация электрических потенциалов мозга – электроэнцефалограмма – позволила выявить две фазы сна: медленный и быстрый сон, характеризующиеся разными частотой и амплитудой колебаний электрической активности мозга. Фазы сна циклично сменяют друг друга. Один цикл длится примерно 1,5 ч, когда медленный сон на непродолжительное время (около 20 мин) сменяется быстрым сном. За ночь у взрослого человека цикл повторяется 4–6 раз. Именно во время медленного сна замедляются и значительно снижаются обменные процессы. Быстрый сон, как правило, сопровождается повышением уровня обменных процессов, быстрыми движениями глаз, сновидениями.

## 8.2. ПЕРИФЕРИЧЕСКАЯ НЕРВНАЯ СИСТЕМА

*Периферическая нервная система* (ПНС) – условно выделяемая часть нервной системы, структуры которой находятся вне головного и спинного мозга. К периферической нервной системе относятся 12 пар черепных нервов, их корешки, чувствительные и вегетативные ганглии, расположенные по ходу стволов и ветвей этих нервов, а также передние и задние корешки спинного мозга и 31 пара спинномозговых нервов, чувствительные ганглии, нервные сплетения, периферические нервные стволы туловища и конечностей, правый и левый симпатические стволы, вегетативные сплетения, ганглии и нервы. Каждый нерв состоит из нервных волокон, миелинизированных и немиелинизированных. Снаружи нерв окружен соединительно-тканой оболочкой – эпиневрием, в который входят питающие нерв сосуды. Нерв состоит из пучков, которые, в свою очередь, покрыты периневрием, а отдельные волокна – эндоневрием.

Условность анатомического разделения центральной и периферической нервной системы определяется тем, что нервные волокна, составляющие нерв, являются или аксонами двигательных нейронов, расположенных в передних рогах сегмента спинного мозга, или дендритами чувствительных нейронов межпозвоночных ганглиев (аксоны этих клеток направляются по задним корешкам в спинной мозг). Таким образом, тела нейронов расположены в центральной нервной системе, а их отростки – в периферической (для двигательных клеток), или, наоборот, отростки нейронов, расположенных в периферической нервной системе, составляют проводящие пути ЦНС (для чувствительных клеток).

Основная функция ПНС заключается в обеспечении связи ЦНС с внешней средой и органами-мишенями. Она осуществляется либо проведением нервных импульсов от экстеро-, проприо- и интерорецепторов к соответствующим сегментарным и надсегментарным образованиям спинного и головного мозга, либо в обратном направлении – регулирующих сигналов из ЦНС к мышцам, обеспечивающим перемещение тела в окружающем пространстве, к внутренним органам и системам.

В ПНС нервные стволы могут содержать двигательные волокна (передние

корешки спинного мозга, лицевой, отводящий, блоковый, добавочный и подъязычный черепные нервы), чувствительные (задние корешки спинного мозга, чувствительная часть тройничного нерва, слуховой нерв) или вегетативные (висцеральные ветви симпатической и парасимпатической систем). Основная часть нервных стволов туловища и конечностей является смешанной (содержит двигательные, чувствительные и вегетативные волокна). К смешанным нервам относятся межреберные нервы, стволы шейного, плечевого и пояснично-крестцового сплетений и исходящих из них нервов верхних (лучевого, срединного, локтевого и др.) и нижних (бедренного, седалищного, большеберцового, глубокого малоберцового и др.) конечностей. Соотношение двигательных, чувствительных и вегетативных волокон в стволах смешанных нервов может значительно варьировать. Наибольшее количество вегетативных волокон содержат срединный и большеберцовый нервы, а также блуждающий нерв.

В строении ПНС имеется ряд закономерностей:

1) нервы являются парными и расходятся симметрично в стороны от головного и спинного мозга, лежащего по осевой линии тела;

2) нервы, подобно артериям, идут к органам по кратчайшему пути. Если в процессе внутриутробного развития орган перемещается, то нерв, соответственно, удлиняется и следует за ним;

3) нервы, иннервирующие мышцы, отходят от тех сегментов спинного мозга, которые соответствуют миотомам, из которых происходят эти мышцы. При их последующем перемещении источник иннервации сохраняется вблизи зоны закладки;

4) нервные стволы сопровождают артерии, вены, лимфатические сосуды, образуя сосудисто-нервные пучки, располагающиеся на сгибательных поверхностях конечностей, будучи защищенными фасциальными влагалищами, мышцами.

### 8.2.1. Черепные нервы

От головного мозга отходят 12 пар черепных нервов, из них обонятельный и зрительный нервы являются, по существу, редуцированной частью мозга, остальные черепные нервы напоминают спинномозговые (рис. 8.21).

**Обонятельный нерв (I пара)** образован аксонами обонятельных рецепторных нейронов. Эти нейроны расположены в обонятельном эпителии, выстилающем верхнюю поверхность полости носа. Обонятельные нервные волокна собираются в 15–20 тонких обонятельных нервов. Нервы проходят через отверстия решетчатой пластинки черепа и заканчиваются в обонятельных луковицах головного мозга. Здесь находятся клетки второго нейрона. Аксоны этих клеток в составе обонятельных путей направляются к первичным (подкорковым) обонятельным центрам – в обонятельный треугольник, переднее продырявленное пространство, прозрачную перегородку, таламус. В этих образованиях находятся клетки третьего нейрона, аксоны которых направляются в височные доли своей и противоположной сторон, преимущественно в парагиппокампальную



извилину. Таким образом, обонятельные импульсы из каждой половины носа поступают в оба полушария мозга.

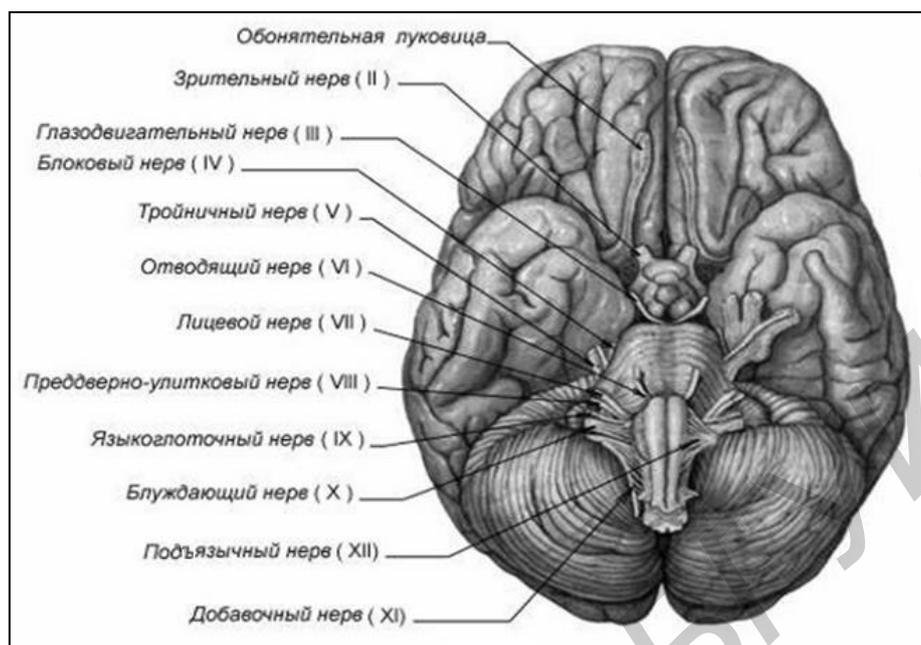


Рис. 8.21. Топография выхода черепных нервов

**Зрительный нерв (II пара)** начинается в сетчатке – внутренней оболочке глаза. Здесь имеются рецепторы – палочки, воспринимающие черно-белое изображение, и колбочки, ответственные за цветное восприятие. Палочки и колбочки биполярными нейронами соединены с нейронами ганглиозного слоя сетчатки. Отростки ганглиозных нейронов собираются в пучок в области слепого пятна сетчатки глаза, образуя зрительный нерв. Он прободает сосудистую оболочку и склеру (внутриглазная часть нерва), проходит в глазнице (глазничная часть) к зрительному каналу черепа, проникает через него в полость черепа (внутриканальная часть) и сближается с парным нервом другой стороны.

На основании мозга, впереди от турецкого седла, зрительные нервы образуют зрительный перекрест. Перекрещиваются только волокна, идущие от внутренних половин сетчатки обоих глаз. Позади зрительного перекреста образуются зрительные тракты, каждый из которых включает волокна от одноименных половин сетчатки обоих глаз. Так, в правый зрительный тракт попадают волокна от правых половин сетчатки, а в левый – от левых половин. Зрительные тракты заканчиваются в первичных (подкорковых) зрительных центрах – верхних холмиках, таламусе и наружных коленчатых телах. Волокна, идущие в верхние холмики, связывают зрительный нерв с глазодвигательным. В наружных коленчатых телах и таламусе располагаются клетки, аксоны которых направляются на внутреннюю поверхность затылочных долей, оканчиваясь в коре большого мозга по обе стороны шпорной борозды. Кверху от нее оканчиваются волокна, связывающие с корой верхние половины сетчатки, а книзу – волокна от нижних половин сетчатки.

**Глазодвигательный нерв (III пара)** имеет ядра, расположенные в ножках мозга под водопроводом среднего мозга. Через верхнюю глазничную щель нерв попадает в глазницу, где иннервирует следующие мышцы: поднимающую верхнее веко, верхнюю прямую (поворачивает глазное яблоко кверху), внутреннюю прямую (двигает глазное яблоко внутри), нижнюю прямую (двигает глазное яблоко книзу) и нижнюю косую (двигает глазное яблоко вверх и кнаружи). Глазодвигательный нерв имеет также вегетативные (парасимпатические) ядра. Выходящие из них волокна образуют в пределах глазницы глазодвигательный корешок, который прерывается в ресничном узле и иннервирует ресничную мышцу, изменяющую кривизну хрусталика, и мышцу, суживающую зрачок (сфинктер зрачка). Путем изменения кривизны хрусталика глаз приспособляется к видению предметов на близком и далеком расстояниях (аккомодация). Сфинктер зрачка играет защитную роль: при освещении глаза зрачок суживается, и на сетчатку попадает меньше света. Зрачковый рефлекс осуществляется при участии волокон зрительного нерва, направляющихся к верхним холмикам (афферентная часть дуги), волокон, соединяющих верхние холмики с ядрами глазодвигательного нерва (вставочный нейрон), и парасимпатических волокон глазодвигательного нерва (эфферентная часть рефлекторной дуги).

**Блоковой нерв (IV пара)** имеет ядро, расположенное в покрышке среднего мозга, на уровне нижних холмиков. Нерв выходит из ствола мозга через крышу среднего мозга и через верхнюю глазничную щель попадает в глазницу, где иннервирует верхнюю косую мышцу, поворачивающую глазное яблоко вниз и кнаружи.

**Тройничный нерв (V пара)** – нерв смешанный, осуществляет чувствительную и двигательную иннервацию. Ядра тройничного нерва расположены в стволе мозга. Состоит из трёх ветвей: глазничный нерв, верхнечелюстной и нижнечелюстной нерв. Из них первые две ветви чувствительные, третья содержит одновременно чувствительные и двигательные волокна.

**Глазной нерв** обеспечивает чувствительную иннервацию кожи лба, переднего отдела волосистой части головы, верхнего века, внутреннего угла глаза, спинки носа, конъюнктивы, верхней части слизистой оболочки носа и секреторную иннервацию слезной железы.

**Верхнечелюстной нерв** выходит из полости черепа через круглое отверстие, иннервирует кожу нижнего века, боковой поверхности носа, щек и верхней губы, нижние отделы слизистой оболочки носа, верхнюю челюсть и ее зубы.

**Нижнечелюстной нерв** выходит из полости черепа через овальное отверстие, иннервирует кожу нижней челюсти, щек, нижней губы, подбородка, нижнюю челюсть и ее зубы, слизистую оболочку щек, нижних отделов полости рта, языка, а также обеспечивает секреторную иннервацию подъязычной и поднижнечелюстной слюнных желез.

**Отводящий нерв (IV пара)** – двигательный. Ядро находится в области моста. Далее нерв через верхнюю глазничную щель направляется в глазницу и

иннервирует латеральную прямую мышцу глазного яблока, которая поворачивает его кнаружи.

Отводящий нерв, глазодвигательный и блоковый составляют группу нервов, обеспечивающих подвижность глазных яблок. Синхронные повороты глаз в одном направлении совершаются благодаря связям между отдельными ядрами этой группы нервов. Такую связь обеспечивает задний продольный пучок, начинающийся в среднем мозге в ядрах заднего продольного пучка. Для осуществления сознательных движений глаз к заднему продольному пучку приходят импульсы из задних отделов средней лобной извилины противоположного полушария большого мозга.

**Лицевой (промежуточно-лицевой) нерв (VII пара)** имеет ядра, расположенные в мосту. Нерв выходит на основание мозга в мостомозжечковом треугольнике. Затем нервные пучки через внутреннее слуховое отверстие входят в лицевой канал височной кости, в котором на уровне колена разделяются на лицевой и промежуточный нервы. Промежуточный нерв включает чувствительные волокна, несущие вкусовые импульсы от передних двух третей языка, и парасимпатические волокна – к поднижнечелюстной и подъязычной слюнным железам, к слезной железе и железам слизистой оболочки полости носа и мягкого неба. Лицевой нерв выходит из черепа через шилососцевидное отверстие, образует сплетение в околоушной слюнной железе и разделяется на отдельные ветви, иннервирующие мышцы лица (носовые, скуловые, круговые мышцы глаза и рта и др.), а также некоторые мышцы шеи.

**Преддверно-улитковый нерв (VIII пара)** выходит из черепа в виде улиткового и преддверного корешков. Улитковая часть нерва (собственно слуховой нерв) образуется в чувствительном улитковом (спиральном) узле, который находится во внутреннем ухе, в области улиткового лабиринта. Аксоны клеток улиткового узла образуют улитковый (слуховой) корешок, который через внутреннее слуховое отверстие попадает в полость черепа и оканчивается в улитковых ядрах, расположенных в задней части моста. Волокна клеток второго нейрона слухового пути, начавшись в улитковых ядрах и ядрах трапециевидного тела, направляются к первичным слуховым центрам – нижним холмикам и медиальным коленчатым телам. От медиальных коленчатых тел, где располагаются клетки третьего нейрона слухового пути, аксоны направляются в кору височных долей большого мозга. Благодаря частичному перекресту волокон вторых нейронов слуховые сигналы из каждого уха направляются в обе височные доли.

Преддверная (вестибулярная) часть нерва начинается в преддверном (чувствительном) узле, расположенном на дне внутреннего слухового прохода. Дендриты клеток этого узла направляются к рецепторным клеткам полукружных протоков внутреннего уха. Протоки частично заполнены жидкостью, которая раздражает рецепторы, перемещаясь при изменении положения тела или головы. Аксоны клеток преддверного узла образуют преддверный корешок, который направляется к преддверным ядрам моста (второй нейрон). Из таламуса идут волокна к коре височной доли большого мозга, где располагается корко-

вое ядро вестибулярного анализатора. Кроме того, ядра мозжечка (ядро шатра) связаны с ядрами экстрапирамидной системы (мозжечково-красноядерный путь). Основной функцией преддверной части является сохранение равновесия. В связи с многочисленными связями ядер преддверной части нерва она участвует в регуляции произвольных двигательных актов.

**Языкоглоточный нерв (IX пара)** – смешанный, имеет несколько ядер, расположенных в продолговатом мозге. Языкоглоточный нерв обеспечивает чувствительную иннервацию слизистой оболочки верхней части глотки, мягкого неба, задней трети языка и двигательную иннервацию мышц глотки, участвуя в глотании и артикуляции. Секреторные (парасимпатические) волокна языкоглоточного нерва оканчиваются в околоушной слюнной железе. Вкусовые волокна иннервируют заднюю треть языка.

**Блуждающий нерв (X пара)** – смешанный, имеет двигательное и чувствительное ядра и вегетативное (парасимпатическое) ядро. Блуждающий нерв – наиболее длинный из всех черепных нервов, так как сфера его иннервации распространяется от твердой оболочки головного мозга до сигмовидной ободочной кишки.

Значение блуждающего нерва очень велико, так как он обеспечивает чувствительную и вегетативную (парасимпатическую) иннервацию всех внутренних органов, кроме органов малого таза, значительную часть пищевого канала (до сигмовидной ободочной кишки), сердце, мышечную оболочку сосудов, трахею и легкие, железы слизистой оболочки пищевода, желудка и кишок, печень, поджелудочную железу, почки. Чувствительные волокна блуждающего нерва иннервируют также некоторые отделы твердой оболочки головного мозга и наружный слуховой проход с ушной раковиной. Двигательные волокна блуждающего нерва обеспечивают произвольные движения мышц глотки, мягкого неба и гортани. Таким образом, блуждающий нерв осуществляет нервную регуляцию таких жизненно важных функций, как дыхание и сердечно-сосудистая деятельность, а также участвует в осуществлении актов глотания и фонации.

**Добавочный нерв (XI пара)** – двигательный, иннервирует грудиноключично-сосцевидную и трапециевидную мышцы.

**Подъязычный нерв (XII пара)** – двигательный, иннервирует мышцы языка.

### 8.2.2. Спинномозговые нервы

**Спинномозговые нервы** представляют собой парные нервные стволы, которые созданы слиянием двух корешков спинного мозга – заднего (чувствительного) и переднего (двигательного) (рис. 8.22).

На уровне межпозвоночного отверстия они соединяются, выходят и делятся на четыре ветви:

- 1) передние, иннервирующие кожу и мышцы конечностей и передней поверхности туловища;
- 2) задние, иннервирующие кожу и мышцы задней поверхности туловища;
- 3) менингеальные, направляющиеся к твердой оболочке спинного мозга;

4) соединительные, содержащие симпатические преганглионарные волокна, следующие к симпатическим узлам. Передние ветви спинномозговых нервов образуют сплетения: шейное, плечевое, пояснично-крестцовое и копчиковое.

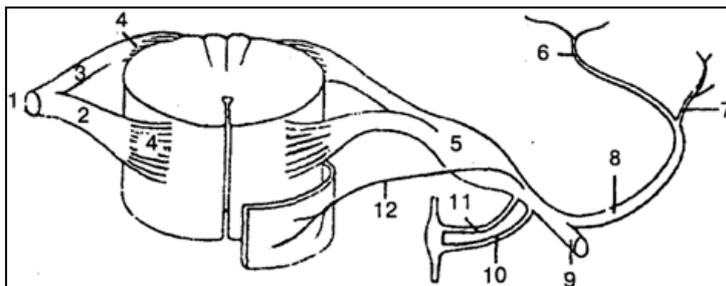


Рис. 8.22. Схема образования спинномозгового нерва:

1 – ствол спинномозгового нерва; 2 – передний (двигательный) корешок; 3 – задний (чувствительный) корешок; 4 – корешковые нити; 5 – спинномозговой (чувствительный) узел; 6 – медиальная часть задней ветви; 7 – латеральная часть задней ветви; 8 – задняя ветвь; 9 – передняя ветвь; 10 – белая ветвь; 11 – серая ветвь; 12 – менингеальная ветвь

У человека находится 31 пара спинномозговых нервов, которые соответствуют 31 паре сегментов спинного мозга (8 шейных, 12 грудных, 5 поясничных, 5 крестцовых и 1 пара копчиковых нервов). Каждая пара спинномозговых нервов иннервирует определенный участок мышц (миотом), кожи (дерматом) и костей (склеротом). На основании этого выделяют сегментарную иннервацию мышц, кожи и костей.

**Шейное сплетение** образуется передними ветвями I–IV шейных нервов, иннервирует кожу затылка, боковой поверхности лица, над-, подключичную и верхнелопаточную области, диафрагму.

**Плечевое сплетение** образовано передними ветвями V, VI, VII, VIII и частично I грудного спинномозговых нервов (рис. 8.23).

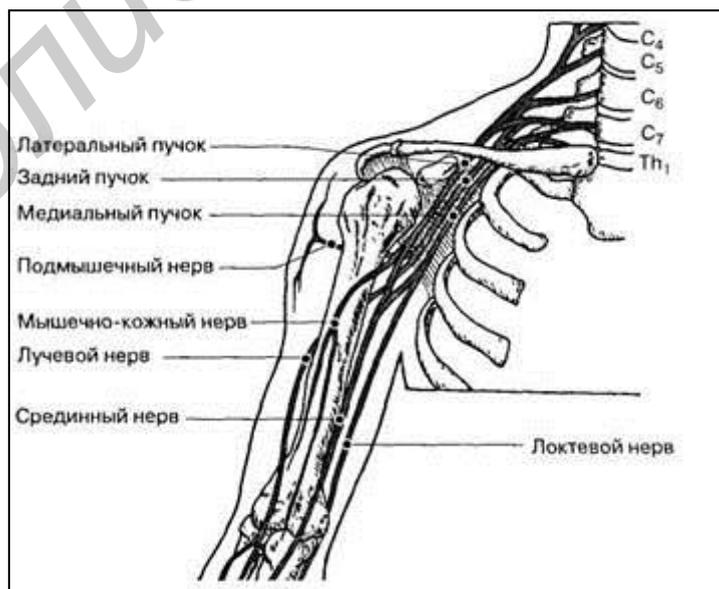


Рис. 8.23. Формирование плечевого сплетения и его основных ветвей.

Спинномозговые нервы плечевого сплетения образуют три ствола (верхний, средний и нижний), которые выходят между передней и средней лестничными мышцами и спускаются в подмышечную полость позади ключицы. В сплетении выделяют над- и подключичную части.

От надключичной части отходят короткие ветви, иннервирующие часть мышц шеи, мышцы плечевого пояса и плечевой сустав (рис. 8.24).

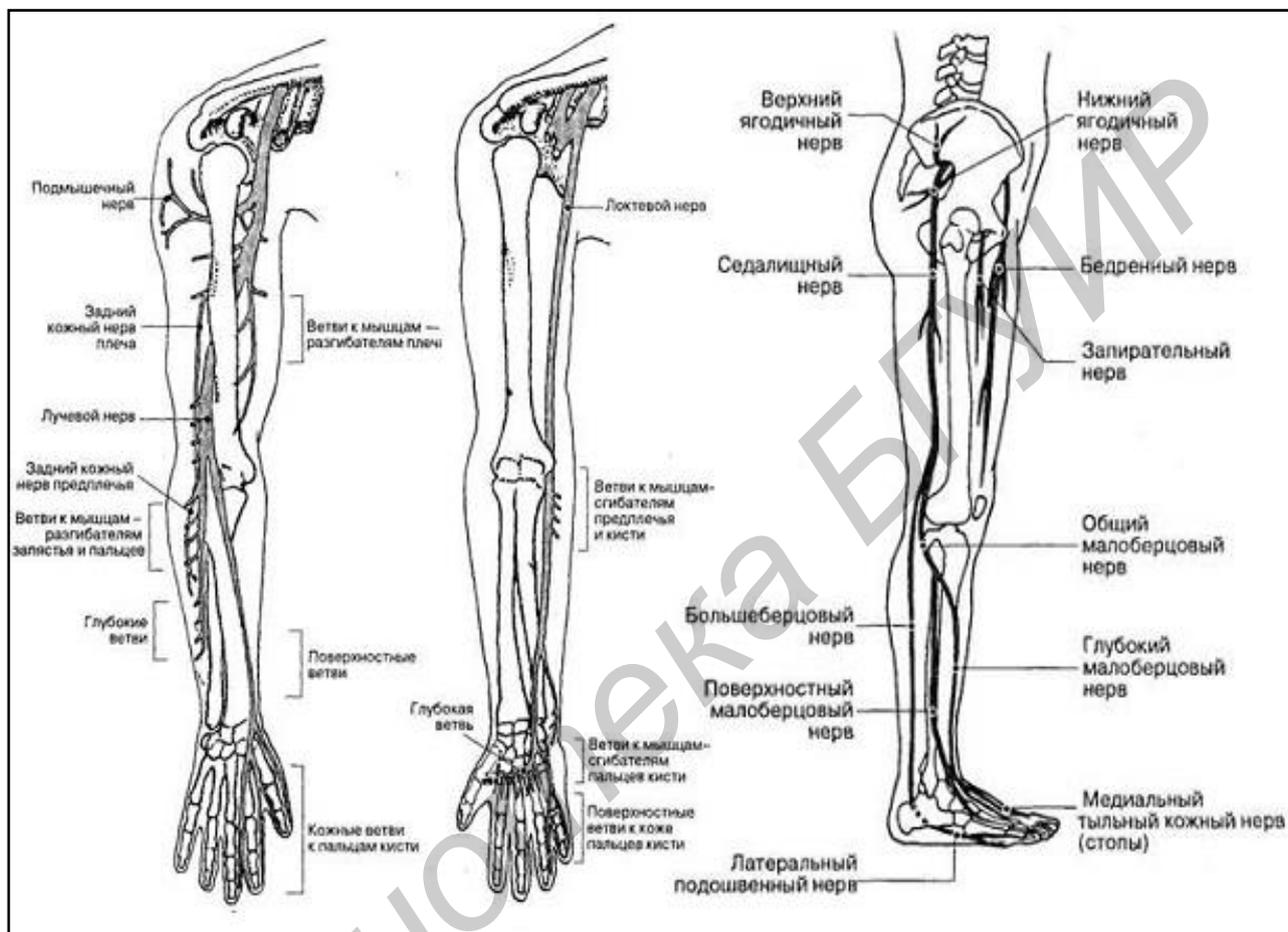


Рис. 8.24. Нервы верхней и нижней конечностей

Подключичная часть делится на латеральный, медиальный и задний пучки, которые окружают подмышечную артерию. От медиального пучка отходят кожные нервы плеча и предплечья, локтевой и медиальный корешок срединного нерва, от латерального пучка – латеральный корешок срединного нерва и мышечно-кожный нерв, от заднего – лучевой и подмышечный нервы.

**12 пар передних ветвей грудных нервов** – это межреберные нервы (из них XII называют подреберным нервом), 11 межреберных нервов идут в борозде соответствующего ребра между наружными и внутренними межреберными мышцами в одноименных промежутках, подреберный – под нижним краем XII ребра, шесть нижних проходят в толщу брюшных мышц и входят во влагалище прямой мышцы, живота, шесть верхних доходят до грудины. Нервы смешанные, они иннервируют все вентральные мышцы стенок грудной и брюшной по-

лостей: наружные и внутренние межреберные, подреберные, мышцы, поднимающие ребра, поперечную мышцу груди, прямую мышцу живота, наружную и внутреннюю мышцы живота, поперечную мышцу живота к передней и боковой поверхности груди и живота, нервы, идущие в IV–VI промежутках, иннервируют также молочную железу.

**Поясничное сплетение** образовано передними ветвями I–III поясничных и частично XII грудного и IV поясничного спинномозговых нервов и расположено в толще большой поясничной мышцы, на передней поверхности квадратной мышцы поясницы. Нервы, выходящие из этого сплетения, иннервируют кожу нижнего отдела передней брюшной стенки и частично бедра, голени и стопы, наружных половых органов. Мышечные ветви иннервируют мышцы стенок живота, передней и медиальной групп мышц бедра.

**Крестцовое сплетение** – самое мощное из всех сплетений крестцовое, образовано передними ветвями V поясничного, I–IV крестцовых и частично IV поясничного спинно-мозговых нервов, иннервирует мышцы и частично кожу ягодичной области и промежности, кожу наружных половых органов, кожу и мышцы задней поверхности бедра, кости, суставы, мышцы и кожу голени и стопы, кроме небольшого участка кожи, который иннервируется подкожным нервом (из поясничного сплетения) (рис. 8.25 и 8.26).

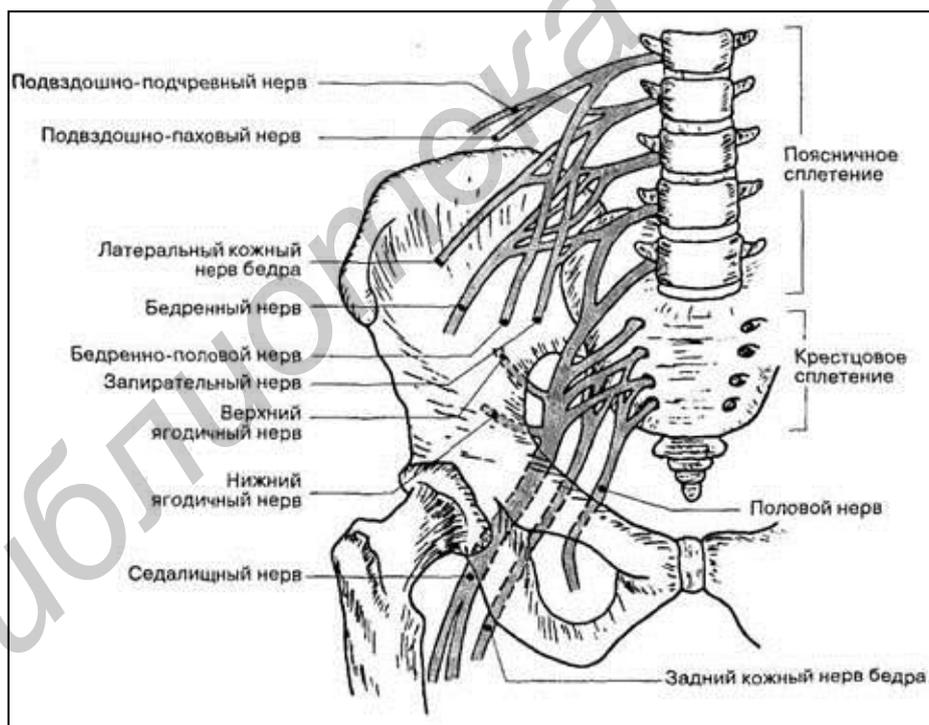


Рис. 8.25. Формирование пояснично-крестцового сплетения

**Копчиковое сплетение** образовано передними ветвями V крестцового и I копчикового нервов, его ветви иннервируют кожу в области копчика и в окружности заднего прохода.

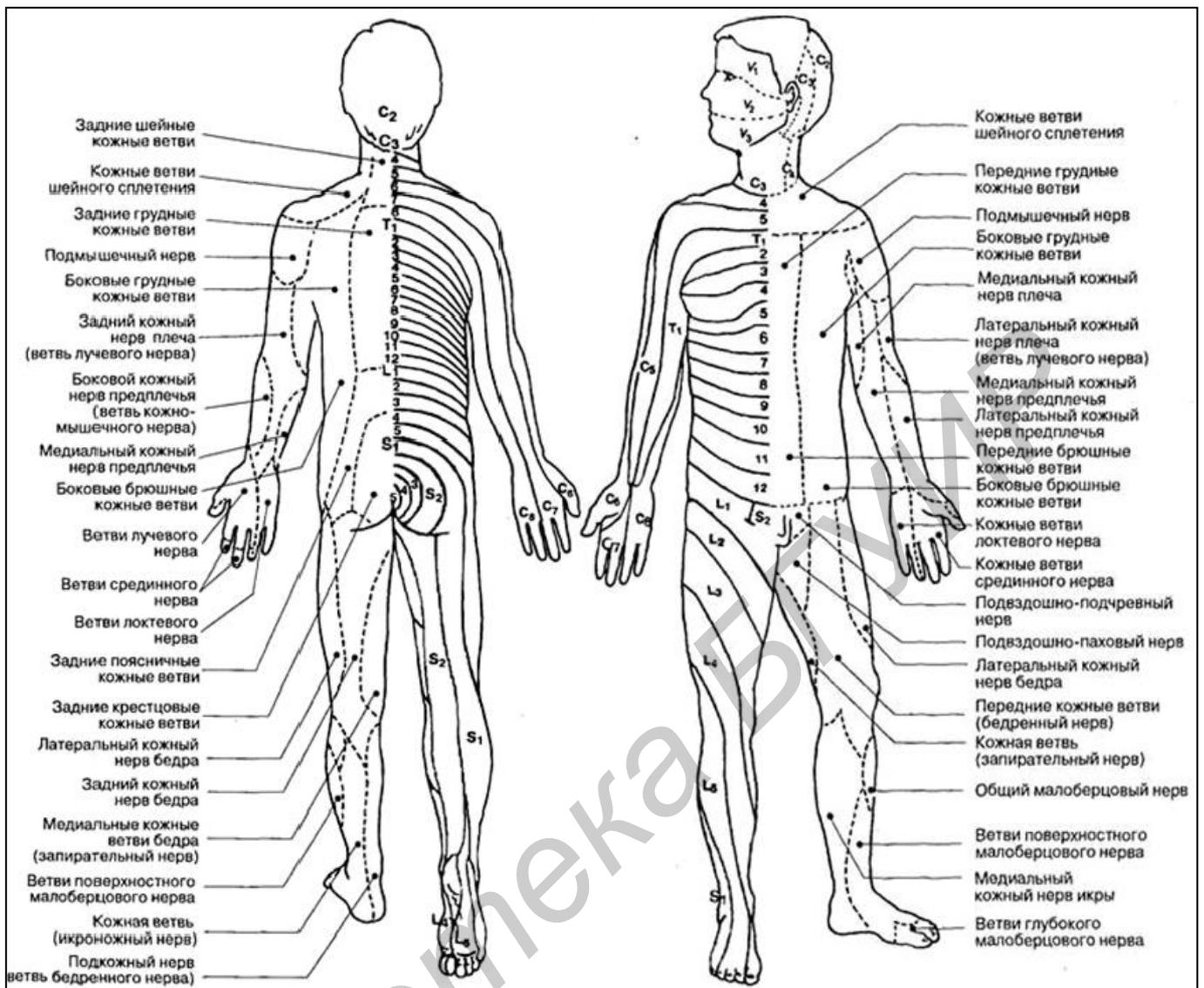


Рис. 8.26. Иннервация кожного покрова

### 8.2.3. Вегетативная (автономная) нервная система

Вегетативная нервная система – часть нервной системы организма, комплекс центральных и периферических клеточных структур, регулирующих функциональный уровень внутренней жизни организма, необходимый для адекватной реакции всех его систем.

Вегетативная нервная система – отдел нервной системы, регулирующий деятельность внутренних органов, желез внутренней и внешней секреции, кровеносных и лимфатических сосудов. Играет ведущую роль в поддержании постоянства внутренней среды организма и в приспособительных реакциях всех позвоночных.

Анатомически и функционально вегетативная нервная система подразделяется на симпатическую, парасимпатическую и метасимпатическую. Симпатические и парасимпатические центры находятся под контролем коры больших полушарий и гипоталамических центров.



В симпатическом и парасимпатическом отделах имеются центральная и периферическая части. Центральную часть образуют тела нейронов, лежащих в спинном и головном мозге. Эти скопления нервных клеток получили название вегетативных ядер. Отходящие от ядер волокна, вегетативные ганглии, лежащие за пределами центральной нервной системы, и нервные сплетения в стенках внутренних органов образуют периферическую часть вегетативной нервной системы.

Симпатические ядра расположены в спинном мозге. Отходящие от него нервные волокна заканчиваются за пределами спинного мозга в симпатических узлах, от которых берут начало нервные волокна. Эти волокна подходят ко всем органам.

Парасимпатические ядра лежат в среднем и продолговатом мозге и в крестцовой части спинного мозга. Нервные волокна от ядер продолговатого мозга входят в состав блуждающих нервов. От ядер крестцовой части нервные волокна идут к кишечнику, органам выделения.

Библиотека БГУИР

## 9. ОРГАНЫ ЧУВСТВ

*Органы чувств* – это анатомические образования, которые воспринимают внешние раздражения (звук, свет, запах, вкус и др.), трансформируют их в нервный импульс и передают его в головной мозг, где располагаются корковые отделы анализаторов ощущений.

В организме человека существует шесть специализированных органов чувств:

- 1) *орган зрения* – воспринимает световые раздражения;
- 2) *орган слуха* – воспринимает звуковые раздражения;
- 3) *орган равновесия* – воспринимает вестибулярные раздражения;
- 4) *орган обоняния* – воспринимает запахи;
- 5) *орган вкуса* – воспринимает вкус;
- 6) *соматосенсорные органы* (кожа и мышцы) – воспринимают тактильные раздражения (осязание), боль, температуру, чувство веса, давления, вибрации и положение частей тела в пространстве.

Все шесть видов органов чувств обеспечивают получение нервными центрами головного мозга различной информации из внешней среды, которая отражается в сознании в виде субъективных образов – ощущений или представлений. Органы чувств представляют собой периферические отделы анализаторов.

И. П. Павлов разработал принципиально новое учение об анализаторах, согласно которому каждый анализатор является комплексным «механизмом», который не только воспринимает сигналы внешней среды и преобразует их энергию в нервный импульс, но и производит высший анализ и синтез. Благодаря поступающей в головной мозг информации, человек ориентируется в окружающей обстановке и приспосабливается к ее изменениям.

*Анализатор* – это совокупность нервных структур, обеспечивающих восприятие раздражений из внешней среды, трансформацию (преобразование) энергии раздражения в нервные импульсы, проведение нервных импульсов до соответствующих нервных центров в коре головного мозга и анализ поступившей информации. Различают *внешние* или экстерорецептивные анализаторы (зрительный, слуховой, обонятельный, тактильный и др.) и *внутренние* или интэрорецептивные анализаторы. Известно, что некоторые анализаторы занимают промежуточное положение, например, вестибулярный анализатор. Он находится внутри организма (внутреннее ухо), но возбуждается внешними факторами (ускорение и замедление вращательных и прямолинейных движений).

Каждый анализатор состоит из трех частей:

- 1) *периферической (рецепторной) части*, которая воспринимает энергию внешнего раздражения и перерабатывает ее в нервный импульс;
- 2) *проводящего (афферентного) пути*, по которому нервный импульс следует к нервному центру;
- 3) *коркового конца анализатора*, расположенного в соответствующих участках коры большого мозга, где происходит высший анализ.

Таким образом, при помощи органов чувств человек получает всю ин-

формацию об окружающей среде, изучает ее и дает соответствующий ответ на реальные воздействия.

## 9.1. ОРГАН ЗРЕНИЯ

### 9.1.1. Строение зрительного анализатора

Орган зрения играет важнейшую роль во взаимодействии человека с окружающей средой. С его помощью к нервным центрам поступает до 90 % информации о внешнем мире. Он обеспечивает восприятие света, цветовой гаммы и ощущение пространства. Благодаря тому, что орган зрения является парным и подвижным, зрительные образы воспринимаются объемно, т. е. не только по площади, но и по глубине.

Орган зрения включает глазное яблоко и вспомогательные органы глазного яблока. В свою очередь орган зрения – составная часть зрительного анализатора, который кроме указанных структур включает проводящий зрительный путь, подкорковые и корковые центры зрения.

**Глаз** имеет округлую форму, передний и задний полюсы (рис. 9.1). Глазное яблоко состоит из:

- 1) наружной фиброзной оболочки;
- 2) средней сосудистой оболочки;
- 3) сетчатки;
- 4) ядра глаза (передняя и задняя камеры, хрусталик, стекловидное тело).

Диаметр глаза примерно равен 24 мм, объем глаза у взрослого человека в среднем 7,5 см<sup>3</sup>.

1) **Фиброзная оболочка** – наружная плотная оболочка, выполняющая каркасную и защитную функции. Фиброзная оболочка подразделяется на задний отдел – *склеру* и прозрачный передний – *роговицу*.

**Склера** – плотная соединительно-тканая оболочка толщиной 0,3–0,4 мм в задней части, 0,6 мм вблизи роговицы. Она образована пучками коллагеновых волокон, между которыми залегают уплощенные фибробласты с небольшим количеством эластических волокон. В толще склеры в зоне соединения ее с роговицей имеется множество мелких разветвленных сообщающихся между собой полостей, образующих *венозный синус склеры (шлеммов канал)*, через который обеспечивается отток жидкости из передней камеры глаза. К склере прикрепляются глазодвигательные мышцы.

**Роговица** – это прозрачная часть оболочки, которая не имеет сосудов, а по форме напоминает часовое стекло. Диаметр роговицы – 12 мм, толщина – около 1 мм. Основные свойства роговицы – прозрачность, равномерная сферичность, высокая чувствительность и высокая преломляющая способность (42 дптр). Роговица выполняет защитную и оптическую функции. Она состоит из нескольких слоев: наружного и внутреннего эпителиальных с множеством нервных окончаний, внутренних, образованных тонкими соединительно-ткаными (коллагеновыми) пластинками, между которыми лежат уплощенные фибробласты. Эпителиоциты наружного слоя снабжены множеством микровор-

синок и обильно смочены слезой. Роговица лишена кровеносных сосудов, ее питание происходит за счет диффузии из сосудов лимба и жидкости передней камеры глаза.

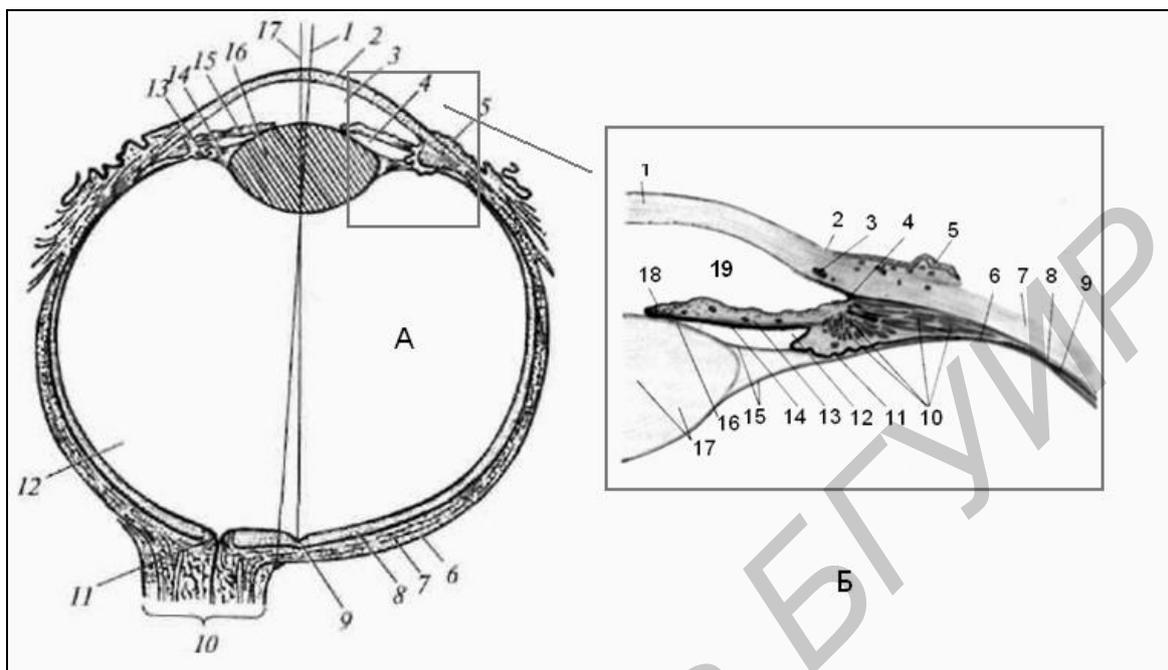


Рис. 9.1. Схема строения глаза:

А: 1 – анатомическая ось глазного яблока; 2 – роговица; 3 – передняя камера; 4 – задняя камера; 5 – конъюнктура; 6 – склера; 7 – сосудистая оболочка; 8 – цилиарная связка; 8 – сетчатка; 9 – желтое пятно; 10 – зрительный нерв; 11 – слепое пятно; 12 – стекловидное тело; 13 – ресничное тело; 14 – циннова связка; 15 – радужка; 16 – хрусталик; 17 – оптическая ось; Б: 1 – роговица; 2 – лимб (край роговицы); 3 – венозный синус склеры; 4 – радужно-рого-вичный угол; 5 – конъюнктура; 6 – ресничная часть сетчатки; 7 – склера; 8 – сосудистая оболочка; 9 – зубчатый край сетчатки; 10 – ресничная мышца; 11 – ресничные отростки; 12 – задняя камера глаза; 13 – радужка; 14 – задняя поверхность радужки; 15 – ресничный пояс; 16 – капсула хрусталика; 17 – хрусталик; 18 – сфинктер зрачка (мышца; суживающая зрачок); 19 – передняя камера глазного яблока

2) **Сосудистая оболочка** содержит большое количество кровеносных сосудов и пигмента. Она состоит из трех частей: *собственно сосудистой оболочки, ресничного тела и радужки.*

**Собственно сосудистая оболочка** образует большую часть сосудистой оболочки и выстилает заднюю часть склеры.

Большая часть **ресничного тела** – это ресничная мышца, образованная пучками миоцитов, среди которых различают продольные, циркулярные и радиальные волокна. Сокращение мышцы приводит к расслаблению волокон ресничного пояса (цинновой связки), хрусталик расправляется, округляется, вследствие этого выпуклость хрусталика и его преломляющая сила увеличивается, происходит аккомодация на близлежащие предметы. Миоциты в старческом возрасте частично атрофируются, развивается соединительная ткань, это приводит к нарушению аккомодации.

Ресничное тело кпереди продолжается в *радужку*, которая представляет собой круглый диск с отверстием в центре (зрачок). Радужка расположена между роговицей и хрусталиком. Она отделяет переднюю камеру (ограниченную спереди роговицей) от задней (ограниченной сзади хрусталиком). Зрачковый край радужки зазубрен, латеральный периферический – ресничный край – переходит в ресничное тело.

**Радужка** состоит из соединительной ткани с сосудами, пигментных клеток, которые определяют цвет глаз, и мышечных волокон, расположенных радиально и циркулярно, которые образуют *сфинктер (суживатель) зрачка* и *дилататор зрачка*. Различное количество и качество пигмента меланина обуславливает цвет глаз – карий, черный (при наличии большого количества пигмента) или голубой, зеленоватый (если мало пигмента).

3) **Сетчатка** – внутренняя (светочувствительная) оболочка глазного яблока – на всем протяжении прилежит изнутри к сосудистой оболочке. Она состоит из двух листков: внутреннего – *светочувствительного (нервная часть)* и наружного – *пигментного*. Сетчатка делится на две части – *заднюю зрительную и переднюю (ресничную и радужковую)*. Последняя не содержит светочувствительных клеток (фоторецепторов). Границей между ними является *зубчатый край*, который расположен на уровне перехода собственно сосудистой оболочки в ресничный кружок. Место выхода из сетчатки зрительного нерва называется *диск зрительного нерва* (слепое пятно, где также отсутствуют фоторецепторы). В центре диска в сетчатку входит центральная артерия сетчатки.

Зрительная часть состоит из наружной пигментной и внутренней нервной частей. Во внутреннюю часть сетчатки входят клетки с отростками в форме колбочек и палочек, которые являются светочувствительными элементами глазного яблока. *Колбочки* воспринимают световые лучи при ярком (дневном) свете и являются одновременно рецепторами цвета, а *палочки* функционируют при сумеречном освещении и играют роль рецепторов сумеречного света. Остальные нервные клетки выполняют связующую роль, аксоны этих клеток, соединившись в пучок, образуют нерв, который выходит из сетчатки.

Каждая *палочка* состоит из *наружного и внутреннего сегментов*. *Наружный сегмент* – светочувствительный – образован сдвоенными мембранными дисками, которые представляют собой складки плазматической мембраны. Зрительный пурпур – *родопсин*, располагающийся в мембранах наружного сегмента, под действием света изменяется, что приводит к возникновению импульса. Наружный и внутренний сегменты связаны между собой *ресничкой*. Во *внутреннем сегменте* – множество митохондрий, рибосом, элементов эндоплазматической сети и пластинчатого комплекса Гольджи.

Палочки покрывают почти всю сетчатку за исключением «слепого» пятна. Наибольшее количество колбочек находится на расстоянии около 4 мм от диска зрительного нерва в углублении округлой формы, так называемое *желтое пятно*, в нем отсутствуют сосуды и оно является местом наилучшего видения глаза.

Различают три типа колбочек, каждый из которых воспринимает свет

определенной длины волны. В отличие от палочек в наружном сегменте одного типа имеется *иодопсин*, который воспринимает красный свет. Количество колбочек в сетчатке глаза человека достигает 6–7 млн, количество палочек – в 10–20 раз больше.

4) **Ядро глаза** состоит из камер глаза, хрусталика и стекловидного тела.

Радужка разделяет пространство между роговицей, с одной стороны, и хрусталиком с цинновой связкой и ресничным телом, с другой, на **две камеры – переднюю и заднюю**, которые играют важную роль в циркуляции водянистой влаги внутри глаза. Водянистая влага – жидкость с очень низкой вязкостью, она содержит около 0,02 % белка. Водянистая влага вырабатывается капиллярами ресничных отростков и радужки. Обе камеры сообщаются между собой через зрачок. В углу передней камеры, образованном краем радужки и роговицы, по окружности располагаются выстланные эндотелием щели, через которые передняя камера сообщается с венозным синусом склеры, а последний – с системой вен, куда оттекает водянистая влага. В норме количество образовавшейся водянистой влаги строго соответствует количеству оттекающей. При нарушении оттока водянистой влаги возникает повышение внутриглазного давления – глаукома. При несвоевременном лечении данное состояние может привести к слепоте.

**Хрусталик** – прозрачная двояковыпуклая линза диаметром около 9 мм, имеющая переднюю и заднюю поверхности, которые переходят одна в другую в области экватора. Коэффициент преломления хрусталика в поверхностных слоях равен 1,32, в центральных – 1,42. Эпителиальные клетки, расположенные вблизи экватора, являются ростковыми, они делятся, удлиняются, дифференцируются в *хрусталиковые волокна* и накладываются на периферические волокна позади экватора, в результате чего диаметр хрусталика увеличивается. В процессе дифференцировки ядро и органеллы исчезают, в клетке сохраняются лишь свободные рибосомы и микротрубочки. Хрусталиковые волокна дифференцируются в эмбриональном периоде из эпителиальных клеток, покрывающих заднюю поверхность образующегося хрусталика, и сохраняются в течение всей жизни человека. Волокна склеены между собой веществом, чей индекс преломления аналогичен таковому в волокнах хрусталика.

Хрусталик как бы подвешен на *ресничном пояске (цинновой связке)*, между волокнами которого расположены *пространства пояска (петитов канал)*, сообщающиеся с камерами глаза. Волокна пояска прозрачны, они сливаются с веществом хрусталика и передают ему движения ресничной мышцы. При натяжении связки (расслабление ресничной мышцы) хрусталик уплощается (установка на дальнее видение), при расслаблении связки (сокращение ресничной мышцы) выпуклость хрусталика увеличивается (установка на ближнее видение). Это и называется аккомодацией глаза.

Снаружи хрусталик покрыт тонкой прозрачной эластичной капсулой, к которой прикрепляется ресничный пояс (циннова связка). При сокращении ресничной мышцы изменяются размеры хрусталика и его преломляющая способность. Хрусталик обеспечивает аккомодацию глазного яблока, преломляя световые лучи силой в 20 дптр.

**Стекловидное тело** заполняет пространство между сетчаткой сзади, хрусталиком и задней стороной ресничного пояска спереди. Оно представляет собой аморфное межклеточное вещество желеобразной консистенции, которое не имеет сосудов и нервов и покрыто оболочкой, его индекс светопреломления – 1,3. Стекловидное тело состоит из гигроскопического белка *витреина* и *гиалуроновой кислоты*. На передней поверхности стекловидного тела имеется *ямка*, в которой располагается хрусталик.

**Вспомогательные органы глаза.** К вспомогательным органам глаза относятся мышцы глазного яблока, фасции глазницы, веки, брови, слезный аппарат, жировое тело, конъюнктура, влагалище глазного яблока. Двигательный аппарат глаза представлен шестью мышцами. Мышцы начинаются от сухожильного кольца вокруг зрительного нерва в глубине глазницы и прикрепляются к глазному яблоку. Мышцы действуют таким образом, что оба глаза поворачиваются согласованно и направлены в одну и ту же точку (рис. 9.2).

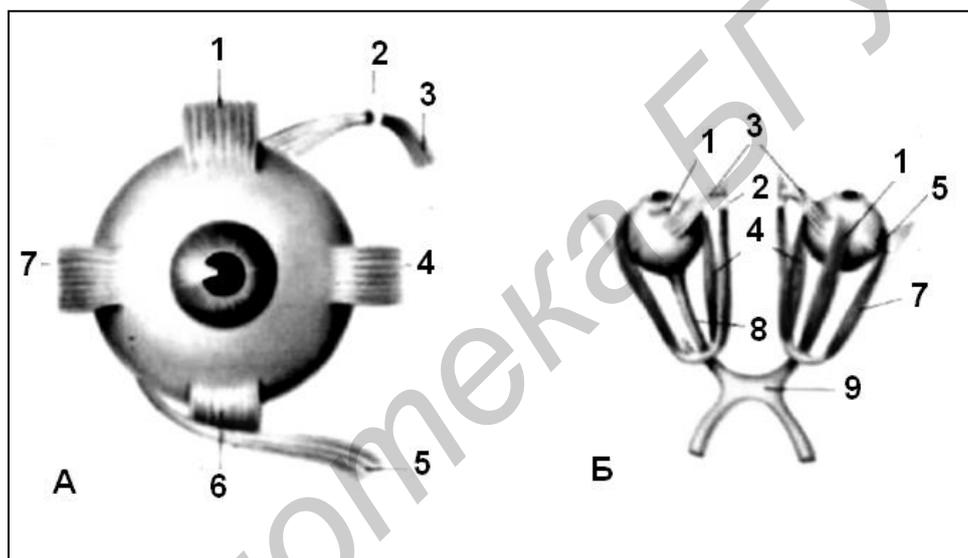


Рис. 9.2. Мышцы глазного яблока (глазодвигательные мышцы):

А – вид спереди; Б – вид сверху; 1 – верхняя прямая мышца; 2 – блок; 3 – верхняя косая мышца; 4 – медиальная прямая мышца; 5 – нижняя косая мышца; 6 – нижняя прямая мышца; 7 – латеральная прямая мышца; 8 – зрительный нерв; 9 – перекрест зрительных нервов

**Глазница**, в которой находится глазное яблоко, состоит из надкостницы глазницы. Между влагалищем и надкостницей глазницы находится *жировое тело* глазницы, которое выполняет роль эластичной подушки для глазного яблока.

**Веки** (верхнее и нижнее) представляют собой образования, которые лежат впереди глазного яблока и прикрывают его сверху и снизу, а при смыкании полностью его скрывают. Пространство между краями век называется *глазной щелью*, вдоль переднего края век расположены ресницы. Основу века составляет хрящ, который сверху покрыт кожей. Веки уменьшают или перекрывают доступ светового потока. Брови и ресницы – это короткие щетинковые волосы.

При мигании ресницы задерживают крупные частицы пыли, а брови способствуют отведению пота в латеральном и медиальном направлении от глазного яблока.

**Слезный аппарат** состоит из слезной железы с выводными протоками и слезоотводящих путей (рис. 9.3). Слезная железа расположена в верхнелатеральном углу глазницы. Она выделяет слезу, состоящую в основном из воды, в которой содержится около 1,5 % NaCl, 0,5 % альбумина и слизь, а также в слезе имеется лизоцим, обладающий выраженным бактерицидным действием.

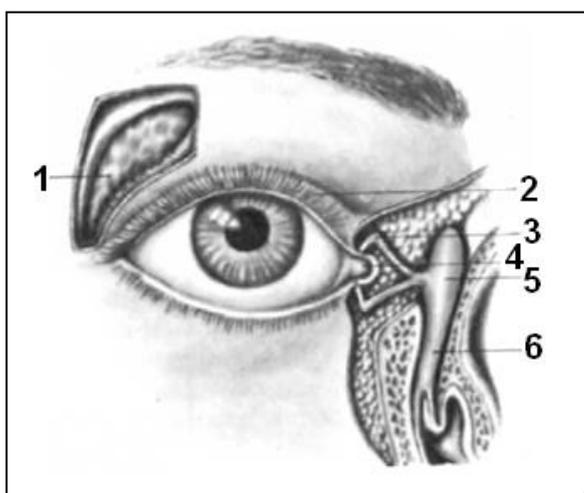


Рис. 9.3. Слезный аппарат правого глаза:

- 1 – слезная железа;
- 2 – верхнее веко;
- 3 – слезный каналец;
- 4 – слезное озеро;
- 5 – слезный мешок;
- 6 – носослезный канал

Кроме того, слеза обеспечивает смачивание роговицы – препятствует ее воспалению, удаляет с ее поверхности частицы пыли и участвует в обеспечении ее питания. Движению слезы способствуют мигательные движения век. Затем слеза по капиллярной щели около края век оттекает в слезное озеро. В этом месте берут начало слезные каналца, которые открываются в слезный мешок. Последний находится в одноименной ямке в нижнемедиальном углу глазницы. Книзу он переходит в довольно широкий носослезный канал, по которому слезная жидкость попадает в полость носа.

### 9.1.2. Зрительное восприятие

**Формирование изображения** в глазу происходит при участии оптических систем (роговицы и хрусталика), дающих перевернутое и уменьшенное изображение объекта на поверхности сетчатки. Кора головного мозга осуществляет еще один поворот зрительного образа, благодаря чему мы видим различные объекты окружающего мира в реальном виде.

Приспособление глаза к ясному видению на расстоянии удаленных предметов называют *аккомодацией*. Механизм аккомодации глаза связан с сокращением ресничных мышц, которые изменяют кривизну хрусталика. При рассмотрении предметов на близком расстоянии одновременно с аккомодацией действует и *конвергенция*, т. е. происходит сведение осей обоих глаз. Зрительные линии сходятся тем больше, чем ближе находится рассматриваемый предмет.

Преломляющую силу оптической системы глаза выражают в диоптриях –



(дптр). Преломляющая сила глаза человека составляет 59 дптр при рассмотрении далеких и 72 дптр – при рассмотрении близких предметов.

Существуют три главные аномалии преломления лучей в глазу (рефракции): близорукость, или *миопия*; дальность, или *гиперметропия*, и *астигматизм* (рис. 9.4). Основная причина всех дефектов глаза состоит в том, что не согласуются между собой преломляющая сила и длина глазного яблока, как в нормальном глазу. При близорукости лучи сходятся перед сетчаткой в стекловидном теле, а на сетчатке вместо точки возникает круг светорассеяния, глазное яблоко при этом имеет большую длину, чем в норме. Для коррекции зрения используют вогнутые линзы с отрицательными диоптриями.

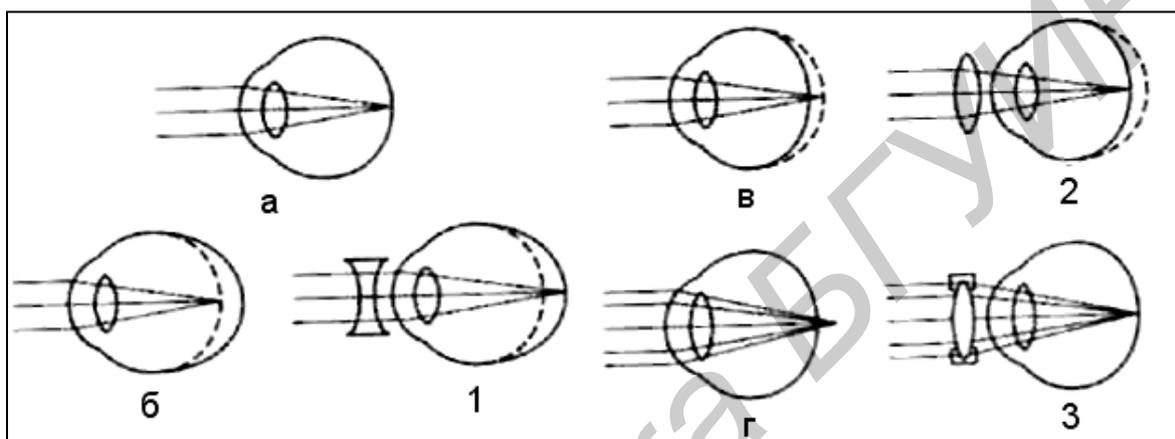


Рис. 9.4. Ход лучей света в глазу:

а – при нормальном зрении; б – при близорукости; в – при дальности; г – при астигматизме; 1 – коррекция двояковогнутой линзой для исправления дефектов близорукости; 2 – двояковыпуклой – дальности; 3 – цилиндрической – астигматизма

При дальности глазное яблоко короткое, и поэтому параллельные лучи, идущие от далеких предметов, собираются сзади сетчатки, а на ней получается неясное, расплывчатое изображение предмета. Этот недостаток может быть компенсирован путем использования преломляющей силы выпуклых линз с положительными диоптриями. Астигматизм – различное преломление лучей света в двух главных меридианах.

Старческая дальность (пресбиопия) связана со слабой эластичностью хрусталика и ослаблением натяжения цинновых связок при нормальной длине глазного яблока. Исправить это нарушение рефракции можно с помощью двояковыпуклых линз.

Зрение одним глазом дает нам представление о предмете лишь в одной плоскости. Только зрение одновременно двумя глазами дает восприятие глубины и правильное представление о взаимном расположении предметов. Способность к слиянию отдельных изображений, получаемых каждым глазом, в единое целое обеспечивает *бинокулярное зрение*.

Острота зрения характеризует пространственную разрешающую способность глаза и определяется тем наименьшим углом, при котором человек спо-

способен различать раздельно две точки. Чем меньше угол, тем лучше зрение. В норме этот угол равен 1 минуте, или 1 единице.

Для определения остроты зрения используют специальные таблицы, на которых изображены буквы или фигурки различного размера.

*Поле зрения* – это пространство, которое воспринимается одним глазом при неподвижном его состоянии. Изменение поля зрения может быть ранним признаком некоторых заболеваний глаз и головного мозга.

**Механизм фоторецепции** основан на поэтапном превращении зрительного пигмента родопсина под действием квантов света. Последние поглощаются группой атомов (хромофоры) специализированных молекул – хромолипидопротеинов. В качестве хромофора, который определяет степень поглощения света в зрительных пигментах, выступают альдегиды спиртов витамина А или ретиналь. Ретиналь в норме (в темноте) связывается с бесцветным белком опсином, образуя при этом зрительный пигмент родопсин. При поглощении фотона *цис*-ретиналь переходит в полную трансформу (изменяет конформацию) и отсоединяется от опсина, при этом в фоторецепторе запускается электрический импульс, который направляется в головной мозг. Молекула теряет цвет, и этот процесс называют выцветанием. После прекращения воздействия света родопсин тотчас же ресинтезируется. В полной темноте необходимо около 30 минут, чтобы все палочки адаптировались и глаза приобрели максимальную чувствительность (весь *цис*-ретиналь соединился с опсином, вновь образуя родопсин). Этот процесс непрерывный и лежит в основе темновой адаптации.

От каждой фоторецепторной клетки отходит тонкий отросток, заканчивающийся в наружном сетчатом слое утолщением, которое образует синапс с отростками биполярных нейронов.

*Ассоциативные нейроны*, расположенные в сетчатке, передают возбуждение от фоторецепторных клеток к крупным *оптикоганглионарным невритам*, аксоны которых (500 тыс – 1 млн) и образуют зрительный нерв, который выходит из глазницы через канал зрительного нерва. На нижней поверхности мозга образуется *перекрест зрительных нервов*. Информация от латеральных частей сетчатки, не перекрещиваясь, направляется в зрительный тракт, а от медиальных – перекрещивается. Затем импульсы проводятся к подкорковым центрам зрения, которые расположены в среднем и промежуточном мозге. Верхние холмики среднего мозга обеспечивают ответную реакцию на неожиданные зрительные раздражители. Задние ядра таламуса (зрительного бугра) промежуточного мозга обеспечивают бессознательную оценку зрительной информации. От латеральных коленчатых тел промежуточного мозга по зрительной лучистости импульсы направляются к корковому центру зрения. Он расположен в шпорной борозде затылочной доли и обеспечивает сознательную оценку поступившей информации (рис. 9.5).

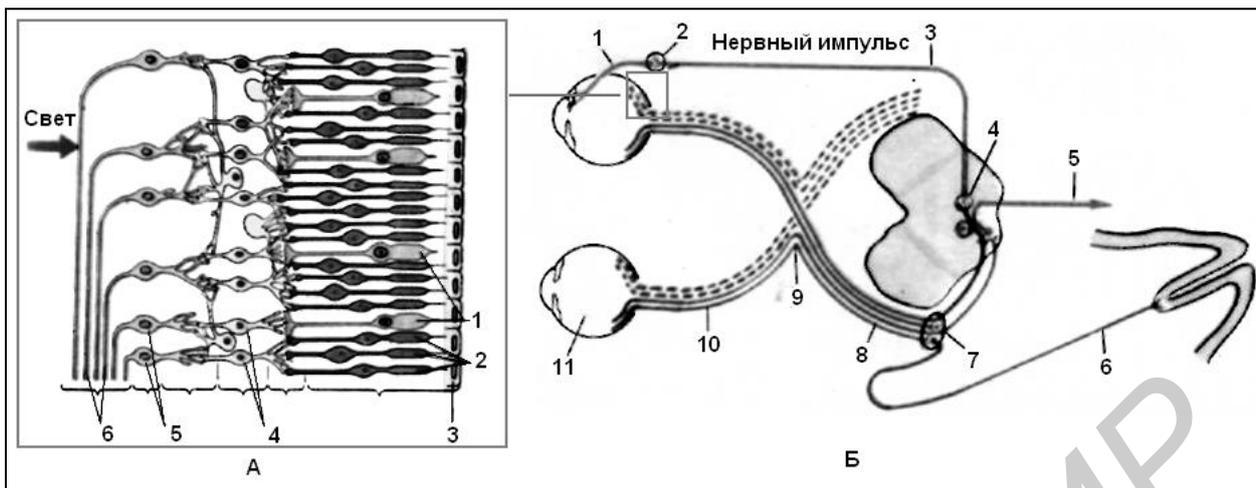


Рис. 9.5. Механизм фоторецепции:

А – схема строения сетчатки глаза: 1 – колбочка; 2 – палочки; 3 – пигментные клетки; 4 – биполярные клетки; 5 – ганглиозные клетки; 6 – нервные волокна (стрелка – направление света); Б – проводящий путь зрительного анализатора: 1 – короткие ресничные нервы; 2 – ресничный узел; 3 – глазодвигательный нерв; 4 – ядро глазодвигательного нерва; 5 – покрышечно-спинно-мозговой путь; 6 – зрительная лучистость; 7 – латеральное коленчатое тело; 8 – зрительный тракт; 9 – зрительный перекрест; 10 – зрительный нерв; 11 – глазное яблоко

## 9.2. ОРГАНЫ СЛУХА И РАВНОВЕСИЯ

### 9.2.1. Строение преддверно-улиткового органа

**Органы слуха и равновесия** у человека объединены между собой в сложную систему (преддверно-улитковый орган), морфологически разделенную на три отдела (рис. 9.6):

- 1) наружное ухо: наружный слуховой проход и ушная раковина с мышцами и связками;
- 2) среднее ухо: барабанная полость, сосцевидные придатки, слуховая труба;
- 3) внутреннее ухо: перепончатый лабиринт, располагающийся в костном лабиринте внутри пирамиды височной кости.

1) **Наружное ухо.** Ушная раковина – эластичный хрящ, сложной формы, покрытый кожей. У многих млекопитающих ушная раковина очень развита, чтобы улавливать направление звука. У человека эта функция важной роли не играет и ушные раковины невелики, а мышцы, обеспечивающие их подвижность, редуцированы.

*Наружный слуховой проход* состоит из хрящевого и костного отделов, длина его у взрослого человека около 33–35 мм, диаметр просвета колеблется на разных участках от 0,6 до 0,9 см. По ходу имеется S-образный изгиб наружного слухового прохода в горизонтальной и вертикальной плоскости. Если оттянуть ушную раковину вверх и назад, проход выпрямляется. В эпителии, выстилающем слуховой проход, наряду с большим количеством сальных желез,

имеются особые трубчатые железы ушной серы (видоизмененные потовые), вырабатывающие вязкий, желтоватый секрет – ушную серу. Восковидный продукт, называемый ушной серой, представляет собой смесь секретов из различных желез, содержится во внешнем ушном канале и состоит из материала, в состав которого входят клетки, которые постоянно слущиваются. Ушная сера служит для смазывания наружного слухового прохода и в то же самое время защищает барабанную перепонку от пыли, грязи, насекомых, бактерий и грибов.

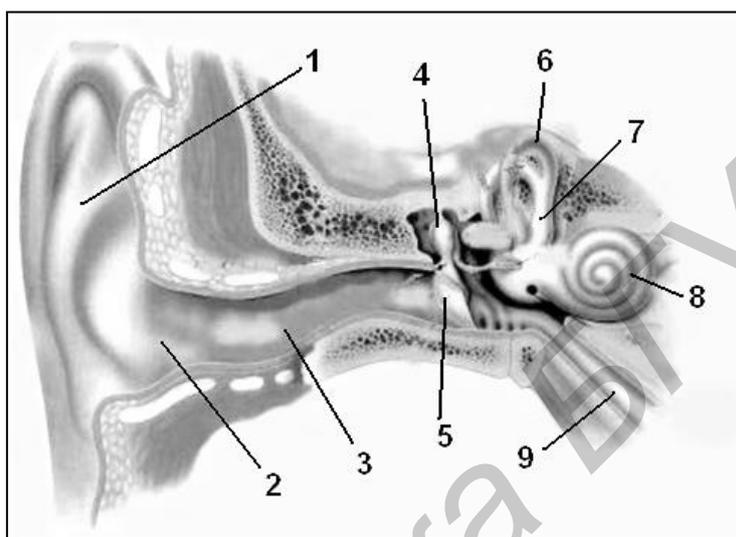


Рис. 9.6. Преддверно-улитковый орган (орган слуха и равновесия):

1 – ушная раковина; 2 – наружное слуховое отверстие; 3 – наружный слуховой проход (улитка); 4 – молоточек; 5 – барабанная перепонка; 6 – верхний полукружный канал (слуховая труба); 7 – преддверие; 8 – улитка; 9 – слуховая труба

**Барабанная перепонка** отделяет наружное ухо от *среднего*. Толщина перепонки около 0,1 мм. Барабанная перепонка вставлена в борозду барабанной части височной кости.

2) **Среднее ухо**. В *барабанной полости* (воздухоносной) объемом около 1 см<sup>3</sup>, находятся три слуховые косточки, сухожилия мышц, натягивающих барабанную перепонку, и стремя (обе мышцы поперечнополосатые). Здесь же проходит барабанная струна – ветвь промежуточного нерва (VII пара). Барабанная полость продолжается в *слуховую трубу*, которая открывается в носовой части глотки *глоточным отверстием слуховой трубы*.

*Слуховая труба (евстахиева)* длиной около 3,5 см, диаметр просвета около 1–2 мм выполняет очень важную функцию – способствует выравниванию давления воздуха внутри барабанной полости по отношению к наружной среде. Щелевидное *глоточное отверстие слуховой трубы*, расположенное на боковой стенке носовой части глотки, открывается при акте глотания. Во время глотания, зевания или жевания, усилиями действия связанных мышц евстахиева труба открывается, благодаря чему внешний воздух входит и проходит в среднее ухо и замещает тот воздух, который был поглощен телом.

При резком снижении самолета внешнее давление воздуха в салоне под-

нимается и сразу же действует на барабанную перепонку через внешний слуховой канал. Единственным способом исправить это неравновесие воздушного давления через барабанную перепонку является способность открывать евстахиеву трубу для того, чтобы впустить новую порцию внешнего давления воздуха. Обычно это происходит при жевании и глотании, именно тогда проходит действие усилия на трубу.

**Слуховые косточки – стремя, наковальня, молоточек**, названные так благодаря своей форме, – самые мелкие в человеческом организме, составляют цепь, соединяющую барабанную перепонку с окном преддверия, ведущим во внутреннее ухо (рис. 9.7, А).

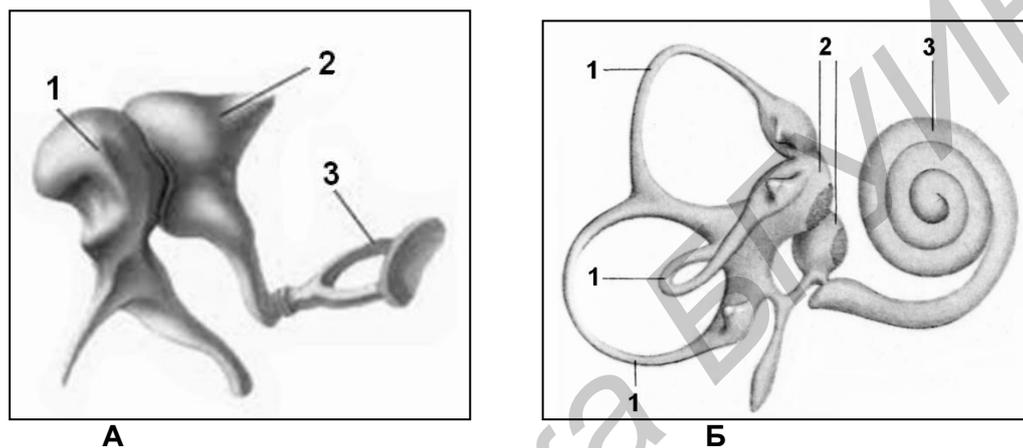


Рис. 9.7. Слуховые косточки (А) и вестибулярный аппарат человека (Б):

А: 1 – молоточек; 2 – наковальня; 3 – стремя; Б: 1 – полукружные каналы; 2 – отолитовые мешочки; 3 – улитка

Косточки передают звуковые колебания от барабанной перепонки окну преддверия. Рукоятка молоточка сращена с барабанной перепонкой. Головка молоточка и тело наковальни соединены между собой суставом и укреплены связками. Длинный отросток наковальни сочленяется с головкой стремечка, основание которого входит в окно преддверия, соединяясь с его краем посредством кольцевой связки стремени. Косточки покрыты слизистой оболочкой.

3) **Внутреннее ухо.** Внутреннее ухо расположено в пирамиде височной кости, представляет собой сложную по форме систему каналов, называемую лабиринтом, который заполнен специальной жидкостью (рис. 9.7, Б). В костном лабиринте, изнутри выстланном надкостницей, залегает перепончатый лабиринт, повторяющий формы костного. Между костным и перепончатым лабиринтами помещается перилимфа, внутри перепончатого лабиринта содержится эндолимфа.

В костном лабиринте различают три части: улитку, преддверие и костные полукружные каналы. Улитка относится к органу слуха, а преддверие и костные полукружные каналы – к органу равновесия.

**Три костных полукружных канала** лежат в трех взаимно-перпендикулярных плоскостях: сагиттальной – *передний канал*, горизонтальной – *латеральный*, фронтальной – *задний*.

**Костная улитка** образует 2,5 завитка вокруг горизонтально лежащего стержня – *веретена*, вокруг которого наподобие винта закручена *костная спиральная пластинка*, пронизанная тонкими канальцами, где проходят волокна улитковой части преддверно-улиткового нерва – VIII пары черепных нервов. Щель заполнена перилимфой.

### 9.2.2. Механизм восприятия звуков

Нервные клетки, которые отвечают за передачу сигнала к мозгу для слуха, расположены в **Кортиевом органе**, который находится в улитке в подвешенном состоянии (рис. 9.8). Нервные клетки, которые участвуют в образовании слуха, называемые волосковыми клетками (из-за своих выростов, похожих на волоски), расположены на базилярной мембране, что позволяет нижней части клеток соприкоснуться с перилимфой барабанной лестницы. Волосоподобные выросты волосковых клеток, известные как стереоцилия, располагаются на верхушке волосковых клеток и соприкасаются с эндолимфой.

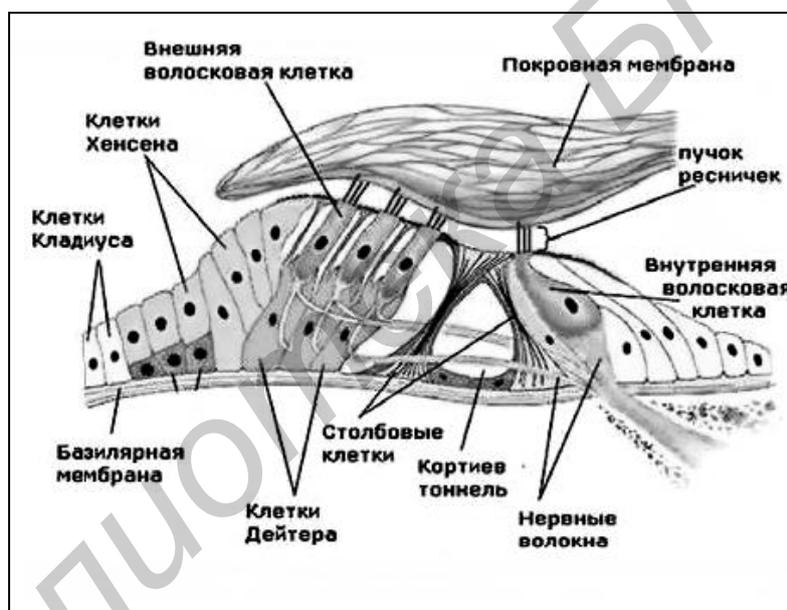


Рис. 9.8. Анатомическое строение Кортиева органа

Кортиев орган состоит примерно из 20 000 волосковых клеток, которые размещены на базилярной мембране, покрывающей всю закрученную улитку, и имеет длину 34 мм. Более того, толщина базилярной мембраны меняется от 0,1 мм в начале (в основании) приблизительно до 0,5 мм в конце (на верхушке) улитки.

Звуковые волны входят в наружный слуховой канал, где они вызывают резонирование барабанной перепонки при амплитуде и частоте, которые свойственны самому звуку. Внутреннее и внешнее движение барабанной перепонки позволяет колебательной энергии передаваться к молоточку, соединенному с наковальней, которая в свою очередь соединена со стремечком. Затем колебание

передается через стремечко в улитку, проходя через овальное окно.

Передача колебательной энергии в улитку приводит к образованию волны жидкости через перилимфу в лестницу преддверия улитки, далее через эластичную мембрану в эндолимфу средней лестницы улитки. В результате волна жидкости заставляет эластичную базилярную мембрану волнообразно колебаться. Звуки более высокой частоты вызывают больше движения в основании или более толстой части базилярной мембраны, и более низкая частота звуков вызывает больше движения на вершине или более тонкой части базилярной мембраны.

Таким образом, если базилярная мембрана вибрирует, то подвешенный кортиев орган со своими волосковыми клетками буквально подпрыгивает в ответ на энергию этого движения волны.

Волна вызывает движение стереоцилий, и они начинают сгибаться. Их движение приводит к тому, что определенные каналы, предназначенные для трансдукции сигналов, и которые очень хорошо пропускают ионы  $K^+$ , начинают открываться и  $K^+$  поступает в волосковую клетку, в результате чего она деполяризуется. Эндолимфа, с которой соприкасаются волосковые клетки, имеет высокую концентрацию ионов  $K^+$ . Деполяризация волосковой клетки приводит к тому, что в её нижней части потенциалозависимые каналы ионов кальция ( $Ca^{2+}$ ) начинают открываться и пропускать ионы  $Ca^{2+}$  в клетку. В результате этого выделяется нейромедиатор волосковой клетки и раздражает близлежащий нейрон улитки, который в конечном итоге посылает сигнал в мозг.

Волосковые клетки, которые находятся ближе к основанию мембраны, будут максимально реагировать на очень высокие звуки верхней границы человеческого слуха (20 000 Гц), а волосковые клетки, которые находятся на противоположной самой верхней части мембраны, будут максимально реагировать на звуки нижней границы человеческого слуха (20 Гц).

Звуковые раздражения в кортиевом органе преобразуются в нервные импульсы, которые по волокнам преддверно-улиткового нерва (VIII пара черепных нервов) передаются в соответствующие подкорковые и корковые центры слуха (рис. 9.9).

Подкорковые центры слуха, так же как и зрительные, расположены в среднем и промежуточном мозге. При этом нижние холмики среднего мозга обеспечивают ответные реакции на неожиданные слуховые раздражения. Центральные ядра таламуса (зрительного бугра) промежуточного мозга обеспечивают бессознательную оценку слуховой информации, а медиальные коленчатые тела проводят импульсы по слуховой лучистости к корковому центру, находящемуся в верхней височной извилине.

У человека ядро коркового отдела слухового анализатора расположено в височной области коры больших полушарий. Проводящие пути слухового анализатора перекрещиваются. В результате корковые клетки каждого полушария получают импульсы с обоих Кортиевых органов.

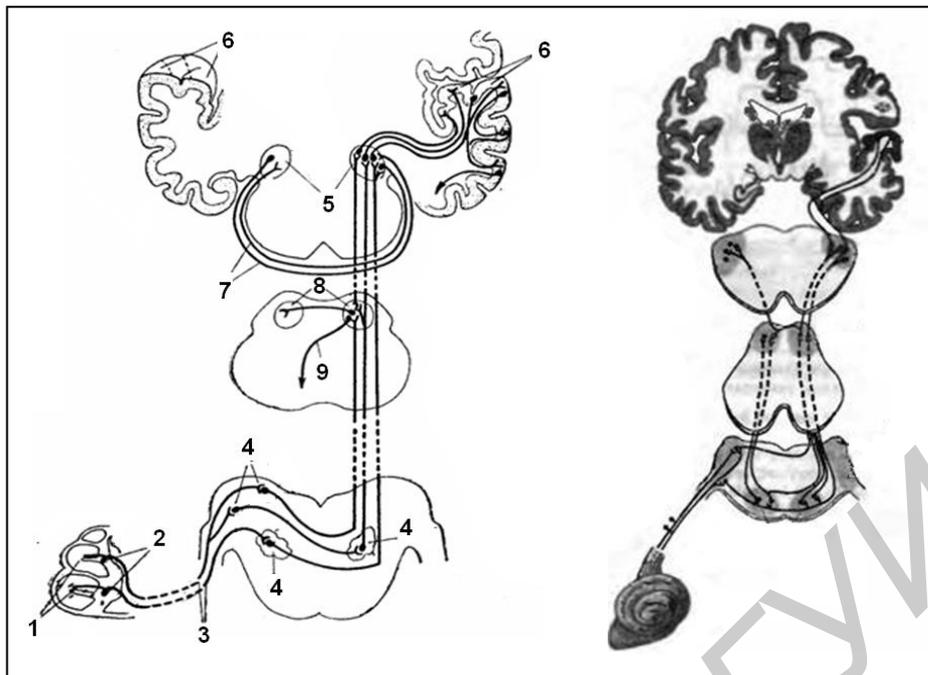


Рис. 9.9. Схема проводящих путей слухового анализатора:

1 – рецепторы Кортиева органа; 2 – тела биполярных нейронов; 3 – улитковый нерв; 4 – ядра продолговатого мозга, где расположены тела второго нейрона проводящих путей; 5 – внутреннее коленчатое тело, где начинается третий нейрон основных проводящих путей; 6 – верхняя поверхность височной доли коры больших полушарий (нижняя стенка поперечной щели), где оканчивается третий нейрон; 7 – нервные волокна, связывающие оба внутренних коленчатых тела; 8 – задние бугры четверохолмия; 9 – начало эфферентных путей, идущих от четверохолмия

### 9.2.3. Механизм восприятия вестибулярных раздражений

Рецепторы вестибулярного (статокинетического) анализатора располагаются в полукружных протоках и в отолитовом аппарате внутреннего уха. Все три полукружных протока заканчиваются ампулами, содержащими рецепторные волосковые клетки, составляющие ампулярные *гребешки* (рис. 9.10). Эти гребешки внедряются в студенистое вещество, образующее купол. Рецепторные волосковые клетки гребешков чувствительны к перемещению эндолимфы в полукружных протоках каналов и реагируют прежде всего на изменение скорости движения – ускорение и торможение, поэтому они называются кинетическими рецепторами. Поскольку три полукружных канала расположены в трех плоскостях, то движение головы в любом направлении вызывает движение эндолимфы.

Рецепторы отолитового аппарата сконцентрированы в участках, именуемых *пятнами*. В одном из мешочков такое пятно занимает горизонтальное, в другом – вертикальное положение. Рецепторные волосковые клетки каждого пятна внедрены в студенистую ткань, содержащую кристаллы карбоната натрия – отолиты, изменение положения которых и вызывает раздражение рецепторных клеток, при этом в них возникают нервные импульсы, сигнализирующие о положении головы в пространстве (статические импульсы).



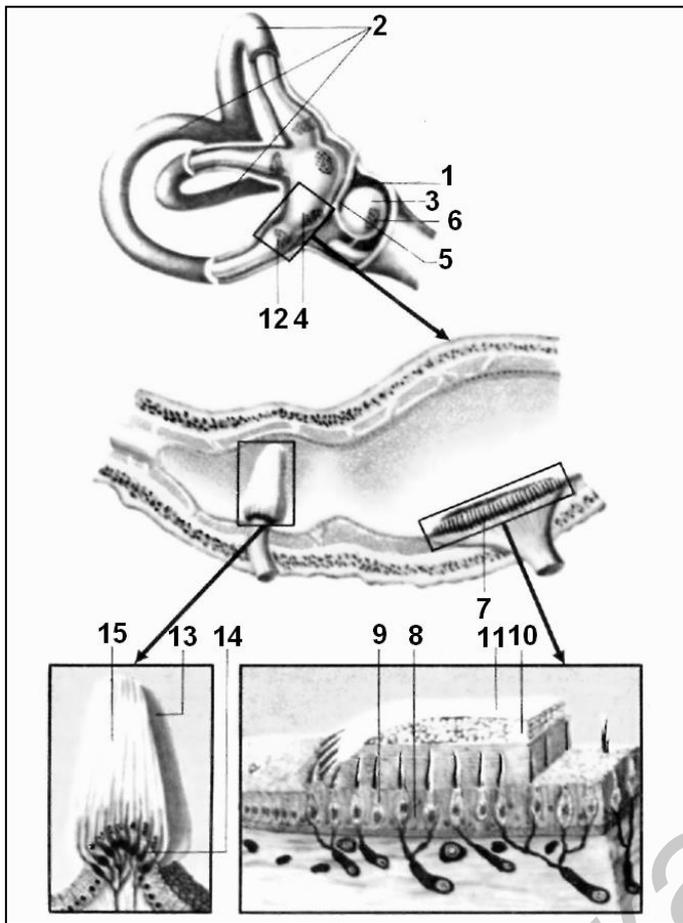


Рис. 9.10. Орган равновесия:

- 1 – преддверие; 2 – полукружные каналы; 3 – сферический мешочек; 4 – эллиптический мешочек; 5 – эндолимфатический проток; 6 – пятно сферического мешочка; 7 – отолитовый аппарат; 8 – поддерживающие клетки; 9 – волосковые сенсорные клетки; 10 – статоконии; 11 – мембрана статоконий; 12 – ампула; 13 – ампулярный гребешок; 14 – волосковые сенсорные клетки; 15 – купол

При нормальном положении тела сила тяжести заставляет отолиты оказывать давление на определенные волосковые клетки. Если голова наклонена теменем вниз, отолит провисает на волосках. При боковом наклоне головы один отолит давит на волоски, а другой провисает. Изменение давления отолитов вызывает возбуждение волосковых сенсорных клеток, которые сигнализируют о положении головы в пространстве. От периферического рецепторного аппарата вестибулярной системы импульсы следуют по дендритам первых нейронов вестибулярных путей к вестибулярному узлу, расположенному во внутреннем слуховом проходе. В нем располагаются тела первых нейронов, аксоны которых входят в состав преддверно-улиткового нерва (VIII пара черепных нервов) и передается в соответствующие подкорковые и корковые вестибулярные центры.

Следует отметить, что ядра преддверно-улиткового нерва связаны с продолговатым мозгом и мозжечком (рис. 9.11). Мозжечок является важным подкорковым центром, обеспечивающим автоматическое перераспределение мышечного тонуса при изменении положения тела в пространстве, т. е. поддержание равновесия. Еще один подкорковый центр вестибулярного анализатора расположен в базальных ядрах таламуса (зрительного бугра), а корковый – в средней и нижней височных извилинах.

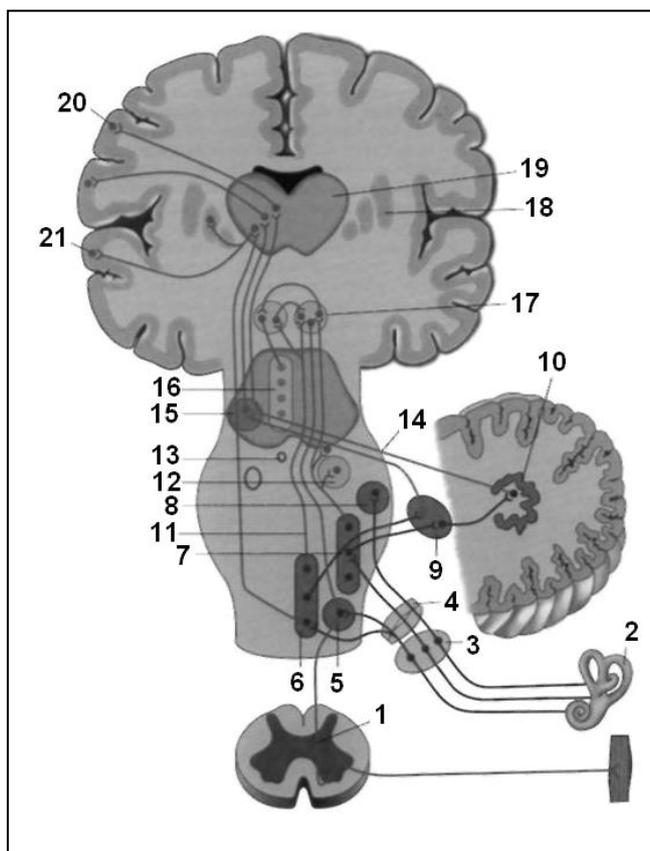


Рис. 9.11. Проводящие пути импульсов вестибулярной чувствительности:

1 – преддверно-спинномозговой путь; 2 – полукружные протоки; 3 – преддверный узел; 4 – преддверный корешок; 5 – нижнее вестибулярное ядро; 6 – медиальное вестибулярное ядро; 7 – латеральное вестибулярное ядро; 8 – верхнее вестибулярное ядро; 9 – ядро шатра мозжечка; 10 – зубчатое ядро мозжечка; 11 – медиальный продольный пучок; 12 – ядро отводящего нерва; 13 – ретикулярная формация; 14 – верхняя мозжечковая ножка; 15 – красное ядро; 16 – ядро глазодвигательного нерва; 17 – ядро Даркшевича; 18 – чечевичеобразное ядро; 19 – таламус; 20 – кора теменной доли; 21 – кора височной доли большого полушария мозга

При чрезмерном возбуждении вестибулярного аппарата возникают многочисленные рефлекторные реакции двигательного характера, которые изменяют деятельность внутренних органов, а также различные сенсорные реакции. Примером таких реакций может быть появление быстро повторяющихся движений глазных яблок (нистагма) после проведения вращательной пробы: человек делает глазами ритмичные движения в сторону, противоположную вращению, а затем очень быстро в сторону, которая совпадает с направлением вращения. Возможны также появление изменений в деятельности сердца, в суживании или расширении сосудов, снижение артериального давления, усиление перистальтики кишечника и желудка и др.

При возбудимости вестибулярного аппарата появляется головокружение, нарушается ориентировка в окружающей среде, возникает чувство тошноты. Вестибулярный аппарат участвует в регуляции и перераспределении мышечного тонуса. Многочисленные связи вестибулярного аппарата объясняют обилие патологической симптоматики, возникающей при его поражении.

### 9.3. ОРГАН ОБОНЯНИЯ

**Обонятельный анализатор** в жизни человека играет важную роль. Он позволяет контролировать качество вдыхаемого воздуха, принимаемой пищи и в совокупности с другими анализаторами позволяет ориентироваться в окружающей среде. Также большое значение имеет наличие у людей обонятельной

памяти, которая позволяет узнавать ранее встречавшиеся запахи.

Рецепторы, воспринимающие обонятельные раздражения, расположены в обонятельной области слизистой оболочки полости носа: в области верхнего носового хода, верхней носовой раковины и верхней части перегородки носа. Обонятельная область слизистой оболочки носа и обонятельные железы в совокупности составляют орган обоняния. Рецепторный слой слизистой оболочки представлен обонятельными нейросенсорными клетками (эпителиоцитами), которые воспринимают присутствие пахучих веществ (рис. 9.12), количество которых составляет около 10 млн.

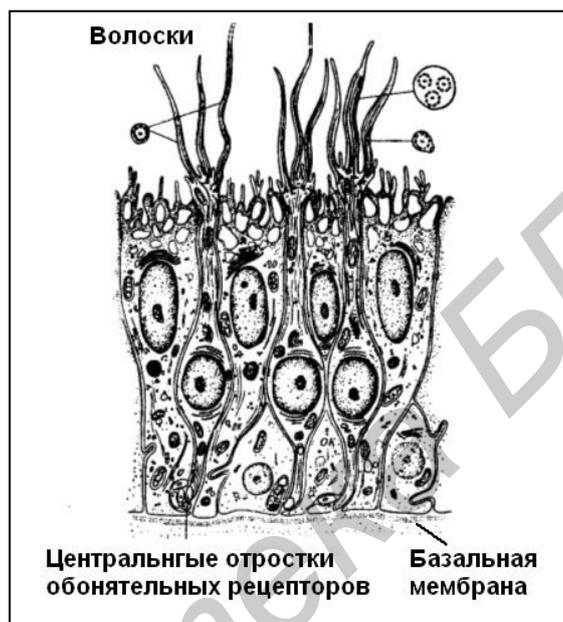


Рис. 9.12. Схема строения обонятельного эпителия

Под клетками осязания лежат поддерживающие клетки. В слизистой оболочке находятся обонятельные (боуменовы) железы, секрет которых увлажняет поверхность рецепторного слоя. Периферические отростки клеток обоняния несут на себе обонятельные волоски (реснички), а центральные отростки формируют около 15–30 обонятельных нервов. Периферические отростки этих клеток заканчиваются булавовидными рецепторами, на каждом из которых находятся 10–15 обонятельных волосков, погруженных в слой слизи. Пахучие вещества, проникающие с потоком воздуха в полость носа, растворяются в слизи. Молекулы пахучего вещества контактируют с волосками клеток обонятельной слизистой оболочкой.

Все пахучие вещества должны быть летучими, чтобы поступать в носовую полость с воздухом, и растворимыми, чтобы проникать к рецепторным клеткам через слой обонятельной слизи, покрывающей эпителий носовых раковин. Таким требованиям удовлетворяет огромное количество веществ, а человек способен различать тысячи всевозможных запахов, при этом отсутствует строгое соответствие между структурой химической молекулы и ее запахом.

Большинство имеющихся теорий запахов основано на произвольном выделении нескольких запахов в качестве основных (по аналогии с четырьмя вкусовыми модальностями) и объяснении всех остальных запахов их различными комбинациями. И только стереохимическая теория запахов основана на выявлении соответствия между геометрическим сходством молекул пахучих веществ и присущим им запахом.

Существует гипотеза существования семи разновидностей хеморецепторов, способных присоединять вещества, которые стереохимически им соответствуют. Среди нескольких сотен экспериментально исследованных пахучих молекул удалось выявить семь классов, в которых расположились вещества со сходной стереохимической конфигурацией молекул и сходным запахом (табл. 9.1). Семь указанных запахов названы первичными, а все остальные запахи объясняются различными сочетаниями первичных запахов.

Таблица 9.1

Классификация первичных запахов

Первичный запах	Известные вещества с таким запахом (количество)	Примеры веществ с первичным запахом
Камфорный	106	Камфора, эвкалипт
Едкий	95	Уксус, муравьиная кислота
Эфирный	53	Эфир, груши
Цветочный	71	Розы
Мятный	77	Мята, ментол
Мускусный	69	Железы ондатры, кабарги
Гнилостный	49	Тухлые яйца

Предполагают, что приемником запаховых молекул являются макромолекулы белка, которые меняют свою конформацию при стереохимическом соответствии им запаховых молекул. При действии пахучих веществ на обонятельный эпителий от него регистрируется многокомпонентный электрический потенциал.

Центральные отростки обонятельных клеток собираются в пучки и в составе обонятельных проникают в полость черепа, где заканчиваются на клетках обонятельной луковицы. Отростки последних в толще обонятельного тракта направляются в обонятельный треугольник, а затем в составе обонятельных полосок идут в переднее продырявленное вещество, в подмозолистое поле и диагональную полоску Брока. В составе латерального пучка направляются в парагиппокампальную извилину и в крючок, в котором находится корковый центр обоняния (рис. 9.13). Обонятельная чувствительность является дистантным видом рецепции. С этим видом рецепции связано различие более 400 разных запахов. Чувствительность к запаху зависит от вида пахучего вещества, его концентрации, местонахождения (в воде, воздухе и др.), температуры, увлажнения,

движения воздуха, продолжительности воздействия и других факторов. Поэтому запахи вначале ощущаются, а затем возникает реакция на них, т. е. из коркового центра информация поступает в подкорковый центр (сосочковые тела и передние ядра таламуса промежуточного мозга), а затем в ответ на сильные неприятные запахи возникает двигательная реакция или обильное выделение секрета слезных желез и слизистых оболочек.

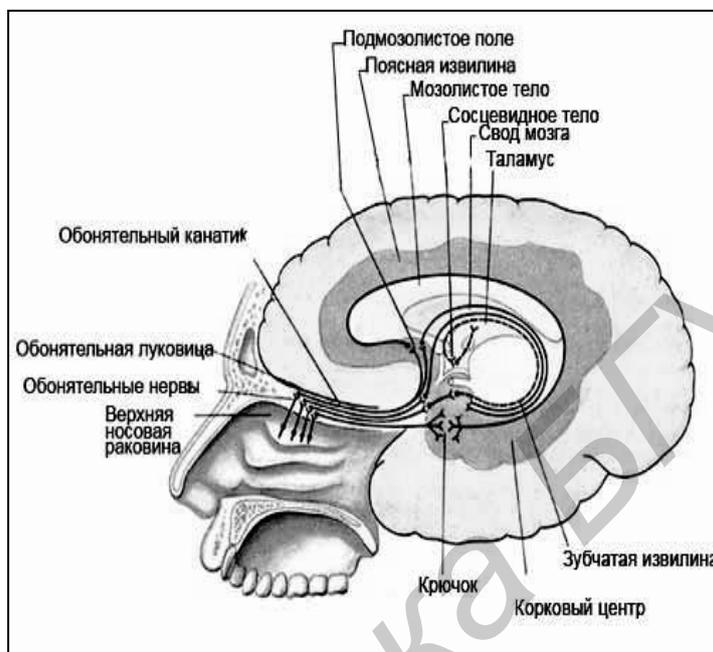


Рис. 9.13. Проводящий путь органа обоняния

## 9.4. ОРГАН ВКУСА

**Вкусовой анализатор** играет важную роль в деятельности пищеварительной системы. Он представляет информацию о химическом составе и качестве пищи. Кроме того, располагаясь в начальном отделе пищеварительной системы, вкусовой анализатор рефлекторно воздействует на железы (слюнные железы, железы желудочно-кишечного тракта, печень, поджелудочную железу) и тем самым регулирует их деятельность.

Вкусовые рецепторы находятся в полости рта и представлены вкусовыми клетками, которые входят в состав вкусовых почек – луковиц (рис. 9.14, А). *Вкусовые почки* имеют эллипсоидную форму, состоят из плотно прилежащих друг к другу *рецепторных (вкусовых) и опорных клеток*, в основании которых находятся *базальные клетки*. Вкусовые почки занимают всю толщину эпителиального покрова сосочков языка. На вершине каждой вкусовой почки имеется *вкусовое отверстие (вкусовая пора)*, которое ведет в маленькую *вкусовую ямку*, образованную верхушками вкусовых клеток. На поверхности каждой вкусовой клетки, обращенной в сторону вкусовой ямки, имеются *микроворсинки*, вступающие в контакт с растворенными веществами. Растворенное вещество проникает во вкусовые почки через отверстие на его вершине – *вкусовую пору*,

возбуждает вкусовые клетки. Это возбуждение передается прилежащим нервным окончаниям, в которых возникает нервный импульс.

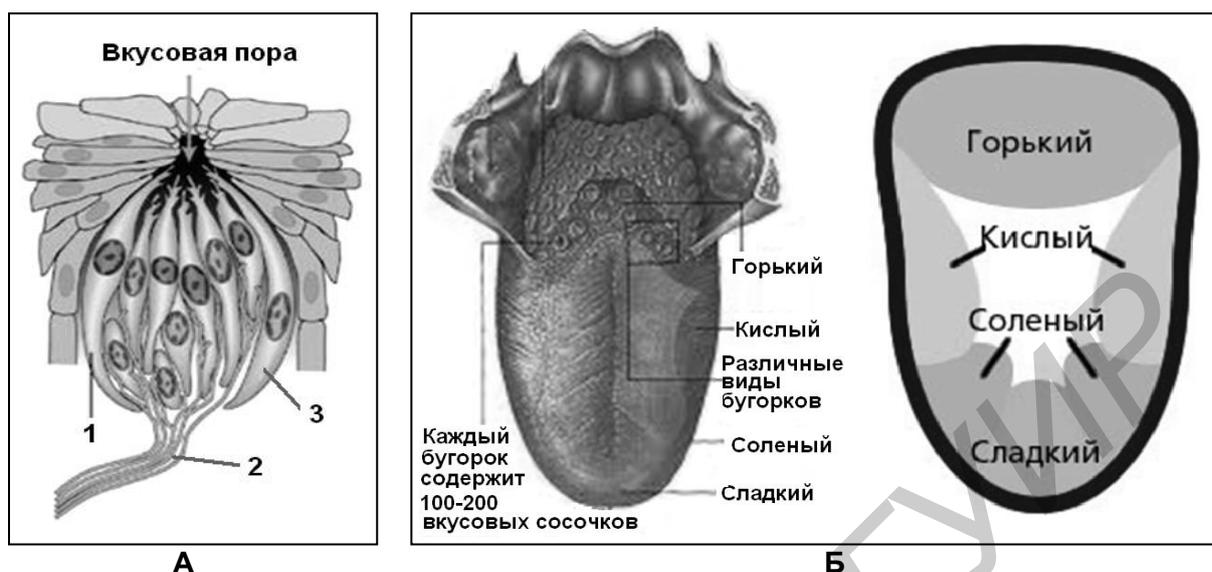


Рис. 9.14. Строение вкусовой луковицы (А): 1 – рецепторные клетки; 2 – опорные клетки; 3 – нервное волокно. Вкусовые зоны (Б)

У человека количество вкусовых почек колеблется от 3 до 9 тыс. Они расположены в основном на языке в области грибовидных, желобоватых и листовидных сосочков. Меньшее количество вкусовых почек находится в эпителии слизистой оболочки полости рта, губ, мягкого нёба, нёбных дужек, глотки, надгортанника. Совокупность вкусовых почек составляет орган вкуса.

Вкусовые (рецепторные) клетки функционально специализированы: сладкое воспринимается кончиком языка, кислое – боковой поверхностью языка, горькое – корнем языка, соленое – всей поверхностью языка (рис. 9.13, Б).

Во вкусовых клетках химическое раздражение трансформируется в нервный импульс, который синаптическим способом передается на рецепторные окончания чувствительных нейронов. Последние представлены псевдоуниполярными клетками, расположенными в чувствительных узлах двух черепных нервов (лицевого и языкоглоточного). Общая чувствительность языка обеспечивается V, IX и X парами черепных нервов (тройничным, языкоглоточным и блуждающим).

Нервный импульс от передних  $2/3$  языка передается по нервным волокнам язычного нерва, а затем от барабанной струны лицевого нерва, желобовидных сосочков, мягкого неба и небных дужек – по волокнам языкоглоточного нерва, от надгортанника – по блуждающему нерву (рис. 9.15).

Тела I нейронов залегают в соответствующих узлах VII, IX, X пары черепных нервов, их аксоны направляются в составе указанных нервов в чувствительное ядро одиночного пути, расположенное в продолговатом мозге и заканчиваются синапсами на телах II нейронов. Центральные отростки этих клеток (II нейронов) направляются в таламус, где находятся III нейроны. Аксоны этих нейронов идут к корковому концу вкусового анализатора, расположенному в коре парагиппокампальной извилины, крючка и гиппокампа.

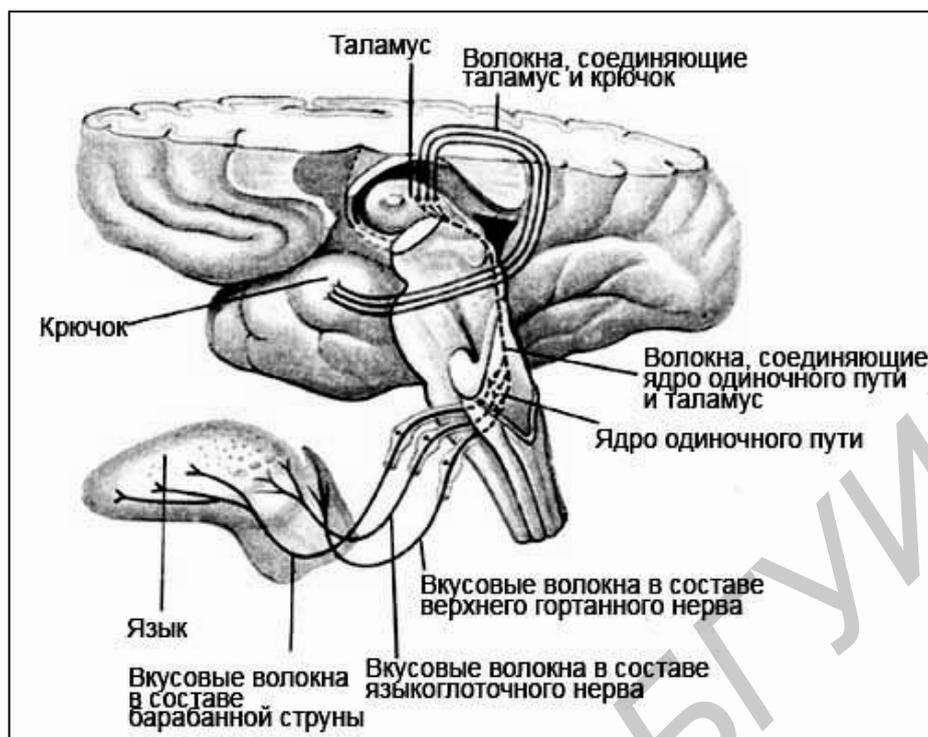


Рис. 9.15. Проводящий путь органа вкуса

Необходимо отметить, что подкорковые и корковые центры обонятельного и вкусового анализаторов функционально связаны и расположены в одних и тех же структурах центральной нервной системы.

## 9.5. СОМАТОСЕНСОРНЫЕ ОРГАНЫ. КОЖА

**Соматосенсорные органы** представлены кожей и многочисленными мышцами.

*Кожный анализатор* играет существенную роль в сенсорном развитии человека. Рецепторы кожи воспринимают *болевые, температурные и тактильные* раздражения и называются **экстероцепторы**. В связи с этим чувствительность кожи называют экстероцептивной или поверхностной (от покровов тела). Экстероцепторы представляют собой контактные рецепторы, в которых нервные импульсы возникают под влиянием непосредственного воздействия раздражителя. От различных рецепторов информация по нервам поступает в корковый отдел кожного анализатора, где она анализируется и вызывает соответствующее чувство. В корковом отделе кожного анализатора есть представители рецепторных полей рук, лица, губ, языка, туловища. Коровый анализатор кожи расположен в верхней части постцентральной извилины коры головного мозга.

Рецепторы мышц, сухожилий, связок, капсул суставов, надкостницы и костей воспринимают информацию о *тонусе мышц, положении частей тела в пространстве, чувстве веса, давления и вибрации*. Данные рецепторы называют

проприоцепторами, а воспринимаемую ими чувствительность – *проприоцептивной*. Проприоцепторы представлены многочисленными мышечными веретенами и также являются контактными рецепторами.

Нервные импульсы от экстеро- и проприоцепторов по периферическим отросткам псевдоуниполярных клеток поступают в чувствительные узлы *спинномозговых нервов*. От последних по центральным отросткам клеток они частично идут к вставочным нейронам спинного мозга и вызывают безусловные охранительные рефлексы. Частично информация достигает центра общей чувствительности, который расположен в теменной доле (*постцентральная извилина*). Здесь оцениваются болевые, температурные, тактильные и проприоцептивные ощущения.

**Кожа** образует покров тела. В связи с тем, что в ней расположено огромное количество болевых, температурных и тактильных рецепторов, ее относят к органам чувств, обеспечивающим постоянное взаимодействие с окружающей средой.

Кроме восприятия внешних раздражителей и защиты организма от различных внешних воздействий (механических, термических, химических факторов, ультрафиолетового облучения, проникновения микроорганизмов и др.) кожа выполняет ряд важных функций, таких как дыхательная, терморегуляционная, витаминообразующая, иммунная, депо крови и т. д.

Кожа состоит из эпидермиса, соединительнотканной основы – дермы и подкожной клетчатки (рис. 9.16). Производными (дериватами) кожи являются волосы, ногти, потовые и сальные железы.

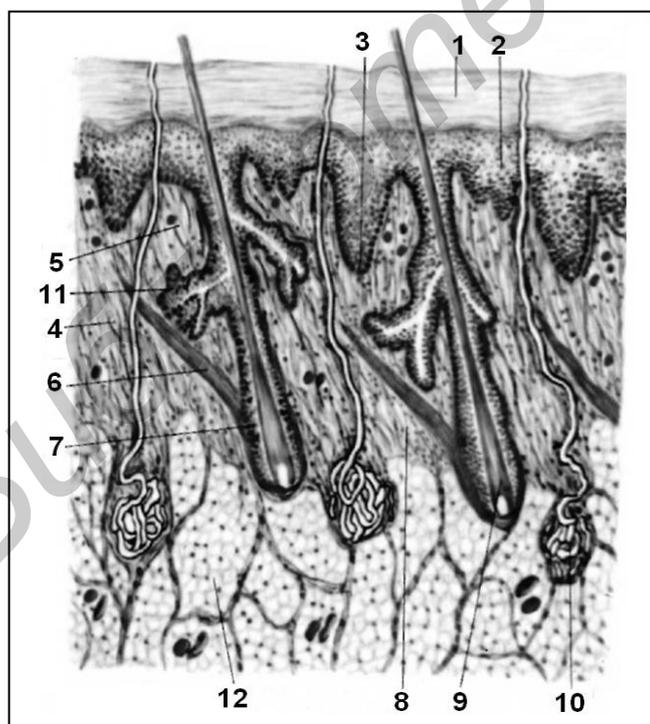


Рис. 9.16. Строение кожи:  
1 – роговой слой; 2 – эпидермис; 3 – базальный слой; 4 – соединительно-тканные волокна (коллагеновые; эластические и ретикулярные) и клетки; 5 – сосочковый слой; 6 – пучки миоцитов; 7 – волосяная луковица; 8 – сетчатый слой; 9 – корень волоса; 10 – потовая железа; 11 – сальная железа; 12 – дольки жировой ткани

*Эпидермис* – это поверхностный слой кожи, представленный многослойным плоским ороговевающим эпителием. Обновление эпидермиса осуществля-



ется за счет глубокого росткового слоя. Сосуды и нервные элементы в нем отсутствуют.

*Дерма* содержит густые капиллярные сети, рецепторы и мелкие нервные волокна, оплетающие соединительнотканые структуры. В составе дермы выделяют два слоя: поверхностный – сосочковый и глубокий – сетчатый. Сосочковый слой хорошо развит на кончиках пальцев, благодаря чему образуются характерные узоры, определение которых используется в дактилоскопии.

Подкожная основа, или *гиподерма*, тесно связана с кожей. Она построена из рыхлой соединительной ткани и образует подкожные клетчаточные пространства, в которых находятся жировые скопления, концевые отделы потовых желез, сосуды, нервы и лимфатические узлы. Ячейки, ограниченные фиброзными тяжами, заполнены жировой тканью, образующей жировые отложения.

Подкожная основа выполняет формообразующую, амортизационную и терморегуляционную функции. Кроме того, это энергетическое депо, а также депо крови в организме; она участвует в жировом обмене.

*Волосы* – это эпителиальные нитевидные придатки кожи. Каждый волос имеет корень и стержень. Корень волоса находится в толще кожи и заканчивается утолщенной частью – волосяной луковицей. Между эпителиоцитами залегают *меланоциты*, синтезирующие пигмент меланин. Как и в клетках эпидермиса, зерна меланина выделяются отростками меланоцитов, захватываются эпителиальными клетками, в которых по мере их ороговения меланин входит в состав кератина, тем самым окрашивая волос.

*Стержень* волоса состоит из *мозгового* и *коркового вещества*, которое преобладает. *Корковое вещество* образовано плоскими роговыми чешуйками, заполненными в основном *кератином*. В них содержатся зерна пигмента и пузырьки воздуха. Клетки *мозгового вещества* лежат друг на друге, они богаты трихогиалином, который превращается в кератин, а также содержат пузырьки воздуха и зерна пигмента. С возрастом количество пузырьков воздуха увеличивается, а синтез пигмента постепенно прекращается, волосы седеют. Корковое вещество снаружи покрыто *кутикулой*, образованной плоскими кутикулярными клетками. Волосы сменяются в сроки от 2–3 месяцев до 2–3 лет.

Корень волоса расположен в волосяном фолликуле, куда открывается проток сальной железы. С корнем связана гладкая мышца, поднимающая волос. Данная мышца при сокращении способна поднимать волос, образовывать на коже возвышения – «гусиную кожу» и выдавливать секрет сальной железы.

*Ногти* – это придатки кожи пальцев рук и ног, расположенные на тыльной стороне дистальных фаланг. Ноготь состоит из ногтевого ложа и ногтевой пластинки. Последняя состоит из корня ногтя, тела и свободного края. Ноготь растет за счет деления клеток росткового слоя эпителия ногтевого ложа в области корня. Делящиеся клетки, подобно эпителиоцитам эпидермиса, продвигаясь вперед, ороговевают.

*Железы кожи*. К ним относятся потовые, сальные и молочные железы. Количество *потовых желез* около 2–2,5 млн, они представляют собой простые трубчатые железы. Их начальные отделы закручиваются, образуя клубочки.

Длинный выводной проток, извиваясь, прободает кожу и открывается на ее поверхности в потовой поре. Секрет потовых желез – пот – на 98 % состоит из воды и 2 % органических и неорганических веществ (минеральные соли, мочевина, мочевая кислота). При испарении пота теплоотдача усиливается, что является одним из важных механизмов терморегуляции. Различают два типа потовых желез: мерокриновые и апокриновые. Последние развиваются лишь в период полового созревания в коже лба, лобка, больших половых губ, окружности заднего прохода, подмышечных ямок. Их секрет содержит больше белковых веществ, которые при разложении обладают специфическим запахом.

*Сальные железы* – простые альвеолярные, располагаются на границе между сосочковым и сетчатым слоями дермы. Сальные железы отсутствуют лишь на ладонях и подошвах, наибольшее количество их на голове, лбу, щеках, подбородке. Общая масса выделяемого железами за сутки кожного сала может достигать 20 г. Железа состоит из *альвеолярного концевой отдела* диаметром 0,2–2,0 мм и короткого *выводного протока*, который открывается в волосяной мешочек. В участках кожи, лишенных волос (головка полового члена, переходная часть губы), протоки открываются на поверхности кожи. Клетки сальных желез делятся митотически и, постепенно обогащаясь каплями жира, передвигаются в сторону выводного протока. Насыщенные жиром клетки гибнут, образуя кожное сало, которое, будучи бактерицидным, не только смазывает волосы и эпидермис, но и в известной мере предохраняет его от микробов. В период полового созревания у мальчиков функция сальных желез активизируется, что связано с влиянием мужских половых гормонов.

*Молочная (грудная) железа* расположена на передней поверхности большой грудной мышцы. На передней поверхности железы в центре находится пигментированный *сосок* (на его поверхности открываются 10–15 *млечных пор*), окруженный пигментированным *околососковым кружком*. В коже соска и околососкового кружка множество миоцитов, при сокращении которых сосок напрягается.

Молочная железа является измененной потовой железой, у мужчин железа недоразвита. У новорожденной девочки секреторные отделы почти не развиты. Лишь имеется недоразвитая система протоков. В препубертатном периоде быстро растет жировая ткань, к моменту половой зрелости железа становится округлой, но увеличение ее происходит в основном за счет жировой ткани. У взрослой женщины она состоит из 15–20 *долей*, между которыми располагается жировая и рыхлая волокнистая соединительная ткань. Каждая доля – это сложная альвеолярная железа, выводной проток которой направляется радиально к соску. Не доходя до соска, проток, расширяясь, образует *млечный синус*. Однако концевые отделы железы некормящей женщины представляют собой лишь млечные альвеолярные протоки. Под влиянием эстрогена и прогестерона с конца 5 мес и до конца 6 мес беременности на их концах формируются *альвеолы*, образованные одним слоем цилиндрических клеток. В дальнейшем до родов образование альвеол резко замедляется, но клетки секреторируют и образуемая ими жидкость (молозиво) растягивает альвеолы, в ре-

зультате чего железа продолжает набухать. Этот процесс продолжается до и в первые 1–2 дня после родов.

В период кормления альвеолы молочных желез продуцируют молоко. Альвеолы образованы цилиндрическими клетками – *лактоцитами*, лежащими на базальной мембране. Выделение секрета из клеток происходит по апокриновому типу. Лактоциты окружены корзинчатыми *миоэпителиоцитами*, расположенными на базальной мембране. Их сокращение приводит к выдавливанию молока в протоки. Секреция молока стимулируется лактотропным гормоном гипофиза. После окончания периода кормления ребенка постепенно происходит обратное развитие молочной железы, лишь сохраняются некоторые альвеолы.

Библиотека БГУИР

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гайворонский, И. В. Анатомия и физиология человека. Серия: Среднее профессиональное образование / И. В. Гайворонский, Г. И. Ничипорук, А. И. Гайворонский. – СПб. : Военно-Медицинская Академия, 2006.
2. Гистология, цитология и эмбриология / под ред. Ю. И. Афанасьева, Н. А. Юриной, Б. В. Алешина [и др.]. – 5-е изд., перераб. и доп. – М., 1999.
3. Дунай, В. И. Анатомия человека (курс лекций) / В. И. Дунай. – Минск : БГУ, 2002.
4. Дунай, В. И. Физиология с основами анатомии (регуляторные системы) / В. И. Дунай, А. Н. Антоненко, Б. Тщентке. – Минск : БГУ, 2005.
5. Колосова, А. А. Лекции по гистологии нервной системы / А. А. Колосова, О. Н. Бойштрук; под ред. проф. А. А. Колосовой. – Ростов н/Д, 1972.
6. Косицкий, Г. И. Физиология человека / Г. И. Косицкий. – М., 1985.
7. Крылова, Н. В. Черепные нервы: Анатомия человека в схемах и рисунках / Н. В. Крылова, И. А. Искренко. – 3-е изд. – М., 1999.
8. Куприянов, В. В. Общая анатомия центральной и периферической нервной системы. Лекции по общей анатомии. Выпуск VI / В. В. Куприянов. – М., 1981.
9. Курепина, М. М. Анатомия человека. В 2 т. Т. 1: Анатомия человека / М. М. Курепина, А. П. Ожигова, А. А. Никитина. – М., 2002.
10. Мозг / под ред. П. В. Симонова. – М. : Мир, 1984.
11. Морфология нервной системы / под ред. В. П. Бабминдра. – М. : Мир, 1985.
12. Ноздрачев, А. Д. Общий курс физиологии человека и животных / А. Д. Ноздрачев. – М., 1991.
13. Общий курс физиологии человека и животных / под ред. А. Д. Ноздрачева. – М. : «Высшая школа», 1991.
14. Привес, М. В. Анатомия / М. В. Привес. – М. : Медицина, 1980.
15. Привес, М. Г. Анатомия человека / М. Г. Привес, Н. К. Лысенков, В. И. Брушкович. – М. : Медицина, 1985.
16. Савельев, С. В. Стереоскопический атлас мозга человека / С. В. Савельев. – М., 1996.
17. Сапин, М. Р. Анатомия человека / М. Р. Сапин, Г. Л. Билич. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2012.
18. Синельников, Р. Д. Атлас анатомии человека. В 4 т. Т. 1 : Атлас анатомии человека / Р. Д. Синельников, Я. Р. Синельников. – М., 1989.
19. Фаллер, А. Анатомия и физиология человека / А. Фаллер, М. Шюнке; пер. с англ. – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008.
20. Федюкович, Н. И., Анатомия и физиология человека. Серия: Среднее профессиональное образование / Н. И. Федюкович, И. К. Гайнутдинов. – М. : Феникс, 2011.
21. Шаде, Дж. Основы неврологии / Дж. Шаде, Д. Форд. – М. : Мир, 1976.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. СТРУКТУРЫ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА.....	12
1.1. Клетка .....	12
1.2. Ткани.....	23
1.2.1. Эпителиальная ткань .....	23
1.2.2. Соединительная ткань .....	27
1.2.3. Мышечная ткань .....	42
1.2.4. Нервная ткань.....	51
1.3. Органы, аппараты .....	60
2. ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНЫЙ АППАРАТ .....	62
2.1. Костная система .....	62
2.2.1. Строение костей.....	62
2.2.2. Строение скелета.....	64
2.2. Соединения костей .....	73
2.3. Мышцы .....	78
3. ПИЩЕВАРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА .....	82
3.1. Полость рта .....	84
3.2. Железы рта .....	86
3.3. Глотка .....	88
3.4. Пищевод .....	89
3.5. Желудок.....	89
3.6. Тонкая кишка .....	91
3.7. Толстая кишка.....	94
3.8. Печень. Желчный пузырь .....	96
3.9. Поджелудочная железа .....	99
3.10. Полость живота и брюшина .....	100
3.11. Физиология пищеварения.....	102
3.11.1. Пищеварение в полости рта.....	102
3.11.2. Пищеварение в желудке .....	102
3.11.3. Пищеварение в тонком кишечнике .....	103
3.11.4. Физиология желчеобразования и выделения желчи .....	104
3.11.5. Физиология поджелудочной железы .....	105
3.11.6. Пищеварение в толстом кишечнике .....	106
3.11.7. Всасывание .....	106
3.11.8. Регуляция пищеварения .....	107
4. МОЧЕПОЛОВОЙ АППАРАТ .....	108
4.1. Анатомия и физиология выделительной системы .....	108
4.1.1. Почка .....	109
4.1.2. Мочеточники .....	111
4.1.3. Мочевой пузырь .....	112
4.1.4. Мочеиспускательный канал.....	113
4.1.5. Физиология почек .....	113
4.2. Регуляция мочеобразования .....	114
4.3. Анатомия и физиология репродуктивной системы .....	115
4.3.1. Мужские половые органы.....	115

4.3.2. Женские половые органы.....	119
4.3.3 Эндокринная часть половых желез.....	126
5. ДЫХАТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА.....	127
5.1. Полость носа.....	128
5.2. Гортань.....	129
5.3. Трахея и бронхи.....	131
5.4. Легкие.....	132
5.5. Плевра и средостение.....	134
5.6. Физиология дыхания.....	135
6. СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТАЯ СИСТЕМА.....	143
6.1. Сердце.....	143
6.2. Кровеносная система.....	148
6.2.1. Сосуды малого круга кровообращения.....	149
6.2.2. Сосуды большого круга кровообращения.....	150
6.2.3. Физиология кровообращения.....	151
6.3. Лимфатическая система.....	154
6.3.1. Лимфатические узлы.....	157
6.3.2. Селезенка.....	158
6.3.3. Вилочковая железа.....	159
7. ЭНДОКРИННАЯ СИСТЕМА.....	161
7.1. Гормональная регуляция.....	162
7.2. Гипоталамус, гипофиз, эпифиз.....	164
7.3. Щитовидная и околощитовидные железы.....	167
7.4. Поджелудочная железа.....	169
7.5. Надпочечники.....	170
7.6. Половые железы.....	172
8. НЕРВНАЯ СИСТЕМА.....	173
8.1. Центральная нервная система.....	174
8.1.1. Спинной мозг.....	174
8.1.2. Головной мозг.....	181
8.1.3. Высшая нервная деятельность.....	204
8.2. Периферическая нервная система.....	207
8.2.1. Черепные нервы.....	208
8.2.2. Спинномозговые нервы.....	212
8.2.3. Вегетативная (автономная) нервная система.....	216
9. ОРГАНЫ ЧУВСТВ.....	218
9.1. Орган зрения.....	219
9.1.1. Строение зрительного анализатора.....	219
9.1.2. Зрительное восприятие.....	224
9.2. Органы слуха и равновесия.....	227
9.2.1. Строение преддверно-улиткового органа.....	227
9.2.2. Механизм восприятия звуков.....	230
9.2.3. Механизм восприятия вестибулярных раздражений.....	232
9.3. Орган обоняния.....	234
9.4. Орган вкуса.....	237
9.5. Соматосенсорные органы. Кожа.....	239
ЛИТЕРАТУРА.....	244

*Учебное издание*

**Пархач** Людмила Петровна  
**Дик** Сергей Константинович  
**Стебунов** Сергей Степанович и др.

## **АНАТОМИЯ И ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА**

**УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ**

Редакторы *Т. Н. Крюкова, Е. И. Герман*  
Компьютерная правка, оригинал-макет *А. А. Лысеня*

Подписано в печать 11.04.2013. Формат 60×84 1/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».  
Отпечатано на ризографе. Усл. печ. л. 14,53. Уч.-изд. л. 15,0. Тираж 150 экз. Заказ 192.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования  
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»  
ЛИ №02330/0494371 от 16.03.2009. ЛП №02330/0494175 от 03.04.2009.  
220013, Минск, П. Бровки, 6