

И.М. Прищеп

Возрастная анатомия и физиология



Учебное пособие



И.М. Прищепа

Возрастная анатомия и физиология

*Допущено Министерством образования Республики Беларусь
в качестве учебного пособия для студентов небиологических
специальностей учреждений, обеспечивающих
получение высшего образования*



МИНСК ООО «НОВОЕ ЗНАНИЕ» 2006

УДК [611+612](075.8)
ББК 28.706/707я73
П77

Рецензенты:

кафедра анатомии, физиологии и валеологии
Белорусского государственного педагогического университета им. Максима Танка
(зав. кафедрой — доктор медицинских наук *Ю.М. Досин*);
кандидат биологических наук, доцент кафедры физиологии человека и животных
Белорусского государственного университета *Г.И. Захаревская*

Прищепа, И.М.

П77 **Возрастная анатомия и физиология : учеб. пособие / И.М. Прищепа. — Минск : Новое знание, 2006. — 416 с. : ил.
ISBN 985-475-197-X.**

Подробно рассмотрены основные разделы курса «Возрастная анатомия и физиология». Особое внимание уделено вопросам становления и развития физиологических функций организма на каждом возрастном этапе. Терминологический аппарат соответствует международным анатомической и гистологической номенклатурам. Значительное количество иллюстраций облегчает восприятие учебного материала. Указатель терминов позволяет использовать пособие в качестве справочника.

Для студентов небиологических специальностей («Психология», «Логопедия», «Дефектология», «Социальная педагогика», «Социальная работа», «Дошкольное образование» и др.), преподавателей педагогических и медицинских вузов, колледжей и училищ. Может быть полезно педагогам, практическим психологам и социальным работникам.

УДК [611+612](075/8)
ББК 28.706/707я73

Учебное издание

Прищепа Инна Михайловна

Возрастная анатомия и физиология

Учебное пособие

Ведущий редактор *Л.Л. Крупич* Редактор *В. А. Скоробогатая*

Подписано в печать с готовых диапозитивов 28.08.2006. Формат 60х84 ¹/₁₆.

Бумага газетная. Гарнитура Ньютон. Печать офсетная. Усл. печ. л. 24,18.

Уч.-изд. л. 24,53. Тираж 2010 экз. Заказ № 2795

Общество с ограниченной ответственностью «Новое знание». ЛИ № 02330/0133439
от 30.04.2004. Минск, пр. Пушкина, д. 15, ком. 16. Почтовый адрес: 220050, Минск, а/я 79.

Телефон/факс: (10-375-17) 211-50-38. E-mail: nk@wnk.biz

В Москве: Москва, Колодезный пер., д. 2а.

Телефон (495) 234-58-53. E-mail: ru@wnk.biz <http://wnk.biz>

ГУП РК «Республиканская типография им. П.Ф. Анохина».

185005, г. Петрозаводск, ул. Правды, 4.

ISBN 985-475-197-X

© Прищепа И.М., 2006

© Оформление. ООО «Новое знание», 2006

Оглавление

От автора.....	9
Введение в возрастную анатомию и физиологию.....	10
1. Возрастная анатомия и физиология как наука, ее задачи и значение.....	10
2. Методы исследования в анатомии и физиологии.....	12
3. Краткий очерк развития анатомии и физиологии.....	15
4. Развитие анатомии и физиологии в Беларуси.....	22
5. Основные этапы развития возрастной анатомии и физиологии	25
6. Развитие возрастной анатомии и физиологии в Беларуси.....	29
7. Анатомическая терминология.....	30
1. Организм человека и составляющие его структуры.....	32
1.1. Клетка.....	32
Строение клетки.....	32
Деление клетки.....	41
Химическая организация клетки.....	45
1.2. Ткань.....	46
Эпителиальная ткань.....	47
Соединительная ткань.....	49
Мышечная ткань.....	67
Нервная ткань.....	69
1.3. Органы, системы и аппараты органов.....	73
1.4. Особенности развития, роста и строения человека.....	75
Внутриутробный период.....	75
Внеутробный период.....	77
2. Строение, функции и возрастные особенности скелета.....	80
2.1. Строение и классификация костей.....	80
2.2. Соединение костей скелета.....	83
2.3. Строение скелета.....	86
Позвоночник.....	87
Грудная клетка.....	92
Скелет верхней конечности.....	93
Скелет нижней конечности.....	97
Череп.....	103
2.4. Развитие скелета в онтогенезе.....	114

3. Строение, функции и возрастные особенности мышц	116
3.1. Строение мышцы	116
3.2. Классификация мышц	117
3.3. Типы мышц	119
3.4. Вспомогательный аппарат мышц	120
3.5. Мышцы туловища	121
Мышцы спины	121
Мышцы груди	123
Мышцы живота	124
3.6. Мышцы шеи	126
3.7. Мышцы головы	127
3.8. Мышцы верхней конечности	129
3.9. Мышцы нижней конечности	131
3.10. Работа и сила мышц	133
3.11. Утомление мышцы	134
3.12. Развитие мышечной системы в онтогенезе	136
4. Строение, функции и возрастные особенности дыхательной системы	140
4.1. Дыхательные пути	141
Полость носа	142
Гортань	143
Трахея	144
Бронхи	145
4.2. Легкие	145
Дыхательные объемы	148
Обмен газов в легких	149
Обмен газов в тканях	150
4.3. Регуляция дыхания	151
4.4. Развитие дыхания в онтогенезе	153
5. Строение, функции и возрастные особенности пищеварительной системы	154
5.1. Строение пищеварительной трубки	155
5.2. Полость рта	158
Пищеварение в полости рта	163
5.3. Глотка	165

5.4. Пищевод.....	166
5.5. Желудок.....	167
Пищеварение в желудке.....	169
5.6. Тонкий кишечник.....	171
Пищеварение в кишечнике.....	174
5.7. Поджелудочная железа.....	175
5.8. Печень.....	177
5.9. Толстый кишечник.....	179
Пищеварение в толстом кишечнике.....	181
6. Обмен веществ и энергии и их возрастные особенности.....	182
6.1. Обмен белков.....	182
6.2. Обмен жиров.....	184
6.3. Обмен углеводов.....	185
6.4. Обмен воды.....	186
6.5. Обмен минеральных веществ.....	187
Макроэлементы.....	188
Микроэлементы.....	191
6.6. Витамины.....	195
Водорастворимые витамины.....	197
Жирорастворимые витамины.....	202
Витаминоподобные вещества.....	204
Квазивитамины.....	205
6.7. Обмен энергии.....	206
Обменные процессы в онтогенезе.....	207
6.8. Терморегуляция.....	208
Изменение терморегуляции в онтогенезе.....	210
7. Строение, функции и возрастные особенности выделительной системы.....	212
7.1. Почки.....	212
Механизм образования и выделения мочи.....	216
Физико-химические свойства мочи.....	217
7.2. Мочевыводящие пути.....	218
Мочеточники.....	218
Мочевой пузырь.....	219
Мочеиспускательный канал.....	220
7.3. Выделение в онтогенезе.....	221

8. Строение, функции и возрастные особенности репродуктивной системы.....	222
8.1. Внутренние мужские половые органы.....	224
8.2. Наружные мужские половые органы.....	227
8.3. Сперматогенез.....	227
8.4. Внутренние женские половые органы.....	228
8.5. Наружные женские половые органы.....	232
8.6. Овогенез.....	233
8.7. Плацента.....	235
8.8. Половое созревание девушек.....	236
8.9. Половое созревание юношей.....	239
9. Строение, функции и возрастные особенности сосудистой системы ...	242
9.1. Строение кровеносных сосудов.....	242
Круги кровообращения.....	245
9.2. Сердце.....	247
Нагнетательная функция сердца.....	251
9.3. Артерии.....	254
9.4. Вены.....	259
9.5. Кровоснабжение плода.....	262
9.6. Гемодинамика.....	264
9.7. Кровообращение в онтогенезе.....	265
9.8. Лимфатическая система.....	266
10. Иммунная система.....	271
10.1. Центральные органы иммунной системы.....	275
10.2. Периферические органы иммунной системы.....	276
10.3. Иммунитет.....	277
10.4. Развитие иммунитета в онтогенезе.....	280
11. Гормональная регуляция функций организма и ее возрастные особенности.....	281
11.1. Особенности гормональной регуляции функций.....	281
11.2. Классификация желез.....	284
11.3. Строение и функции желез внутренней секреции.....	287
Гипофиз.....	287
Щитовидная железа.....	290

Паращитовидные железы.....	291
Надпочечник.....	292
Параганглии.....	294
Половые железы.....	295
Эпифиз.....	296
Поджелудочная железа.....	296
Диффузная эндокринная система (APUD-система).....	298
11.4. Гормональный статус новорожденного.....	298
12. Нервная регуляция функций организма и ее возрастные особенности.....	299
12.1. Структурно-функциональная организация и значение нервной системы.....	299
12.2. Строение, функции и возрастные особенности отделов центральной нервной системы.....	301
Спинной мозг.....	301
Головной мозг.....	306
Кора головного мозга.....	315
Электрическая активность мозга и ее возрастные особенности.....	324
Сон.....	325
Развитие мозга в онтогенезе.....	327
12.3. Строение, функции и возрастные особенности периферической нервной системы.....	329
Черепные нервы.....	329
Спинномозговые нервы.....	332
12.4. Проводящие пути головного и спинного мозга.....	334
12.5. Вегетативная нервная система.....	338
Центральная часть вегетативной нервной системы.....	339
Периферическая часть вегетативной нервной системы.....	339
Метасимпатическая нервная система.....	343
Влияние симпатической и парасимпатической систем на деятельность внутренних органов.....	343
Вегетативная нервная система в онтогенезе.....	344
13. Высшая нервная деятельность и ее возрастные особенности.....	345
13.1. Виды условных рефлексов.....	345
13.2. Механизм замыкания условного рефлекса.....	346
13.3. Условно-рефлекторная деятельность в онтогенезе.....	347

13.4. Виды и механизмы памяти.....	348
13.5. Торможение условных рефлексов.....	350
13.6. Координация рефлексов в коре головного мозга.....	352
13.7. Типы высшей нервной деятельности.....	355
13.8. Высшая нервная деятельность ребенка	356
14. Строение, функции и возрастные особенности анализаторов.....	359
14.1. Функции анализаторов.....	360
14.2. Зрительный анализатор.....	366
Механизм образования зрительного образа.....	371
Оптическая система глаза.....	373
Показатели восприятия пространства.....	375
Цветовое зрение.....	375
Зрение в онтогенезе.....	377
Вспомогательный аппарат органа зрения.....	378
14.3. Слуховой анализатор.....	379
Механизм образования звука	382
Слух в онтогенезе.....	384
14.4. Вестибулярный анализатор.....	385
Развитие вестибулярного анализатора в онтогенезе.....	387
14.5. Вкусовой анализатор.....	387
Механизм образования вкуса.....	389
Вкус в онтогенезе.....	391
14.6. Обонятельный анализатор.....	391
Обоняние в онтогенезе.....	394
14.7. Хемосенсорный анализатор.....	395
14.8. Соматосенсорный анализатор.....	396
Кожная чувствительность.....	400
Соматосенсорный анализатор в онтогенезе.....	403
14.9. Двигательный анализатор.....	404
Проприорецепция в онтогенезе.....	405
14.10. Висцеральный анализатор.....	405
Висцеральный анализатор в онтогенезе.....	407
14.11. Взаимодействие анализаторов.	407
Литература.....	409
Указатель анатомических и физиологических терминов.....	411

От автора

Обучение будущего социального работника, психолога или дефектолога начинается с дисциплин медико-биологического блока. Одной из них является «Возрастная анатомия и физиология».

В пособии изложены вопросы нормальной, общей и частной анатомии и физиологии человека с учетом современных достижений биологических и медицинских наук. Особое внимание уделено изучению процессов становления и развития физиологических функций на каждом возрастном этапе. Все это позволяет создать целостное представление о строении и функциях органов и систем человека.

Материал учебного пособия представлен в традиционном для анатомии и физиологии виде. Каждая глава посвящена одному из разделов классической анатомии (остеологии, миологии, спланхнологии, неврологии и т.д.). При этом сначала дано подробное, четко структурированное описание морфологии и анатомии соответствующих органов и систем, затем раскрыты их физиологические функции, а также рассмотрены их возрастные особенности.

Пособие снабжено указателем анатомических и физиологических терминов, что позволяет при необходимости пользоваться им как кратким справочником.

Издание содержит большое количество иллюстраций, что значительно облегчает усвоение теоретического материала.

Автор выражает искреннюю благодарность доктору медицинских наук, заведующему кафедрой анатомии, физиологии и валеологии Белорусского государственного педагогического университета им. М. Танка Ю.М. Досину и кандидату биологических наук, доценту кафедры физиологии человека и животных Белорусского государственного университета Г.И. Захаревской за внимательное ознакомление с рукописью и полезные замечания, что способствовало более качественной разработке учебного пособия.

ВВЕДЕНИЕ В ВОЗРАСТНУЮ АНАТОМИЮ И ФИЗИОЛОГИЮ

1. Возрастная анатомия и физиология как наука, ее задачи и значение

Анатомия — наука, изучающая строение человеческого организма и исследующая закономерности его развития в связи с функцией и окружающей средой. Анатомия изучает организм человека как целостную систему, которая находится в единстве с условиями существования, поэтому она исследует, как сложился человеческий организм в его историческом развитии — *филогенезе*. Для этого исследования используются данные сравнительной анатомии и учитываются принципы эволюционной морфологии, которая вскрывает движущие силы эволюции и изменения в процессе приспособления организма к конкретным условиям окружающей среды. Большое внимание уделяется процессу становления и развития человека в связи с развитием общества — *антропогенезу*.

Анатомия накапливает факты, описывает и объясняет их. Она представляет собой комплексную науку, в состав которой входят: систематическая анатомия, изучающая отдельные системы организма человека; топографическая, или хирургическая, анатомия, рассматривающая пространственное соотношение органов в различных областях тела; динамическая анатомия, изучающая строение опорно-двигательного аппарата и динамику движений; пластическая анатомия, представляющая собой прикладную анатомию для художников и скульпторов и изучающая только внешние формы и пропорции тела; возрастная анатомия.

Возрастная анатомия рассматривает процесс развития индивида — *онтогенез* — в течение всей его жизни: эмбриональной (утробный период) и постэмбриональной (внеутробный период) от рождения до момента смерти. С этой целью используются данные эмбриологии и геронтологии.

Физиология — наука о функциях живого организма как единого целого, о процессах, протекающих в нем, и механизмах его деятельности. Анатомия и физиология рассматривают один и тот же объект — структуру живого, но с разных позиций: анатомия — с точки зрения формы и организации живого, а физиология — с точки зрения функции и процессов в организме. В системе физиологических наук в настоящее время выделяют общую физиологию, сравнительную и эволюционную физиологию, физиологию человека, физиологию животных и возрастную физиологию.

Возрастная физиология изучает особенности жизнедеятельности организма в различные периоды онтогенеза; рассматривает функции органов и систем, а также организма в целом по мере его роста и развития и особенности этих функций на каждом возрастном этапе. Предметом возрастной физиологии являются особенности развития физиологических функций, их формирования и регуляции, жизнедеятельности организма и механизмов его приспособления к внешней среде на разных этапах онтогенеза. Разделами возрастной физиологии являются геронтология и гериатрия. *Геронтология* — наука о старении организмов, основная цель которой — поиск средств продления активной и полноценной жизни человека. *Гериатрия* изучает болезни людей пожилого и старческого возрастов, разрабатывает методы диагностики, профилактики и лечения заболеваний. Данные возрастной физиологии чрезвычайно важны для гигиены с целью разработки санитарно-гигиенических требований.

Основные задачи возрастной анатомии и физиологии:

- выяснение основных закономерностей развития человека;
- установление параметров возрастной нормы;
- определение возрастной периодизации онтогенеза;
- выявление сенситивных и критических периодов развития;
- изучение индивидуально-типологических особенностей роста и развития;
- выявление основных факторов, определяющих развитие организма в различные возрастные периоды.

В настоящее время одной из важнейших задач является воспитание и развитие здорового молодого поколения. Решение этой проблемы невозможно без знания возрастных особенностей структуры, функции и регуляции деятельности каждого органа, его взаимосвязей с другими органами, то есть возрастных особенностей функционирования организма. Организация учебных занятий, занятий физической

культурой, труда и отдыха детей требует знания функциональных возможностей детского организма, которые определяются возрастными особенностями его структуры и функции. В связи с этим возрастная анатомия и физиология необходимы для успешного развития педагогики, психологии, физиологии питания, труда и спорта, гигиены и других дисциплин.

Для работников дошкольных и школьных учреждений знание морфофункциональных особенностей организма ребенка особенно важно, так как именно в период его становления при неправильной организации условий жизни и обучения особенно быстро возникают различные патологические нарушения функций нервной системы, опорно-двигательного аппарата, сердечно-сосудистой системы и др. Необходимо расширение знаний в области изучения развивающегося организма ребенка для повышения педагогической эффективности процесса обучения. Последняя зависит от того, насколько методы педагогического воздействия адекватны возрастным физиологическим особенностям школьников. Педагогическая эффективность определяется также соответствием условий организации учебного процесса возможностям детей и подростков. Особого внимания заслуживают периоды развития ребенка с повышенной чувствительностью и пониженной сопротивляемостью организма. В связи с этим возрастная анатомия и физиология являются необходимым компонентом знаний молодого специалиста, работающего с детьми: воспитателя, учителя, психолога, социального педагога, социального работника, гигиениста.

2. Методы исследования в анатомии и физиологии

Важнейшей задачей возрастной анатомии и физиологии является изучение строения и закономерностей изменений физиологических функций в процессе индивидуального развития. В физиологии развития наиболее широко применяются методы поперечного (кроссекционального) и продольного (лонгитюдинального) исследования.

Метод поперечного исследования представляет собой одновременное изучение тех или иных свойств у представителей различных возрастных групп. Сопоставление уровня развития определенных орга-

нов и их функций у детей разного возраста позволяет установить закономерности онтогенетического процесса. Метод прост и позволяет применять стандартные методики и приборы для обследования детей различных возрастов. Недостатком его является то, что он не дает возможности судить о динамике происходящих процессов, а показывает только результаты для отдельных точек возрастной шкалы.

Метод продольного исследования рассматривает динамику процесса и заключается в длительном наблюдении за одной группой детей.

Возрастная анатомия и физиология относятся к естественнонаучным дисциплинам, поэтому для оценки роста и развития ребенка используются методы, традиционно применяемые биологическими и медицинскими науками. Это прежде всего антропометрические и физиологические показатели. Антропометрические показатели — масса и длина тела, окружности грудной клетки и талии, толщина кожно-жировой складки — используются для оценки физиологического развития детей. Физиометрические показатели — жизненная емкость легких, сила сжатия кисти, становая сила и др. — отражают одновременно уровень анатомического развития и функциональные возможности организма.

В возрастной анатомии широко применяются анатомические и физиологические методы исследования.

К методам анатомического исследования относятся: препарирование при изучении внешнего строения и топографии крупных образований, инъекции, распил замороженного тела («пироговские срезы») при изучении расположения какого-либо органа по отношению к другим образованиям, электронная микроскопия, сканирующая электронная микроскопия, дающая объемное изображение при малых и больших увеличениях. Эти методы применяют лишь при работе с неживым материалом и только для уточнения диагноза. При работе с организмом человека используются электрорентгенография, позволяющая получить рентгеновское изображение мягких тканей, которые на обычных рентгенограммах не выявляются, так как почти не задерживают рентгеновские лучи; томография, с помощью которой можно получить изображения образований, которые задерживают рентгеновские лучи; компьютерная томография, дающая возможность видеть на телеэкране изображение, суммированное из большого числа томографических изображений; рентгеноденсиметрия, позволяющая прижизненно определять количество минеральных солей в костях.

В настоящее время широкое распространение получила *виртуальная анатомия*. В конце XX века появилось новое средство массовой информации, которое дает возможность получить объемное анатомическое изображение. Благодаря этому можно «проникнуть» сквозь ткани и наблюдать за работой органов и их состоянием. Можно продемонстрировать пациенту ход предстоящей операции, что не только позволит ему лучше ориентироваться в собственном заболевании, но и уменьшит страх перед хирургическим вмешательством. Используя эти модели, можно смоделировать воздействие того или иного лекарственного препарата на ткани, что особенно важно при исследовании данных препаратов. Следующим этапом станет моделирование заболеваний и сравнение здоровых и больных тканей. Затем исследователь сможет «ввести» лекарственный препарат и посмотреть, как он воздействует на органы.

Другой областью применения виртуальной анатомии является биомеханика. Медики могут препарировать виртуальное тело виртуальными скальпелями, что позволит выполнять пробные хирургические операции на экране. Это особенно важно для хирургов, которые получают возможность заранее узнать о трудностях предстоящих операций и подготовиться к их преодолению. Виртуальные «пациенты» также незаменимы для исследователей. На них можно испытывать новые операции, инструменты, аппаратуру, даже новое оборудование для скорой помощи или операционных.

К физиологическим методам исследования функций человеческого тела относятся наблюдение, естественный и лабораторный эксперимент.

Метод наблюдения используется в любом научном исследовании, но изолированно от эксперимента он не вскрывает сущности физиологических процессов в организме. В эксперименте для изучения физиологического процесса создаются специальные условия. В них наиболее полно раскрываются качественные и количественные характеристики этих явлений. Промежуточной формой между наблюдением и лабораторным экспериментом является естественный эксперимент, проводящийся в обычных условиях жизнедеятельности человека.

Метод лабораторного исследования используется для изучения функции организма в определенных условиях. Меняя последние, можно целенаправленно вызывать или изменять тот или иной физиологический процесс. Широко применяется метод функциональных нагрузок или проб. Метод дозированных функциональных нагрузок основан на изменении в ходе исследования интенсивности или продолжи-

тельности воздействия. К функциональным пробам относятся: дозированные физические и умственные нагрузки, ортостатические пробы (изменение положения тела в пространстве), температурные воздействия, пробы с задержкой дыхания и др.

Метод телеметрии — регистрация с помощью передающих радиотехнических устройств функций организма на расстоянии — дает возможность получить информацию об организме в естественных условиях существования.

К современным методам изучения физиологических функций относится *метод радиографии*. При этом меченное радиоактивными изотопами вещество вводится в ткань, которая поглощает и транспортирует его. Путем фоторегистрации данного вещества в специальных срезах на бумаге с последующим микроскопическим анализом удается зарегистрировать все изменения, происходящие в тканях.

В последние годы активно используется метод позитронно-эмиссионной томографии (ПЭТ). Суть его сводится к следующему: в кровяное русло человека вводится радиоактивный изотоп. Изотоп излучает позитроны, которые проходят на 3 мм в ткань и сталкиваются с электроном. Это приводит к образованию пары протонов, которые разлетаются в разные стороны. Пронизывая ткани, протоны регистрируются кристаллическими детекторами, расположенными в специальной камере, подключенной к компьютеру. Разность попадания протонов в кристаллические детекторы позволяет создать плоское изображение на определенном уровне. В исследовательских целях применяется метод компьютерного сканирования, при этом используются рентгенограммы, сделанные под различными углами.

Таким образом, методы изучения физиологии постоянно совершенствуются и способствуют созданию достаточно полной и объективной картины механизмов функционирования клеток и структур. В свою очередь правильное понимание функции того или иного органа в организме человека позволяет предметно и своевременно организовать процессы диагностики, профилактики и оказания помощи.

3. Краткий очерк развития анатомии и физиологии

История анатомии как науки известна с V века до н.э. Первые анатомические сведения были связаны с практической медициной, поэтому первыми анатомами были врачи. Гиппократ (ок. 460—377 гг. до н.э.),

знаменитого греческого врача и мыслителя, называют «отцом медицины». В его трудах, дошедших до нашего времени, имеются описания костей человека. Другие органы он описывал по аналогии со строением тела животных, неправильно представляя себе нервы, смешивая их с сухожилиями. Кроме Гипократа и его школы следует упомянуть Аристотеля (384—322 гг. до н.э.), который уже знал нервы и довольно правильно представлял значение сердца. Вклад в анатомическую науку внес выдающийся таджикский ученый, врач и философ Абу-Али Ибн Сина (Авиценна) (980—1037), написавший помимо других своих работ знаменитую книгу «Канон медицины», в которой были собраны все научные и медицинские сведения того времени, в том числе и по анатомии.

В странах Западной Европы традиции изучения анатомии уходят корнями в 300-е годы до н.э., когда в медицинских школах ее стали преподавать как науку. Однако детальное знание анатомии человека не было лишь европейской прерогативой. Строение человеческого тела было хорошо известно египтянам, которые с древнейших времен занимались мумификацией умерших, а также жителям Азии, особенно Китая, медицинские традиции которых были неразрывно связаны с тончайшими медицинскими познаниями.

Спустя несколько сотен лет опыт врачей Древнего Рима был обобщен врачом Клавдием Галеном (ок. 130- ок. 200), оставившим после себя две наиболее знаменитые работы о строении человеческого тела: «О назначении частей человеческого тела» и «Об анатомии». Эти исследования в значительной степени опирались на данные alexandрийских медиков. Гален изучал строение организма путем наблюдения над трупами людей и вскрытия трупов животных. Он одним из первых применил вивисекцию и явился основоположником экспериментальной медицины. Выполнив колоссальный труд по обобщению уже известных сведений и личных наблюдений, Гален создал логически законченное учение о строении человека и назначении его органов. Однако поскольку Гален изучал анатомию в основном на трупах животных, в его работах содержалось немало ошибочных положений. Так, он считал центром кровеносной системы не сердце, а печень, в которой вырабатывалась кровь и разносилась затем по всему телу, питала его и полностью им поглощалась. Пульсирование артерий он объяснял особой «силой пульсации», рассматривал расслабление сердца — диастолу — как активное движение сердца, а систолу — как его пассивное падение, утверждая, что желудочки сердца соединяются

через отверстие в перегородке. В течение всего Средневековья в основе медицины лежала анатомия и физиология Галена. Установить ошибки, допущенные Галеном, можно было только с помощью вскрытия человеческих трупов, но церковные порядки это не допускали. Поэтому учение Галена господствовало до начала эпохи Возрождения.

В эпоху Возрождения появились ученые, разрушившие схоластическую анатомию Галена и построившие новую научную анатомию. Леонардо да Винчи (1452-1519) одним из первых стал вскрывать трупы людей, правильно изобразил различные органы тела человека и оставил замечательные анатомические рисунки. В 1490 году в Венеции был создан первый анатомический театр. Медицинские школы появились в начале XIV века в Италии (Болонья и Салерно) и во Франции (Париж и Монпелье). Самой известной работой по анатомии того времени является учебник по хирургии итальянца Мондино де Люцци.

В это время появился ряд знаменитых ученых, доказавших несостоятельность анатомии Галена и положивших начало современной анатомии человека. Первое место среди них занимает Андреас Везалий (1514-1564), использовавший объективный метод наблюдения и систематически изучивший строение тела человека. Андреас Везалий родился в Брюсселе (Бельгия) в 1514 году, изучал медицину в Париже и других крупных европейских городах, а затем поселился на севере Италии, в Падуе, где снискал славу художника-анатомиста. Его самой знаменитой работой является трактат «О строении человеческого тела», который был опубликован в 1543 г. и стал поворотным моментом в утверждении анатомии как науки, основанной на наблюдениях. Появление этого труда стало важнейшим этапом в развитии медицинской науки, с которого началось становление современного подхода к медицине и биологии. Хотя самым главным в этой работе было то, что она радикально изменила учение Галена, намерения Везалия были совсем иными. Он не собирался опровергать Галена, а стремился лишь исправить анатомические описания своего предшественника, используя результаты собственных открытий и наблюдений. В последующие столетия анатомия человека стала дополняться все новыми и новыми деталями, которые являлись результатом как использования новой техники, так и развития медицины как науки.

Из других ученых-анатомов, современников Андреаса Везалия, известны своими открытиями в области анатомии человека Габриеле Фаллопий (1523-1562) и Бартоломео Евстахий (1510-1574), заложившие в XVI веке основы описательной анатомии.

В трактате Везалия помимо чисто анатомических имелись и физиологические сведения. Его предположение о существовании кровообращения было подтверждено Р. Коломбо (1516—1559) и М. Серветом (1509-1553), описавшими путь движения крови через легкие — малый круг кровообращения, по-видимому, независимо друг от друга. Дж. Фабриций (1533—1619) обнаружил и описал венозные клапаны. Возникали все более серьезные противоречия между анатомическими данными о строении сосудистой системы и описанием движения крови, данным Галеном. В развитии анатомии XVII век явился переломным, и это было связано с работами английского врача, анатома и физиолога Вильяма Гарвея (1578-1657), работавшего в Падуанском университете и открывшего систему кровообращения. К изучению структуры органа Гарвей подходил с точки зрения физиологии и сравнительной анатомии, он стал основоположником эмбриологии. Небольшая по объему книга Гарвея «Анатомическое исследование о движении сердца и крови у животных», основанная на результатах экспериментального изучения в сочетании с расчетным методом, открыла новую эпоху в естествознании.

До Гарвея легочное кровообращение в понятии ученых не связывалось со всей системой кровообращения. Гарвей опроверг представление о том, что «копоть» из левого желудочка переходит по легочной вене в легкие и оттуда наружу, показал, что левый и правый желудочки имеют одинаковые клапаны, описал работу сердца как нагнетающего насоса, установил значение малого круга кровообращения и описал большой круг, приведя при этом ряд доказательств циркулярного движения крови. Так, он вычислил количество крови, выбрасываемой сердцем при сокращении, и установил, что масса крови возвращается обратно в сердце, а не поглощается без остатка тканями организма.

Гарвей не только открыл большой круг кровообращения, но и указал на существование в организме явлений, протекающих по замкнутому пути. В системе кровообращения, представленной Гарвеем, был пробел — не хватало представлений о капиллярах. Этот пробел вскоре был восполнен микроскопическими исследованиями М.М. Мальпиги (1628-1694) и А. Левенгука (1632-1723), и, таким образом, была создана целостная картина кругового движения крови в организме. Изучение кровеносной системы было закончено А.М. Шумлянским (1748—1795), который при изучении строения почек обнаружил прямую связь между артериальными и венозными капиллярами.

В XVII веке были опубликованы первые книги и анатомические атласы. В 1685 году Г. Бидлоо в книге «Анатомия человеческого тела в таблицах» показал строение нервных стволов. В XVIII веке Ж. Кювье (1769-1832), создавший учение о типах животных по строению нервной системы, стал основоположником сравнительной анатомии. Начало гистологии положил М.Ф.К. Биша (1771—1802), изложивший в труде «Общая анатомия» учение о тканях, органах и системах. Основы эмбриологии были заложены К.М. Бэр (1792—1876), открывшим яйцеклетку и описавшим онтогенез многих органов.

На Руси первые анатомические сведения о строении органов появились в древних рукописях X—XIII веков. Впервые в 1658 году в Московской медицинской школе состоялся выпуск врачей. Но систематическое развитие анатомических наук начинается во времена Петра I с образования в 1724 году в Петербурге Академии наук. Петром I были открыты госпитали и медицинская школа. При одном из госпиталей стали готовить медицинских работников для обслуживания армии и флота. До этого времени врачи приглашались из Западной Европы. В XVII—XVIII веках на территории России были открыты академии анатомии.

В 1775 году в Московском университете начали преподавать анатомию, курс которой читал ученик М.В. Ломоносова академик А.П. Протасов (1724-1796), являющийся автором русской анатомической номенклатуры и работ о строении и функциях желудка. Первыми российскими анатомами были М.И. Шеин (1712-1762), А.М. Шумлянский (1748-1795), Е.О. Мухин (1766-1850) и П.А. Загорский (1764-1846). Последний был основателем Петербургской анатомической школы и занимался вопросами сравнительной анатомии, выявлением связи между структурой и функцией органов.

Создателем топографической анатомии считается Н.И. Пирогов (1810—1881), который разработал метод исследования тела человека на распилах замороженных трупов. Основоположником функциональной анатомии стал П.Ф. Лесгафт (1837—1909), предположивший направленное изменение структуры человеческого организма в результате воздействия на него физических упражнений и давший начало рентгеноанатомии. В дальнейшем функциональное и экспериментальное направление в анатомии успешно развивается в работах В.Н. Тонкова (1872—1954): коллатеральное кровообращение, пластичность кровеносных сосудов при различных условиях, рентгеноанатомия скелета.

Значительный вклад в анатомию центральной нервной системы внесли В.А. Бец (1834-1894), открывший клеточное строение коры головного мозга и положивший начало учения о цитоархитектонике мозговой коры; В.М. Бехтерев (1857-1927), углубивший рефлекторную теорию и изучивший анатомо-физиологическую основу нервных болезней; И.П. Павлов (1849-1936), создавший учение о корковых сигнальных системах.

В XIX веке анатомия из описательной науки превратилась в функциональную. Этому, в первую очередь, способствовали открытие клеточной теории Т. Шванном (1810-1882) и последующие работы Р. Вирхова (1821—1902). В это же время благодаря работам многих анатомов возникла новая наука — антропология. В 1895 году В.К. Рентгеном (1845-1923) были открыты X-лучи, что привело к созданию рентгеноанатомии — анатомии живого человека.

К числу наиболее выдающихся русских анатомов относятся М.Ф. Иваницкий (1895-1969), разработавший динамическую и проекционную анатомию и заложивший основы спортивной морфологии; В.В. Куприянов, использовавший безинъекционный метод исследования сосудов и разработавший анатомию микроциркулярного русла; Ю.И. Бородин, внесший вклад в микролимфологию и анатомию лимфатических узлов. М.Г. Привесом проведены исследования по экспериментальной и функциональной остеологии. М.Р. Сапным развивается новое направление анатомии органов иммунной системы. В настоящее время все исследования проводятся в области функциональной анатомии.

Зарождение экспериментальной физиологии, так же как и анатомии, неразрывно связано с именами В. Гарвея (1578—1657), открывшего кровообращение, и Р. Декарта (1596-1650), выдвинувшего представление о рефлексе как общем принципе нервной деятельности. В XVII веке получили развитие работы итальянских и немецких ученых, пытавшихся объяснить сложные законы жизнедеятельности элементарными законами механики. В XVIII веке английский невролог Р. Уайт (1714—1766) исследовал роль спинного мозга в рефлекторной деятельности, швейцарский естествоиспытатель А. Галлер (1708-1777) опубликовал труд «Элементы физиологии», в котором широко обсуждались различные проблемы функций организма, а чешский ученый И. Прохазка (1749-1820) внес существенный вклад в изучение нервной системы, разлив рефлекторный принцип ее деятельности и выполнив ценные анатомические исследования.

Работы европейских физиологов оказали существенное влияние на становление физиологии в России в XVIII веке. В XIX веке значительную роль в развитии отечественной экспериментальной физиологии сыграли французские и немецкие исследователи, и в первую очередь К. Бернар (1813-1878), Э. Марей (1830-1904), И. Мюллер (1801-1858), Э. Дюбуа-Реймон (1818-1896), Г. Гельмгольц (1821-1894), К. Людвиг (1816-1895), Р. Гейденгайн (1834-1897).

К середине XIX века физиология окончательно отделилась от анатомии и во всех университетах ее стали преподавать как отдельную науку. К концу столетия она уже была сформировавшейся отраслью естествознания, владела большим количеством фактов. Физиологическая наука в это время представлена блестящими учеными: И.М. Сеченов (1829-1905), И.П. Павлов (1849-1936), Ф.В. Овсянников (1826-1906), А.Я. Данилевский (1838-1923), А.О. Ковалевский (1840—1901) и др. Каждый из них внес значительный вклад в науку, но И.М. Сеченов и И.П. Павлов создали направления в мировой физиологии. И.М.Сеченов вошел в историю науки как «отец русской физиологии», основоположник нового направления — физиологии труда, ученый, разработавший физиологические основы психической деятельности. И.П. Павлов создал учение о высшей нервной деятельности и сигнальных системах.

Характерной чертой физиологии XX века явилось значительное расширение исследований. В это время У. Кеннон (1871—1945), опираясь на идею К. Бернара о постоянстве внутренней среды, создал учение о гомеостазе. Физиолог А. Розенблюм и математик Н. Винер создали кибернетику. Работы, посвященные гомеостазу, получили продолжение в исследованиях канадского ученого Г. Селье (1907-1982) о стрессорных воздействиях на организм. Английский ученый Ч. Шеррингтон (1857-1952) установил основные принципы интегративной деятельности мозга, а австралийский ученый Дж. Экклс рассмотрел механизмы синаптической передачи. Значительные успехи были достигнуты в области электрофизиологии: А.Ф. Самойлов (1867—1930) зарегистрировал электрические потенциалы сердца, В.В. Правдич-Неминский (1879-1952) — электрические потенциалы головного мозга. А.Д. Ноздрачев обосновал наличие метасимпатической нервной системы. В XX веке большой вклад в изучение функциональных взаимоотношений коры головного мозга и внутренних органов внесли К.М. Быков (1886-1959) и В.Н. Черниговский (1907-1981). П.К. Анохин (1898—1974) ввел понятие о функциональных системах. Возникло новое

направление — космическая физиология, разработанное А.В. Лебединским (1902-1965), В.Н. Черниговским, В.В. Лариным (1903-1971) и др. В современных условиях физиология изучает мембранные и клеточные процессы, а также использует математическое моделирование.

4. Развитие анатомии и физиологии в Беларуси

Примитивные анатомические знания и практические навыки помощи больным известны на территории Беларуси с давних времен. Археологические раскопки периода первобытнообщинного и феодального строя свидетельствуют о постепенном накоплении и сохранении анатомических навыков и знаний. В качестве лекарственных средств в то время использовали растения, некоторые вещества минерального и органического происхождения. Практическое лечение связывали с культовыми обрядами. Считают, что профессиональное лекарство на территории Беларуси начало складываться задолго до нашей эры, а в X веке уже имело значительное распространение.

Анатомия и физиология начали развиваться с обобщения рациональных навыков лечения болезней, которые были собраны народной медициной. Анатомо-физиологические знания основывались частично на собственных знаниях, частично на знаниях, заимствованных из медицины соседних государств, античной и арабской медицины.

Значительное место в развитии анатомии занимала церковно-монастырская медицина: лекари-монахи работали в Полоцке, Турове и других городах. С XIV века на Беларуси появились врачи, которые получали образование в Пражском, Падуанском, Гальском и других университетах, а также народные лекари-практики и медики-хирурги (цирюльники). Первое анатомирование тела было проведено в 1586 году в Гродно для выяснения причины смерти короля Стефана Батория. Первые госпитали открылись в Бресте в 1495 году и Минске в 1513 году. В XVII веке по несколько госпиталей было в Гродно, Новогрудке, Слуцке, Пинске, Полоцке, Несвиже, Лиде и других городах. В отдельных больницах уже оказывалась высококвалифицированная медицинская помощь с элементами хирургической и акушерской специализации.

До второй половины XVIII века медицинских школ в Беларуси не существовало, и только в 1775 году в Гродно появилась медицинская академия — первый учебный и научный центр Беларуси. Здесь был

создан музей анатомических препаратов. Научные исследования проводились под руководством Ж.Э. Жилибера (1741—1814), с именем которого связаны первые анатомические описания строения организма человека. При преподавании много внимания уделялось вопросам сравнительной анатомии. В XVIII-XIX веках в республике были заложены основы медицинского образования: кроме Гродненской медицинской академии, были открыты акушерские школы в Могилеве (1865), Витебске (1872), Гродно (1875), фельдшерские в Могилеве (1875), Витебске (1906), Минске (1907). На территории дореволюционной Беларуси существовало три научно-исследовательских учреждения, наиболее крупным из них была станция лекарственных растений под Могилевом (1910).

Значительным событием в научной жизни республики явилось открытие в 1921 году в Минске Белорусского государственного университета. Развитие анатомио-физиологических наук связано именно с организацией кафедр анатомии (С.И. Лебедин) и физиологии (Л.П. Рязанов) на медицинском факультете в составе БГУ (1921) и Минском медицинском институте (1930).

Исследования проводились также в Витебском ветеринарном (1924) и медицинском (1934) институтах, Гродненских сельскохозяйственном (1951) и медицинском (1958) институтах. Изучалась физиология кровообращения (И.А. Ветохин, Н.И. Аринчин, И.К. Жмакин), нервно-мышечной системы (Е.С. Кесарева), нейрогуморальных механизмов обменных реакций (Л.П. Розанов, А.А. Логинов, В.Н. Гурин).

После 1940-х годов анатомические исследования концентрируются на соответствующих кафедрах медицинских вузов Беларуси и в лабораториях НИИ Министерства здравоохранения. Белорусские анатомы установили взаимосвязь между развивающимися нервами и иннервируемыми ими тканями, открыли ряд закономерностей формирования и строения вегетативной нервной системы, обосновали представление о множественности иннервационных связей внутренних органов, образовании новых нервных путей (Д.М. Голуб). Исследованы вопросы нейроморфологии (А.П. Амвросьев, П.И. Лобко, А.С. Леонтьев), строение костей и суставов (Е.Д. Гевлич).

Следует подчеркнуть, что в 1946-1951 годах уделялось большое внимание восстановлению и развитию в республике клинико-физиологических исследований. В 1948 году был организован Институт теоретической медицины АН БССР, а в 1949 году создано нейрохирургическое отделение в Институте неврологии и физиотерапии Минздрава

Белоруссии. На кафедре физиологии Гродненского медицинского института под руководством Н.И. Аринчина были предприняты исследования в области физиологии и патологии кровообращения. В Белорусском государственном университете проводились работы по физиологии центральной нервной системы и нервно-мышечной физиологии.

В 1953 году был организован Институт физиологии в составе Академии наук Белорусской ССР. Под руководством И.А. Булыгина, одного из учеников и многолетних сотрудников К.М. Быкова, здесь развернулись исследования по проблемам физиологии и патологии кортико-висцеральных взаимоотношений. Создано новое направление в изучении афферентного звена вегетативной нервной системы и структурно-функциональной организации симпатических ганглиев, осуществляющих связи внутренних органов. Впервые обоснована гипотеза о существовании собственных афферентных нейронов симпатической нервной системы и их роли в осуществлении истинных периферических рефлексов, замыкающихся в вегетативных ганглиях; открыта и проанализирована рецепторная функция симпатических ганглиев и их кольцевые связи в центральной нервной системе. Сформулировано и обосновано положение о множественности афферентных путей интероцептивных рефлексов. Выдвинуты и экспериментально обоснованы представления о цепном нейрогуморальном механизме висцеральных реакций, вызываемых различными воздействиями. Обнаружено несколько типов и видов цепных висцеральных реакций организма. Выдвинут новый принцип нервной деятельности — единства и взаимосвязи явлений дивергенции и конвергенции (И.А. Булыгин).

Показана важная роль в осуществлении соматических и вегетативных реакций на ускорение не только лабиринтных, но и экстралабиринтных (интероцептивных и проприоцептивных) афферентных систем. Положено начало выяснению особенностей и механизмов формирования в онтогенезе приспособления организма к гравитационным воздействиям (А.С. Дмитриев). Изучены индивидуально-типические особенности различных форм внутреннего торможения, влияние гипер- и гипофункции щитовидной железы на высшую нервную деятельность у животных с различными типами нервной системы (М.С. Колесников), сложные системы условных двигательных рефлексов у человека (И.А. Кулак), механизмы регуляции артериального давления (Н.И. Аринчин, А.П. Кирилук).

В 1958 году в составе учреждений Академии наук Беларуси был организован сектор геронтологии, исследовавший обмен микроэлементами, физиологические процессы старения в онтогенезе (Г.Г. Гацко), «внутримышечное периферическое сердце» (Н.И. Аринчин). Сделана попытка замедлить процесс старения путем усиленного выведения из организма металлов (В.А. Леонов). Получены данные о постепенном напряжении метаболизма отдельных клеток при их старении.

В настоящее время научно-исследовательская работа по анатомо-физиологическому направлению ведется на соответствующих кафедрах Витебского, Гомельского, Гродненского, Минского медицинских университетов, Белорусской академии физической культуры и спорта, в Витебской академии ветеринарной медицины, БГУ, ВГУ и других университетах. Значительную роль в развитии анатомии сыграли работы Д.М. Голуба по проблемам эмбриогенеза человека, изучению структурной организации вегетативной нервной системы, нервных путей и дополнительных центров иннервации. Изучена анатомия симпатической нервной системы, нервов надпочечников, кровеносных сосудов и других органов (А.С. Леонтьук, А.П. Амвросьев, П.И. Лобко). Исследуются строение лимфатических сосудов костей и суставов (В.И. Ашкадеров), костный и перепончатый лабиринты человека (З.И. Ибрагимов), возрастные особенности головного мозга и его артериальных сосудов (А.Н. Габузов). В развитие физиологии внесли вклад Н.И. Аринчин, Л.Ю. Брановицкий, И.А. Витохин, В.Н. Гурин, А.С. Дмитриев, И.К. Жмакин, А.П. Кесарева, В.Н. Калюнов, А.А. Логинов, В.В. Солтанов, Г.С. Юньев. В области физиологии изучаются центральные и периферические механизмы терморегуляции, закономерности деятельности вегетативной нервной системы в норме и в условиях экстремальных факторов окружающей среды.

5. Основные этапы развития возрастной анатомии и физиологии

Впервые вопросы возрастной анатомии и физиологии рассматривались в России в таких трудах, как «Поучение Владимира Мономаха детям» (XI в.), «Юности честное зерцало» (XVIII в.), «Гражданство обычаев детских» Епифания Славинецкого (XVII в.).

Развитие возрастной анатомии и физиологии началось в России в связи с открытием школ, где воспитывались дети из богатых семей.

Еще М.В. Ломоносов подчеркивал необходимость подвижных игр для физического развития детей. П.Ф. Лесгафт (1837-1909) заложил основы школьной гигиены и физического воспитания детей и подростков в соответствии с анатомо-физиологическими особенностями детского организма.

Основоположником возрастной физиологии, и в частности геронтологии, считается И.И. Мечников (1845-1916), сформулировавший теорию старения и смерти как результат отравления организма продуктами гниения белков в кишечнике. Впоследствии развитие различных систем организма человека после рождения изучали Ф.И. Валькер (1893-1955) и П.О. Исаев (1895-1961).

Изучение проблем возрастной анатомии и физиологии в России стало возможным лишь с открытием кафедр гигиены в Петербургской медико-хирургической академии (1871) под руководством А.П. Доброславина (1842— 1889) и в Московском университете (1889) под руководством Ф.Ф. Эрисмана (1842-1915), который впервые экспериментально доказал зависимость здоровья детей от условий окружающей среды и организованности быта. Первый научный центр, занимающийся вопросами возрастной физиологии, возник в России в 1875 году в стенах Педагогического музея военно-учебных заведений под руководством С.Е. Советова. Таким образом, научное изучение возрастных особенностей детского организма началось только во второй половине XIX века. В это время было обнаружено, что ребенок потребляет в течение суток почти столько же энергии, сколько и взрослый человек, хотя размеры тела намного меньше. «Правило поверхности» немецкого физиолога М. Рубнера (1854—1932) стало одним из первых законов физиологии развития.

В начале XX века стало развиваться учение о возрастных особенностях организма, названное «возрастной анатомией». Основателем ее явился Н.П. Гундобин (1860—1908), который в своих работах впервые в России уделил значительное внимание анатомо-физиологическим особенностям детского организма. Н.П. Гундобин заведовал кафедрой детских болезней Петербургской медико-хирургической академии и свои исследования описал в книге «Особенности детского возраста» (1906), которая считается первым трудом по возрастной анатомии и физиологии. Центральную проблему физиологии развития в 20-е годы XX столетия наиболее четко сформулировал немецкий врач Э. Гельмрейх, по мнению которого различия между взрослым и ребенком заключаются, во-первых, в том, что ребенок —

это маленький организм и, во-вторых, что он является развивающимся организмом. Возрастная анатомия и физиология получила импульс к развитию в результате исследований русских педиатров П.С. Медовикова (1873-1941), М.С. Маслова (1885-1961), Г.Н. Сперанского (1873-1969), А.Г. Тура (1894-1974), которые внесли значительный вклад в область нормальной анатомии и физиологии детей.

В 1950-60-е годы в России было более 150 научных учреждений, где изучались вопросы возрастной анатомии и физиологии. Особенно большое внимание уделялось изучению механизмов высшей нервной деятельности ребенка. Исследованием возрастных особенностей высшей нервной деятельности занимались Н.И. Красногорский, В.М. Бехтерев, П.К. Анохин, И.А. Аршавский, А.А. Маркосян и др. Первые исследования второй сигнальной системы у детей и подростков проведены А.Г. Ивановым-Смоленским и М.М. Кольцовой.

А.С. Северцев сформулировал принцип гетерохронии развития органов и систем, имеющий принципиальное значение в возрастной анатомии и физиологии. Этот принцип в дальнейшем П.К. Анохин разработал в теории системогенеза, согласно которой развитие одних компонентов организма сдвинуто во времени относительно развития других, что обуславливает специфику функционирования организма ребенка на разных этапах развития. Кроме того, гетерохрония определяет адаптивные возможности организма, обеспечивая определенный приспособительный эффект на каждом этапе онтогенеза. А.А. Маркосян (1904-1972) разработал концепцию надежности биологической системы (1969). Биологические системы в ходе онтогенеза проходят определенные этапы становления и формирования. Отдельные этапы развития ребенка характеризуются не только разной степенью зрелости и особенностями функционирования органов и систем, но и различием в механизмах, определяющих специфику взаимодействия организма и внешней среды.

Центром изучения организма детей и подростков в России стал Институт школьной гигиены и физического воспитания АПН РСФСР, в настоящее время переименованный в Институт возрастной физиологии РАО. Здесь работают ведущие специалисты России, занимающиеся проблемами онтогенеза. И.А. Аршавский (1900—1997) является одним из основоположников возрастной физиологии. Первые его работы посвящены онтогенезу механизмов вегетативной регуляции кровообращения и дыхания. Дальнейшие исследования были направлены на выяснение возрастных особенностей обменных процессов

деятельности нервной системы. В конце 1930-х годов И.А. Аршавским было открыто неравномерное развитие симпатических и парасимпатических влияний нервной системы на все важнейшие функции детского организма — симпатические механизмы созревают раньше, что создает качественное своеобразие функционального состояния организма ребенка. Симпатический отдел стимулирует активность сердечно-сосудистой и дыхательной систем, а также обменные процессы. Это вполне объяснимо, так как в раннем возрасте организм нуждается в увеличении интенсивности обменных процессов, что обеспечивает процессы роста и развития. По мере созревания организма усиливаются парасимпатические (тормозящие) влияния, в результате чего снижается частота пульса, дыхания, интенсивность энергопродукции.

Н.А. Бернштейн (1896—1966) внес значительный вклад в возрастную физиологию благодаря работам по возрастному развитию физиологических механизмов построения движений. Он показал, как постепенно в организме формируется механизм управления произвольными движениями. Н.А. Бернштейн установил, что механизмы высшего управления движениями распространяются с возрастом от эволюционно древних подкорковых структур головного мозга к более новым корковым, достигая все более высокого уровня «построения движений».

Т.Г. Бетелева исследует возрастные и индивидуальные особенности зрительного восприятия на разных этапах онтогенеза ребенка. Направление исследований Н.В. Дубровинской — формирование нейрофизиологических механизмов внимания в процессе развития ребенка.

Научные работы И.А. Коршенко посвящены проблемам возрастного развития терморегуляции и адаптации, мышечной деятельности, обменных процессов на тканевом и организменном уровне. В настоящее время И.А. Коршенко продолжает работать над проблемами морфофункциональной конституции и возрастных преобразований скелетных мышц и мышечной работоспособности.

Н.Б. Сельверова работает в области эндокринологической регуляции полового созревания. Д.А. Фарбер является создателем научной школы, в центре внимания которой — пути созревания физиологических механизмов деятельности мозга, обеспечивающих важнейшие психофизиологические функции: восприятие, внимание, память и др.

М.М. Безруких — директор Института возрастной физиологии РАО, психофизиолог, изучающий возрастные особенности вегетативной регуляции физиологических функций, педагогики и здоровья. Основные вопросы, разрабатываемые учеными института, — определение временных границ возрастных периодов, установление параметров возрастной нормы, выявление сенситивных и критических периодов развития ребенка.

6. Развитие возрастной анатомии и физиологии в Беларуси

Начало развития возрастной анатомии и физиологии как науки в Беларуси связано с деятельностью Франциска Скорины (до 1490 — не позднее 1551), который первым из белорусов удостоен звания «в лекарских науках доктора». В своих трудах Скорина стремился дать «детям малым початок всякое доброе науки, dorosлым помножение в науке, мужем мощное утверждение». В дальнейшем развитие возрастной анатомии и физиологии в Беларуси непосредственно связано с развитием науки в России и странах Европы. В XVIII веке в Беларуси начинает развиваться медицинское образование, создаются общества врачей, созываются съезды, на которых поднимаются вопросы возрастных особенностей развития детей.

Первые печатные работы по возрастной анатомии и физиологии, написанные на белорусском материале, появились в начале XX века: Л.Ф. Яроцинский «Влияние школы на физическое развитие детского организма» (1912), К.О. Фалькович «Простые и дешевые способы оздоровления школьных помещений» (1914) и др.

В 1927 году был открыт Белорусский научно-исследовательский санитарно-гигиенический институт (БелНИСГИ), при котором в 1963 году был создан отдел гигиены подростков.

Научная разработка проблем возрастной анатомии и физиологии практически началась после Великой Отечественной войны (Е.И. Кореневская, Д.С. Лещинский, А.А. Крюкова, П.В. Избавителев, А.А. Кувшинникова и др.). Среди первых преподавателей этого направления Беларуси известны З.К. Могилевчик, П.В. Остапеня, М.А. Габрилович. В 1964 году вышел первый белорусский учебник «Анатомия, физиология и гигиена детей младшего школьного возраста» М.Г. Матюшонка.

Изучение возрастной анатомии и физиологии в республике развивалось параллельно с исследованиями анатомии и физиологии человека на медицинских и биологических факультетах Белорусского государственного университета и других университетов Беларуси. В настоящее время исследования ведутся по следующим направлениям: возрастные особенности пищеварительной системы (А.П. Амвросьев), возрастные изменения органов мочеполовой сферы (А.Н. Гарбузов, Г.П. Дорохович, Е.С. Околокулак), возрастные особенности слухового и вестибулярного анализаторов (З.И. Ибрагимова, Г.Г. Бурак), развитие и строение органов и регулирующих систем организма в эмбриогенезе человека (Д.М. Голуб, А.С. Леонтьук, П.И. Лобко, И.М. Турецкий), антропометрия новорожденных (И.Н. Серегов).

7. Анатомическая терминология

В пособии используются универсальные названия различных структур организма согласно международной классификации анатомических терминов. Исторически сложилось, что большинство анатомических терминов имеют латинское или греческое происхождение, и эти термины общеприняты. Некоторые анатомические термины объясняются непосредственно в тексте.

Для стандартизации подхода к изучению анатомии человеческого тела принято следующее: тело находится в вертикальном положении, руки опущены по бокам ладонями вперед. В этом положении тело можно рассматривать в трех измерениях. Линии раздела называются плоскостями, которые уточняют положение тела в пространстве. Под *сагиттальной* плоскостью понимается вертикальная плоскость, посредством которой тело мысленно рассекается в направлении пронзающей его стрелы спереди назад и вдоль тела. Сагиттальная плоскость проходит как раз посередине тела, делит его на две симметричные половины: правую и левую. Плоскость, тоже идущая вертикально, но под прямым углом к сагиттальной, параллельно лбу, называется *фронтальной*. Она делит тело на передний и задний отделы. Третья, *горизонтальная*, плоскость проводится горизонтально, то есть под прямым углом как к сагиттальной, так и к фронтальной плоскостям. Она делит тело на верхний и нижний отделы.

Расположение органов и частей тела по отношению друг к другу описывается следующим образом. Отдельные точки или линии в плос-

костях, располагающиеся ближе к срединной плоскости, обозначаются как *медиальные*-, лежащие дальше срединной плоскости — как *латеральные*. Например, почки латеральны (находятся сбоку) по отношению к позвоночнику, который проходит медиально по отношению к почкам (т.е. ближе к срединной плоскости). Расположение более кнутри или кнаружи туловища, головы или конечностей: ближе к передней поверхности тела — *передний*, или *вентральный*, ближе к задней поверхности — *задний*, или *дорсальный*. Так, например, спинной мозг располагается дорсально к стенке брюшной полости, но вентрально к коже спины. Расположение относительно к горизонтальному сечению: ближе к верхнему концу тела — *верхний*, или *краниальный*, ближе к нижнему концу — *нижний*, или *каудальный*. Эти термины часто используют для описания положения органов или структур относительно друг друга.

По отношению к частям конечностей употребляются термины *проксимальный* или *дистальный*: *проксимальный* (близкий) обозначает части, расположенные ближе к месту начала конечности у туловища, *дистальный* (отдаленный) — дальше от начала конечностей.

Термины *наружный* и *внутренний* применяются для обозначения положения в отношении полости тела и целых органов, в смысле более кнутри или более кнаружи лежащий. Расположение органов относительно поверхности и центра тела описывают терминами *поверхностный* и *глубокий*. Термины *ладонный* и *подошвенный* используют для описания внутренней и нижней поверхности собственно кисти и стопы.

ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА И СОСТАВЛЯЮЩИЕ ЕГО СТРУКТУРЫ

1.1. Клетка

Клетка — это структурная и функциональная единица живых организмов, осуществляющая рост, развитие, обмен веществ и энергии, хранящая, перерабатывающая и реализующая генетическую информацию. Клетки разнообразны по размерам и форме в зависимости от выполняемой в организме функции. Размеры клеток человека варьируют от нескольких (лимфоциты) до 200 (яйцеклетка) микрометров. По форме клетки могут быть шаровидными, веретенообразными, плоскими, кубическими, звездчатыми, отростчатыми и др.

Строение клетки

Клетка состоит из трех основных частей: плазматической мембраны, цитоплазмы в виде коллоидной системы с неорганическими ионами, продуктами пластического и энергетического обмена и органеллами, ядра с генетическим материалом клетки (рис. 1). Поверхностный комплекс включает в себя гликокаликс, плазматическую мембрану, или плазмолемму, и кортикальный слой цитоплазмы. В цитоплазме выделяют гиалоплазму (матрикс), органеллы и включения. Основными компонентами ядра являются кариолемма, нуклеоплазма, хромосомы и ядрышко. Плазмолемма, кариолемма и часть органелл образованы биологическими мембранами.

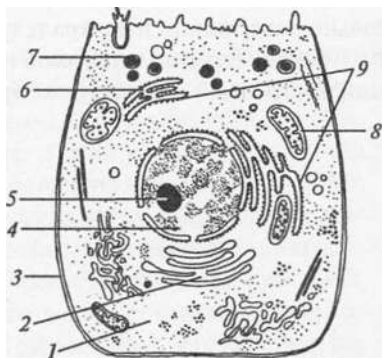


Рис. 1. Строение клетки (схема):
1 — цитоплазма; 2 — агранулярная эндоплазматическая сеть (ретикулум); 3 — плазматическая мембрана; 4 — ядро; 5 — ядрышко; 6 — гранулярная эндоплазматическая сеть; 7 — лизосома; 8 — митохондрия; 9 — рибосомы

Биологическая мембрана

Биологическая мембрана представляет собой двойной слой молекул липидов (билипидный слой). Каждая такая молекула имеет две части — головку и хвост. Хвосты гидрофобны и обращены друг к другу. Головки гидрофильны и направлены кнаружи и внутрь клетки. В билипидный слой погружены молекулы белка. Некоторые белковые молекулы пронизывают мембрану: один конец молекулы обращен в пространство по одну сторону мембраны, другой — по другую. Такие белки называют трансмембранными. В других белковых молекулах только один конец обращен в околосмембранное пространство, а второй лежит в наружном или внутреннем слое мембраны. Их называют соответственно внешними или внутренними. Толщина всей мембраны составляет 9-10 нм. Липидные наружные плотные слои имеют толщину 2,5 нм, а средний — около 3 нм.

Плазмолемма образует простые и сложные контакты с соседними клетками. Простые соединения представлены выростами оболочки одной клетки, которые заходят между таковыми соседней. Сложные контакты образованы плотно прилежащими друг к другу клеточными оболочками или наличием десмосом и нексусов.

Важным свойством мембраны является ее избирательная проницаемость. Существует ряд механизмов, обеспечивающих проникновение веществ в клетку: пассивный и активный транспорт, эндо- (фаго- и пиноцитоз) и экзоцитоз. Пассивный транспорт осуществляется через формируемые белками каналы по градиенту концентрации без затраты энергии. Разновидностью пассивного транспорта веществ является диффузия, обеспечивающая движение молекул из области высокой концентрации в область низкой концентрации до состояния равновесия. Активный транспорт сопряжен с затратой энергии (АТФ) и происходит против градиента концентрации. В этом процессе участвуют белки-переносчики, образующие так называемые насосы. Эндоцитоз — это процесс поглощения веществ путем образования выростов плазматической мембраны и формирования пузырьков, отшнуровывающихся в цитоплазму. Экзоцитоз осуществляется в обратном порядке и сопровождается выделением веществ из клетки. Концентрация веществ (катионов и анионов) по обе стороны мембраны неодинакова. Поэтому каждая сторона несет свой электрический заряд. Различия в концентрации ионов создают соответственно и разность электрических потенциалов.

Внешняя поверхность плазмолеммы покрыта гликокаликсом, который представляет собой совокупность молекул, связанных с белками мембраны, и состоит из углеводов. Толщина его различна и колеблется в разных участках поверхности одной клетки от 7,5 до 200 нм.

К глубокой поверхности плазмолеммы примыкают поверхностные структуры цитоплазмы, которые связываются с белками плазмолеммы и передают информацию глубинным структурам. Они также меняют свое взаимоположение, что приводит к изменению конфигурации плазмолеммы.

Цитоплазма

Внутреннее содержимое клетки представлено цитоплазмой. Она включает в себя гиалоплазму и расположенные в ней органеллы и включения.

Гиалоплазма представляет собой сложную коллоидную систему, которая создает условия для осуществления физиологических реакций клетки и протекания биохимических процессов. Она состоит из белков, нуклеиновых кислот, полисахаридов, ферментов и других веществ. Гиалоплазма обеспечивает связь между органеллами и поддерживает постоянство внутренней среды. Именно в гиалоплазме взвешены органеллы и включения.

Органеллы (органоиды) — элементы цитоплазмы, имеющие свою структуру и выполняющие конкретные функции клетки. Органеллы, встречающиеся во всех клетках, называются органеллами общего назначения, а присущие только некоторым специализированным видам клеток — специальными органеллами. В зависимости от того, включает структура биологическую мембрану или нет, различают органеллы мембранные и немембранные.

К немембранным органеллам общего назначения относятся цитоскелет, клеточный центр и рибосомы.

Цитоскелет включает в себя микротрубочки, микрофиламенты и промежуточные филаменты. Микротрубочки пронизывают всю цитоплазму клетки. Каждая из них представляет собой полый цилиндр диаметром 20—30 нм. Стенка микротрубочки имеет толщину 6—8 нм и образована 13 нитями, скрученными по спирали одна над другой. Каждая нить состоит из белка тубулина, который синтезируется на мембранах гранулярной эндоплазматической сети. Сборка нитей в спирали осуществляется в клеточном центре. Главной функцией микротрубочек является обеспечение основных потоков внутрикле-

точного активного транспорта. Микрофиламенты — это белковые нити толщиной 4 нм. Большинство из них образовано молекулами актина, меньшая часть тропином и тропомиозином. Микрофиламентов много в цитоплазме, прилегающей к поверхностному комплексу. Они меняют конфигурацию мембраны, что обеспечивает процессы пиноцитоза и фагоцитоза. Этот механизм используется клеткой для образования выростов ее поверхности — ламеллоподий. Клетка закрепляется выростом за окружающий субстрат и может переместиться на новое место. Промежуточные филаменты имеют толщину 8—10 нм и представлены длинными белковыми молекулами. Они тоньше микротрубочек, но толще микрофиламентов, за что и получили свое название.

Клеточный центр образован двумя центриолями (диплосома) и центросферой. Центриоли расположены под углом друг к другу. Каждая центриоль представляет собой малый цилиндр длиной 0,4 мкм, шириной 0,2 мкм. Стенка цилиндра состоит из девяти комплексов микротрубочек длиной 0,5 мкм и диаметром около 0,25 мкм. Каждый комплекс образован тремя микротрубочками и называется триплетом. Вокруг диплосомы располагается плотная бесструктурная центросфера, от которой радиально отходят тонкие фибриллы. Центриоли являются саморегулирующимися структурами, которые удваиваются в клеточном цикле. Центриоли участвуют в образовании ресничек и жгутиков, а также митотического веретена. Основная функция клеточного центра — сборка микротрубочек.

Рибосомы представляют собой тельца размером 20 x 30 нм, состоящие из двух субъединиц — большой и малой. Каждая субъединица является комплексом рибосомальной РНК (рРНК) и белков. Большая содержит три молекулы рРНК и 40 молекул белка, малая — одну молекулу рРНК и 33 молекулы белка. Синтез рРНК осуществляется в ядрышке. Основная функция рибосом — это сборка белковых молекул из аминокислот, доставляемых транспортной РНК (тРНК). Между субъединицами рибосомы имеется щель для прохождения молекулы информационной РНК (иРНК). На большой субъединице есть бороздка, в которой располагается и по которой выходит формирующаяся белковая цепь. Сборка аминокислот производится в соответствии с чередованием нуклеотидов в цепи иРНК. Так осуществляется трансляция генетической информации. Рибосомы могут находиться в цитоплазме поодиночке либо группами. В последнем случае рибосомы называются полисомами, или полирибосомами. Большая часть

рибосом прикрепляется к мембране эндоплазматической сети. Свободные рибосомы синтезируют белок, необходимый для жизнедеятельности клетки, прикрепленные — белок, подлежащий выведению из клетки.

К мембранным органеллам общего назначения относятся митохондрии, эндоплазматическая сеть, комплекс Гольджи, лизосомы и пероксисомы.

Митохондрия — органелла палочковидной формы, длиной 0,3–5 мкм, шириной 0,2–1 мкм. Сверху она покрыта двумя мембранами, между которыми располагается мембранное пространство шириной 10–20 нм. Внешняя мембрана ровная, внутренняя образует многочисленные крсты в виде гребневидных выростов. Пространство между крстами заполнено коллоидным митохондриальным матриксом, содержащим рибосомы и небольшое количество ДНК. К поверхности крст прикрепляются элементарные частицы (до 4 тыс. на 1 мкм² мембраны) грибовидной формы. В них сосредоточены АТФ-азы — ферменты, обеспечивающие синтез и распад АТФ. Митохондрии выполняют энергетическую функцию, в них происходит окисление органических веществ, в результате чего освобождается энергия, необходимая для синтеза АТФ. Митохондрии, в отличие от других органелл, обладают собственной генетической системой (ДНК, РНК и рибосомы), поэтому способны размножаться в клетке путем деления или «отшнурования» фрагментов, т.е. являются самовоспроизводящимися органеллами. Количество, размеры и расположение митохондрий в клетке зависят от функции клетки и ее потребности в энергии. Митохондрий много в печеночной клетке, клетках сердца и мышц.

Эндоплазматическая сеть, или эндоплазматический ретикулум, представляет собой систему канальцев, вакуолей и цистерн, отграниченных мембранами. На мембранах осуществляются первичные синтезы веществ, необходимых для жизнедеятельности клетки. Большинство веществ синтезируется на наружной поверхности мембран, а затем переносится внутрь эндоплазматической сети и там транспортируется к месту дальнейших биохимических превращений. На концах трубочек сети они накапливаются и отделяются от них в виде транспортных пузырьков. В перемещении их участвуют микротрубочки. Различают два типа эндоплазматической сети: гранулярную (зернистую) и агранулярную (гладкую), которые представляют собой единое целое. Наружная сторона мембраны гранулярной сети покрыта рибосомами, здесь осуществляется синтез белков. Поверхность

гладкой сети лишена рибосом и служит местом синтеза углеводов и липидов. Кроме того, гладкая эндоплазматическая сеть является депо ионов кальция и в связи с этим участвует в сокращении мышц. Сама сеть образована множеством мелких трубочек диаметром 50 нм каждая. Между трубочками расположены гранулы гликогена. По просветам сети вещества сначала передвигаются, потом отщипываются в виде пузырьков, затем транспортируются к комплексу Гольджи и, наконец, сливаются с ним. От комплекса Гольджи вещества в пузырьках поступают к местам своего использования. В зависимости от функционального состояния клеток эндоплазматический ретикулум подвергается сборке или разборке.

Комплекс Гольджи — это совокупность цистерн, канальцев и вакуолей. Основные элементы комплекса — диктиосомы, число которых колеблется от одной до нескольких сотен. Диктиосомы связаны между собой каналами, имеют форму чаши и диаметр 1 мкм, содержат 4–8 лежащих параллельных уплощенных цистерн. Концы цистерн расширены. От них отщепляются пузырьки и вакуоли с различными веществами. Эти пузырьки имеют диаметр 50–100 нм, содержат гидролитические ферменты и являются предшественниками лизосом. Цистерны обращены в сторону эндоплазматической сети. Транспортные пузырьки, отщепляющиеся от сети и несущие продукты первичного синтеза, присоединяются к этим цистернам, в которых продолжается синтез сложных веществ, т.е. происходит модификация приносимых макромолекул. По мере модификации вещества переходят из одних цистерн в другие. Сторону комплекса Гольджи, куда поступают вещества от сети, называют цис-полюсом, а противоположную — транс-полюсом. На боковых поверхностях цистерн (транс-полюс) возникают выросты, куда перемещаются вещества. Выросты отщепляются в виде пузырьков, которые удаляются от комплекса в различных направлениях. Судьба пузырьков различна, одни из них направляются к поверхности клетки и выводят синтезированные вещества в межклеточное пространство. Часть этих веществ представляет собой продукты обмена, а часть биологически активные вещества — секреты. В процессе упаковки веществ в пузырьки расходуются большое количество мембран, которые должны восполняться. Поэтому сборка мембран — это еще одна из функций комплекса Гольджи.

Лизосомы представляют собой мембранные пузырьки диаметром 0,4–0,5 мкм, в которых содержится 50 видов различных гидролитических ферментов. Молекулы этих ферментов синтезируются на фану-

лярной эндоплазматической сети, откуда переносятся транспортными пузырьками в комплекс Гольджи, где модифицируются. От цистерн комплекса отпочковываются первичные лизосомы. Все лизосомы клетки формируют лизосомное пространство, в котором поддерживается кислая среда (рН 3,5—5,0). Мембраны лизосом устойчивы к находящимся в них ферментам и защищают от них цитоплазму. Повреждение их приводит к активации ферментов и гибели клетки. Функция лизосом — это переваривание высокомолекулярных соединений и частиц. Последними могут быть собственные органеллы или поступившие в клетку частицы, которые окружаются мембраной и называются фагосомой. Первичная лизосома сливается с фагосомой и образуется фаголизосома, или вторичная лизосома. Во вторичной лизосоме ферменты активируются и расщепляют вещества. Продукты расщепления транспортируются через лизосомную мембрану. Непереваренные вещества остаются в лизосоме и могут сохраняться долго в виде остаточных телец, окруженных мембраной. Остаточные тельца уже являются включениями. В случае, когда вещества в лизосоме расщепляются полностью, мембрана распадается, фрагменты ее направляются в комплекс Гольджи и вновь используются для сборки. Если необходима замена участков цитоплазмы или органелл в результате процесса старения клетки, то образуется аутофагосома, в которой перевариваются структуры органеллы. Таким образом, аутофагия представляет собой механизм обновления внутриклеточных структур — внутриклеточную физиологическую регенерацию.

Пероксисомы — мембранные пузырьки диаметром от 0,2 до 0,5 мкм. Как и лизосомы, они отщепляются от цистерн транс-полуса комплекса Гольджи. Под мембраной пузырька различают центральную плотную и периферическую области. Пероксисомы делятся на мелкие и крупные. Мелкие пероксисомы (диаметр 0,15—0,25 мкм) содержатся во всех клетках и практически не отличаются от первичных лизосом. Крупные пероксисомы (диаметр больше 0,25 мкм) присутствуют лишь в некоторых тканях (печень, почки). В них выделяется кристаллоидная сердцевина с концентрированными ферментами. Функция пероксисомы — участие в нейтрализации многих токсических соединений, прежде всего перекиси водорода.

К *специальным органоидам* относятся щеточная кайма, стереоцилии, базальный лабиринт, реснички, жгутики, кинетоцилии и миофибриллы. Самыми распространенными являются реснички и жгутики.

Реснички являются выростами клетки, окруженными плазмолеммой. У основания ресничек находится базальное тельце (кинетосома), которое образовано девятью периферическими триплетами коротких микротрубочек, окружающих один белковый центральный цилиндр. Каждый периферический триплет соединен с ним посредством белковых «спиц». В центральный цилиндр направляется осевая нить (аксонема), тоже образованная микротрубочками. На уровне базального тельца микротрубочки аксонемы тоже образуют девять периферических триплетов, но далее одна из микротрубочек редуцируется, а в центральной группе появляется пара микротрубочек, окруженная белковой оболочкой. Поэтому на протяжении реснички тянутся дуплеты микротрубочек: девять дуплетов на периферии, один — в центре. Реснички являются производными поверхностного комплекса клетки и клеточного центра. Вначале происходит многократное деление центриолей, а затем они мигрируют к поверхности клетки и здесь выстраиваются соответственно строению реснички.

Жгутики напоминают ресничку, но они длиннее. И те и другие выполняют функцию движения. Все реснички совершают координированные колебания. Они похожи на движения рук пловца брассом. Сначала ресничка резко наклоняется над поверхностью клетки, далее совершает поворот на 180° , затем снова выпрямляется и начинается новый цикл. Число ресничек на клетке обычно достигает нескольких сотен.

Включения — скопления веществ в клетке, возникающие как продукты ее метаболизма. Включения активно используются клеткой, но сами ферментативной активностью не обладают. Среди включений различают трофические, пигментные и секреторные. К *трофическим* относятся капли жира, гранулы гликогена и белка, которые накапливаются в клетке, а затем расходуются ею при возникновении соответствующих потребностей. Большинство трофических включений лежит в гиалоплазме свободно. *Пигментные* включения могут лежать свободно (гемоглобин), но могут быть окружены и мембраной (гранулы меланина). *Секреторные* гранулы отделяются от комплекса Гольджи и несут синтезированные клеткой вещества.

Ядро

Большинство клеток имеет округлое или овальное ядро размером 3–25 мкм. Наиболее крупное ядро у яйцеклетки. Ядро покрыто сверху оболочкой, или *кариолеммой*. Она образуется из цистерн эндоплазма-

тической сети и состоит из наружной и внутренней мембран. Пространство между ними называется перинуклеарным пространством. Оно имеет ширину 25-50 нм и сохраняет сообщение с полостями эндоплазматической сети. На наружной стороне ядерной оболочки располагаются рибосомы. Местами внутренняя и внешняя мембрана сливаются, и в этом месте образуется пора. Пory могут занимать до 25 % поверхности ядра. Через них осуществляется избирательный транспорт молекул и частиц из ядра в цитоплазму и обратно. Под ядерной оболочкой располагается *нуклеоплазма* в форме геля. По ней транспортируются различные молекулы, и в ней располагается хроматин, являющийся основой ДНК. Хроматин в виде тонких нитей или глыбок располагается по периферии ядра. Это разрыхленные, деконденсированные хромосомы. В такой форме хромосомы активны и находятся в рабочем состоянии, участвуя в транскрипции и репликации ДНК. В конденсированном состоянии хромосомы неактивны и участвуют в переносе генетической информации при делении клетки. В начале митоза хроматин переходит из деконденсированного состояния в конденсированное, при этом образуются видимые хромосомы. Они представляют собой палочковидные структуры, имеющие два плеча, разделенные центромерой. В зависимости от ее расположения и длины плеч различают три вида хромосом: метацентрические с одинаковыми плечами, акроцентрические с одним очень коротким и одним длинным плечом, субметацентрические с одним длинным и одним коротким плечом. Хромосомы представляют собой двойные цепи ДНК, окруженные сложной системой белков. Длина одной хромосомы человека в растянутом виде около 5 см, длина всех хромосом около 170 см. Хромосомы состоят из генов. Ген — это участок молекулы ДНК, на котором синтезируется активная молекула РНК. Хромосомы являются хранителем наследственных свойств организма. Последовательность нуклеотидов в цепях ДНК определяет генетический код. Совокупность всей генетической информации, хранящейся в хромосомах, называется геномом. При подготовке к делению геном удваивается, а при самом делении равномерно распределяется между дочерними клетками.

В нуклеоплазме располагаются *ядрышки*, плотные образования размером 1—5 мкм, состоящие из нуклеопротейдов. В ядрышке синтезируется входящая в состав рибосомы рРНК, которая транспортируется в цитоплазму через ядерные поры.

Деление клетки

Клетки образуются только при делении других клеток. После деления должно пройти некоторое время, чтобы сформировались оргanelлы и были синтезированы все необходимые ферменты. Этот отрезок времени называется *созреванием*. Зрелая клетка может функционировать различное время. Некоторые клетки сохраняются в течение всей жизни человека (нейроны), но их немного, большинство же клеток гибнет и замещается новыми. Клетка может погибнуть в результате внешних случайных причин — это называется некрозом. Большинство клеток гибнет тогда, когда проявляются естественные генетические механизмы. Генетически запрограммированная клеточная гибель называется *апоптозом*. Механизм возникновения апоптоза следующий. Каждая клетка имеет гены, которые обеспечивают синтез ферментов, как стимулирующих деление клетки, так и препятствующих этому процессу. Пока клетка функционирует, эти синтезы уравновешены. Для поддержания этого равновесия клетка должна получать сигналы от других клеток с помощью молекул цитокинов. Наступает момент, когда функциональные возможности клеток исчерпываются. В это время нарушается чувствительность их к цитокинам, блокируются гены, обеспечивающие размножение, и стимулируются гены, обеспечивающие синтез литических ферментов. Хромосомы распадаются, ядро гибнет, разрушается цитоплазма, остатки уничтожаются макрофагами.

Численность клеток восстанавливается за счет новых клеточных делений. Клеточный цикл представляет собой совокупность процессов, происходящих в клетке при подготовке ее к делению (интерфаза) и во время собственно деления, когда материнская клетка делится на две дочерние (митоз).

Интерфаза, или автосинтетическая фаза, делится на пресинтетическую (Y_1), синтетическую (S) и постсинтетическую (Y_2) фазы. Пресинтетическая фаза сопровождается усилением биосинтетических процессов, подготовкой к удвоению ДНК, удвоением массы всех оргanelл и длится от нескольких часов до суток. В синтетической фазе осуществляется матричный синтез ДНК и удвоение хромосом (репликация). Репликация — это процесс передачи генетической информации, хранящейся в родительской ДНК, путем точного ее воспроизведения в дочерней клетке. В цитоплазме удваиваются не только цепи ДНК, но и каждая из центриолей клеточного центра. S -фаза длится 8—12 ч. В течение постсинтетической фазы усиливается формирование

лизосом, делятся митохондрии и синтезируются новые белки, необходимые для осуществления митоза. Продолжается она 6 ч.

После окончания подготовки к делению начинается непосредственно **митоз**, осуществляющийся в 4 фазы: профаза, метафаза, анафаза и телофаза (рис. 2).

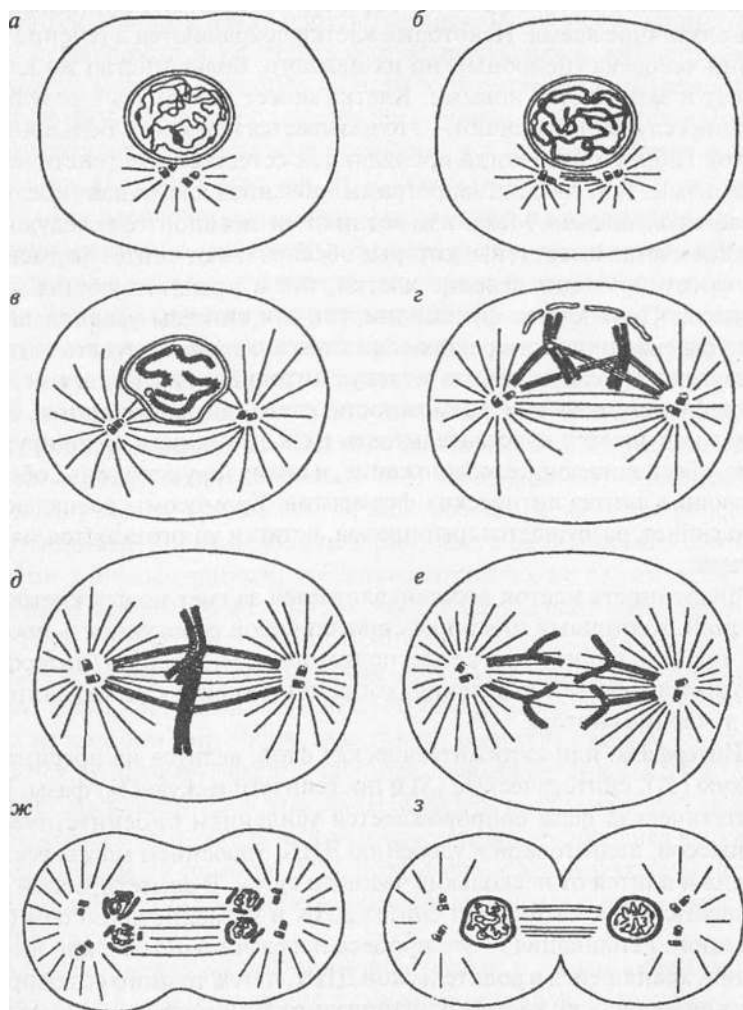


Рис.2. Схема митоза:

а, б, в — профаза; г, д — метафаза; е — анафаза; ж, з — телофаза

Основные изменения в течение *профазы* касаются ядра. Происходит спирализация хромосом, в результате чего они становятся видны. Ядрышко распадается. Центриоли попарно расходятся к полюсам клетки. В *метафазе* начинаются изменения в цитоплазме. Лизосомы растворяют ядерную оболочку. Комплекс Гольджи и эндоплазматическая сеть распадаются на отдельные пузырьки и вместе с митохондриями распределяются в две половины клетки. Хромосомы перемещаются и располагаются в одной плоскости перпендикулярно к оси между полюсами. Образуется материнская звезда. При этом все хромосомы располагаются так, что их центромеры находятся в экваториальной плоскости. После упорядочивания хромосом система микротрубочек образует веретено деления. Хроматиды прочно присоединяются к веретену. *Анафаза* начинается внезапно с резкого разделения хромосом. Микротрубочки начинают укорачиваться, в результате чего хроматиды подтягиваются к центриолям. Этот процесс осуществляется со скоростью 0,5—1 мкм/мин. Далее хроматиды направляются к полюсам клетки, куда двигаются и центриоли. В результате образуются две дочерние звезды. В конце анафазы на плазматической мембране появляется перетяжка. *Телофаза* завершает деление. Разделившиеся группы хромосом подходят к полюсам, деконденсируются, переходят в хроматин. Одновременно происходит транскрипция РНК. Восстанавливаются ядерная оболочка и ядрышко, формируются структуры дочерних клеток. Перетяжка становится все более глубокой, и в результате одна клетка разделяется на две (цитокнез). Обе дочерние клетки диплоидны. После митоза в течение нескольких часов дочерние клетки связаны между собой небольшим остаточным тельцем.

Мейоз. В организмах, размножающихся половым путем, имеются диплоидные и гаплоидные клетки. К первым относятся соматические, ко вторым — половые (гаметы) клетки. Соматические клетки делятся с помощью митоза, описанного выше, а половые — с помощью мейоза, в результате которого количество хромосом уменьшается в два раза. Мейоз включает в себя два последовательных деления. После слияния гамет возникает новый диплоидный организм (зигота). Перед началом мейоза в интерфазе клетка проходит обычные фазы Y_1 , S и Y_2 и становится тетраплоидной. То есть происходит репликация ДНК, а сестринские хроматиды остаются связанными своими центромерами, так что в ядре имеется по четыре набора каждой хромосомы. Каждое из двух делений мейоза имеет свои отличительные черты.

Особенность первого деления состоит в сложном прохождении **профазы I**. Она подразделяется на пролептонему, лептонему, зигонему, пахинему, диплонему и диакинез. Во время *пролептоны* происходит значительная спирализация хромосом. Ядерная оболочка сохраняется, ядрышко не распадается. Происходят синтезы белков, и половая женская клетка накапливает запасы веществ, необходимые для ранних стадий развития зародыша. В *лептоне* хромосомы спирализуются полностью. Во время *зигонемы* диплоидные хромосомы выстраиваются рядом, обвивают друг друга, укорачиваются и сцепляются между собой (конъюгация). Образуются тетраплоидные биваленты, состоящие из четырех хроматид. *Пахинема* продолжается не менее суток. Хромосомы укорачиваются и утолщаются. Между отцовскими и материнскими хроматидами в нескольких местах возникают соединения — хиазмы — белковые комплексы размером 90 нм. В области каждой хиазмы происходит обмен гомологичными участками материнских и отцовских хроматид. Этот процесс называется кроссинговером. По окончании кроссинговера хроматиды разъединяются, но остаются связанными в области хиазм. Наступает фаза *диплоны*, в которой хромосомы еще больше раздвигаются, но связь между ними сохраняется. В *диакинезе* хроматиды еще связаны, но разрушаются ядерная оболочка и ядрышко. Центриоли направляются к полюсам и образуется веретено деления. В результате профазы I образуются гаметоциты первого порядка. **Метафаза I** напоминает аналогичную стадию митоза. Хромосомы устанавливаются в экваториальной плоскости. В **анафазе I** хромосомы отделяются друг от друга и расходятся к полюсам. В **телофазе I** формируется ядерная оболочка и ядрышко, углубляется борозда деления, происходит кариокинез. Образовавшиеся клетки называют гаметоцитами второго порядка.

Второе деление протекает следующим образом. **Интерфаза II** очень короткая. Ее особенностью является отсутствие S-фазы, т.е. не происходит редупликации ДНК. **Профаза II** непродолжительная, и конъюгации хромосом в ней не происходит. В **метафазу II** хромосомы выстраиваются в плоскости экватора. В **анафазе II** хроматиды расходятся к полюсам. В **телофазе II** образуются две дочерние клетки и в результате двух последовательных делений мейоза четыре гаплоидные клетки. Восстановление диплоидности произойдет лишь при оплодотворении.

Химическая организация клетки

В организме человека обнаружено 86 постоянно присутствующих химических элементов. Из них 25 необходимы для жизнедеятельности: 18 необходимы абсолютно, а 7 желательны. По относительному содержанию в клетке химические элементы делятся на три группы: основные, макроэлементы и микроэлементы. На долю основных элементов приходится 98 % массы клетки. Это кислород (65—75 %), углерод (15-18 %), водород (8-10 %) и азот (1,5—3,0 %). К макроэлементам (1,9 % массы клетки) относятся сера, фосфор, калий, натрий, магний, кальций и ванадий, к микроэлементам (0,1 % массы клетки) — железо, цинк, медь, йод, фтор, марганец, селен, кобальт, молибден, стронций, никель, хром и др.

Клетка состоит из неорганических и органических веществ. Неорганические вещества (соли, кислоты, основания) составляют от 1,0 до 1,5 % ее массы. В организме человека они выполняют следующие функции: обеспечивают осмотическое давление в клетке, участвуют в образовании мембранных потенциалов клеток, активируют ферменты, поддерживают кислотно-щелочное равновесие.

Клетка на 80 % состоит из воды. Вода в организме является универсальным растворителем, обеспечивает поступление питательных веществ и кислорода, удаляет продукты обмена, участвует в терморегуляции, является реагентом многих химических реакций. Вещества, растворяющиеся в воде (соли, основания, кислоты, белки, углеводы, спирты и др.), называются гидрофильными, не растворяющиеся в воде — гидрофобными (жиры и жироподобные вещества). Есть органические вещества, у которых один конец гидрофилен, а другой гидрофобен. Они получили название амфипатических веществ.

Среди органических веществ преобладают белки (10-20 %), липиды (1-5 %), углеводы (0,2-2 %), нуклеиновые кислоты (1-2 %). Низкомолекулярные вещества в клетке не превышают 0,5 %.

Белки входят в состав всех структур клетки и выполняют в организме многочисленные функции: строительную (входят в состав мембран, ядра, цитоплазмы и органоидов); транспортную (ряд белков способны присоединять и переносить различные вещества); защитную (обеспечивают иммунитет организма, участвуют в свертывании крови, препятствуют развитию свободнорадикальных процессов); регуляторную (являются гормонами); рецепторную (белки мембраны образуют рецепторы); сократительную (мышечные белки актин и миозин).

Углеводы в зависимости от состава подразделяются на три группы: простые сахара, или моносахариды (глюкоза, фруктоза); олигосахариды, состоящие из 2-10 молекул простых Сахаров (сахароза, мальтоза); полисахариды, состоящие более чем из 10 молекул Сахаров (крахмал, целлюлоза). Среди моносахаридов в клетке наиболее важны глюкоза и пентоза. Последняя входит в состав нуклеиновых кислот. Моносахариды хорошо растворяются в воде, полисахариды — плохо. В животных клетках полисахариды представлены гликогеном, в растительных — крахмалом, целлюлозой, пектином и др. Углеводы выполняют энергетическую (при расщеплении глюкозы организм получает основную часть энергии), запасующую (крахмал и гликоген) и опорно-строительную (входят в состав всех частей клетки) функции.

К липидам относятся жиры и жироподобные вещества. Молекулы жиров построены из глицерина и жирных кислот. К жироподобным веществам относятся холестерин, лецитин, некоторые гормоны. Липиды выполняют в организме следующие функции: строительную (вместе с белками входят в состав мембран); гормональную (многие гормоны являются производными холестерина); энергетическую (при расщеплении образуется в два раза больше энергии, чем при расщеплении углеводов и белков); запасующую (составляют основную часть энергетических запасов организма); защитную (подкожная клетчатка); метаболическую (играют основную роль в обмене веществ).

Нуклеиновые кислоты являются полимерными молекулами, образованными мономерами — нуклеотидами. Каждый нуклеотид состоит из пуринового или пиримидинового основания, сахара, пентозы и остатка фосфорной кислоты. Нуклеиновые кислоты располагаются в ядре клетки и бывают двух видов: дезоксирибонуклеиновая (ДНК) и рибонуклеиновая (РНК). Они отличаются друг от друга по составу оснований и Сахаров. Молекула РНК образована одной полинуклеотидной цепью, молекула ДНК состоит из двух разнонаправленных полинуклеотидных цепей, закрученных одна вокруг другой в виде двойной спирали. Дезоксирибонуклеиновая кислота отвечает за наследственность, рибонуклеиновая кислота участвует в воспроизведении клеток.

1.2. Ткань

Ткань — совокупность клеток и межклеточного вещества, обладающая общностью строения, развития и специализирующаяся на выполнении определенных функций. Приобретение клетками инди-

видуальных различий в ходе развития получило название *дифференцировал*, которая приводит к формированию системы тканей (*гистогенез*) и образованию органов (*органогенез*). Существует четыре группы тканей: эпителиальная, соединительная, мышечная и нервная.

Эпителиальная ткань

Эпителиальная ткань покрывает поверхность тела, выстилает изнутри полые органы, образует стенки полостей тела и железы, входит в состав печени и легких. Особенностью клеток эпителия является полярность, т.е. клетка имеет верхнюю (апикальную) и нижнюю (базальную) части. Эпителиальные клетки выполняют защитную, секреторную, выделительную функции, обеспечивают обмен веществ между организмом и внешней средой. Эпителиальные ткани представлены клетками, расположенными на базальной мембране, содержат мало межклеточного вещества и не имеют сосудов. Поэтому их питание осуществляется через базальную мембрану, которая состоит из переплетения коллагеновых волокон нижележащих тканей. Морфологическая классификация эпителия основана на форме клеток и особенностях их расположения относительно друг друга (рис. 3). Различают два типа эпителиальной ткани: однослойная и многослойная.

Однослойный эпителий покрывает серозные оболочки и выстилает большинство слизистых оболочек, многослойный эпителий покрывает кожу и выстилает некоторые слизистые оболочки (конъюнктиву глаза, ротовую полость, глотку, пищевод, влагалище). Однослойный эпителий, в свою очередь, подразделяется на однослойный однорядный (простой чешуйчатый, простой кубический, простой столбчатый, простой реснитчатый, простой кубический сецернирующий) и однослойный многорядный (столбчатый призматический, псевдомногослойный столбчатый реснитчатый и переходный).

Простой чешуйчатый (мезотелий, эндотелий) — плоский — эпителий состоит из одного ряда утолщенных клеток, образует микроворсинки, выстилает серозные оболочки, кровеносные и лимфатические сосуды, полость сердца, внутреннюю поверхность роговицы.

Простой кубический эпителий имеет один ряд клеток кубической формы, которые образуют микроворсинки, выстилает почечные канальцы, поверхность яичника, сосудистые сплетения мозга, выводные протоки слюнных желез, фолликулы щитовидной железы.

Простой столбчатый — призматический — эпителий образован одним рядом высоких призматических клеток с микроворсинками.

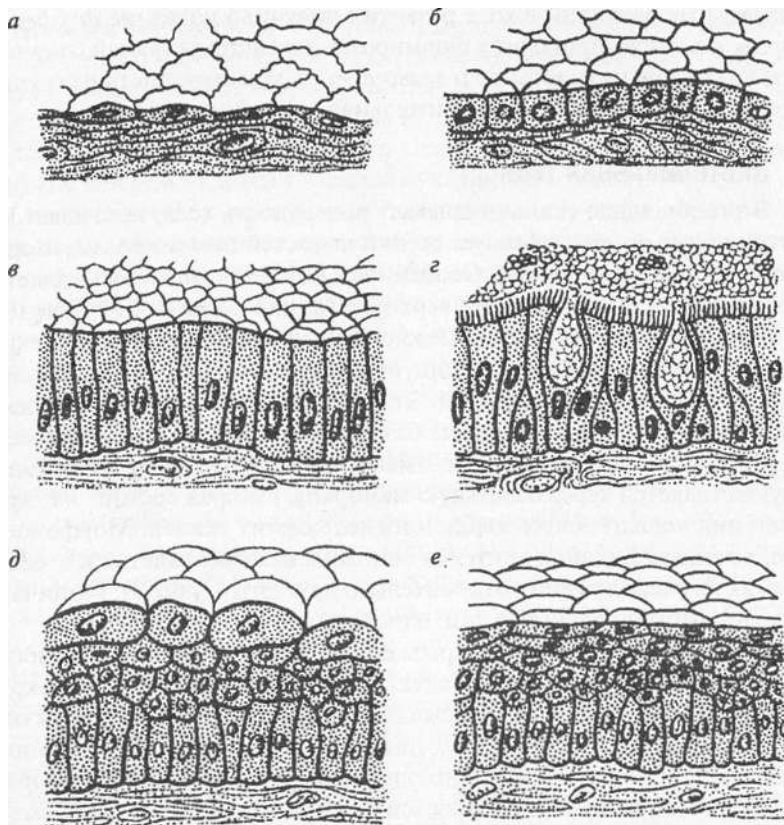


Рис. 3. Строение эпителиальной ткани:

а — простой чешуйчатый эпителий (мезотелий); *б* — простой кубический эпителий; *в* — простой столбчатый эпителий; *г* — простой реснитчатый эпителий; *д* — переходный эпителий; *е* — неороговевающий многослойный (плоский) эпителий

Он выстилает пищеварительную трубку, желчный пузырь, собирательные трубки почек.

Простой реснитчатый эпителий также имеет один ряд высоких призматических клеток с ресничками, выстилает бронхиолы, полость матки и маточные трубы.

Простой кубический секретирующий эпителий представляет собой один ряд кубических клеток, образует микроворсинки амниона и выполняет функцию секреции околоплодных вод.

Столбчатый призматический эпителий представляет собой псевдомногослойный, многорядный эпителий. Все клетки лежат на базальной мембране, но не все достигают поверхности органа. Выстилает протоки яичника, семявыносящий проток, мочеиспускательный канал, выполняет функцию передвижения веществ по поверхности.

У *псевдомногослойного столбчатого реснитчатого эпителия* все клетки лежат на базальной мембране, но, имея разную высоту, не все они достигают поверхности эпителиального слоя, на поверхности клетки имеют реснички, этот эпителий выстилает дыхательные пути.

У *переходного эпителия* все клетки достигают базальной мембраны, некоторые узкими ножками. Благодаря утолщениям плазмолеммы возможны изменения конфигурации поверхности клеток. Переходный эпителий выстилает мочевой пузырь, мочеточники и почечную лоханку.

Многослойный эпителий подразделяется на кубический, столбчатый, чешуйчатый неороговевающий и ороговевающий.

Кубический эпителий имеет несколько слоев клеток, верхний слой эпителиоцитов кубической формы с гладкой поверхностью, образует потовые железы.

Столбчатый, или призматический, эпителий образован несколькими слоями клеток: поверхностные эпителиоциты столбчатые, базальные — полигональные, между ними располагаются веретенообразные. На его поверхности находятся микроворсинки. Он выстилает нёбо, надгортанник, конъюнктиву глаза и мочеиспускательный канал.

Чешуйчатый неороговевающий эпителий состоит из базального и шиповатого слоев, которые являются ростковыми. Клетки уплощаются по направлению вверх и теряют ядра. Выстилает ротовую полость, пищевод, влагалище, роговницу.

Чешуйчатый ороговевающий эпителий кроме базального и шиповатого содержит еще зернистый, блестящий и роговой слой. Последний представлен роговыми чешуйками, лишенными ядер и органелл, богатыми кератинами. Этот вид эпителия покрывает поверхность кожи, образуя эпидермис.

Соединительная ткань

Соединительная ткань образована клетками и межклеточным веществом со значительным количеством соединительнотканых волокон. Соединительная ткань выполняет трофическую (участвует

в обмене веществ), защитную (фагоцитоз), механическую (образует скелет, связки, фасции), пластическую (заживление ран и регенерация тканей), гомеостатическую (обеспечивает постоянство внутренней среды) функции. В зависимости от строения и функции клеток и межклеточного вещества соединительная ткань делится на собственно соединительную (рыхлая волокнистая и плотная волокнистая неоформленная и оформленная), специальную (ретикулярная, пигментная, жировая), твердые скелетные (костная, хрящевая) и жидкие (кровь и лимфа) ткани. Межклеточное вещество соединительной ткани состоит из аморфного вещества и различных волокон (коллагеновых, эластических и ретикулярных), консистенция его — от твердой (кость) до жидкой (кровь и лимфа).

Собственно соединительная ткань

Собственно соединительные ткани (рис. 4) сопровождают кровеносные сосуды, подстилают эпителиальную ткань и заполняют промежутки между органами. Различают несколько видов собственно соединительной ткани.

Рыхлая волокнистая соединительная ткань сопровождает сосуды, нервы, образует прослойки внутренних органов. Клетки этой ткани представлены фибробластами, макрофагами, плазмócитами и адвентициальными клетками. Фибробласты являются основными специа-

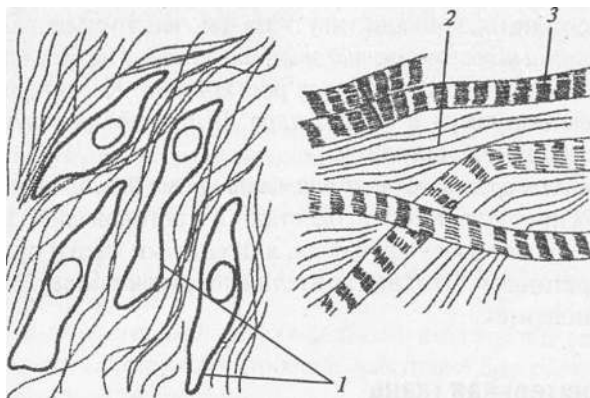


Рис. 4. Строение соединительной ткани:

- 1 — фибробласты рыхлой соединительной ткани;
2 — эластические волокна; 3 — коллагеновые волокна

лизированными фиксированными клетками соединительной ткани, богатыми рибосомами и другими органеллами. Фибробласты синтезируют основные компоненты межклеточного вещества. Межклеточные структуры образованы аморфным веществом, коллагеновыми и эластичными волокнами. Коллагеновые волокна состоят из белка коллагена, характеризуются большой механической прочностью и имеют толщину 1-20 мкм. Они формируют пучки до 150 мкм, имеющие спиральное строение, что обеспечивает создание очень прочных мало-растяжимых структур. Эластичные волокна имеют толщину 1-10 мкм и состоят из белка эластина. В отличие от коллагеновых эластические волокна способны растягиваться в 1,5 раза и возвращаться в исходное состояние, тем самым обеспечивая эластичность и растяжимость ткани.

Плотная волокнистая соединительная ткань образует сетчатый слой кожи, формирует сухожилия мышц, связки, перепонки, фасции, головные связки, оболочки органов, мембраны сосудов. В отличие от рыхлой она имеет небольшое количество клеток и представлена в основном межклеточным веществом с большим количеством волокнистых структур. Они могут иметь упорядоченное направление (оформленная ткань) либо перекрещиваться в разных направлениях (неоформленная ткань). Плотная оформленная волокнистая соединительная ткань формирует сухожилия, связки, фасции, стенки эластических артерий. Главными элементами ее являются тесно прилегающие друг к другу пучки коллагеновых или эластических волокон, между которыми залегают фиброциты.

Специальная соединительная ткань

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

Жировая ткань выполняет трофическую, депонирующую, формообразующую и терморегулирующую функции. Выделяют белую и бурую жировую ткань. Жировые клетки называются адипоцитами и бывают, так же как и ткань, белыми и бурыми. Зрелый адипоцит белой жировой ткани — это крупная (50—120 мкм) шаровидная клетка, полностью занятая каплей жира. Адипоцит бурой жировой ткани содержит много каплей жира и большое количество митохондрий. Белая жировая ткань преобладает у человека, представлена подкожной жировой клетчаткой и является резервной. Бурой жировой ткани у человека немного. Она имеется в основном у новорожденного ребенка

и расположена на шее, в подмышечной ямке, под кожей спины и по бокам туловища. Многочисленные кровеносные сосуды и митохондрии придают жировой ткани бурый цвет. Главная ее функция — теплопродукция. У новорожденного она поддерживает постоянную температуру тела.

Ретикулярная ткань состоит из ретикулярных волокон и ретикулярных клеток. Тонкие (100 нм) малорастяжимые ретикулярные волокна образуют сеть, в ячейках которой расположены удлинённые многотростчатые клетки. При неблагоприятных условиях клетки округляются, отделяются от ретикулярных волокон и становятся способными к фагоцитозу. Ретикулярные волокна и клетки образуют строма органов иммунной системы и кроветворения.

Пигментная ткань образована клетками с пигментом меланином, которые располагаются в эпидермисе кожи, радужке и сосудистой оболочке глазного яблока. На 1 мм² кожи приходится 200—1500 пигментных клеток.

Твердая скелетная ткань

Твердые скелетные ткани включают хрящевую и костную ткань.

Хрящевая ткань содержит 70-80 % воды, 10-15 % органических и 4—7 % неорганических веществ. Она состоит из клеток, аморфного межклеточного вещества и волокон. Клетки представлены хондроцитами, имеющими округлую форму. Располагаются они в особых полостях — лакунах — и вырабатывают все компоненты межклеточного вещества. Молодыми хрящевыми клетками являются хондробласты, способные к размножению.

Хрящевая ткань образует три вида хрящей: гиалиновый, волокнистый и эластический. Структура хрящей различна, но все они не содержат кровеносных сосудов, получают питательные вещества, проникающие через надхрящницу, и смазываются синовиальной жидкостью, которая вырабатывается выстилающими суставы оболочками.

Гиалиновые хрящи представляют собой голубовато-белую полупрозрачную ткань и из всех типов хрящей имеют наименьшее количество клеток и волокон. Все волокна состоят из коллагена. Этот тип хрящей образует скелет эмбриона и способен к большому росту, что позволяет ребенку расти. После завершения роста гиалиновые хрящи остаются в виде тонкого слоя (1-2 мм) на концах костей и в суставах. Встречаются в дыхательном тракте, где формируют кончик носа, а также жесткие и гибкие кольца трахеи и бронхов. На концах ребер гиалиновый

хрящ образует реберные хрящи между ребрами и грудиной, которые позволяют грудной клетке расширяться и сжиматься в процессе дыхания. В гортани гиалиновые хрящи не только служат опорой, но и участвуют в создании голоса. По мере движения они контролируют объемом воздуха, в результате чего издается звук определенной высоты.

Волокнистые хрящи состоят из многочисленных волокнистых пучков, которые, с одной стороны, придают упругость, а с другой — выносят значительное давление. Располагаются между позвонками в виде межпозвоночных дисков, которые защищают позвоночник от сотрясения. Хрящевая часть диска предотвращает изнашивание костей во время движения. Волокнистые хрящи служат прочным соединительным материалом между костями и связками; в тазовом поясе они соединяют две тазовые кости в виде лобкового симфиза.

Эластические хрящи содержат волокна, состоящие из эластина и коллагена. Волокна эластина придают хрящу желтоватую окраску. Прочный и упругий эластический хрящ образует надгортанник (перекрывает доступ воздуха, когда пища проглатывается), упругую часть наружного уха и стенки среднего уха. Эластический хрящ вместе с гиалиновым участвует в образовании голосопроизводящих частей гортани.

Костная ткань имеет клетки и межклеточное вещество, содержащее различные минеральные соли и соединительнотканное волокно. Клетками костной ткани являются остециты и остеобласты. Остециты представляют собой зрелые клетки, длиной от 22 до 55 мкм, с отростками и крупным ядром. Эти клетки не делятся, органеллы в них развиты слабо. Как и хрящевые клетки, они лежат в лакунах. Отростки находятся в каналах, отходящих от этих полостей. Остеобласты — молодые костные клетки многоугольной, кубической формы, богатые органеллами: рибосомами, комплексом Гольджи, элементами зернистой эндоплазматической сети. Клетки постепенно дифференцируются в остециты, при этом количество органелл в них уменьшается. Межклеточное вещество, образуемое остеобластами, окружает их со всех сторон. В костной ткани имеется еще одна категория клеток — остеокласты, которые не являются костными, а относятся к макрофагам. Они представляют собой крупные многоядерные (до 100 ядер) клетки размером около 19 мкм, разрушающие кость и хрящ.

Структурной единицей кости является *остеон* — система костных пластинок, концентрически расположенных вокруг центрального канала, содержащего сосуды и нервы (рис. 5). Состоит остеон из 5—10 цилиндрических пластинок, вставленных одна в другую. В центре

каждого остеона проходит центральный (гаверсов) канал. Диаметр остеона — 0,3—0,4 мм. Цилиндры не прилегают друг к другу вплотную, а промежутки между ними заполнены интерстициальными (вставочными, промежуточными) пластинками. Остеоны располагаются не беспорядочно, а соответственно функциональной нагрузке на кость: в трубчатых костях параллельно длине кости, в губчатых — перпендикулярно вертикальной оси, в плоских костях черепа — параллельно поверхности кости и радиально.

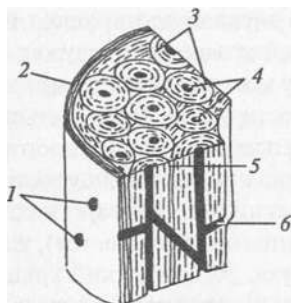


Рис. 5. Костная ткань:

1 — питательные отверстия; 2 — надкостница; 3 — остеон; 4 — канал остеона (гаверсов канал); 5 — вставочная пластинка; 6 — прободающий канал

Вместе с интерстициальными пластинками остеоны образуют основной средний слой костного вещества, который покрыт сверху наружными окружающими костными пластинками, а внутри — внутренними окружающими костными пластинками. Из остеонов состоят более крупные элементы кости — перекладины костного вещества, или трабекулы. Из трабекул складывается костное вещество двоякого рода: компактное и губчатое. Распределение компактного и губчатого вещества зависит от функциональных условий кости. Компактное вещество находится в тех костях, которые выполняют функцию опоры и движения (диафизы трубчатых костей, поверхности эпифизов). В местах, где при большом объеме требуется сохранить легкость и прочность, под компактным находится губчатое вещество (эпифизы трубчатых костей).

Жидкая соединительная ткань

Жидкая соединительная ткань включает кровь и лимфу, межклеточное вещество которых имеет жидкую консистенцию.

Кровь выполняет в организме разнообразные функции, прежде всего транспортную, дыхательную и выделительную: циркулируя по организму, кровь приносит ко всем клеткам, тканям и органам необходимые им химические компоненты обмена веществ и кислород и удаляет из них вещества, нарушающие нормальное функционирование организма. Помимо этого кровь участвует в поддержании постоянной температуры тела. Через кровь, протекающую по сосудам кожи, осуществляется отдача организмом теплоты в окружающую среду. При интенсивной мышечной работе и повышении температуры сосуды кожи расширяются, что сопровождается большей отдачей теплоты во внешнюю среду. При низкой температуре происходит обратный процесс — таким образом сохраняется постоянная температура тела. Кровь обеспечивает иммунные свойства организма путем разрушения или уничтожения некоторыми клетками крови ядовитых веществ или микроорганизмов, а также обезвреживания их особыми защитными веществами. Жизненно необходимые функции кровь выполняет благодаря особенностям своего строения и свойств.

В состав крови входят форменные элементы (клетки крови) и плазма (жидкая часть).

К *форменным элементам крови* относят красные кровяные тельца (эритроциты), белые кровяные тельца (лейкоциты) и кровяные пластинки (тромбоциты). Клетки крови составляют 44–46 % у мужчин и 41–43 % у женщин, остальная часть объема крови приходится на плазму. Отношение объема форменных элементов крови к объему плазмы получило название гематокритного числа. У здоровых людей оно колеблется незначительно. В первый день после рождения гематокритное число выше, чем у взрослых — 54 %, что обусловлено высокой концентрацией эритроцитов. К 5–8-му дню этот показатель снижается до 52 %, а к концу 1-го месяца — до 42 %. В 1 год объем форменных элементов составляет 35 %, в 5 лет — 37 %, в 11–15 лет — 39 %. Нормальные для взрослых величины (40–45 %) устанавливаются после 14–16 лет.

Общее количество крови в организме взрослого человека равно 4,5–6 л, т.е. около 6–8 % от общей массы тела. Количество крови меняется с возрастом. В детском организме обмен веществ протекает более интенсивно, поэтому у новорожденных кровь составляет 14,7 %, у детей после года — 10,9 %, у детей 14 лет — 7 %. Важное значение в сохранении относительного постоянства состава и количества крови в организме имеет ее «резервирование» в специальных кровяных

депо. Эту функцию выполняют селезенка, печень, легкие, кожа (подкожные слои), в которых находится до 50 % крови. При больших кровопотерях, усиленной мышечной работе и некоторых заболеваниях кровь поступает из депо в общий кровоток.

Плазма состоит из воды, минеральных солей, органических веществ (белков, жиров, углеводов, витаминов, ферментов). Она представляет собой слегка желтоватую, прозрачную, вязкую жидкость с удельным весом (относительной плотностью) 1,020-1,028. Плотность крови у детей является величиной постоянной, не связанной с возрастом, только у новорожденных она выше. Вязкость крови в первые дни после рождения выше в 2 раза, чем у взрослых, в связи с большим количеством эритроцитов. На 5-6-й день она начинает снижаться, достигая к концу 1-го месяца уровня взрослого человека.

Вода составляет 90-92 % плазмы. Содержание белков колеблется от 6,5 до 8 %. К ним относятся альбумины (4-5 %), глобулины (2-3 %) и фибриноген (0,2-0,4 %), общая их масса 200-300 г. Фибриноген относится к глобулинам. Белки обеспечивают вязкость крови, препятствуют оседанию эритроцитов, участвуют в свертывании крови, выполняют защитные функции, являются питательными веществами. Альбумин и фибриноген синтезируются клетками печени, а глобулины образуются не только в клетках печени, но и в селезенке, костном мозге и лимфатических узлах. Альбумины составляют 60 % белков плазмы. Молекулы альбумина играют важную роль в транспорте различных веществ (билирубина, тяжелых металлов, лекарственных препаратов). Одна молекула альбумина может связать 25—50 молекул билирубина. Глобулины подразделяются на альфа-, бета- и гамма-глобулины. Бета-глобулины участвуют в транспорте жиров, липидов, катионов металлов. К гамма-глобулинам относятся антитела, а также агглютиногены крови. Фибриноген занимает промежуточное положение между бета- и гамма-глобулинами. Соотношение количества глобулинов и альбуминов получило название *белкового индекса*. У здорового человека он лежит в пределах от 1:1,2 до 1:2. Белковый индекс изменяется при некоторых заболеваниях, что имеет диагностическое значение. Белки плазмы крови обеспечивают онкотическое давление, благодаря чему удерживается некоторое количество воды в кровяном русле и тем самым регулируется тканевой водный обмен. Онкотическое давление равно 25-30 мм рт. ст. и на 80 % определяется альбуминами.

Важнейшим физико-химическим свойством крови является *осмотическое давление плазмы* — давление, которое создают растворенные в ней неорганические вещества: чем больше их концентрация в плазме, тем больше ее осмотическое давление. Растворы, по качественному составу и концентрации солей соответствующие составу плазмы, называются *физиологическими*, или *изотоническими*. Растворы с большей концентрацией минеральных солей, чем в плазме крови, называются *гипертоническими*, а с меньшей — *гипотоническими*. Постоянство осмотического давления плазмы имеет важное значение для нормальной жизнедеятельности форменных элементов крови и омываемых кровью тканей. При помещении клеток крови в растворы с различной концентрацией солей и, соответственно, с разным осмотическим давлением в клетках происходят серьезные изменения (гемолиз). Осмотическое давление в организме поддерживается на постоянном уровне за счет регулирования поступления воды и минеральных веществ, а также их выделения почками и потовыми железами. Осмотическое давление плазмы крови детей существенно не отличается от такового у взрослых. Онкотическое давление несколько ниже в связи с более низким содержанием белка.

Одним из основных показателей постоянства внутренней среды является *активная реакция крови*, которая характеризуется концентрацией в крови ионов водорода и обозначается рН (водородный показатель). Постоянство рН крови имеет важное значение для протекания всех ферментативных реакций и является одной из наиболее стабильных величин внутренней среды организма. В норме рН крови составляет около 7,36 — это слабощелочная среда (нейтральная среда — рН 7, кислая — рН < 7, щелочная — рН > 7). рН плазмы крови у новорожденного сдвинут в кислую сторону, что обусловлено образованием недоокисленных продуктов обмена. Близкие к цифрам у взрослых показатели рН устанавливаются в течение 3-5 сут. после рождения, но на протяжении всего детства сохраняется небольшой сдвиг в кислую сторону, убывающий с возрастом.

Несмотря на постоянное поступление в кровь кислых и щелочных продуктов обмена рН сохраняется на относительно постоянном уровне. Сохранение постоянства внутренней среды получило название *кисотно-щелочного равновесия*. Его поддержание обеспечивается следующими механизмами: выделением углекислого газа легкими, продуктов обмена почками и наличием буферных систем внутренней среды организма. Последние обладают способностью связывать по-

ступающие в кровь продукты обмена веществ с кислыми или щелочными свойствами. Всего существует четыре буферные системы: карбонатная, фосфатная, гемоглобиновая и система белков плазмы крови.

Самая мощная из них — буферная система гемоглобина, на нее приходится 75 % буферной емкости крови. Роль карбонатной буферной системы в организме достаточно велика, так как с ее помощью осуществляется выделение с воздухом углекислого газа и практически мгновенная нормализация реакции крови. Фосфатная буферная система образована фосфорнокислыми солями натрия. Белки плазмы крови обладают амфотерными свойствами, поэтому осуществляют нейтрализацию как кислот, так и щелочей. Несмотря на наличие буферных систем, иногда имеет место изменение кислотно-щелочного равновесия. Сдвиг активной среды в щелочную сторону называют *алкалозом*, в кислую — *ацидозом*. Крайние, совместимые с жизнью пределы изменения рН крови составляют 7,0-7,8.

К форменным элементам крови относятся эритроциты, лейкоциты и тромбоциты (рис. 6).

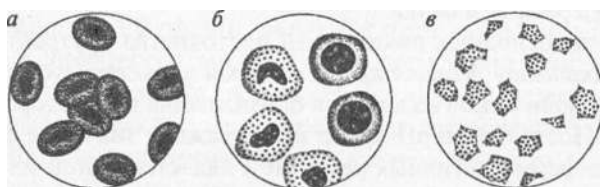


Рис. 6. Клетки крови:

а — эритроциты; *б* — лейкоциты; *в* — тромбоциты

Самыми многочисленными из них являются *эритроциты*. Их количество составляет в крови мужчин 4,5-5 млн/мкл, женщин — 4-4,5 млн/мкл и меняется с возрастом. Повышение уровня эритроцитов называется *эритроцитозом*, а снижение — *эритропенией*. Эритроцитоз бывает абсолютным и относительным. Абсолютный эритроцитоз (увеличение общего числа эритроцитов в организме) имеет место в условиях высокогорья (на 30 %). Относительный эритроцитоз (увеличение числа эритроцитов в единице объема) возникает при сгущении крови (ожоги, потение, инфекционные заболевания). Физиологический эритроцитоз развивается при эмоциональном возбуждении и тяжелой мышечной работе. Эритропения тоже бывает абсолютной и относительной. Абсолютная эритропения имеет место при разру-

шении эритроцитов и кровопотерях, относительная — при разжижении крови за счет увеличения количества жидкости в кровотоке.

Постоянно в крови циркулирует около 25 трлн эритроцитов. Их общая поверхность составляет 3800 м^2 , что превышает поверхность кожи в 1500 раз. Это красные безъядерные клетки диаметром около 7—8 мкм и толщиной около 2 мкм. По форме они напоминают двояковогнутую линзу, что увеличивает их поверхность и способствует выполнению кровью транспортных функций, а главное — переносу кислорода от легких к различным клеткам и тканям организма. Эритроциты живут около 120 дней и разрушаются в печени и селезенке. Длительность жизни эритроцитов у новорожденных на 2-3-й день после рождения составляет около 12 дней (укороченный срок жизни), что в 10 раз меньше, чем у взрослых. К 10-му дню этот показатель увеличивается почти в 3 раза.

Гемоглобин — вещество белковой природы, содержащееся в эритроцитах и обуславливающее красный цвет крови. В одном эритроците находится около 400 млн молекул гемоглобина. В состав гемоглобина входит молекула белка глобина и четыре молекулы гема. Это красящее вещество, содержащее двухвалентное железо. Гемоглобин соединяется в легких с кислородом и образует непрочное вещество оксигемоглобин (HbO), который придает крови ярко-алую окраску. В капиллярах он распадается на гемоглобин и кислород, необходимый для клеток, и называется восстановленным гемоглобином (HbH). Такая кровь темно-вишневого цвета. В тканях он соединяется с углекислым газом и образует карбгемоглобин (HbCO_2), который распадается в легких с выделением в атмосферный воздух углекислого газа. Кроме того, гемоглобин может вступать в соединение с угарным газом и дает карбоксигемоглобин (HbCO). Присоединение угарного газа к гемоглобину происходит в 300 раз быстрее, чем кислорода, так как гемоглобин имеет большее сродство к угарному газу. Но соединение это непрочное, и если обеспечить свободный доступ кислорода, то оно разрушается.

У плода до 9—12-й недели преобладает примитивный гемоглобин (HbP), который затем заменяется фетальным (HbF) — основной формой гемоглобина у плода. С 16-й недели внутриутробного развития начинается синтез взрослого гемоглобина (HbA), количество которого до 8-го месяца не превышает 10 %, а к моменту рождения составляет 20—40 %. Важным физиологическим свойством примитивного и фетального гемоглобина является высокое сродство к кислороду. Вместе

с большим количеством эритроцитов это обеспечивает достаточное снабжение тканей плода кислородом в условиях относительной гипоксии. Гипоксия связана с тем, что снабжение крови кислородом через плаценту ограничено по сравнению со снабжением крови кислородом при легочном дыхании.

Содержание гемоглобина в крови относительно постоянно и составляет у здорового мужчины 145 г/л с колебаниями от 130 до 160 г/л. В крови женщин уровень его 130 г/л с колебаниями от 120 до 140 г/л. Оптимальным количеством считается 160 г/л гемоглобина. В 1 г гемоглобина 3,5 мг железа, а во всех эритроцитах — 2,1 г. Содержание гемоглобина в эритроцитах новорожденного доходит до 145 % нормы взрослого человека, к 1-2 годам оно снижается до 80-90 %, а затем к 14—15 годам возвращается к норме взрослого человека. Уменьшение количества гемоглобина ниже 70 % от средней нормы указывает на малокровие, или *анемию*, при которой снижается способность крови переносить кислород в связи с недостатком гемоглобина. При анемии может уменьшаться либо число эритроцитов, либо содержание в них гемоглобина. Чаще всего встречается железодефицитная анемия. Она может быть следствием недостатка железа в пище (особенно у детей), нарушения всасывания его в пищеварительном тракте или хронической кровопотери. При железодефицитной анемии в крови содержатся мелкие эритроциты с пониженным содержанием гемоглобина.

Сразу после рождения в крови ребенка отмечается повышенная концентрация гемоглобина и большое количество эритроцитов (6 млн в 1 мкл). После двух суток эти показатели снижаются, что объясняется усиленным разрушением эритроцитов. Максимальная скорость разрушения приходится на 2-3-й день после рождения. Это обуславливает повышение в крови уровня билирубина, что приводит к физиологической желтухе (билирубин откладывается в коже и слизистых оболочках), которая появляется на 2—3-й день и исчезает к 7-10-му дню после рождения. Кровь грудного ребенка, по сравнению с кровью новорожденного, характеризуется низким содержанием гемоглобина и эритроцитов. В возрасте 5-6 месяцев количество эритроцитов составляет 4 млн в 1 мкл. Эти показатели остаются низкими до 1 года (физиологическая анемия). У детей старше 1 года количество эритроцитов и гемоглобина постепенно увеличивается, а продолжительность жизни эритроцитов возрастает до 120 дней. В периоды от 1 года до 2 лет, в 5—7 лет и в 12—14 лет наблюдаются значительные изменения в количестве эритроцитов. До 10 лет половые различия

в количестве эритроцитов отсутствуют, а после 10 лет содержание их значительно повышено у мальчиков.

Эритроциты особенно чувствительны к изменениям осмотического давления плазмы крови. Снижение осмотической устойчивости эритроцитов приводит к их разрушению и выходу в плазму крови гемоглобина — это явление называется *гемолизом*. В результате эритроцит не выполняет своих функций, что отрицательно сказывается на всех процессах жизнедеятельности организма. К тому же вследствие гемолиза значительно возрастает вязкость крови, что затрудняет процесс кровообращения. В этой связи осмотическая устойчивость эритроцитов является важным диагностическим показателем при различных заболеваниях. Осмотическая устойчивость эритроцитов новорожденных имеет характерные особенности: среди эритроцитов есть как более устойчивые, так и менее устойчивые к осмотическому гемолизу по сравнению с таковыми в крови взрослых. Эта особенность связана с наличием в крови одновременно старых, разрушающихся эритроцитов и молодых, более устойчивых, так как в детском организме активно идет процесс кроветворения.

Аналогичное диагностическое значение имеет и так называемая *скорость оседания эритроцитов* (СОЭ). В норме у женщин СОЭ колеблется в пределах 7—12 мм/ч, у мужчин — 3–9 мм/ч. У новорожденных СОЭ около 2 мм/ч из-за низкого содержания в крови холестерина и фибриногена, у детей младшего школьного возраста — 4—10 мм/ч. При многих заболеваниях (ангина, воспаление легких, почек, туберкулез и др.) СОЭ достигает 50 мм/ч. У детей этот показатель зависит также от эмоционального состояния — плача, смеха, крика. У ослабленных детей наблюдается замедление СОЭ после уроков. Изменяется этот показатель и в течение недели: увеличивается к среде, затем постепенно снижается и достигает исходного уровня в конце недели.

При переливании крови от одного человека другому необходимо учитывать группы крови. Это связано с тем, что эритроциты содержат агглютиногены А и В (склеиваемые вещества), а плазма — агглютинины а и р (склеивающие вещества). В случае встречи агглютиногена А с агглютинином а или агглютиногена В с агглютинином р происходит агглютинация (склеивание) эритроцитов и их разрушение, что кончается смертельным исходом. Существует лишь четыре варианта комбинации этих веществ в крови людей, на основании чего выделяют четыре группы крови.

1. В эритроцитах отсутствуют агглютиногены, а в плазме содержатся только агглютенины а и β — I, или O, группа крови; встречается у 40 % людей.

2. Эритроциты содержат агглютиноген A, а плазма — агглютинин (3 — II, или AO, группа крови; люди с такой группой составляют около 39 %).

3. Эритроциты содержат агглютиноген B, а в плазме находится агглютинин а — III, или BO, группа; людей с такой группой 15 %.

4. Эритроциты содержат агглютиногены A и B, а в плазме полностью отсутствуют агглютенины — IV, или AB, группа; люди с такой группой составляют 6 %.

Кроме системы ABO существуют и другие иммунологические системы, специфические для разных групп людей. В группе A открыли ряд подгрупп: 1, 2, 3, 4, 5, зет, ноль и др. Агглютиноген A_2 в отличие от A_1 не дает агглютинации с агглютинином а, в силу чего кровь такого человека может быть отнесена к I группе. Агглютиногены 3, 4, 5 и другие являются еще более слабыми. Кроме того, найдены агглютиногены M, N, S, P, K и множество других, каждый из которых может существовать в виде двух или более разновидностей. Комбинация этих факторов дает огромное количество сочетаний, которые могут встречаться у людей. Агглютиногены A и B формируются в эритроцитах ко 2—3-му месяцу внутриутробного развития. Способность их вступать в реакцию с агглютенинами в 1,5 раза ниже, чем у взрослых. После рождения их количество постепенно возрастает и к 10—20 годам достигает нормы взрослого человека. Агглютенины а и β в отличие от агглютиногенов образуются относительно поздно, через 2-3 месяца после рождения. Агглютиногены M и N обнаруживаются в эритроцитах плода в конце 3-го месяца внутриутробной жизни и к 5-му месяцу формируются окончательно.

Кровь I группы (не более 500 мл) можно переливать людям любой группы крови, поэтому людей с этой группой крови называют *универсальными донорами*. При переливании значительных количеств крови (более 500 мл) необходимо строгое совпадение групп.

В 1940 г. был открыт резус-фактор (Rh-фактор), который содержится в эритроцитах большинства людей (85 %). Кровь этих людей называют резус-положительной. Если такую кровь перелить людям, кровь которых не содержит резус-фактора (резус-отрицательная кровь), то в крови последних образуются специальные агглютиногены и вещества, лизирующие эритроциты. Повторное переливание резус-поло-

жительной крови этим людям вызывает склеивание и разрушение эритроцитов и может быть причиной летального исхода. Открытие резус-фактора объяснило причину гибели плода у некоторых беременных женщин. Развитие «резус-положительного» плода у «резус-отрицательной» матери сопровождается переходом через плаценту резус-фактора плода в кровь матери и обратной диффузией в кровь плода антирезусных веществ, вызывающих у него гемолиз эритроцитов и последующую гибель. Агглютиногены системы резус определяются у плода в 2—2,5 месяца.

При переливании крови необходимо учитывать совпадение ее по системам АВО и Rh. Другие иммунологические системы имеют значение только для криминалистов, так как их совокупность образует в крови каждого человека индивидуально специфические соотношения.

Лейкоциты — это бесцветные ядерные клетки крови, в 1 мкл крови их содержится 3,5—9 тыс. Лейкоциты имеют разнообразную форму, размеры их от 6 до 25 мкм. В отличие от эритроцитов лейкоциты способны к самостоятельному передвижению, в связи с чем могут покидать кровяное русло. При воспалительных процессах и инфекционных заболеваниях количество лейкоцитов увеличивается (лейкоцитоз) или уменьшается (лейкопения). При некоторых заболеваниях и отравлениях лейкоцитоз достигает 60—80 тыс. в 1 мкл крови, а при болезнях крови лейкопения доходит до 2 тыс. в 1 мкл и менее. У здоровых людей может иметь место физиологический лейкоцитоз после приема пищи, водных процедур, физической работы.

Различают несколько видов лейкоцитов, обладающих морфологическими и функциональными отличиями: зернистые лейкоциты, или гранулоциты (нейтрофилы, эозинофилы и базофилы), и незернистые лейкоциты, или агранулоциты (лимфоциты и моноциты).

Нейтрофилы (50—75 %) являются самыми многочисленными лейкоцитами, диаметр их 10—15 мкм. Один нейтрофил может захватить 20—30 микробов, чтобы переварить их с помощью специальных ферментов. Часто при этом нейтрофилы погибают, так как оказываются не в состоянии их переварить, и микробы продолжают размножаться внутри клетки. Если инородное тело очень велико, то вокруг него накапливаются группы нейтрофилов, образуя барьер. Они циркулируют в крови не более 8 дней, а затем проникают в рыхлую соединительную ткань. У детей фагоцитарная активность нейтрофилов снижена. Малым содержанием нейтрофилов и их незрелостью объясняется повышенная восприимчивость детей к инфекционным болезням.

Количество *базофилов* в крови не превышает 0,5 %. Их диаметр 10—12 мкм, а время циркуляции в крови — 12—15 ч. Базофилы содержат биологически активные вещества — гистамин и гепарин, препятствующий свертыванию крови. Они также осуществляют фагоцитоз и участвуют в аллергических реакциях.

Эозинофилы (1—4 %) способствуют удалению из организма некоторых ядовитых веществ, но обладают слабой фагоцитарной активностью. Их количество увеличивается при паразитарных заболеваниях, аллергических и некоторых аутоиммунных процессах.

Лимфоциты (25-30%) являются структурными элементами иммунной системы. Диаметр большей части лимфоцитов около 8 мкм. Лимфоциты подразделяются на две категории: тимусзависимые (Т-лимфоциты), осуществляющие клеточный иммунитет, и бурсозависимые (В-лимфоциты), осуществляющие гуморальный иммунитет.

Моноциты составляют 3—11 %. Время их пребывания в кровеносной системе 2-3 дня, после чего они мигрируют в ткани, где превращаются в макрофаги и выполняют свою основную функцию — фагоцитоз. Моноцит — это клетка овальной формы, диаметром 15 мкм, с крупным ядром и большим количеством лизосом.

В крови поддерживается относительно постоянное количественное соотношение всех вышеназванных лейкоцитов. Это соотношение выражают в процентах и называют *лейкоцитарной формулой*. Количество лейкоцитов и их соотношение могут изменяться в результате различных воздействий на организм (тяжелая мышечная работа, прием пищи, заболевание). У детей лейкоцитарная формула непостоянна, она может меняться при плаче, во время игры, при утомлении. Изменение лейкоцитарной формулы характерно также для некоторых заболеваний, что помогает поставить точный диагноз. При скарлатине, ангине, ревматизме увеличивается процент лимфоцитов, при аллергических заболеваниях — эозинофилов, при некоторых других — нейтрофилов и базофилов. Срок жизни различных форм лейкоцитов составляет от нескольких часов до нескольких лет.

В крови плода первые лейкоциты появляются в конце 3-го месяца. На 5-м месяце их количество равно 1,8 тыс. в 1 мкл. У новорожденных число лейкоцитов в течение первых 2 дней жизни составляет 11 тыс. в 1 мкл (физиологический лейкоцитоз). При этом количество нейтрофилов составляет 68 %, а лимфоцитов — 25 %, как у взрослого человека. Начиная со 2-го дня жизни содержание нейтрофилов уменьшается, а лимфоцитов — увеличивается. К 5-6-му дню соотношение их

составляет 43-44 %, что расценивается как «первый перекрест» в изменении их количественных отношений. К концу первого месяца жизни число нейтрофилов уменьшается до 25-30 %, а лимфоцитов — возрастает до 55—60 %. К 3-му месяцу количество лимфоцитов достигает максимума (65 %), а нейтрофилов — минимума (25 %). Количество моноцитов меняется аналогично количеству лимфоцитов. Число эозинофилов и базофилов в процессе развития ребенка практически не меняется. У детей грудного возраста количество лейкоцитов составляет 9 тыс. в 1 мкл, а после 1 года снижается. Процент нейтрофилов увеличивается, а лимфоцитов снижается, и в возрасте 4-6 лет уровень нейтрофилов и лимфоцитов во второй раз уравнивается («второй перекрест» в лейкоцитарной формуле). В 12-14 лет у детей лейкоцитарная формула становится такой же, как у взрослого человека.

Третий вид форменных элементов крови — *тромбоциты*. Это безъядерные клетки овальной или округлой формы диаметром всего 2—5 мкм. Число тромбоцитов в 1 мкл крови колеблется от 300 до 400 тыс. В первые часы после рождения оно составляет 220 тыс. в 1 мкл, т.е. как у взрослого человека. К 7-9-му дню их количество снижается до 170 тыс. в 1 мкл, а к концу 2-й недели опять увеличивается. В дальнейшем количество тромбоцитов практически не меняется. Чем моложе ребенок, тем больше у него юных форм тромбоцитов. Увеличение их содержания называется тромбоцитозом, а уменьшение — тромбопенией. Тромбоцитоз наблюдается при мышечной работе. Если работа кратковременная, то тромбоцитоз вызывается сокращением селезенки. При длительной и интенсивной мышечной работе количество тромбоцитов увеличивается не только за счет выхода их из селезенки, но и вследствие усиленного кроветворения. Тромбопения наблюдается ночью, при белковом питании, недостатке в пище витаминов А и группы В, при действии больших доз ионизирующего облучения. Тромбоциты живут 2-5 сут. Образуются они в красном костном мозге и селезенке, в селезенке же и разрушаются.

У здорового человека кровотечение при ранении мелких сосудов прекращается в течение 1—3 мин. Это сосудисто-тромбоцитарный гемостаз, обусловленный сужением сосудов и склеиванием тромбоцитов, которые прилипают к краям раны. При более значительных повреждениях разрушение форменных элементов крови, и особенно тромбоцитов, сопровождается выделением в кровь ферментоподобного вещества — тромбопластина, который действует на циркулирующий в крови протромбин и переводит его в активный фермент —

тромбин. Тромбин способствует превращению растворимого белка плазмы крови фибриногена в нерастворимый фибрин с образованием кровяного тромба, который закупоривает сосуд. Этокоагуляционный гемостаз. В процессе свертывания крови помимо названных веществ участвуют еще свыше двадцати факторов, находящихся в плазме крови и на клеточных поверхностях форменных элементов.

Система свертывания крови созревает и формируется в период раннего эмбриогенеза. В различные возрастные периоды процесс свертывания крови имеет характерные особенности. Первой на 8—10-й неделе внутриутробной жизни появляется реакция сужения сосудов на повреждение. На 16-20-й неделе кровь не способна свертываться, так как в плазме нет фибриногена, появляется он лишь на 4-5-м месяце. Содержание его постоянно увеличивается и к моменту рождения всего на 10 % меньше, чем у взрослого. Гепарин появляется на 23—24-й неделе внутриутробного развития, концентрация его быстро повышается и после 7 месяцев уже в 2 раза больше, чем у взрослого человека, хотя в момент рождения она близка к норме взрослых. Уровень свертывающих и противосвертывающих факторов крови плода не зависит от их содержания в крови матери. Они синтезируются печенью плода и не проходят через плацентарный барьер. В первые дни после рождения свертывание крови замедлено и составляет 9—10 мин. Со 2-го по 7-й день жизни ребенка свертывание ускоряется и приближается к норме взрослого. У детей грудного возраста оно происходит за 4-5,5 мин. Время кровотоечения у детей колеблется в пределах 2-4 мин во всех возрастных периодах. К 14 годам уровень факторов свертывающей и противосвертывающей систем в крови детей соответствует нормам у взрослых. При отсутствии какого-либо фактора наступает состояние пониженной свертываемости крови. Примером такого состояния может служить гемофилия — наследственное заболевание, встречающееся у мужчин, при котором даже небольшая рана угрожает жизни человека вследствие длительного кровотечения. Причиной гемофилии является наследственно обусловленная недостаточность факторов свертывания крови.

Особое место в процессах гемостаза занимает *фибринолиз*, т.е. лизис (растворение) фибриновых сгустков (тромбов). Лизис фибрина происходит при участии специального фермента — *фибринолизина* (плазмина) и имеет большое биологическое значение, так как препятствует чрезмерному разрастанию тромба и способствует его локализации в месте повреждения сосуда.

Циркулирующая кровь имеет все необходимое для свертывания, однако остается жидкой. Это обеспечивается гладкой поверхностью внутренней стенки сосудов, отрицательным зарядом форменных элементов и стенок сосудов, в результате чего они отталкиваются друг от друга, большой скоростью течения крови и наличием естественных антикоагулянтов (гепарин). Таким образом, в крови имеются две системы: свертывающая и противосвертывающая. В норме они находятся в равновесии, что препятствует процессам внутрисосудистого свертывания. Это равновесие нарушается при некоторых заболеваниях и ранениях. Регуляция свертывания крови осуществляется симпатической и парасимпатической нервной системой, а также гормоном вазопрессинном.

Лимфа — второй вид соединительной ткани с жидким межклеточным веществом. Образуется она из тканевой жидкости. У человека за сутки вырабатывается около 2 л лимфы, в которой содержится 20 г/л белка и большое количество лимфоцитов. Движение лимфы осуществляется благодаря мышечным сокращениям лимфатических сосудов. Скорость тока лимфы мала, но она возрастает в 10-15 раз при физической нагрузке за счет сокращения мышц. В лимфатических сосудах также содержатся клапаны, которые препятствуют обратному току крови.

Мышечная ткань

Мышечная ткань обладает возбудимостью, проводимостью и сократимостью, выполняет двигательную функцию. Выделяют гладкую, поперечнополосатую и сердечную мышечную ткань.

Гладкая мышечная ткань состоит из небольших, длиной 20—100 мкм и шириной 5—8 мкм, одноядерных веретенообразных клеток (миоцитов). Одно палочковидное ядро располагается в центре клетки. В клетке слабо развиты комплекс Гольджи и эндоплазматическая сеть. Вдоль клетки в цитоплазме располагаются тонкие волокна — миофибриллы с сократительными белками актином и миозином. Этот вид ткани входит в состав стенок внутренних органов и кровеносных сосудов. Гладкие мышцы сокращаются медленно, непроизвольно, мало утомляются.

Поперечнополосатая мышечная ткань образует скелетные мышцы, мышцы языка, мягкого нёба, глотки, верхней части пищевода, гортани и др. Клетки этой ткани называются мышечными волокнами (рис. 7).

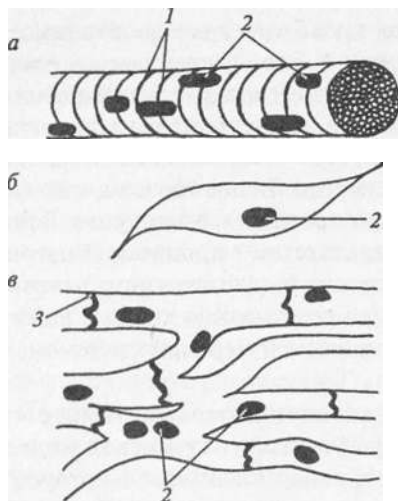


Рис. 7. Типы мышечной ткани:

а — поперечнополосатая; б — гладкая; в — сердечная;

1 — поперечная исчерченность (Z-линии); 2 — ядро; 3 — вставочные диски

Длина их составляет от 1 до 40 мм, толщина — до 0,1 мкм. Под плазматической мембраной располагается множество эллипсовидных ядер. Большую часть клетки занимают многочисленные миофибриллы, между которыми залегают митохондрии. Волокна обладают поперечной исчерченностью, в связи с чем и возникло название данного вида ткани. Темные полосы, получившие название диска А, чередуются со светлыми — диском I. Диск-А разделен светлой зоной (полоса Н), диск I — темной линией Z (телофрагма). Миофибриллы содержат сократительные миофиламенты, среди которых различают толстые (миозиновые), занимающие диск А, и тонкие (актиновые), лежащие в диске I и прикрепляющиеся к телофрагме. Их концы проникают в диск А между толстыми миофиламентами. Участок миофибриллы между двумя телофрагмами является элементарной сократительной единицей мышцы и называется саркомерой. На границе между дисками А и I мембрана волокна впячивается, образуя Т-трубочки, которые разветвляются внутри волокна.

Скелетные мышцы иннервируются спинномозговыми и черепными нервами. Нервный импульс по нерву передается к сарколемме и Т-трубочкам, от которых идет к конечным цистернам саркоплазма-

тического ретикулума. Проницаемость последних изменяется, что приводит к выходу ионов кальция в цитоплазму. Это приводит к взаимодействию актина с миозином и мышечному сокращению. Мышечное сокращение является результатом скольжения актиновых филаментов относительно миозиновых, благодаря чему длина филаментов диска А не изменяется, в то время как диск I уменьшается в размерах и исчезает. Источником движущей силы мышечного сокращения является освобождение энергии АТФ, что происходит лишь при наличии свободных катионов кальция.

Поперечнополосатая *сердечная мышечная ткань*, которая по строению и функции отличается от скелетных мышц, состоит из кардиомиоцитов, которые соединяются друг с другом и образуют комплексы. Сердечная мышца иннервируется вегетативной нервной системой и сокращается непроизвольно. Кардиомиоциты представляют собой клетки неправильной формы длиной 100—150 мкм и диаметром 10–20 мкм. Каждый кардиомиоцит имеет 1–2 удлинённых ядра, лежащих в центре и окруженных миофибриллами. Клетки богаты митохондриями. Кардиомиоциты соединены между собой вставочными дисками, через которые осуществляется передача нервного возбуждения и обмен ионами между клетками.

Нервная ткань

Нервная ткань состоит из нейронов и нейроглии. Число клеток нейроглии примерно в 10 раз превышает число нейронов.

Нейроглия имеет вспомогательное значение и подразделяется на макроглию и микроглию. Клетки макроглии выполняют опорно-трофическую функцию: служат опорой для нервных клеток; входят в состав оболочек нейронов; участвуют в обмене веществ и синаптической передаче. Микроглия представлена мелкими клетками, способными к амёбоидному движению, она выполняет защитные функции в нервной системе, осуществляя фагоцитоз.

Нейрон представляет собой одноядерную клетку (диаметр ядра составляет 18 мкм) размером от 4—5 до 140 мкм, длина отростков может достигать 1—1,5 м. Основной особенностью строения нейронов является наличие большого количества нейрофибрилл, которые формируют в клетке густую сеть, а также пронизывают отростки. Основной функцией нейрона является получение, переработка, проведение и передача информации, которая закодирована в виде электрических

или химических сигналов. В связи с необходимостью проведения информации каждый нейрон имеет отростки (рис. 8). Один или несколько отростков, по которым нервный импульс поступает к телу нейрона, называется *дендритом*. Единственный отросток, по которому нервный импульс направляется от клетки, называется *аксоном*. Нервная клетка пропускает импульс только в одном направлении, от дендрита к телу клетки и далее к аксону. В зависимости от количества отростков различают: униполярные (одноотростчатые), биполярные (двухотростчатые) и мультиполярные (многоотростчатые) нервные клетки.

В клетке нейрона и во внеклеточной жидкости концентрации положительно заряженных ионов — катионов (натрий, калий, кальций, магний) и отрицательно заряженных ионов — анионов (хлор, фосфаты, карбонаты) различны. Во внеклеточной жидкости положительные и отрицательные ионы находятся в равных соотношениях. Внутри клетки преобладают отрицательные ионы. Калий — внутриклеточный катион, его концентрация в нервных и мышечных клетках в 20-100 раз выше, чем вне клетки. Натрий — внеклеточный ион, концентрация его в клетке в 5-15 раз ниже внеклеточной. Внутриклеточная концентрация хлора в 20-100 раз ниже внеклеточной. Плазматическая мембрана нейрона обладает избирательной проницаемостью для различных ионов. Калий легко диффундирует через мембрану и в связи с его высоким содержанием в клетке выходит из нее, вынося положительный заряд и заряжая внешнюю сторону мембраны положительно. Внутренняя сторона мембраны нейрона становится отрицательно заряженной и вследствие этого возникает разность потенциалов (80 мВ), получившая название мембранного потенциала, или *потенциала покоя*.

При активации нервной или мышечной клетки в ней возникает *потенциал действия* — быстрый сдвиг мембранного потенциала в положительную сторону. При раздражении в определенном участке изменяется проницаемость мембраны для натрия и он устремляется в клетку. В результате внутренняя сторона мембраны заряжается положительно, а внешняя отрицательно. На этом участке возникает деполяризация и потенциал действия, или нервный импульс. Движение ионов, возникающее вблизи деполяризованного участка, приводит к деполяризации следующего участка мембраны, поэтому нервный импульс распространяется по нейрону.

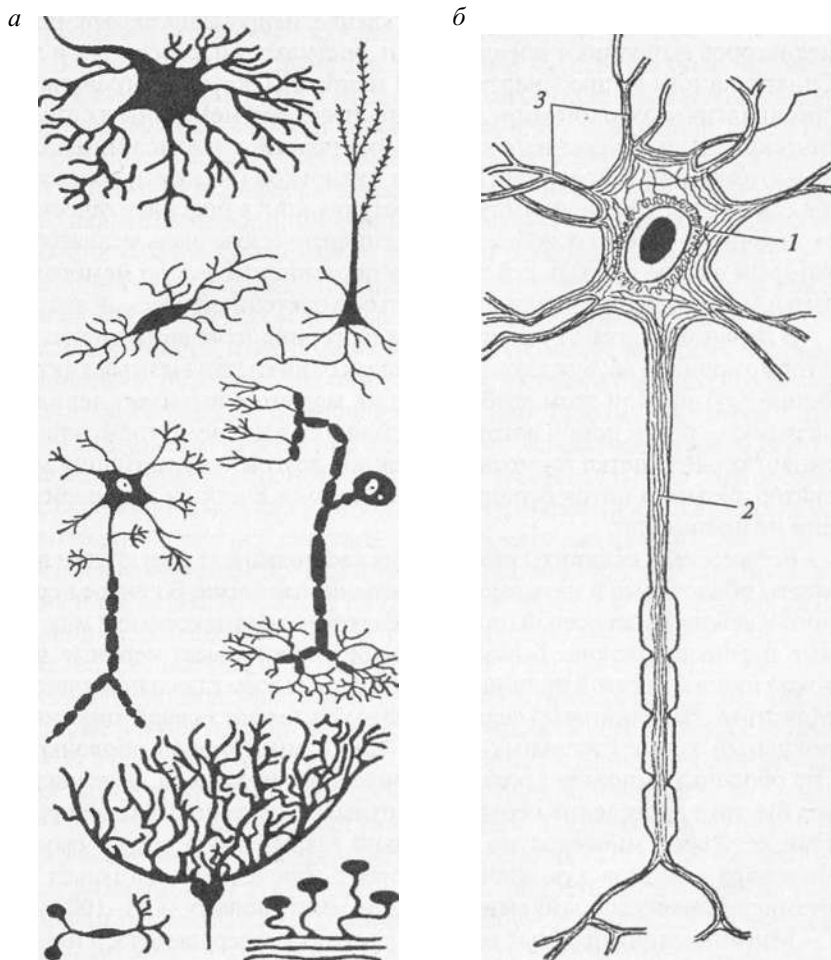


Рис. 8. Нервные клетки:

а — разные виды нейронов; б — схема строения нейрона
(7 — тело; 2 — аксон; 3 — дендриты)

Нервные импульсы передаются от одного нейрона к другому посредством межклеточных контактов — *синапсов*, образованных отростками нейронов. Передача возбуждения осуществляется с помощью биологически активных веществ. Такие синапсы называются химиче-

скими, а вещества, передающие возбуждение, нейромедиаторами. Роль медиаторов выполняют норадреналин, ацетилхолин, серотонин и др. Синапс состоит из пресинаптической мембраны, которой ограничено пресинаптическое окончание, постсинаптической мембраны и синаптической щели. В пресинаптическом окончании находится множество митохондрий и пресинаптических пузырьков (везикул), содержащих медиатор. Нервный импульс, поступающий в пресинаптическое окончание, вызывает освобождение в синаптическую щель медиатора, который в свою очередь действует на постсинаптическую мембрану, вызывая образование нервного импульса в постсинаптической части.

В нервной системе существует два вида синапсов: возбуждающие и тормозящие. В возбуждающих синапсах одна клетка вызывает активацию другой. При этом возбуждающий медиатор вызывает деполяризацию — поток ионов натрия устремляется в клетку. В тормозящих синапсах одна клетка тормозит активацию другой — тормозящий медиатор вызывает поток отрицательных ионов в клетки и деполяризации не происходит.

Все аксоны и дендриты нейронов на расстоянии от тела клетки покрыты оболочками и называются *нервными волокнами*. В центре нервного волокна лежит осевой цилиндр. Различают безмякотные и мякотные нервные волокна. Безмякотные (безмиелиновые) нервные волокна тонкие, а осевой цилиндр покрыт одним слоем глиальных клеток. Мякотные (миелиновые) нервные волокна имеют осевой цилиндр, покрытый кроме глиальных клеток еще и миелиновой оболочкой. Эта оболочка выполняет роль электрического изолятора, обуславливая быстрое проведение нервного импульса. Миелиновый слой представляет собой многократно спирально закрученную вокруг своего цилиндра шванновскую клетку. Скорость проведения импульса по безмиелиновому волокну менее 1 м/с, по миелиновому — 70-100 м/с.

Миелинизация нервных волокон у ребенка завершается к 9 годам. Число отростков нерва с возрастом не меняется, но скорость проведения возбуждения повышается. Возбудимость нервных волокон у плода и новорожденного значительно ниже, чем у взрослого, но с 3-месячного возраста она начинает повышаться. У детей также значительно ниже величина потенциала покоя. У новорожденных скорость проведения возбуждения по нервным волокнам не превышает 50 % скорости у взрослых. Скорость распространения возбуждения по нервным волокнам у детей становится такой же, как у взрослых, только к 5-9 годам. Число потенциалов действия, которое способно воспроизвести

волокно в 1 с, у новорожденных составляет 4—10, а у детей 5-9 лет приближается к норме взрослых (300—1000 импульсов).

В зависимости от функций различают чувствительные, вставочные и двигательные нейроны. *Афферентные (чувствительные, рецепторные) нейроны* являются биполярными клетками, их тела лежат вне центральной нервной системы. Один отросток нервной клетки (дендрит) следует на периферию и заканчивается рецептором, а второй (аксон) направляется в спинной или головной мозг. В зависимости от локализации различают несколько типов рецепторов. Экстерорецепторы воспринимают раздражение внешней среды и расположены в коже, слизистых оболочках и органах чувств. Интерорецепторы получают раздражения при изменении химического состава внутренней среды и давления, расположены они в сосудах, тканях и органах. Проприорецепторы находятся в мышцах, сухожилиях, связках, суставах и передают импульсы о растяжении и движении. *Вставочные нейроны* осуществляют передачу нервного импульса с чувствительного центростремительного нейрона на двигательный центробежный и лежат в пределах центральной нервной системы. *Эфферентные нейроны (двигательные, секреторные)* находятся в центральной нервной системе, симпатических и парасимпатических узлах, аксоны их идут к рабочим органам (мышцам, железам). Различают два вида рабочих органов: анимальные (скелетные мышцы) и вегетативные (гладкие мышцы и железы).

Нервная, мышечная и железистая ткани относятся к возбудимым, которые в ответ на воздействие раздражителя переходят из состояния покоя в состояние возбуждения. Последнее, возникнув в одном участке мышечного или нервного волокна, быстро передается на соседние, а также на рабочий орган или железу. Таким образом, для этих тканей характерны раздражимость (способность клеток воспринимать раздражение) и возбудимость (способность клеток отвечать на изменение внешней среды реакцией возбуждения), а для мышечной ткани также и сократимость (способность клеток отвечать сокращением на раздражение).

1.3. Органы, системы и аппараты органов

Ткани образуют органы. *Орган* — это часть тела, которая имеет определенную форму, строение и функции в организме. Каждый орган снабжен нервами, кровеносными и лимфатическими сосудами. Орган

образован несколькими видами тканей, но одна из них является преобладающей. Для мышц главной является мышечная ткань, для мозга — нервная. В этих органах присутствуют и все остальные виды тканей, выполняющие вспомогательные функции. Например, мышечная ткань участвует в образовании стенок органов пищеварительного тракта, эпителиальная выстилает слизистые оболочки многих внутренних органов. Органы, которые имеют одинаковое строение, функции и развитие, объединяются в *системы органов*: пищеварительную, дыхательную, выделительную, кровеносную, лимфатическую, нервную, органов чувств, желез внутренней секреции, половую, скелет, мышцы. Кроме того, выделяют *аппараты органов* — это органы, объединенные единой функцией, но имеющие разное происхождение и строение. Например, опорно-двигательный (кости, мышцы) или эндокринный аппарат (разные по происхождению и строению железы).

Все органы, системы и аппараты органов связаны между собой анатомически и функционально в единое целое — организм. Работа и функции органов регулируются гуморальным и нервным путями. *Гуморальная регуляция* осуществляется гормонами, медиаторами, ионами, продуктами обмена, выделяемыми одними клетками в кровь и действующими на другие клетки и органы, изменяя их работу. Ведущее место в этом принадлежит железам внутренней секреции. Скорость этого процесса определяется скоростью движения крови по сосудам — от 0,005 до 0,5 м/с, т.е. осуществляется медленная перестройка работы органов. *Нервная регуляция* обеспечивает более быструю перестройку функций органов, так как осуществляется рефлекторно, а скорость передачи импульса в нервной системе достигает 120—140 м/с. Нейрогуморальная регуляция объединяет все функции организма, благодаря чему он функционирует как единое целое. Организм человека обладает способностью к саморегуляции. Это обеспечивает его устойчивость к изменяющимся факторам окружающей среды.

В организме человека различают сому (кожа, кости, соединение костей, мышцы и полости) и внутренности. К соме и внутренностям подходят и разветвляются в них кровеносные сосуды и нервы. Для тела человека характерны основные принципы строения: полярность (различное строение и функции полюсов), сегментарность, двусторонняя симметрия, корреляция (соотношение между отдельными частями тела).

1.4. Особенности развития, роста и строения человека

Индивидуальное развитие организма называется *онтогенезом*. В зависимости от среды, в которой совершается развитие организма, онтогенез делится на два периода, отделенные моментом рождения: внутриутробный, во время которого формируются органы и части тела, свойственные человеку, и внеутробный, в течение которого новая особь продолжает свое развитие вне тела матери.

Внутриутробный период

Во внутриутробном периоде различают эмбриональную фазу (первые 8 недель), когда происходит начальное развитие зародыша и закладка органов, и фетальную фазу (3-9 месяцев), в течение которой идет дальнейшее развитие плода. Беременность делится на trimestры — периоды по три месяца развития плода.

Первый триместр. Оплодотворение яйцеклетки происходит в маточной трубе, после чего образуется одноклеточный зародыш — зигота. Сперматозоид проходит через прозрачную зону яйцеклетки и контактирует с плазматической мембраной яйцеклетки боковой поверхностью головки. Мембраны обеих гамет сливаются, после чего сливаются ядра, образуя диплоидное ядро. Сперматозоид не только вносит свою ДНК в клетку, но и активирует метаболизм. После оплодотворения мембрана яйцеклетки становится непроницаемой для других сперматозоидов. В первые дни развитие зародыша происходит в маточной трубе. В результате дробления зиготы, которое длится 3—4 дня и осуществляется также в маточной трубе, образуется бластула. Зародыш, имеющий вид пузырька, на 6-7-й день беременности внедряется в слизистую оболочку матки. Этот процесс называется имплантацией. Внешняя оболочка бластулы развивается в плаценту. Формируются кровяные клетки и сердце. С 15-16-го дня развития (3-я неделя беременности) развиваются трехслойный зародыш и осевые органы. Из трех слоев зародыша образуются все ткани будущего организма: из эктодермы — нервная система, органы чувств и эпидермис, из энтодермы — эпителий и железы желудочно-кишечного тракта, из мезодермы — мышцы, кости, кожа, клетки крови, кровеносные и лимфатические сосуды, соединительная ткань.

На 4-й неделе зародыш имеет длину около 7 мм, начинает развиваться спинной мозг, сердце уже бьется, хотя и неритмично. На 5-й неделе формируются первые органы. Растет голова, развивается головной мозг. Ручки и ножки выглядят, как почки. Сердце и система кровообращения развиты уже хорошо. В плаценте формируется пуповина, зародыш все больше укрепляется в стенке матки. В самом зародыше, длина которого в это время уже 10 мм, развивается пищеварительная система, начиная с желудка и кишечника, появляются рот и челюсти. К концу 6-й недели длина зародыша составляет 1,3 см, заметны глаза, ноздри и внутреннее ухо. Головной и спинной мозг почти сформированы. Продолжается развитие пищеварительной и выделительной систем, хотя почки и печень еще не функционируют. На конечностях видны зачатки пальцев. На 7-й неделе уже хорошо сформирована плацента. Продолжается дифференцировка пищеварительной системы, растут легкие, формируется лицо. Развиваются бедренные, коленные, плечевые и локтевые суставы. На 8-й неделе появляются зачатки носа. Уже видны пальцы на конечностях, конечности немного двигаются. Голова большая, наклонена вперед и вниз, длина зародыша составляет 4 см. К 9-й неделе плод достигает 4,5 см, матка увеличивается в размере, пуповина полностью сформировалась. На 10-й неделе в сердечно-сосудистой системе плода начинает циркулировать кровь. Продолжают формироваться лицо, ручки и ножки с пальчиками. Движения конечностей становятся энергичнее, но матерью не ощущаются. Начинает развиваться репродуктивная система, плод достигает 5,5 см. К 11-й неделе плацента уже представляет собой отдельный орган, лицо сформировано, появились веки. Начинают развиваться мышцы и наружные половые органы. На 12-14-й неделе все внутренние органы сформированы. Матку уже можно прощупать над тазовыми костями, но беременность еще не видна.

Второй триместр. На 14—16-й неделе продолжают формироваться конечности и суставы уже двигаются. На пальчиках развиваются ногти, и мягкие волосы покрывают весь плод. В это время плод составляет в длину 12 см и весит 125 г. После 14-й недели начинается быстрый рост. На 16-й неделе почки начинают выделять мочу. На 20-й неделе плод шевелится, и мать это ощущает. Он достигает 21 см, быстро развиваются мышцы, на голове начинают расти волосы. На 24-й неделе мышцы сформированы полностью, масса плода достигает 570 г, длина 33 см. Плод все еще не может существовать независимо от матери, но в редких случаях дети, рожденные преждевременно, на этой стадии, при специальном уходе выживали. На 28-й неделе плод достигает

37 см и считается жизнеспособным, потому что вероятность выживания родившегося в это время ребенка составляет 5 %.

Третий триместр. Рост тела ускоряется, и плод приобретает физические пропорции ребенка. Он худой, так как у него отсутствует подкожный жир. В длину тело достигает 47 см и процент выживания при преждевременных родах составляет 15. К 36-й неделе вероятность выживания составляет 90 %, так как легкие уже полностью сформированы. Ребенок прибавляет в среднем по 28 г в день. На 9-м месяце интенсивно формируется подкожная клетчатка, появляются настоящие волосы, формируется нос, ушные раковины и ногти. Роды, как правило, происходят на 40-й неделе. Иногда дети рождаются с тонким волосатым покровом, но обычно он исчезает на последних неделях беременности. В среднем рост тела новорожденного около 50 см, масса его около 3,4 кг.

Внеутробный период

Родовым актом заканчивается внутриутробный период и начинается внеутробный, периодизация которого была принята в 1965 г. на VII Конференции по проблемам возрастной морфологии, физиологии и биохимии (табл. 1).

Таблица 1

Периодизация внеутробного периода жизни человека

Период	Возраст	
	Мужчины	Женщины
1. Новорожденные	1—10 дней	
2. Грудной возраст	10 дней — 1 год	
3. Раннее детство	1—3 года	
4. Первое детство	4—7 лет	
5. Второе детство	8-12 лет	8-11 лет
6. Подростковый возраст	13—16 лет	12-15 лет
7. Юношеский возраст	17-21 год	16-20 лет
8. Зрелый возраст:		
1-й период	22—35 лет	21—35 лет
2-й период	36-60 лет	36—55 лет
9. Пожилой возраст	61—74 года	56—74 года
10. Старческий возраст	75-90 лет	
11. Долгожители	Старше 90 лет	

Для каждого периода внеутробного развития человека характерны свои особенности.

У новорожденного голова округлая, большая ($1/4$ всей длины против $1/8$ у взрослого), шея и грудь короткие, живот длинный, ноги короткие, руки длинные. Окружность головы на 1-2 см больше окружности груди, мозговой отдел больше лицевого. Грудная клетка бочкообразная, позвоночник лишен изгибов, таз очень подвижный. Внутренние органы крупнее, чем у взрослого (печень, кишечник, надпочечники, тимус). Масса мозга новорожденного составляет 13—14 % массы тела, у взрослого человека всего 2 %.

В грудном возрасте тело ребенка растет наиболее быстро. С 6 месяцев начинается прорезывание молочных зубов. За первый год жизни размеры некоторых органов и систем достигают размеров взрослого человека (глаз, внутреннее ухо, центральная нервная система).

В период раннего детства прорезываются все молочные зубы и происходит первое округление, т.е. увеличение массы тела опережает рост тела в длину. Быстро прогрессирует психическое развитие ребенка, речь и память. Он начинает ориентироваться в пространстве.

В период первого детства рост в длину превалирует над увеличением массы тела. Начинается прорезывание постоянных зубов. Масса мозга достигает 1100—1200 г, быстро развиваются умственные способности, длительно сохраняется способность узнавания, ориентация во времени. Половые различия в периоды раннего и первого детства не выражены.

В период второго детства вновь преобладает рост в ширину, но к концу периода начинается половое созревание и опять усиливается рост тела в длину, темпы которого у девочек выше. В 10 лет имеет место первый перекрест: длина и масса тела у девочек больше таковой у мальчиков. Начало полового созревания у девочек происходит в 8—9 лет и выражается в расширении таза и округлении бедер, увеличении секреции сальных желез и оволосении лобка. У мальчиков в 10-11 лет начинается рост гортани, яичек и полового члена.

В подростковом периоде быстро растут и развиваются половые органы, усиливаются вторичные половые признаки. У девочек увеличиваются размеры молочных желез, появляются менструации, меняется форма таза. У мальчиков происходит оволосение по мужскому типу, увеличиваются яички и половой член, возникают первые эякуляции. В течение этого периода преобладает рост тела в длину. В 13-14 лет происходит второй перекрест кривых роста мальчиков и девочек, после чего мальчики растут быстрее, чем девочки. В подростковом возрасте развивается механическая и словесно-логическая память.

Юношеский возраст совпадает с периодом созревания. Рост и развитие организма завершаются, все аппараты и системы органов достигают морфофункциональной зрелости. Строение тела в зрелом возрасте изменяется мало, а в старческом возрасте снижаются адаптационные возможности организма, изменяются морфофункциональные показатели всех аппаратов и систем органов, прежде всего иммунной, нервной и кровеносной.

Физическое развитие ребенка происходит не постепенно, а скачкообразно. Периоды роста не соответствуют описанным периодам жизни человека (табл. 2).

Таблица 2

Изменение соотношения длины головы и длины тела в зависимости от возраста

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

В связи с индивидуальным строением человека существует понятие о типах телосложения. Телосложение определяется генетическими факторами, условиями внешней среды и социальными условиями. Выделяют три типа телосложения: мезоморфный, брахиморфный и долихоморфный. При *мезоморфном* телосложении анатомические особенности приближаются к усредненным параметрам нормы с учетом половозрастных особенностей. Для *брахиморфного* типа характерно преобладание поперечных размеров, упитанность, невысокий рост. Сердце больших размеров и располагается поперечно, легкие укорачиваются, петли тонкой кишки лежат горизонтально. Люди с *долихоморфным* телосложением отличаются стройностью, преобладанием продольных размеров, длинными конечностями, слабым развитием мышц и жировой клетчатки, тонкими костями. Их внутренние органы опущены, легкие длинные, сердце располагается вертикально.

СТРОЕНИЕ, ФУНКЦИИ И ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СКЕЛЕТА

Функцию передвижения человека в пространстве выполняет *опорно-двигательный аппарат*. Это система костей и мышц, а также их соединений, которые образуют единый в функциональном отношении двигательный аппарат. В зависимости от функциональной значимости в нем различают пассивную и активную части. К пассивной относятся кости и их соединения, к активной — мышцы.

Скелет (греч. *skeletos* — высохший, высушенный) — комплекс костей, выполняющих опорную, защитную, локомоторную, формообразующую, преодолевающую силу тяжести функции. Функции скелета подразделяются на две большие группы — механические и биологические. К механическим функциям относятся защитная, опорная, локомоторная и рессорная. Биологическая функция связана с участием скелета в обмене веществ и кроветворении. Скелет имеет билатеральную симметрию и сегментарное строение. В состав его входит 206 костей. Из них 33-34 непарные (позвонки, крестец, копчик, грудина и некоторые кости черепа), остальные кости парные. Скелет подразделяется на осевой и добавочный. К осевому скелету относятся позвоночный столб (26 костей), череп (29 костей) и грудная клетка (25 костей), к добавочному — кости верхних (64) и нижних (62) конечностей. Новорожденный ребенок имеет 350 костей, а не 206, как взрослый человек, — с годами многие из них объединяются в более крупные.

2.1. Строение и классификация костей

Кость — живой орган, в состав которого входят костная, хрящевая, соединительная ткани и кровеносные сосуды. Кости составляют 18 % общей массы тела. На поверхности каждой кости имеются выпуклости, углубления, борозды, отверстия, шероховатости, служащие для прикрепления мышц, сухожилий, фасций и связок. Возвышения над костями называются отростками, апофизами. На участках,

к которым прилежит нерв или кровеносный сосуд, имеются борозды. В местах прохождения через кость сосуда или нерва образуются каналы, щели или вырезки. На поверхности каждой кости имеются отверстия, уходящие внутрь. Они получили название питательных отверстий.

В состав костей входят органические (1/3) и неорганические вещества (2/3). Первые представлены преимущественно оссеином и оссеомукоидом, вторые — солями кальция (51 % фосфорнокислой извести). От наличия органических веществ зависит упругость кости, а от наличия неорганических соединений — ее твердость. В детском возрасте в костях больше оссеина, поэтому они более упруги и редко ломаются. С возрастом относительно уменьшается количество органических веществ и увеличивается — минеральных солей. Вследствие этого кости пожилых людей более хрупкие по сравнению с костями молодых.

Кость снаружи покрыта *надкостницей*. Последняя отсутствует только на суставных поверхностях, которые покрыты суставным хрящом. Надкостница представляет собой тонкую соединительнотканную пленку бледно-розового цвета. Она прикрепляется к кости с помощью соединительнотканых пучков — прободающих волокон. Надкостница имеет два слоя: наружный волокнистый (фиброзный) и внутренний костеобразующий (остеогенный). Она богата нервами и сосудами, которые участвуют в питании кости и ее росте в толщину. Питание осуществляется за счет кровеносных сосудов, проникающих в большом количестве из надкостницы в наружное компактное вещество кости через многочисленные питательные отверстия. В толщину кость растет за счет остеобластов, расположенных во внутреннем слое надкостницы. Структурной единицей кости является *остеон*, а в костной ткани различают клетки нескольких видов (см. *Ткань*).

Внутри костей между костными пластинками губчатого вещества и в костных каналах трубчатых костей находится *костный мозг*, являющийся органом кроветворения и биологической защиты. Красный костный мозг представляет собой красную ретикулярную массу, в петлях которой находятся стволовые клетки, выполняющие функцию кроветворения, и клетки, выполняющие функцию костеобразования. Красный костный мозг пронизан нервами и кровеносными сосудами, питающими кроме костного мозга и внутренние слои кости. Кровеносные сосуды и кровяные элементы придают костному мозгу красный цвет. В процессе онтогенеза красный костный мозг заменяется на желтый, состоящий из жировых клеток, которым он и обязан своим названием. Во внутриутробном периоде и у новорож-

денных во всех костных полостях находится красный костный мозг в связи с высокой кроветворной и костеобразующей функциями. У взрослого человека красный костный мозг содержится только в ячейках губчатого вещества плоских костей (грудина, крылья подвздошных костей) и эпифизах трубчатых костей. В диафизах находится желтый костный мозг.

Трансплантация костного мозга — это перенос костного мозга одного человека другому. У донора берут костный мозг из бедренной кости и с помощью вливания крови передают его больному. Клетки костного мозга попадают в поток крови, доставляющий их в кости, где они закрепляются и позволяют больному самостоятельно вырабатывать новые кровяные клетки.

По форме кости бывают трубчатые, губчатые, плоские, смешанные и воздухоносные. *Трубчатые кости* имеют форму трубки с костномозговым каналом внутри. В них различают удлинненную среднюю часть — диафиз и утолщенные концы — эпифизы, в которых располагаются суставные поверхности, покрытые хрящом и служащие для соединения с соседними костями. Участок между диафизами и эпифизами называется метафизом, благодаря ему кости растут в длину. Диафизы построены из компактного, эпифизы — из губчатого костного вещества, а сверху покрыты слоем компактного. Трубчатые кости делятся на длинные и короткие. Длина первых превышает все остальные размеры (бедренная, плечевая и локтевая кости). Короткие кости располагаются в пястье, плюсне, фалангах пальцев. *Губчатые кости* построены из губчатого вещества, покрытого тонким слоем компактного. Они бывают: длинные (ребра и грудина), короткие (кости запястья, предплюсны), сесамовидные (надколенник, гороховидная кость). Сесамовидные кости развиваются в толще сухожилий и располагаются в тех местах, где большая нагрузка сочетается с большой подвижностью. *Плоские кости* (череп, лопатка, тазовые кости) выполняют защитную функцию и функцию опоры. *Смешанные кости* (кости основания черепа) образуются при слиянии нескольких костей, различающихся по форме, строению и функции. *Воздухоносные кости* имеют в своем теле полость, выстланную слизистой оболочкой и заполненную воздухом (лобная, клиновидная, решетчатая кости и верхняя челюсть).

Возрастные изменения костей скелета

В своем развитии большинство костей скелета проходит три стадии: перепончатую, хрящевую, костную. На ранних стадиях развития

скелет зародыша представлен хордой. С середины первого месяца внутриутробной жизни вокруг хорды появляется сгущение мезенхимы и развивается перепончатый скелет. Примерно в середине второго месяца развития мезенхима превращается в гиалиновый хрящ, а скелет получает название хрящевого. С конца второго — начала третьего месяца развития хрящевой скелет начинает окостеневать. Полное замещение хрящей костной тканью происходит к 20—25-летнему возрасту. С этого времени рост костей в длину прекращается. Кости свода черепа, лицевого черепа и части ключицы, в отличие от других костей скелета, в своем развитии проходят только две стадии — перепончатую и костную.

В течение первого года жизни человека кости растут медленно. До 7 лет рост увеличивается и становится максимальным после 11 лет. В это время формируется окончательный рельеф кости и костномозговые полости. В пожилом возрасте наблюдаются значительные изменения в строении кости. В губчатом веществе уменьшается число костных перекладин, происходит их истончение. Уменьшается толщина слоя компактного вещества на диафизах трубчатых костей.

2.2. Соединение костей скелета

Соединения костей бывают непрерывными и прерывными. Непрерывные (синартрозы) являются более ранними по развитию и неподвижными по функции. Прерывные соединения (диартрозы, или суставы) появляются в процессе развития значительно позже и по функции являются подвижными. Между этими формами существует переходная форма — симфиз, или полусустав, характеризующийся наличием небольшой щели и не имеющий строения настоящего сустава.

По характеру ткани, соединяющей кости, **синартрозы** делятся на синдесмозы, синхондрозы и синостозы.

Синдесмозом называется соединение, в котором между костями после рождения остается соединительная ткань. К ним относятся межкостные перепонки, связки и швы. Межкостные перепонки — это соединительная ткань, заполняющая большие промежутки между костями (между костями предплечья или голени). Соединительная ткань связок приобретает строение волокнистых пучков (связки между отростками позвонков). В швах соединительная ткань представляет собой тонкую прослойку между костями черепа. По форме краев

соединяющихся костей различают зубчатый шов — зубцы по краю одной кости входят в промежутки между зубцами другой (между костями свода черепа), чешуйчатый — край одной кости накладывается на край другой (между височной и теменной костями) и плоский шов — незазубренные края плотно прилегают друг к другу (между костями лицевого черепа).

Синхондроз характеризуется соединением костей посредством хряща. По свойству хрящевой ткани синхондроз делится на гиалиновый (между первым ребром и грудиной) и волокнистый (между телами позвонков). По длительности своего существования синхондрозы бывают временные и постоянные. Временные с определенного возраста заменяются синостозами (между тремя костями пояса нижних конечностей, сливающихся в единую тазовую кость). Постоянные существуют в течение всей жизни человека (между пирамидой височной кости и клиновидной костью, между пирамидой и затылочной костью).

Для *синостоза* характерно наличие в промежутках между костями соединительной ткани, переходящей в костную или сначала в хрящевую, а затем в костную, в результате чего кости оказываются соединенными посредством костной ткани (эпифизы и диафизы трубчатых костей, кости основания черепа, тазовые кости).

Диартрозы представляют собой подвижные соединения, участвующие в перемещении частей тела относительно друг друга и являющиеся органами передвижения тела в пространстве. По числу суставных поверхностей диартрозов выделяют простой сустав, имеющий одну пару суставных поверхностей (межфаланговый); сложный, имеющий две или более пары суставных поверхностей (локтевой); комплексный, содержащий внутрисуставной хрящ, который разделяет сустав на две камеры (коленный); комбинированный, состоящий из нескольких изолированных суставов, расположенных отдельно друг от друга, но функционирующих вместе (два височно-нижнечелюстных сустава).

По форме и выполняемой функции выделяют одно-, двух- и многоосные суставы. Одноосные суставы выполняют функции сгибания и разгибания, вращения. Они бывают цилиндрическими (лучевой и локтевой) и блоковидными (межфаланговый). Двухосные выполняют функции сгибания и разгибания, отведения и приведения. К ним относятся: эллипсоидный (лучезапястный), мыщелковый (коленный) и седловидный (запястно-пястное сочленение I пальца). Для многоосных суставов характерны все вышеописанные функции и, кроме

того, круговое движение. К ним относятся шаровидный (плечевой) и плоский (между отростками грудных позвонков) суставы.

Независимо от вида любой сустав имеет сходное анатомическое строение (рис. 9). В сустав входят эпифизы двух костей, суставные поверхности которых покрыты суставным хрящом, гиалиновым или волокнистым, толщиной 0,2-0,5 мм. Суставные хрящи облегчают скольжение суставных поверхностей, смягчают толчки и служат буфером. Суставная поверхность эпифиза одной кости выпуклая (имеет суставную головку), другой кости — вогнутая (суставная впадина). Суставная капсула герметически окружает суставную полость и прирастает к сочленяющимся костям. Она состоит из наружного фиброзного слоя, выполняющего защитную функцию, и внутреннего синовиального, клетки которого выделяют в полость сустава липкую прозрачную синовиальную жидкость, или синовию, уменьшающую трение суставных поверхностей. Кроме того, синовия играет роль в обмене веществ и укреплении сустава, служит буфером, смягчающим сдавление и толчки суставных поверхностей. При «щелканье» суставами, например суставами пальцев, в синовиальной жидкости из-за перепада давления образуется газовый пузырь. Когда он лопаётся, слышен характерный щелчок. Сверху к суставной капсуле подходят связки и сухожилия мышц, которые составляют вспомогательный аппарат для укрепления сустава.

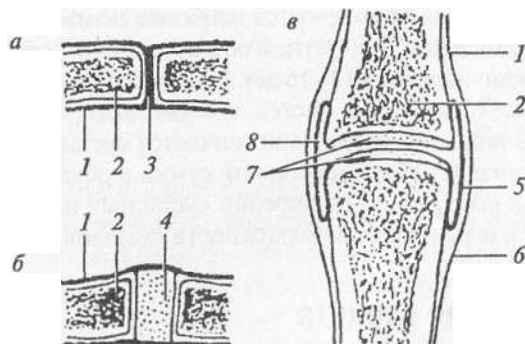


Рис. 9. Соединения костей:

а — синдесмоз; *б* — синхондроз; *в* — сустав; 1 — надкостница; 2 — кость; 3 — волокнистая соединительная ткань; 4 — хрящ; 5 — синовиальный слой; 6 — фиброзный слой сумки; 7 — суставные хрящи; 8 — полость сустава

Связки очень мало растягиваются, соединяют две кости, образуя сустав, и закрепляют эти кости в определенном положении, тормозя движение костей. Без связок кости очень легко смещаются. Кроме того, связки фиксируют на своих местах внутренние органы, такие как печень и матка, предоставляя им в то же время некоторую подвижность, необходимую для изменений во времени процесса пищеварения и беременности. Соединительная ткань в связках представлена в основном коллагеновыми волокнами с некоторым количеством эластических. Связки прикрепляются к костям волокнами, которые проникают в надкостницу. Связка и надкостница так тесно связаны друг с другом, что при поражении связок поражается и надкостница. В крупных суставах (бедренный, коленный, локтевой) части суставной капсулы утолщены для большей прочности и получили название околосумчатой связки. В дополнение имеются связки внутри и снаружи суставной капсулы, которые ограничивают и тормозят конкретные типы движения. Они называются наружными, или дополнительными, связками.

Возрастные изменения соединения костей

В процессе онтогенеза на 6-11-й неделе эмбрионального развития начинают формироваться суставы. К моменту рождения они анатомически сформированы, хотя эпифизы костей, входящие в состав сустава, состоят из хрящевой ткани. Энхондральное окостенение начинается в течение 1-2-го года жизни и заканчивается в юношеском возрасте. У детей 2—3 лет в связи с активной двигательной деятельностью связки и суставы формируются наиболее активно. Подвижность суставов максимальна в 3-8-летнем возрасте, а окончательно формирование ее заканчивается в 13—16 лет. В возрасте 6—10 лет происходит усложнение всех составных частей сустава, которое заканчивается в 13-16 лет. В пожилом возрасте истончается суставной хрящ, изменяется фиброзная мембрана суставной сумки и образуются остеофиты — костные выступы по периферии суставных поверхностей. Все это приводит к ограничению подвижности суставов.

2.3. Строение скелета

В скелете человека различают следующие отделы: скелет туловища, скелет верхних и нижних конечностей, скелет головы, или череп (рис. 10). Скелет туловища образован позвоночным столбом, или позвоночником, и грудной клеткой.

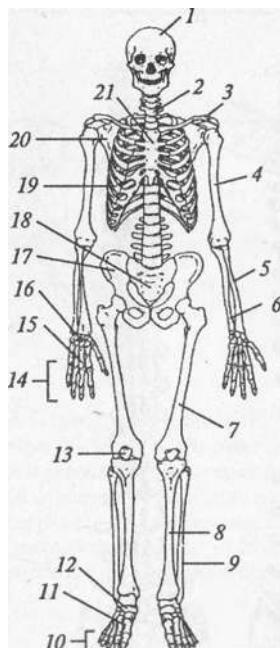


Рис. 10. Скелет человека:

1 — череп; 2 — позвоночный столб; 3 — ключица; 4 — плечевая кость; 5 — лучевая кость; 6 — локтевая кость; 7 — бедренная кость; 8 — большеберцовая кость; 9 — малоберцовая кость; 10 — фаланги пальцев стопы; 11 — кости плюсны; 12 — кости предплюсны; 13 — надколенник; 14 — фаланги пальцев кисти; 15 — пястные кости; 16 — кости запястья; 17 — тазовая кость; 18 — крестец; 19 — ребра; 20 — лопатка; 21 — грудина

Позвоночник

Позвоночный столб является опорой тела. Он защищает спинной мозг и участвует в движении туловища и головы. Позвоночник состоит из 33—34 позвонков (рис. 11). Различают 5 отделов позвоночника: шейный (7 позвонков), грудной (12), поясничный (5), крестцовый (5) и копчиковый (4—5 позвонков).

Строение любого позвонка независимо от месторасположения одинаково (рис. 12). Позвонок состоит из тела, дуги и семи отростков. Тело выполняет опорную функцию. Сзади к нему прикрепляется двумя ножками дуга, замыкающая позвоночное отверстие. Все позвоночные

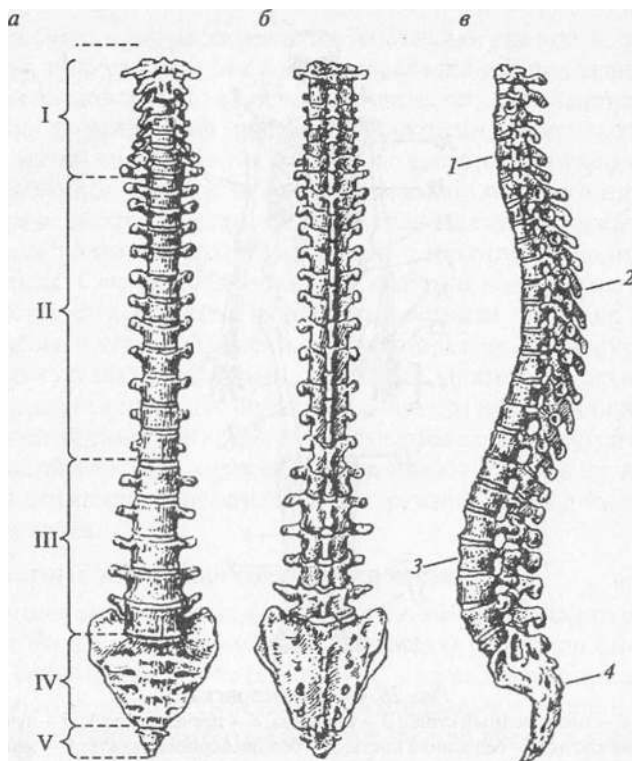


Рис. 11. Позвоночный столб:

а — вид спереди (I — шейный отдел; II — грудной отдел; III — поясничный отдел; IV — крестцовый отдел; V — копчиковый отдел); *б* — вид сзади; *в* — вид сбоку (1, 3 — шейный и поясничный лордозы; 2, 4 — грудной и крестцовый кифозы)

отверстия образуют позвоночный канал, защищающий от механических повреждений расположенный в нем спинной мозг. На дугах позвонков имеются углубления — верхние и нижние вырезки. Вырезки соседних позвонков образуют межпозвоночные отверстия для нервов и сосудов спинного мозга. От тела отходят отростки. Центральный остистый отросток идет от средней линии дуги. По бокам дуги располагается два поперечных отростка, а вверх и вниз отходят по два суставных отростка. Суставные отростки обеспечивают образование межпозвоночных суставов, в которых совершаются движения по-

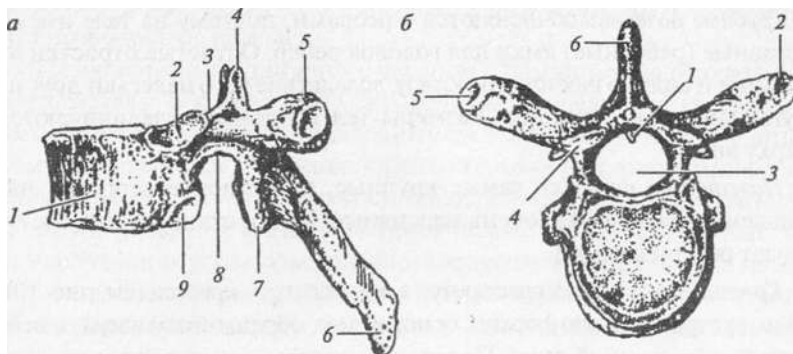


Рис. 12. Строение грудного позвонка:

а — вид сбоку (1 — тело позвонка; 2 — верхняя реберная ямка; 3 — верхняя позвоночная вырезка; 4 — верхний суставной отросток; 5 — поперечный отросток; 6 — остистый отросток; 7 — нижний суставной отросток; 8 — нижняя позвоночная вырезка; 9 — нижняя реберная ямка); *б* — вид сверху (1 — дуга позвонка; 2 — поперечный отросток; 3 — позвоночное отверстие; 4 — верхний суставной отросток; 5 — реберная ямка поперечного отростка; 6 — остистый отросток)

звонков. К поперечным и остистым отросткам прикрепляются связки и мышцы, приводящие в движение позвонки.

Величина и форма позвонков в разных отделах позвоночного столба неодинакова.

В *шейном отделе* поперечные отростки позвонков имеют отверстия, через которые проходит позвоночная артерия. Остистые отростки шейных позвонков на конце своем раздвоены. Тело самого позвонка отличается небольшими размерами, форма его приближается к прямоугольной. Первый шейный позвонок (атлант) отличается тем, что у него отсутствует тело, но имеются две дуги — передняя и задняя, соединенные между собой боковыми массами. Своими верхними суставными поверхностями, имеющими форму ямок, атлант сочленяется с затылочной костью, а нижними, более плоскими, — со II шейным позвонком. У новорожденного ребенка дуги не соединены, они срастаются только к 5-летнему возрасту. II шейный позвонок (эпистрофей, или зуб) имеет зубовидный отросток, сочленяющийся с передней дугой атланта. Остистый отросток VII шейного позвонка не раздвоен, выступает над остистыми отростками соседних позвонков и легко прощупывается сзади в области шеи.

Грудные позвонки сочленяются с ребрами, поэтому на теле имеют суставные (реберные) ямки для головок ребер. Остистые отростки их длинные и сильно наклонены книзу, вследствие чего налегают друг на друга наподобие черепиц. Размеры тел позвонков увеличиваются сверху вниз.

Поясничные позвонки самые крупные, их остистые отростки направлены прямо назад (очень массивные, но короткие). У них отсутствуют реберные ямки.

Крестцовые позвонки срастаются в одну кость — крестец (см. рис. 10). Он имеет треугольную форму с основанием, обращенным вверх, и вершиной, обращенной вниз. Передняя, или тазовая, поверхность крестца вогнута, на ней имеется четыре пары передних крестцовых отверстий. Задняя поверхность крестца выпуклая, на ней различают выступы (гребни), образовавшиеся в результате сращения отростков позвонков, и четыре пары задних крестцовых отверстий для прохождения нервов. На месте соединения крестца с V поясничным позвонком спереди образуется мыс.

Копчик состоит из 2-5 (чаще всего 4) недоразвитых сросшихся копчиковых позвонков. Изогнутый вперед копчик имеет треугольную форму. Основание направлено вверх, верхушка — вниз и вперед. Некоторые признаки позвонка сохранились только у первого позвонка. У него есть небольшое тело и два боковых копчиковых рога. Остальные позвонки мелкие и имеют округлую форму. У молодых людей они нередко соединены между собой при помощи хрящевых пластинок, у пожилых — сращены в одну кость. Женский копчик более подвижен, чем мужской, что обусловлено способностью женщин рожать.

Количество позвонков у человека может варьировать от 32 до 35, описаны случаи наличия 37 позвонков — вариации касаются только крестцовых и копчиковых позвонков. Позвонки связаны между собой с помощью различного вида соединений. Между телами позвонков имеются межпозвоночные диски, толщина которых в грудном отделе 3-4 мм, в шейном — 5-6 мм, в поясничном — 10-12 мм. Диск состоит из расположенного в центре студенистого ядра (остатки хорды), близкого по строению к гиалиновому хрящу. Ядро окружено фиброзным кольцом из волокнистого хряща. Благодаря такому строению диски прочные, упругие, а их соединения подвижные. В межпозвоночных дисках поясничного отдела позвоночника, который является

наиболее подвижным, есть полости, в результате чего образуются межпозвоночные симфизы.

Позвоночник соединяется с черепом с помощью атлантозатылочного сустава, образованного затылочным мыщелком и суставными ямками атланта. Атлантозатылочный сустав является эллипсоидным, комбинированным, выполняет функции сгибания, разгибания и наклоны головы. Атлантоосевой сустав образуется дугой атланта и суставными поверхностями II шейного позвонка. Это одноосный цилиндрический сустав, совершающий вращательные движения головы относительно туловища. Дугоотростчатые (межпозвоночные) суставы образованы суставными отростками выше- и нижележащих позвонков, являются плоскими многоосными комбинированными суставами, осуществляющими движение позвонков. Пояснично-крестцовый сустав образован суставными поверхностями V поясничного позвонка и верхними суставными отростками крестца. Сустав плоский, многоосный, комбинированный и осуществляет сгибание туловища.

Возрастные особенности позвоночника

Позвоночник в процессе индивидуального развития закладывается у 2-недельного эмбриона в виде хорды, и ее остатки сохраняются у ребенка до 7-летнего возраста. На 5-й неделе начинает формироваться хрящевой скелет. У человека закладывается 38 позвонков. В процессе развития VIII грудной превращается в I поясничный, V поясничный — в I крестцовый, а отдельные крестцовые и копчиковые позвонки редуцируются. Окостенение начинается на 8-й неделе. Атлант и эпистрофей полностью формируются только к 3-5-му году жизни. Крестец новорожденного состоит из 5 отдельных костей. Процесс окостенения хрящевых дисков между крестцовыми позвонками начинается в 13—15 лет и заканчивается к 23—25 годам. Копчиковые позвонки срастаются в возрасте от 12 до 25 лет, процесс идет снизу вверх.

Межпозвоночные диски у детей относительно толще, чем у взрослых. С возрастом диски теряют эластичность, студенистое ядро между позвонками уменьшается в размерах и толщина дисков становится меньше. Кроме того, у пожилых людей увеличивается кривизна грудного кифоза. В результате этих двух причин длина позвоночного столба с возрастом снижается на 3—7 см, происходит обызвествление межпозвоночных дисков и общее разрежение костного вещества (остеопороз), вследствие чего подвижность и прочность позвоночного столба уменьшаются.

Позвоночник имеет два вида изгибов: лордоз и кифоз. Лордоз обращен выпуклостью вперед (шейный, поясничный), кифоз — выпуклостью назад (грудной, крестцовый) (см. рис. 11, в). У плода позвоночник имеет форму дуги, у новорожденного он почти прямой. Когда ребенок начинает держать голову (3 месяца), возникает шейный лордоз, садиться (6 месяцев) — грудной кифоз. В 9—12 месяцев ребенок начинает стоять и формируется поясничный лордоз, а вместе с ним и крестцовый кифоз. Окончательное развитие изгибов позвоночника завершается к 7 годам. Эти изгибы позвоночника есть у каждого здорового человека и называются физиологическими. Они создают благоприятные условия для амортизации тела человека, прежде всего головного мозга. В результате асимметричной работы мышц и неправильной посадки у ребенка могут развиваться патологические изгибы позвоночника — *сколиозы*, которые бывают боковыми и переднезадними (сутулость).

Грудная клетка

Грудная клетка образована грудиной, 12 парами ребер и 12 грудными позвонками (см. рис. 10). Грудные позвонки описаны выше (см. *Позвоночник*).

Грудина состоит из верхней (рукоятки), средней (тела) и нижней (мечевидного отростка) частей. На верхнем крае грудины имеется яремная вырезка, которая легко прощупывается у пожилых людей. На боковых краях расположены вырезки для ключиц и 7 пар ребер. Мечевидный отросток вырезок не имеет, ребра к нему не прикрепляются.

Ребра представляют собой изогнутые кости (см. рис. 10). Каждое ребро состоит из костной части и хряща. В ребре различают передний и задний конец. Последний имеет утолщение (головку), шейку и бугорок. В ребре различают верхний и нижний края и две поверхности — наружную и внутреннюю. На внутренней поверхности ребра у нижнего края находится борозда. Это след прилегания нервов и сосудов. У человека 12 пар ребер. Все они своими задними концами соединяются с телами грудных позвонков. Передними концами 7 пар верхних ребер соединяются с грудиной и в связи с этим называются истинными ребрами. Нижние (8—10-я) пары ребер присоединяются хрящами не к груди, а к хрящу предыдущего ребра и называются ложными ребрами. Ребра 11—12-й пары самые короткие, задние

концы лежат свободно в мягких тканях — это колеблющиеся ребра. Все ребра у человека располагаются косо, так как передние концы их лежат ниже задних.

Грудная клетка представлена соединениями грудных позвонков, ребер и грудины. Ребра сочленяются с позвонками с помощью одноосных реберно-позвоночных суставов, поднимающих и опускающих ребра. С грудиной 2—7-я пары ребер соединяются с помощью одноосных суставов, поднимающих и опускающих ребра. 8-10-я пары ребер соединяются между собой и с вышележащими ребрами одноосными межхрящевыми суставами, которые выполняют аналогичную функцию, и образуют реберную дугу.

Возрастные особенности грудной клетки

Грудная клетка у новорожденного имеет пирамидальную форму, ребра лежат почти горизонтально. С ростом грудной клетки у ребенка изменяется и ее форма. До 7 лет грудная клетка удлинненная, к 15 годам ее поперечный размер увеличивается, окончательная форма достигается к 17—20 годам. У стариков она уплощена в переднезаднем направлении, удлиннена. Грудная клетка женщины меньше, короче, уже в нижнем отделе и более округлая, чем у мужчин. Форма ее может изменяться в связи с заболеваниями (при тяжелом рахите грудная клетка похожа на куриную грудь — грудина резко выступает вперед). Занятия физкультурой и спортом способствуют ее правильному развитию.

Процессы окостенения в скелете грудной клетки начинаются на 8-й неделе внутриутробного развития. Головки ребер срастаются с телом в 18—25 лет. Сначала закладывается рукоятка грудины, затем тело и мечевидный отросток. У новорожденного грудина состоит из 4-5 костей, соединенных прослойками хрящевой ткани. В 17—18-летнем возрасте она начинает срастаться снизу вверх, а полное окостенение заканчивается в 30—35 лет. Мечевидный отросток срастается с телом грудины лишь после 30 лет. Рукоятка и тело срастаются еще позже или вообще не срастаются.

Скелет верхней конечности

Скелет верхней конечности (рис. 13) состоит из скелета плечевого пояса (ключица и лопатка) и скелета свободной верхней конечности (плечо, предплечье, кисть).

Ключица имеет изогнутую форму, напоминающую букву S, состоит из тела, грудинного и акромиального концов. Это единственная кость,

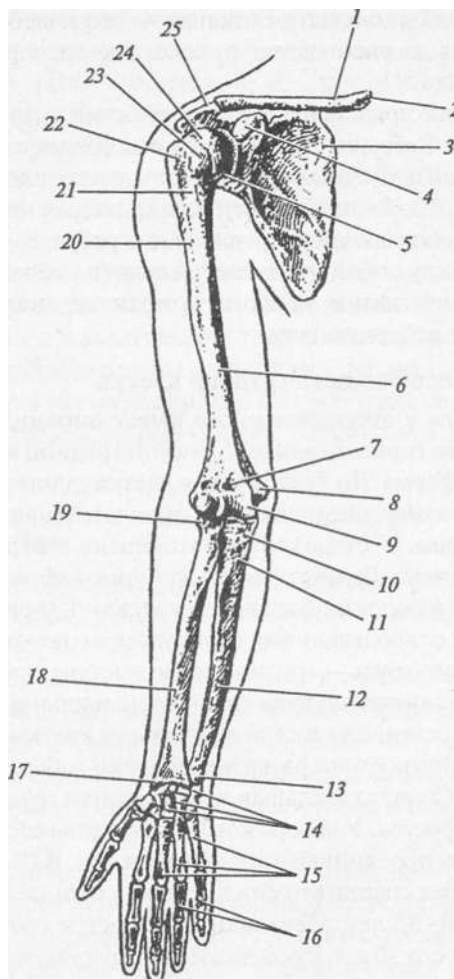


Рис. 13. Скелет верхней конечности:

1 — ключица; 2 — грудной конец ключицы; 3 — лопатка; 4 — клювовидный отросток лопатки; 5 — суставная впадина лопатки; 6 — плечевая кость; 7 — венечная ямка плечевой кости; 8 — медиальный надмыщелок плечевой кости; 9 — блок плечевой кости; 10 — венечный отросток; 11 — бугристость локтевой кости; 12 — локтевая кость; 13 — головка локтевой кости; 14 — кости запястья; 15 — пястные кости; 16 — фаланги пальцев; 17 — шиловидный отросток лучевой кости; 18 — лучевая кость; 19 — головка лучевой кости; 20 — гребень большого бугорка; 21 — межбугорковая борозда; 22 — большой бугорок; 23 — малый бугорок; 24 — головка плечевой кости; 25 — акромион

соединяющая верхнюю конечность со скелетом туловища. Ключица оставляет плечевой сустав на должное расстояние от грудной клетки, обеспечивая большую свободу движений конечности.

Лопатка — плоская кость треугольной формы, на которой различают медиальный, обращенный к позвоночнику, латеральный и верхний края. На последнем находится вырезка лопатки. В лопатке выделяют верхний, нижний и латеральный углы, а также переднюю и заднюю поверхности, клювовидный и акромиальный отростки и суставную впадину. Передняя поверхность обращена к ребрам, на ней находится углубление — подлопаточная ямка. Костный выступ на задней поверхности лопатки, называемый лопаточной остью, делит поверхность кости на два углубления — надостную и подостную ямки. Суставная впадина служит для соединения с плечевой костью.

Плечо представлено плечевой костью — длинной трубчатой костью, состоящей из диафиза (тело, которое внизу приобретает трехгранную форму) и двух эпифизов. На верхнем конце различают головку, сочленяющуюся с лопаткой. Головка имеет большой и малый бугорки, к которым прикрепляются мышцы. От каждого бугорка вниз отходит гребень, между гребнями видна межбугорковая борозда. Между бугорками располагается анатомическая шейка. Ниже бугорков плечевая кость несколько сужается и переходит в хирургическую шейку. В этом месте чаще всего бывают переломы. На диафизе имеются отверстия для прохождения кровеносных сосудов и нервов и шероховатость для прикрепления мышц. На нижнем конце кости с боков находятся шероховатые выступы. Это медиальный и латеральный надмыщелки, две суставные поверхности для соединения с локтевой и лучевой костями, венечная и локтевая ямки.

Предплечье представлено длинными трубчатыми локтевой и лучевой костями. Локтевая трехгранная кость располагается на предплечье с внутренней стороны. На ее верхнем конце имеются венечный (спереди) и локтевой (сзади) отростки, разделенные блоковидной вырезкой, и бугристость. На нижнем конце — суставная поверхность для соединения с локтевой вырезкой лучевой кости и медиально расположенный шиловидный отросток. Лучевая кость имеет на верхнем конце головку, шейку и бугристость. На нижнем конце располагается суставная поверхность для соединения с костями запястья и шиловидный отросток. Диафизы обеих костей предплечья имеют трехгранную форму, острые концы костей обращены друг к другу.

Кости **кисти** подразделяются на кости запястья, пястья и фаланги пальцев (27 костей). Костей запястья восемь, они располагаются в два ряда по четыре кости. Верхний ряд составляют ладьевидная, полулунная, трехгранная и гороховидная (сесамовидная) кости. Нижний ряд включает две трапецевидные (большую и малую), головчатую и крючковатую кости. Кости запястья образуют костный свод, который с ладонной стороны представлен углублением — бороздой запястья с поперечной связкой над него. Между связкой и костями запястья располагается канал запястья, в котором проходят сухожилия мышц. В костях запястья точки окостенения появляются только после рождения: в головчатой и крючковидной на 1-2-м году жизни, а в других — в период с 2 до 11 лет. Пястье образовано пятью пястными костями, относящимися к коротким трубчатым костям с одним эпифизом и называемыми по порядку (первая, вторая, третья, четвертая, пятая), начиная со стороны большого пальца. В каждой пястной кости различают основание, тело и головку. Кости пальцев представляют собой небольшие, лежащие друг за другом короткие трубчатые кости с одним истинным эпифизом и носящие название фаланг. Каждый палец состоит из трех фаланг: основной, или проксимальной, средней, ногтевой, или дистальной. Исключение составляет большой палец, имеющий только две фаланги — основную (проксимальную) и ногтевую (дистальную).

Соединения костей верхней конечности представлены самыми разнообразными суставами. *Грудино-ключичный сустав* образован суставной поверхностью грудинного конца ключицы и вырезкой рукоятки грудины. Это плоский многоосный сустав. В нем возможны движения поднимания и опускания лопатки и ключицы. *Акромиально-ключичный сустав* соединяет суставную поверхность акромиона и акромиальную суставную поверхность ключицы. Относится к плоским многоосным. В нем возможны движения и вращение лопатки, поднимание и опускание ее. *Плечевой сустав* образован головкой плечевой кости и уплощенной суставной впадиной лопатки. Это сустав шаровидный, многоосный. Он совершает сгибание и разгибание плеча. *Локтевой сустав* образован тремя суставами — плечелоктевым, плечелучевым и лучелоктевым. В результате образуется сложный блоковидный одноосный сустав с функцией сгибания и разгибания предплечья. Плечелоктевой сустав (блоковидный, одноосный) осуществляет сгибание и разгибание предплечья. Плечелучевой сустав (шаровидный, многоосный) выполняет вращение лучевой кости. Лучелокте-

вой сустав (цилиндрический, одноосный) осуществляет вращение лучевой кости вокруг локтевой.

Лучезапястный сустав — сложный сустав, образованный лучевой костью и проксимальной поверхностью первого ряда костей запястья. По форме суставной поверхности он эллипсоидный, сложный, двуосный. В нем происходит сгибание и разгибание кисти. *Межзапястные суставы* (плоские, многоосные) находятся между обращенными друг к другу поверхностями костей запястья. *Запястно-пястные суставы* образуются между дистальными поверхностями второго ряда костей запястья и основаниями II—V костей пястья и являются плоскими, многоосными, обеспечивающими скольжение на 5–10°. Запястно-пястный сустав большого пальца кисти (двуосный, седловидный) соединяет многоугольную кость и основание первой пястной кости. Благодаря ему двигается большой палец. *Межпястные суставы* находятся между прилегающими друг к другу поверхностями оснований II—V пястных костей, *пястно-фаланговые* — между поверхностями головок пястных и оснований проксимальных фаланг. Суставы эллипсоидные и двуосные, отвечают за сгибание и разгибание пальцев. *Межфаланговые суставы* располагаются между суставными поверхностями головок и оснований соседних фаланг. Они являются блоковидными и одноосными и обеспечивают сгибание и разгибание пальцев.

Скелет нижней конечности

Скелет нижней конечности (рис. 14) состоит из тазового пояса и скелета свободной нижней конечности.

Тазовый пояс образован двумя тазовыми костями.

Тазовая кость относится к плоским костям и выполняет функции движения (участвует в сочленениях с крестцом и бедром), защиты органов таза, опоры (перенесение всей тяжести вышележащей части тела на нижние конечности). Тазовая кость образована подвздошной, лонной (лобковой) и седалищной костями. На месте их сращения на тазовой кости имеется углубление — вертлужная впадина, в которую входит головка бедренной кости. Седалищные и лобковые кости ограничивают запирательное отверстие, затянутое соединительнотканной мембраной.

Подвздошная кость состоит из тела и крыла. Край крыла называется подвздошным гребнем и заканчивается двумя выступами — передней

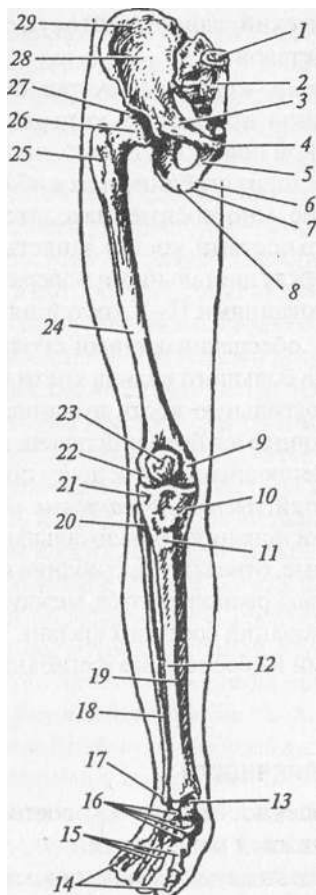


Рис. 14. Скелет нижней конечности:

1 — крестец; 2 — крестцово-подвздошный сустав; 3 — верхняя ветвь лобковой кости; 4 — симфизиальная поверхность лобковой кости; 5 — нижняя ветвь лобковой кости; 6 — ветвь седалищной кости; 7 — седалищный бугор; 8 — тело седалищной кости; 9 — медиальный надмыщелок бедренной кости; 10 — медиальный мыщелок большеберцовой кости; 11 — бугристость большеберцовой кости; 12 — тело большеберцовой кости; 13 — медиальная лодыжка; 14 — фаланги пальцев; 15 — кости плюсны; 16 — кости предплюсны; 17 — латеральная лодыжка; 18 — малоберцовая кость; 19 — передний край большеберцовой кости; 20 — головка малоберцовой кости; 21 — латеральный мыщелок большеберцовой кости; 22 — латеральный надмыщелок бедренной кости; 23 — надколенник; 24 — бедренная кость; 25 — большой вертел бедренной кости; 26 — шейка бедренной кости; 27 — головка бедренной кости; 28 — крыло подвздошной кости; 29 — подвздошный гребень

и задней верхними остями. Ниже этих выступов находятся соответственно передняя и задняя нижняя ости. Под задней подвздошной остью располагается седалищная вырезка. Вогнутая внутренняя поверхность крыла кости формирует подвздошную ямку, которая снизу ограничена дугообразной линией. На ягодичной поверхности имеется три шероховатые линии (передняя, задняя, нижняя), к которым прикрепляются ягодичные мышцы. Крестцово-тазовая поверхность несет на себе ушковидную поверхность, сочленяющуюся с одноименной поверхностью крестца.

Лонная кость состоит из тела, верхней и нижней ветвей, соединяющихся под углом. На медиальной поверхности угла располагается симфизиальная поверхность — лонный симфиз. На верхней ветви имеется лонный гребешок, который переходит в дугообразную линию подвздошной кости, образуя пограничную линию большого и малого таза. На расстоянии 1,5-2 см от симфиза гребень утолщается, образуя лонный бугорок. На границе с подвздошной костью находится подвздошно-лобковое возвышение.

Седалищная кость имеет тело, участвующее в формировании вертлужной впадины. Ветвь этой кости ограничивает запирательное отверстие и образует мощный седалищный бугор, сзади которого располагается малая седалищная вырезка.

Таз образован двумя тазовыми костями, крестцом, копчиком и их соединениями. Различают большой и малый таз. Границей между ними служат дугообразные линии подвздошных костей, лонные гребешки и основание крестца. Большой таз ограничен крыльями подвздошных костей и телом V поясничного позвонка. Малый таз образован лобковыми и седалищными костями, крестцом и копчиком. В малом тазу различают верхнее отверстие (вход), полость и нижнее отверстие (выход).

В полости малого таза находятся мочевой пузырь, прямая кишка и половые органы (у женщин — матка, маточные трубы и яичник; у мужчин — предстательная железа, семенные пузырьки, семявыносящие протоки). Женский таз шире мужского, крылья подвздошных костей у женщины более развернуты, мыс менее выступает в полость таза, крестец шире и меньше изогнут. Мужской таз более высокий и узкий, а женский — более широкий, низкий и емкий. Форма и размеры таза претерпевают значительные изменения в процессе постнатального развития под действием мышц и половых гормонов.

Тазовые кости начинают окостеневать на 3—4-м месяце внутриутробного развития, а полностью седалищная, лобковая и подвздошная кости срастаются только в 13—15 лет. Таз новорожденного имеет воронкообразную форму. После рождения седалищные бугры отодвигаются латерально, запирающее отверстие увеличивается. Малый таз принимает цилиндрическую форму и достигает 9,5 см в 12 лет. В 8—10 лет начинают проявляться половые различия таза, и к 13—14 годам он становится таким, как у взрослого.

Скелет свободной нижней конечности состоит из бедра, голени и стопы.

Бедренная кость — самая длинная трубчатая кость скелета. На верхнем ее конце имеются головка, шейка и два выступа — большой и малый вертелы. Шаровидная головка сочленяется с вертлужной впадиной тазовой кости и несет ямку для прикрепления круглой связки. Длинная шейка соединяет головку с телом кости под углом. У мужчин этот угол тупой (около 130°), у женщин — почти прямой. Сразу под шейкой латерально располагается большой вертел, у основания которого находится вертельная ямка. С медиальной стороны виден малый вертел. Оба вертела соединены спереди межвертельной линией, сзади — межвертельным гребнем. Тело бедренной кости цилиндрической формы, спереди его рельеф гладкий. На задней поверхности имеется шероховатая линия, в которой различают латеральную и медиальную губы. Вверху латеральная губа оканчивается ягодичной бугристостью, а медиальная переходит в гребенчатую линию. Внизу обе губы расходятся, образуя подколенную поверхность. На нижнем конце кости различают два больших выступа — медиальный и латеральный мыщелки, которые несут на своих боковых поверхностях одноименные надмыщелки. Между ними находится углубление, называемое межмыщелковой ямкой. Надколенник является самой крупной сесамовидной костью, имеет форму треугольника с закругленными концами. Он прилегает к нижнему концу бедренной кости и находится в сухожилии четырехглавой мышцы бедра. Верхушка надколенника обращена вниз, основание — вверх, суставная поверхность, покрытая хрящом, — назад.

Голень состоит из большеберцовой и малоберцовой костей, относящихся к длинным трубчатым костям.

Большеберцовая кость толще малоберцовой, располагается на голени с внутренней стороны и является единственной костью из костей голени, соединяющейся с бедренной костью. На верхнем эпифизе

различают медиальный и латеральный мыщелки, несущие вогнутые суставные поверхности, разделенные межмыщелковым возвышением. На латеральной поверхности мыщелка располагается малоберцовая суставная поверхность. Тело кости трехгранное по форме, острый передний край возле верхнего эпифиза переходит в выраженную бугристость большеберцовой кости. Здесь прикрепляется четырехглавая мышца бедра. Бугристость отделяет медиальную поверхность от латеральной. Дистальный эпифиз четырехугольной формы, несет на себе нижнюю суставную поверхность для сочленения с таранной костью стопы. На его латеральной стороне имеется малоберцовая вырезка для соединения с малоберцовой костью. Медиальный конец оттянут книзу и образует медиальную лодыжку.

Малоберцовая кость имеет на верхнем эпифизе суставную поверхность для соединения с верхним эпифизом большеберцовой кости и заканчивается заостренной верхушкой. Посредством шейки головка переходит в тело трехгранной формы, которое заканчивается утолщенной латеральной лодыжкой. Нижняя суставная поверхность большеберцовой кости и суставные поверхности лодыжек образуют вилку, которая охватывает блок таранной кости сверху и с боков.

Кости **стопы** подразделяются на предплюсну, плюсну и пальцы. Кости *предплюсны* испытывают большую нагрузку, поэтому они массивные и прочные. Это семь коротких губчатых костей, расположенных в два ряда. В проксимальном (заднем) ряду находятся пяточная и надпяточная (таранная) кости, в дистальном (переднем) латерально располагается кубовидная кость, медиально — ладьевидная, впереди нее — три клиновидные (медиальная, промежуточная и латеральная). Таранная кость состоит из тела, шейки и головки. На верхней поверхности тела располагается блок с тремя суставными поверхностями, сочленяющимися с соответствующими поверхностями костей голени. На нижней поверхности кости находятся три пяточные суставные поверхности. Головка имеет овальную форму и соединяется с ладьевидной костью. Пяточная кость сочленяется с таранной костью сверху и кубовидной — спереди и несет на себе соответствующие суставные поверхности. Кзади пяточная кость заканчивается мощным пяточным бугром. Ладьевидная кость лежит медиально. Проксимальная суставная поверхность сочленяется с головкой таранной кости, дистальная несет на себе плоские суставные поверхности для соединения с клиновидными костями. На медиальной поверхности находится бугристость. Три клиновидные кости лежат впереди от ладьевидной

кости, занимают медиальную часть предплюсны и соединяются с основаниями плюсневых костей. Медиальная клиновидная кость (наиболее крупная) соединяется с первой плюсневой костью, промежуточная — со второй, латеральная — с третьей. Кубовидная кость занимает латеральный край предплюсны, лежит между пяточной и четвертой и пятой плюсневыми костями, с которыми сочленяется. На подошвенной поверхности располагается ее бугристость.

Плюсна представлена пятью короткими трубчатыми костями, имеющими основание, тело и головку. Первая наиболее короткая и толстая, вторая — самая длинная. Тела костей выпуклые в сторону тыла стопы, форма их призматическая. Своими основаниями кости плюсны сочленяются с клиновидными и кубовидной костями, а головки — с основаниями соответствующих проксимальных фаланг.

Скелет *пальцев стопы* образован фалангами, которые короче фаланг пальцев кисти. Пальцы стопы состоят из трех фаланг, за исключением первого пальца, имеющего две фаланги. В каждой кости различают основание, тело и головку. Дистальные фаланги имеют бугристость.

Стопа выполняет строго специализированную функцию передвижения и опоры, чем и обусловлено ее строение по типу прочной и упругой сводчатой арки с короткими пальцами. Основными особенностями стопы являются наличие свода, прочность, укрепление медиального края, укорочение пальцев, укрепление и приведение I пальца, который не противостоит остальным, и расширение его дистальной фаланги.

Соединение костей нижней конечности представлено различными видами суставов. *Крестцово-подвздошный сустав* образуется между ушковидными поверхностями подвздошной кости и крестца. Он плоский, многоосный, движение в нем отсутствует. *Тазобедренный сустав* возникает между вертлужной впадиной тазовой кости и головкой бедренной кости. По форме он шаровидный, многоосный, осуществляет сгибание, разгибание и вращение нижней конечности. *Коленный сустав* сложный, комплексный, двуосный. Образуют его бедренная, большеберцовые кости и надколенник. В нем возможны сгибание, разгибание и вращательные движения. Между суставными поверхностями большеберцовой и малоберцовой костей образуется многоосный малоподвижный *межберцовый сустав*. *Голенистоопный сустав* сложный, одноосный, блоковидный по функции, образован суставными поверхностями большеберцовой кости и блоком таранной кости, осуществляет тыльное и подошвенное сгибание. Цилиндрические, шаровидные,

плоские *межплюсневые суставы* возникают между костями плюсны. Суставные поверхности трех клиновидных и одной шаровидной костей участвуют в образовании плоских и малоподвижных *предплюсневых суставов*. Блоковидные, одноосные *межфаланговые суставы* располагаются между суставными поверхностями головок и оснований соседних фаланг. Эти суставы осуществляют движение II—V пальцев. Суставы верхней и нижней конечностей закладываются на 6-й неделе эмбрионального развития.

Возрастные особенности скелета конечностей

Кости конечностей (кроме ключицы), как и весь скелет, в онтогенезе проходят три стадии. У новорожденных эпифизы хрящевые, их окостенение заканчивается в течение 5-10 лет. Сращение эпифизов с диафизами происходит после 15—18 лет, причем у девочек на 1—2 года раньше, чем у мальчиков. Процесс окостенения в костях конечностей начинается в различные сроки и имеет неодинаковую продолжительность. В ключице он начинается на 6-й неделе эмбрионального развития и к моменту рождения полностью заканчивается. Предплюсна окостеневает с 3 месяцев до 5 лет. У человека наблюдается укорочение верхней конечности по сравнению с нижней. Так, отношение длин плечевой и лучевой костей к длинам бедренной и большеберцовой костей человека составляет 0,64—0,74. У новорожденных нижние конечности растут быстрее верхних. У мальчиков наиболее интенсивный рост наблюдается в 12-15 лет, у девочек — в 13-14 лет.

Череп

Скелет головы, или череп, служитместилищем головного мозга и некоторых органов чувств, а также окружает начальную часть пищеварительного и дыхательного трактов. Череп состоит из 22 костей, которые подразделяются на две группы: 8 собственно костей черепа и 14 костей лица, образующих различные его структуры (рис. 15). Череп делится на мозговую, в котором различают свод и основание, и висцеральный, или лицевой. В состав мозгового черепа входят непарные (затылочная, клиновидная, лобная, решетчатая) и парные (височные и теменные) кости. Лицевой череп также образован парными (верхняя челюсть, нижние носовые раковины, нёбные, скуловые, носовые, слезные) и непарными (сошник, нижняя челюсть и подъязычная кость) костями. Кости черепа имеют различную форму. Некоторые из них содержат внутри полости, заполненные воздухом (верхняя

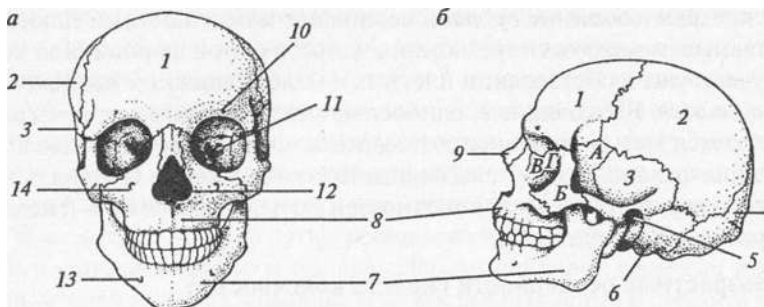


Рис. 15. Вид черепа спереди (а) и сбоку (б):

1 — лобная кость; 2 — теменная кость; 3 — височная кость; 4 — затылочная кость; 5 — наружный слуховой проход; 6 — сосцевидный отросток; 7 — нижняя челюсть; 8 — верхняя челюсть; 9 — носовая кость; 10 — надглазничное отверстие; 11 — глазница; 12 — полость носа; 13 — подбородочное отверстие; 14 — подглазничное отверстие; А — клиновидная кость; Б — скуловая кость; В — слезная кость; Г — решетчатая кость

челюсть, решетчатая, лобная, клиновидная и височная кости). Такие полости называются *воздухоносными пазухами*, или *синусами*. Они сообщаются с носовой полостью, за исключением воздухоносных полостей височной кости, сообщающихся с носоглоткой. В связи с сильным развитием мозга свод черепа у человека очень выпуклый и закругленный. Объем черепной коробки составляет около 1500 см³.

Лобная кость непарная, участвует в образовании свода черепа. Состоит из вертикального (чешуи) и горизонтального отделов. Последний относится к органам чувств и разделяется на парную (глазничную) и непарную (носовую) части. В результате в лобной кости различают лобную чешую, глазничные и носовую части.

Лобная чешуя, как всякая покровная кость, имеет вид пластинки, выпуклой снаружи и вогнутой внутри. Она окостеневает из двух точек окостенения, заметных даже у взрослого человека в виде двух лобных бугров. Нижний край чешуи носит название надглазничного. На границе между внутренней и средней третью этого края имеется надглазничная вырезка, место прохождения одноименных артерий и нерва. Выше надглазничного края располагаются возвышения в виде надбровных дуг, которые по средней линии переходят в площадку — глабеллу. Наружный конец надглазничного края вытягивается в скуловой отросток. От этого отростка кверху идет хорошо заметная височная линия, ограничивающая височную поверхность чешуи. На внутренней поверхности по средней линии проходит борозда, которая внизу

переходит в лобный гребень. Твердая мозговая оболочка прикрепляется к гребню, а паутинная оболочка — около средней линии.

Глазничные части представляют собой горизонтальные пластинки, которые своей нижней вогнутой частью обращены в глазницу, верхней — в полость черепа, а задним краем соединяются с клиновидной костью. На верхней поверхности пластинки имеются следы мозга. Нижняя поверхность образует верхнюю стенку глазницы и несет на себе следы вспомогательных образований глаза. У скулового отростка есть ямка слезной железы. Около надглазничной вырезки находится шип для прикрепления мышц глаза.

Носовая часть занимает переднюю часть решетчатой вырезки по средней линии. Здесь заметен гребешок, который заканчивается острым отростком, участвующим в образовании носовой перегородки. По сторонам гребешка находятся ямки, служащие стенкой для решетчатой кости. Кпереди от них имеется отверстие, ведущее в лобную пазуху.

Решетчатая кость непарная, располагается центрально между костями лица, соприкасаясь с большинством из них. Участвует в образовании носа и глазниц. Она построена из тонких костных пластинок, окружающих воздухоносные полости. Костные пластинки располагаются в виде буквы Т, у которой вертикальную линию составляет перпендикулярная пластинка, а горизонтальную — решетчатая пластинка. От последней по сторонам свисают решетчатые лабиринты. *Решетчатая пластинка* имеет прямоугольную форму и пронизана, как решето, мелкими отверстиями, через которые проходят веточки обонятельного нерва (около 30). По ее средней линии возвышается петушиный гребень, являющийся местом прикрепления твердой оболочки головного мозга. *Перпендикулярная пластинка* является частью носовой перегородки. Решетчатые лабиринты представляют собой парный комплекс костных воздухоносных ячеек, прикрытых снаружи тонкой глазничной пластинкой, которая образует медиальную стенку глазницы. Эта пластинка верхним краем соединяется с глазничной частью лобной кости, спереди — со слезной косточкой, сзади — с небной костью, снизу — с верхней челюстью. На медиальной стороне лабиринтов располагаются две (иногда три) носовые раковины. Они похожи на изогнутые костные пластинки, благодаря чему поверхность слизистой оболочки носа, покрывающей их, увеличивается.

Теменная кость парная, образует среднюю часть свода черепа. Это типичная покровная кость, выполняющая защитную функцию. В связи с этим она имеет сравнительно простое строение в виде четы-

реугольной пластинки, выпуклой снаружи и вогнутой изнутри. Четыре ее края служат для соединения с соседними костями: передний — с лобной, задний — с затылочной, медиальный — с одноименной костью, латеральный — с чешуей височной кости. Первые три края зазубрены, а последний приспособлен для образования чешуйчатого шва. Рельеф теменной кости обусловлен прикреплением мышц и фасций. В центре ее выступает теменной бугор, ниже которого идут изогнутые височные линии для прикрепления височной фасции и мышцы. Рельеф внутренней вогнутой поверхности обусловлен прилеганием мозга и прикреплением твердой мозговой оболочки. Сосуды оболочки как бы отпечатались в виде ветвящихся бороздок почти на всей внутренней поверхности.

Затылочная кость непарная, образует заднюю и нижнюю стенки черепной коробки, участвуя одновременно в образовании свода и основания черепа. Состоит из базилярной части, боковых латеральных частей и затылочной чешуи. *Затылочная чешуя* является покровной костью, выпуклой снаружи и вогнутой изнутри. Наружный рельеф обусловлен прикреплением мышц и связок. В центре наружной поверхности находится затылочный выступ. Сбоку от него на каждой стороне просматривается изогнутая линия, называемая верхней выйной линией. Немного выше встречается менее заметная наивысшая выйная линия. От затылочного выступа вниз до заднего края большого затылочного отверстия по средней линии идет наружный затылочный гребень. От середины гребня в стороны расходятся нижние выйные линии. Рельеф внутренней поверхности обусловлен формой мозга и прикреплением его оболочек, вследствие чего эта поверхность разделяется двумя перекрещивающимися под прямым углом гребнями на четыре ямки. Они образуют крестообразное возвышение, а место их перекреста представляет собой внутренний затылочный выступ. Нижняя половина продольного гребня более острая, верхняя и обе половины поперечного снабжены хорошо выраженными бороздами.

Каждая из *латеральных частей* участвует в соединении черепа с позвоночным столбом, поэтому на своей нижней поверхности несет затылочный мыщелок — для сочленения с атлантом. Посередине этого места сквозь кость проходит подъязычный канал.

Базилярная часть срастается с клиновидной костью, образуя единую кость в центре основания черепа. На ее верхней поверхности лежит слившийся из двух частей скат, на котором располагается про-

долговатый мозг и мост мозга. На нижней поверхности выступает глоточный бугорок.

Клиновидная (основная) кость непарная, напоминает летящее насекомое. К моменту рождения состоит из трех частей, которые срастаются в одну к концу первого года жизни. В ней различают тело, большие и малые крылья и крыловидные отростки.

Тело имеет на своей поверхности углубление — турецкое седло, на дне которого находится ямка для гипофиза. Здесь видны зрительные каналы, через которые проходят зрительные нервы из глазниц в полость черепа. Сзади турецкое седло ограничивается костной пластинкой — спинкой седла. На боковой поверхности тела находится изогнутая сонная борозда, где проходит внутренняя сонная артерия. На передней поверхности тела клиновидной кости, которая образует заднюю стенку носовой полости, виден гребень, внизу входящий между крыльями сошника. Он соединяется спереди с перпендикулярной пластинкой решетчатой кости. По сторонам от гребня видны неправильной формы отверстия, ведущие в воздухоносную пазуху. Эта пазуха помещается в теле клиновидной кости и разделяется перегородкой на две половины. Посредством этих отверстий пазуха сообщается с носовой полостью.

Малые крылья клиновидной кости представляют собой две плоские треугольные пластинки, которые двумя корнями отходят вперед и латерально от переднего края тела. Между корнями малых крыльев и проходят упомянутые зрительные каналы. Между малыми и большими крыльями находится верхняя глазничная щель, ведущая из полости черепа в полость глазницы.

Большие крылья отходят от боковых поверхностей тела латерально и вверх. На крыльях около тела находится круглое отверстие. Сзади большое крыло в виде острого угла вдается между чешуей и пирамидой височной кости. Здесь имеется остистое отверстие, кпереди от него располагается овальное. Большие крылья имеют мозговую, глазничную, височную, верхнечелюстную поверхности. Височная поверхность разделена на височную и крыловидную части посредством подвисочного гребня.

Крыловидные отростки отходят от места соединения больших крыльев с телом клиновидной кости вертикально вниз. Основание их имеет отверстия для черепных нервов. Каждый отросток состоит из медиальной и латеральной пластинок, между которыми сзади образуется ямка. Медиальная пластинка заканчивается крючком, через

который перекидывается сухожилие начинающейся на ней мышцы мягкого нёба.

Височная кость парная, образует часть боковой стенки основания черепа, а также содержит в себе органы слуха и гравитации. Состоит из чешуйчатой, барабанной и каменистой частей.

Чешуйчатая часть участвует в образовании боковых стенок черепа. Это вертикальная пластинка с закругленным краем, которая накладывается на соответствующий край теменной кости. На мозговой поверхности заметны пальцевые вдавления. Наружная поверхность гладкая, участвует в образовании височной ямки. От нее отходит скуловой отросток, который идет вперед на соединение со скуловой костью. У своего начала скуловой отросток имеет передний и задний корни, между которыми находится ямка для сочленения с нижней челюстью. На нижней поверхности переднего корня помещается суставной бугорок, препятствующий вывиху головки нижней челюсти вперед при значительном открывании рта.

Барабанная часть образует большую часть наружного слухового прохода и имеет вид резко изогнутой пластинки.

Каменистая часть, или *пирамида*, названа так благодаря прочности вещества, поскольку эта кость участвует в образовании основания черепа и является костнымместилищем органов слуха и гравитации. Пирамида височной кости имеет переднюю, заднюю и нижнюю поверхности. На передней поверхности заметно вдавление от узла тройничного нерва. Кнаружи от него находятся две тонкие медиальные и латеральные бороздки, ведущие к двум одноименным отверстиям. Кнаружи от них располагается дугообразное возвышение, образованное в результате развития лабиринта. На середине задней поверхности пирамиды находится внутреннее слуховое отверстие, которое ведет во внутренний слуховой проход. Здесь лежат лицевой и слуховой нервы, а также артерии и вены лабиринта. От нижней поверхности пирамиды отходит шиловидный отросток. Между шиловидным и сосцевидным отростками находится шилососцевидное отверстие. Медиально от него расположена глубокая яремная ямка. Книзу она вытягивается в сосцевидный отросток. К нему прикрепляется грудино-ключично-сосцевидная мышца, которая поддерживает голову в вертикальном положении и развивается только у человека в связи с прямохождением.

Верхняя челюсть является парной костью и состоит из тела и четырех отростков.

Тело содержит большую воздухоносную (гайморову) пазуху, которая широким отверстием открывается в носовую полость. На теле различают четыре поверхности. Передняя поверхность вогнута, внизу переходит в альвеолярный отросток, где есть ряд возвышений, соответствующих корням зубов. Возвышение, соответствующее клыку, наиболее развито. Над ним находится клыковая ямка. Вверху передняя поверхность верхней челюсти отграничивается от глазничной поверхности подглазничным краем. Под ним располагается подглазничное отверстие, через которое выходят глазничные нервы и артерии. Медиальной границей передней поверхности служит носовая вырезка. Подвисочная поверхность отделена от передней скуловым отростком и несет на себе бугор верхней челюсти. Носовая поверхность имеет гребень для нижней носовой раковины. На ней располагается слезная борозда, которая вместе со слезной косточкой и нижней раковиной превращается в носослезный канал, сообщающий глазницу с нижним носовым ходом. Глазничная поверхность гладкая и плоская и имеет треугольную форму. На медиальном крае располагается слезная вырезка. Около заднего края начинается подглазничная борозда.

Верхняя челюсть имеет лобный, альвеолярный, нёбный и скуловой отростки. *Лобный отросток* поднимается кверху и соединяется с лобной костью. *Альвеолярный отросток* на нижнем крае имеет зубные ячейки для восьми верхних зубов, разделенные перегородками. *Нёбный отросток* образует большую часть твердого нёба и соединяется с парным отростком противоположной стороны срединным швом. Вдоль срединного шва на верхней, обращенной в полость носа поверхности проходит носовой гребень. На верхней поверхности располагается резцовый канал. *Скуловой отросток* соединяется со скуловой костью и образует толстую подпору, через которую передается на скуловую кость давление при жевании.

Скуловая кость парная, самая прочная из лицевых костей. Смыкает собой скуловые отростки лобной, височной и верхнечелюстной костей, способствуя этим укреплению костей лица по отношению к черепу. Она представляет собой также обширную поверхность для начала жевательной мышцы. Скуловая кость имеет три поверхности (боковую, заднюю и глазничную) и два отростка. Латеральный отросток соединяется со скуловым отростком височной кости, образуя скуловую дугу, где начинается жевательная мышца.

Носовая кость прилегает к своей паре и образует спинку носа у его корня.

Слезная кость парная, представляет собой тонкую пластинку, входящую в состав медиальной стенки глазницы. На ее латеральной поверхности имеется слезный гребень. Кпереди от него проходит слезная борозда, которая вместе с бороздой на верхней челюсти образует ямку слезного мешка.

Нёбная кость парная, участвует в формировании полости носа, рта, глазниц и крыловидно-нёбной ямки. Состоит из двух пластинок, соединенных между собой под прямым углом. Горизонтальная пластинка образует твердое нёбо. На ее нижней поверхности имеется большое нёбное отверстие, через которое входят нёбные сосуды и нервы. Перпендикулярная пластинка на медиальной поверхности имеет два гребня для двух носовых раковин и три отростка.

Нижняя раковина — парная кость, представляет собой тонкую изогнутую костную пластинку, расположенную на боковой стенке полости носа, отделяет средний носовой ход от нижнего.

Сошник — непарная кость, имеет форму неправильной четырехугольной пластинки, участвует в образовании перегородки носа. Задний край его свободен и разделяет задние отверстия полости носа (хоаны), через которые носовая полость сообщается с носовой частью глотки.

Нижняя челюсть — непарная, подвижная кость черепа, имеющая подковообразную форму, что обусловлено ее функцией и развитием. Она состоит из горизонтальной части — тела, несущего на себе зубы, и вертикальной части — в виде двух ветвей, служащих для образования височно-нижнечелюстного сустава и прикрепления жевательной мускулатуры. Обе части сходятся под углом, к которому на наружной поверхности прикрепляется жевательная мышца. Рельеф тела нижней челюсти зависит от наличия зубов. Верхняя часть тела несет зубные альвеолы с перегородками, соответствующими наружным альвеолярным возвышениям. Закругленный нижний край тела массивный, образует основание тела нижней челюсти. По средней линии тела гребешок симфиза переходит в подбородочное возвышение треугольной формы. По бокам от него заметны подбородочные бугорки. На латеральной поверхности на уровне между 1-м и 2-м малыми коренными зубами находится подбородочное отверстие, представляющее собой выход канала нижней челюсти. Назад и кверху от подбородочных бугорков тянется косая линия. На внутренней поверхности в области

симфиза выступают две подбородочные ости для сухожильного прикрепления мышц языка. Ветви челюсти отходят с каждой стороны от задней части тела кверху. На внутренней поверхности заметно отверстие нижней челюсти. Внутренний край отверстия выступает в виде язычка нижней челюсти. Вверху ветвь нижней челюсти оканчивается двумя отростками. Передний (венечный) образуется под влиянием сильной тяги височной мышцы. Задний (мышцелковый) участвует в сочленении нижней челюсти с височной костью. Между обоими отростками находится вырезка. Мыщелковый отросток имеет головку и шейку. Спереди на шейке располагается ямка.

Подъязычная кость непарная, имеет форму подковы и состоит из тела, больших и малых рогов. Она лежит между нижней челюстью и гортанью (у основания языка), являясь местом прикрепления многих мышц шеи. Подъязычная кость подвешивается к основанию черепа с помощью двух длинных фиброзных тяжей.

Соединения между костями черепа представлены главным образом синдесмозами: швы на черепе взрослых и межкостные перепонки (роднички) на черепе новорожденных. Важнейшими швами черепа являются венечный (между лобной и теменной костями), стреловидный (между двумя теменными костями), ламбдовидный (между теменными и затылочными костями). У пожилых людей швы обычно окостеневают. Единственный диартроз на черепе представлен соединением нижней челюсти с височными костями посредством комбинированного височно-нижнечелюстного сустава. Он относится к мышцелковым соединениям, но благодаря внутрисуставному диску в нем возможны движения в трех направлениях.

На наружной поверхности черепа находятся глазницы, грушевидное отверстие, височная, подвисочная и крыловидно-нёбная ямки. *Глазницы* имеют вид отверстия закругленной четырехсторонней пирамиды. *Грушевидное отверстие* расположено ниже и частично между глазницами. На нижнем его крае по средней линии выступает носовая ость, которая сзади продолжается в костную перегородку носа. *Височная ямка* ограничена височной линией и скуловой костью и выполнена височной мышцей. *Подвисочная ямка* является продолжением височной ямки и отделяется большим крылом клиновидной кости. *Крыловидно-нёбная ямка* располагается между верхней челюстью спереди и крыловидным отростком сзади.

Верхнюю часть мозгового черепа называют крышей, нижнюю — основанием черепа.

Основание черепа складывается из нижних поверхностей как лицевого, так и мозгового черепа. Оно может быть разделено на три отдела: передний, средний и задний. Передний состоит из твердого нёба и альвеолярной дуги верхней челюсти. Средний отдел простирается от заднего края твердого нёба до переднего края большого затылочного отверстия. В заднем отделе основания черепа находится яремное отверстие. Внутренняя поверхность основания черепа разделяется на три ямки. В передней и средней помещается большой мозг, а в задней — мозжечок. Передняя черепная ямка образуется глазничной частью лобной кости, решетчатой пластинкой решетчатой кости и малыми крыльями клиновидной кости. Средняя черепная ямка лежит глубже передней. Центральная ее часть образована турецким седлом. Задняя ямка самая глубокая и объемистая. В ее состав входит затылочная кость, задние части тела клиновидной кости, височная кость и угол теменной кости.

В образовании *крыши мозга* участвуют чешуйчатая часть лобной кости, частично чешуйчатая часть височной кости, большое крыло клиновидной кости.

Возрастные особенности черепа

Череп человека в онтогенезе проходит соединительнотканную, хрящевую, костную стадии развития. Переход второй стадии в третью, т.е. формирование вторичных костей на фоне хряща, длится в течение всей жизни. Даже у взрослого человека сохраняются остатки хрящевой ткани между костями в виде их хрящевых соединений. Свод черепа развивается непосредственно из перепончатого черепа, минуя стадию хряща. Переход соединительной ткани в костную также происходит в течение всей жизни человека. Остатки неокостеневшей соединительной ткани сохраняются между костями черепа в виде родничков у новорожденных (рис. 16) и швов у взрослых.

Родничков у новорожденного шесть: передний, задний, два клиновидных и два сосцевидных. Передний, или лобный, самый крупный, расположен между лобной и теменными костями в месте схождения стреловидного шва с венечным и имеет форму ромба. Задний, или затылочный, родничок находится между затылочной и теменными костями. Клиновидный родничок виден в месте схождения лобной, теменной и большого крыла клиновидной кости. Сосцевидный родничок располагается между затылочной, теменной и сосцевидным отростком височной кости. Благодаря наличию родничков череп

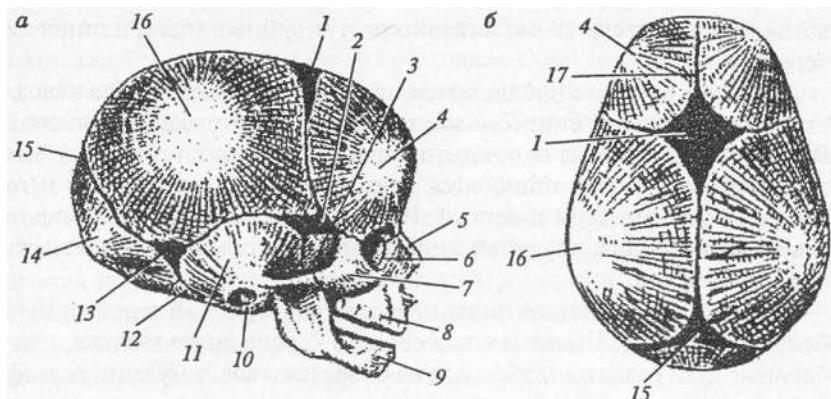


Рис. 16. Череп новорожденного:

а — вид сбоку; *б* — вид сверху; 1 — передний родничок; 2 — клиновидный родничок; 3 — большое крыло клиновидной кости; 4 — лобный бугор; 5 — носовая кость; 6 — слезная кость; 7 — скуловая кость; 8 — верхняя челюсть; 9 — нижняя челюсть; 10 — барабанное кольцо височной кости; 11 — чешуйчатая часть височной кости; 12 — латеральная часть затылочной кости; 13 — сосцевидный родничок; 14 — затылочная чешуя; 15 — задний родничок; 16 — теменной бугор; 17 — лобный шов

может менять свою форму во время прохождения головки плода через родовые пути матери во время родов. Роднички зарастают после рождения: задний — на 2-м месяце, клиновидные и сосцевидные — на 2—3-м месяце, лобный — к 1,5 года.

Объем мозгового черепа новорожденного в среднем 350—375 см³, к 6 месяцам он становится в 2 раза больше, к 2 годам — в 3 раза, а у взрослого человека — в 4 раза больше. Соотношение мозгового и лицевого черепа у ребенка не такое, как у взрослого, поэтому лицо ребенка короткое и широкое. У новорожденного лицевой отдел черепа развит меньше по сравнению с мозговым. Воздухоносные пазухи костей черепа не развиты. Зубы отсутствуют. Вследствие слабого развития мускулатуры еще не функционируют различные мышечные бугры, слабо выражены гребни и линии. По этой причине развиты слабо и челюсти, альвеолярные края отсутствуют, нижняя челюсть состоит из двух несросшихся частей. В возрасте от года до трех лет вследствие перехода к прямохождению активно растет затылочный отдел. На 3-м году жизни в связи с формированием жевательных мышц усиливается рост лицевого черепа. До 7 лет весь череп растет равномерно, с 7 до 13 лет отмечается медленный рост за счет мозго-

вого отдела, а после 13 лет активно растут лобный отдел и лицевой череп.

В зрелом возрасте наблюдается окостенение швов черепа вследствие превращения синдесмозов между костями свода в синостоз. В старости происходит окостенение швов и уменьшается слой губчатого вещества. Кости становятся тоньше и легче, в результате чего и череп более хрупкий и легкий. Из-за выпадения зубов и атрофии альвеолярного края челюстей лицо укорачивается, нижняя челюсть выдается вперед.

Для черепа характерны половые различия. Мужской череп на 10 % больше женского. Поверхность женского черепа более гладкая, надбровные дуги развиты слабее, а темя более плоское, у мужчин рельеф выраженнее в связи с большим развитием прикрепленных к нему мышц. Лицевой череп у лиц мужского пола растет в длину сильнее, чем женского. До периода полового созревания различий в черепе мальчиков и девочек почти нет, а затем лицо у мужчин вытягивается, а у женщин остается округлым. У женщин более развит мозговой череп, у мужчин — лицевой.

Швы между костями черепа начинают зарастать после 20—30 лет, причем у мужчин раньше, чем у женщин. Сагиттальный шов зарастает в 32-53 года, венечный — в 24-41 год, ламбдовидный — в 26-42 года, затылочный — в 30—81 год. Чешуйчатый шов вообще не окостеневает.

2.4. Развитие скелета в онтогенезе

Для младенческого периода характерны наибольшие скорость роста тела в длину и темп нарастания массы. Рост увеличивается на 50 %, а масса тела утраивается. В дальнейшем до пубертатного периода таких темпов роста не наблюдается. Ежегодная прибавка массы тела составляет 1,5-2,0 кг, роста — 4-5 см. В первый год жизни отмечается наиболее высокий темп роста костей черепа. Начиная со второго года скорость роста ребенка быстро снижается. Ростовые процессы сменяются клеточными дифференцировками. Пропорции тела продолжают изменяться, уменьшается относительный размер головы. После 3 лет голова мало увеличивается в размере, причем рост происходит главным образом за счет утолщения костной ткани. Скорость роста позвоночника тоже снижается, но в нем продолжают формироваться кифозы и лордозы. Рост костей происходит не так эффективно, как в первый год жизни.

После 3 лет интенсивность роста еще больше снижается. Ребенок вытягивается, пропорции тела продолжают меняться, туловище становится более узким. В 4—5 лет начинают проявляться слабо выраженные половые различия. В возрасте 5-7 лет имеет место полуростовой скачок — увеличение скорости роста тела в длину. В это время конечности растут быстрее, чем туловище. После завершения полуростового скачка и до пубертатного периода темпы роста длины и массы тела самые низкие. В это время ребенок вытягивается, уменьшается количество подкожного жира. Пропорции тела ребенка уже приближаются к пропорциям взрослого, хотя ноги у него короче. Абсолютные размеры черепа соответствуют таковым взрослого. В позвоночнике завершается формирование изгибов.

Начало пубертатного периода можно заметить по изменениям темпов роста и пропорций тела — в это время ускоряется рост конечностей в длину. Вначале увеличивается длина рук, затем ног, и на смену детскому телосложению с пропорционально развитым туловищем и конечностями приходит подростковый, голенастый тип. Этот период сменяется пубертатным скачком роста. Темпы роста конечностей замедляются, а туловища — ускоряются. Именно в это время отмечается наиболее высокая скорость роста массы и длины тела. Рост костей в длину становится преобладающим, вследствие отставания развития мышц и жирового компонента создается впечатление, что подросток худеет. После завершения пубертатного скачка роста формируется тип телосложения. Рост конечностей и туловища замедляется, увеличиваются широтные размеры туловища (у мальчиков — плечевого пояса, у девочек — тазового). На завершающих этапах полового созревания, к началу юношеского возраста, заканчивается формирование типа телосложения, однако продолжает меняться соотношение различных частей тела, что обусловлено изменениями гормонального фона.

СТРОЕНИЕ, ФУНКЦИИ И ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ МЫШЦ

Мышцы представляют активную часть двигательного аппарата. Скелетные мышцы удерживают тело в вертикальном положении, перемещают его в пространстве; осуществляют дыхательные и глотательные движения, формируют мимику; образуют стенки ротовой, грудной, брюшной и тазовой полостей, а также стенки полых внутренних органов, изменяют положение глазного яблока и слуховых косточек в барабанной полости среднего уха. Сокращение скелетных мышц способствует крово- и лимфообращению, влияет на развитие и форму костей.

3.1. Строение мышцы

Мышца состоит из пучков поперечнополосатой мышечной ткани. Эти мышечные волокна, идущие параллельно друг другу, связываются рыхлой соединительной тканью в пучки 1-го порядка. Несколько таких первичных пучков соединяются, образуя пучки 2-го порядка, и т.д. В целом мышечные пучки всех порядков объединяются соединительнотканной оболочкой и составляют мышечное брюшко. Соединительнотканые прослойки, имеющиеся между мышечными пучками, по концам мышечного брюшка переходят в сухожильную часть мышцы. В мышце различают брюшко и сухожилие. Брюшко является активно сокращающейся частью. Сухожилие представляет собой пассивную часть, при помощи которой мышца прикрепляется к костям. Состоит оно из плотной соединительной ткани и имеет блестящий светло-золотистый цвет в отличие от красно-бурого цвета брюшка мышцы. Сухожилие находится по обоим концам мышцы. В нем меньше кровеносных сосудов, в связи с чем наблюдается более низкий уровень обмена веществ. Если же сухожилие короткое, то мышца начинается от кости или прикрепляется к ней брюшком и называется сидячей. Некоторые сухожилия соединяют мышцы друг с другом. Сухожилия лица соединяют мимические мышцы, придавая ему опреде-

ленное выражение. Большинство сухожилий отходят от головки мышцы в виде белых тяжей. Коллагеновые сухожильные волокна называются шарпеевыми, или прободающими, волокнами. Они крепко удерживают сухожилие на кости, проникают в надкостницу и прикрепляются к компактному слою кости. Длинные сухожилия кисти или стопы окружены влагалищем, в котором находится маслянистая синовиальная жидкость. Она смазывает сухожилия, облегчая скольжение, когда мышцы предплечья или голени тянут пальцы кисти или стопы. Некоторые сухожилия, называемые апоневрозами, имеют плоскую форму. Апоневрозы соединяют не только мышцы с костями, но и мышцы друг с другом.

3.2. Классификация мышц

В человеческом организме более 400 скелетных мышц, общая их масса у взрослого человека составляет около $2/5$ массы тела. Иногда мышцы могут достигать 50 % массы тела, это зависит от возраста, пола и уровня физического развития. Мышцы имеют различную форму, строение, функции, развитие.

По *форме* различают длинные, короткие, широкие и другие мышцы (рис. 17). *Длинные* мышцы соответствуют длинным рычагам движения и встречаются в большинстве случаев на конечностях. Эти

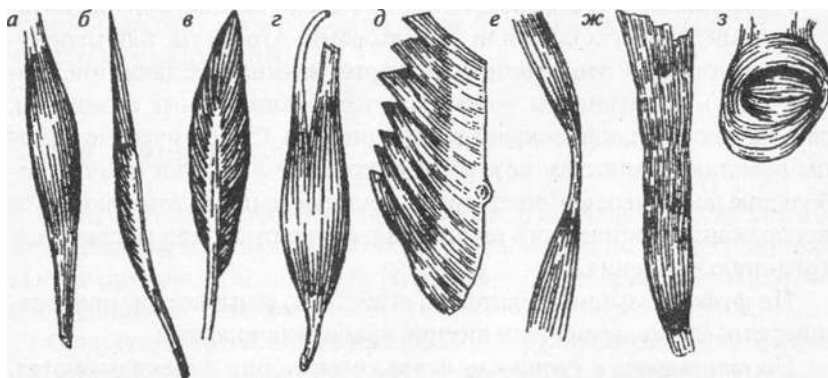


Рис. 17. Форма мышц:

а — веретенообразная; б — одноперистая; в — двуперистая; г — двуглавая; д — широкая; е — двубрюшная; ж — лентовидная; з — сжиматель (сфинктер)

мышцы веретенообразной формы, в них различают головку (начало мышцы), брюшко (средняя часть) и хвост. Сухожилия длинных мышц имеют вид длинных узких лент. Некоторые длинные мышцы начинаются несколькими головками на различных костях, что усиливает их опору, т.е. они бывают двуглавыми, трехглавыми и четырехглавыми. *Широкие* мышцы располагаются на туловище и имеют расширенное сухожилие. Встречаются и другие формы мышц: квадратная, треугольная, пирамидальная, круглая, дельтовидная, зубчатая, камбаловидная и др.

По *направлению волокон* различают мышцы с прямым, круговым и косым расположением. В первом случае пучки волокон расположены параллельно длинной оси мышцы. Они могут быть веретенообразными с объемным брюшком (двуглавая мышца бедра) или плоскими и длинными (портняжная мышца). Перистые мышцы имеют пучки волокон, идущие наискось к сухожилию, проходящему вдоль центра мышцы. Такие мышцы могут быть одноперистыми (пучки мышечных волокон присоединены к одной стороне сухожилия — разгибатель пальцев стопы), двуперистыми (пучки присоединены к обеим сторонам сухожилия наподобие пера — прямая мышца бедра) или многоперистыми (имеют большое количество двуперистых соединений — дельтовидная мышца плеча). Круговые мышцы, или сфинктеры, имеют концентрические круги пучков и контролируют состояние отверстия тела (круговая мышца рта или глаза).

По *выполняемому действию* мышцы бывают агонистами или антагонистами, синергистами или фиксаторами. Агонисты, или первичные двигатели, — это мышцы, в которых начинается движение (сокращение). Антагонисты — мышцы, противоположные агонистам; расслабляются, когда сокращаются агонисты. Синергические мышцы помогают агонистам контролировать движение, они обычно небольшие по размерам. Фиксаторы — крупные мышцы, отвечающие за поддержание статического положения, фиксируют тело во время какого-либо движения.

По *функции* мышцы делятся на сгибатели, разгибатели, приводящие, отводящие, вращатели кнутри, вращатели кнаружи.

По *отношению к суставам*, через которые они перекидываются, мышцы бывают односуставные, двусуставные и многосуставные. Последние, как более длинные, располагаются более поверхностно односуставных.

По *расположению* различают мышцы поверхностные и глубокие, наружные и внутренние, латеральные и медиальные.

Название мышц отражает в основном структурные или функциональные характеристики:

- форму (относительная форма мышцы — дельтовидная или трапецевидная);
- расположение (участок тела или кости, с которым связана мышца, — межреберные мышцы располагаются между ребрами, а лобная покрывает лобную кость черепа);
- количество мест прикрепления (некоторые мышцы имеют несколько мест прикрепления, или головок, — четырех-, трех- и двуглавые мышцы);
- направление мышечных волокон по отношению к срединной линии тела (прямые мышцы проходят параллельно срединной линии, поперечные — под углом, косые — по диагонали);
- относительный размер (большая и малая грудные мышцы или длинная и короткая малоберцовые мышцы);
- место прикрепления мышц (грудино-ключично-сосцевидная мышца прикрепляется к грудице, ключице и сосцевидному отростку височной кости);
- действие мышц (сгибатель — это означает, что мышца сгибает конечность);
- комбинированные названия (длинный лучевой разгибатель запястья, т.е. мышца разгибает запястье — «разгибатель», проходит вдоль лучевой кости — «лучевой» и по длине больше короткого разгибателя запястья — «длинный»),

3.3. Типы мышц

Скорость сокращения мышцы и время, в течение которого она может находиться в сокращенном состоянии и не уставать, не одинаковы для различных мышц. Эти различия вызваны разнообразием типов мышечных волокон.

Существует три основных их типа, которые отличаются по скорости сокращения и количеству содержащегося в них красного пигмента — миоглобина (миоглобин, как и гемоглобин крови, накапливает кислород, необходимый для совершения работы). *Красные (медленные) волокна* содержат много миоглобина и медленно сокращаются.

Отличаются большой выносливостью и медленно устают, что позволяет им сокращаться в течение длительного времени. **Белые (быстрые) волокна** содержат мало миоглобина и быстро устают. Сокращаются быстро, мощно, но в течение коротких периодов. **Промежуточные волокна** имеют красный цвет, содержат много миоглобина, быстро сокращаются и медленно устают. Большинство скелетных мышц состоит из волокон разных типов, соотношение которых зависит от функции конкретной мышцы.

Мышцы, в которых больше красных волокон, называют **сильными**. Они прикрепляются вдали от точки опоры и легче производят работу статического характера. Во время работы сильные мышцы проявляют большую силу при незначительном напряжении, долго не утомляются. Работой этих мышц обеспечивается вертикальное положение тела, стояние на ногах, сохранение определенной позы.

Мышцы, содержащие больше белых волокон, называются **ловкими**. Они совершают динамическую работу, отличаются быстротой сокращения, работают с большим напряжением и способны производить разнообразные мелкие движения.

Мышцы шеи, спины и ног, которые стабилизируют осанку, содержат больше красных волокон. В мышцах руки, обеспечивающих осуществление быстрых и мощных движений, например бросание или поднятие тяжестей, больше белых волокон, а в мышцах ног, участвующих, например, в беге, больше промежуточных волокон. Бегуны на длинные дистанции от рождения имеют медленно сокращающиеся мышечные волокна, что делает их более подходящими для марафонов. У спринтеров, наоборот, больше быстро сокращающихся мышц, поэтому они могут развивать высокую скорость на коротких дистанциях.

3.4. Вспомогательный аппарат мышц

К вспомогательному аппарату мышц относятся фасции, синовиальные сумки и синовиальные влагалища, развивающиеся под влиянием работы мышц из окружающей их соединительной ткани.

Фасция — плотная соединительнотканная пластинка, которая покрывает группу мышц или отдельную мышцу. В различных областях тела фасции имеют различную толщину и крепость. По структурным и функциональным особенностям различают поверхностные, глубокие фасции и фасции отдельных органов.

Синовиальные сумки представляют собой тонкостенные соединительнотканые мешки, наполненные жидкостью — синовией. Они образуются в местах сильного трения мышцы о кости или в местах соприкосновения сухожилий. Благодаря синовиальной сумке трение между поверхностями уменьшается.

Синовиальные влагалища развиваются внутри фиброзных или костно-фиброзных каналов, которые окружают сухожилия мышц в местах их скольжения по кости.

3.5. Мышцы туловища

Мышцы туловища делятся на мышцы спины, груди и живота. Эти мышцы обеспечивают вертикальное положение тела, образуют стенки грудной, брюшной и тазовой полостей, участвуют в движениях позвоночника и ребер, обеспечивая тем самым механизм внешнего дыхания.

Мышцы спины

Мышцы спины располагаются послойно. Различают поверхностные и глубокие мышцы.

Поверхностные мышцы спины (рис. 18, а) прикрепляются на пояс верхних конечностей и плече или на ребрах. К первой группе относятся трапецевидная, широчайшая, ромбовидная мышцы и мышца, поднимающая лопатку.

Трапецевидная мышца занимает верхнюю часть спины вплоть до затылка и имеет треугольную форму. Обе трапецевидные мышцы, взятые вместе, образуют фигуру трапеции, отчего и происходит ее название. Мышца начинается от остистых отростков всех грудных позвонков и от затылочной кости и прикрепляется к акромиальному концу ключицы, акромиону и ости лопатки. В ней различают верхнюю, среднюю и нижнюю части. Верхняя часть мышцы поднимает лопатку, средняя — тянет лопатку к позвоночнику, а нижняя опускает ее. При сокращении всей мышцы лопатка приближается к позвоночнику.

Широчайшая мышца спины является плоской мышцей, располагается под кожей в нижней части спины и в боковом отделе грудной клетки. Начинается от шести нижних грудных позвонков и гребня подвздошной кости и прикрепляется к малому бугорку плечевой кости.

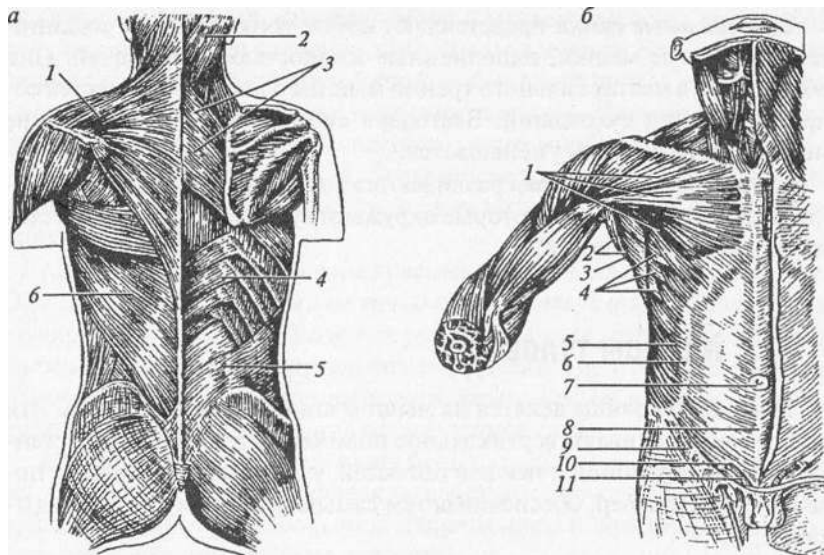


Рис. 18. Поверхностные мышцы:

а — мышцы спины (1 — трапецевидная; 2 — ременная мышца головы; 3 — большая и малая ромбовидные; 4 — нижняя задняя зубчатая; 5 — пояснично-грудная фасция; 6 — широчайшая мышца спины); *б* — мышцы груди (1 — большая грудная мышца; 2 — подмышечная область; 3 — широчайшая мышца спины; 4 — передняя зубчатая мышца; 5 — наружная косая мышца живота; 6 — апоневроз наружной косой мышцы живота; 7 — пупочное кольцо; 8 — белая линия живота; 9 — паховая связка; 10 — поверхностное паховое кольцо; 11 — семенной канатик)

Тянет руку назад к срединной линии, поднятую руку опускает. Расширяет грудную клетку при вдохе и подтягивает туловище к рукам, например, при лазании по канату.

Ромбовидная мышца имеет форму ромбической пластинки. Различают малую и большую ромбовидные мышцы. Они лежат в верхней части спины под трапецевидной мышцей. Начинаются от двух нижних шейных и четырех верхних грудных позвонков и прикрепляются к медиальному краю лопатки. Тянут лопатку к позвоночнику.

Мышца, поднимающая лопатку, лежит на боковой поверхности шеи под верхней частью трапецевидной мышцы. Идет от четырех верхних шейных позвонков к верхнему углу лопатки и поднимает ее.

Мышцы, прикрепляющиеся на ребрах, залегают в третьем слое поверхностных мышц спины в форме двух тонких пластинок. *Задняя*

верхняя зубчатая мышца лежит под ромбовидными мышцами. Идет от остистых отростков двух нижних шейных и двух верхних грудных позвонков к верхним ребрам и поднимает их, участвуя в акте дыхания. *Задняя нижняя зубчатая мышца* лежит под широчайшей мышцей спины. Начинается от пояснично-спинной фасции на уровне двух нижних грудных и двух верхних поясничных позвонков. Опускает нижние ребра и также участвует в акте дыхания.

Глубокие мышцы спины лежат по обе стороны остистых отростков позвоночника, распространяясь от крестца до черепа. В них можно выделить четыре тракта, последовательно расположенных по направлению вглубь. *Ременная мышца головы и шеи* находится на задней поверхности шеи под трапециевидной мышцей. При сокращении ее с обеих сторон голова наклоняется назад, при сокращении с одной стороны — поворачивается в ту же сторону. *Выпрямитель позвоночника* разгибает позвоночник и играет большую роль в его статике. Ниже XII ребра он делится на подвздошно-реберную, длиннейшую и остистую мышцы спины. *Поперечно-остистая мышца* производит разгибание, вращение и наклоны позвоночника в стороны. К *коротким мышцам спины* относятся межпоперечные (участвуют в отведении позвоночника в стороны), межостистые (обеспечивают разгибание позвоночника), затылочно-позвоночные (разгибают и вращают голову).

Трапециевидная и широчайшая мышцы спины покрыты сверху тонкой поверхностной фасцией, которая в задней области шеи переходит в более утолщенную затылочную фасцию. Глубже лежит пояснично-грудная фасция, отделяющая поверхностные мышцы от глубоких.

Мышцы груди

К мышцам груди относятся собственные мышцы груди (первая группа) и мышцы, прикрепляющиеся к костям пояса верхней конечности (вторая группа) (см. рис. 18, б). Ко второй группе относятся большая и малая грудные мышцы, подключичная и передняя зубчатая мышцы. *Большая грудная мышца* лежит поверхностно на передней стороне грудной клетки. Начинается от грудины и ключицы и прикрепляется к большому бугорку плечевой кости, тянет руку вперед и к срединной линии, поднятую руку опускает. *Малая грудная мышца* находится под большой грудной. Начинается четырьмя зубцами от II—V ребра и прикрепляется к лопатке. При сокращении оттягивает лопатку вперед и вниз. *Подключичная мышца* протягивается между

ключицей и I ребром. Оттягивает ключицу вниз и медиально. *Передняя зубчатая мышца* располагается на поверхности грудной клетки в боковой области груди. Мышца начинается девятью зубцами от девяти верхних ребер и прикрепляется к медиальному краю лопатки. Оттягивает лопатку кпереди и кнаружи, обеспечивая вращение руки.

Собственные мышцы груди включают межреберные (наружные и внутренние), подреберные и поперечную мышцы. *Наружные межреберные мышцы* поднимают ребра и тем самым участвуют во вдохе. Заполняют межреберные промежутки от позвоночника до реберных хрящей. Начинаются от нижнего края каждого ребра, идут сверху вниз и сзади наперед и прикрепляются к верхнему краю нижележащего ребра. *Внутренние межреберные мышцы* опускают ребра, участвуя во выдохе и выдохе. Лежат под наружными межреберными и имеют по сравнению с последними обратное направление волокон, пересекаясь с ними под углом. Начинаясь на верхнем крае нижележащего ребра, они идут кверху и вперед и прикрепляются к вышележащему ребру. *Подреберные мышцы* лежат на внутренней поверхности нижней части грудной клетки в области углов ребер, имеют аналогичное предыдущей группе направление волокон. *Поперечная мышца* груди находится на внутренней поверхности груди, составляет продолжение поперечной мышцы живота, участвует в поднятии ребер и расширении грудной клетки.

В области груди различают поверхностную, глубокую и внутригрудную фасции. Поверхностная фасция покрывает большую грудную и переднюю зубчатую мышцу. Глубокая фасция находится под большой грудной мышцей, покрывает малую грудную и наружные межреберные мышцы. Внутригрудная фасция выстилает стенки грудной полости изнутри.

На границе грудной и брюшной полостей располагается *диафрагма*, представляющая собой непарную мышцу в виде тонкой мышечно-сухожильной пластинки. Диафрагма имеет форму купола, обращенного кверху. Центральный отдел ее состоит из сухожилия и носит название сухожильного центра. В диафрагме находится три больших отверстия: для аорты и пищевода — в поясничной части, для нижней полой вены — в сухожильном центре.

Мышцы живота

Мышцы живота включают в себе боковую, переднюю и заднюю группы мышц.

Боковые мышцы представляют три широких мышечных пласта, лежащих друг на друге. К ним относятся косые (наружная и внутренняя) мышцы и поперечная мышца.

Наружная косая мышца живота является самой поверхностной. Начинается на боковой поверхности грудной клетки от восьми нижних пар ребер восемью зубцами, волокна которых идут вниз и медиально. Эти волокна являются продолжением наружных межреберных мышц. Задние пучки прикрепляются к подвздошному гребню, а остальные волокна мышцы переходят в апоневроз, нижний край которого носит название паховой связки.

Внутренняя косая мышца живота лежит под наружной косой, берет начало от подвздошного гребня и заканчивается на нижних краях X-XII пар ребер.

Поперечная мышца живота самая глубокая и тонкая из всех широких брюшных мышц. Начинается от внутренней поверхности шести нижних пар ребер. Волокна ее переходят в широкий апоневроз.

Передние мышцы живота представлены прямой и пирамидальной мышцей.

Прямая мышца живота лежит по обеим сторонам от средней линии и состоит из продольных мышечных пучков, идущих в вертикальном направлении. Начинается она от передней поверхности V—VII реберных хрящей и от мечевидного отростка грудины, затем сужается, направляется вниз и прикрепляется к лобковой кости.

Пирамидальная мышца представляет собой небольшой мышечный треугольник над лобковым симфизом. Мышцы передней брюшной стенки образуют брюшной пресс. Сокращаясь, они повышают давление внутри брюшной полости, способствуют опорожнению кишечника, мочеиспусканию, у женщин — акту родов. Мышцы брюшного пресса, будучи связаны с ребрами, участвуют в акте дыхания. Апоневрозы широких мышц живота, сходясь и соединяясь друг с другом по средней линии, образуют между прямыми мышцами сухожильную полоску, так называемую белую линию, которая тянется от мечевидного отростка грудины до лобкового симфиза. В верхней части она довольно широкая, внизу на некотором расстоянии от пупка быстро сужается (2-2,5 см), затем утолщается. Светлый цвет белой линии живота обусловлен перекрестом сухожильных волокон и бедностью кровеносными сосудами, что используется при проведении полостных операций.

К задним мышцам живота относится *квадратная мышца поясницы*, представляющая собой четырехугольную пластинку, которая участвует в образовании задней стенки брюшной полости. Она начинается от подвздошного гребня и идет к XII ребру и к поперечным отросткам I—IV поясничных позвонков. Сгибает в сторону поясничную часть позвоночника при одностороннем сокращении. При тоническом сокращении удерживает позвоночник в вертикальном положении.

В стенках живота имеются участки, через которые иногда проникают из брюшной полости под кожу внутренние органы (петли кишок), т.е. образуется грыжа. К таким местам относится паховый канал, белая линия живота, пупок и др.

3.6. Мышцы шеи

Мышцы шеи подразделяются на поверхностную, срединную и глубокую группы.

Поверхностные мышцы представлены подкожной и грудино-ключично-сосцевидной мышцами.

Подкожная мышца шеи лежит под кожей боковой поверхности шеи. Начинается на уровне II ребра и прикрепляется к краю нижней челюсти, частично продолжаясь в мышцы рта. При сокращении натягивает кожу шеи и опускает угол рта.

Грудино-ключично-сосцевидная мышца— самая крупная мышца шеи, лежит под кожной мышцей. Идет от рукоятки грудины и ключицы к сосцевидному отростку височной кости. Мышца наклоняет голову в сторону, при сокращении этих мышц с обеих сторон голова запрокидывается назад.

Группа средних мышц шеи, или мышц подъязычной кости, включает мышцы, лежащие выше и ниже подъязычной кости. К первой группе относятся следующие мышцы. *Двубрюшная мышца* состоит из двух брюшков, соединенных круглым сухожилием. Переднее брюшко берет начало от нижней челюсти и направляется к подъязычной кости, заднее брюшко начинается от височной кости и идет к сухожилию, соединяющему с передним брюшком. *Челюстно-подъязычная мышца* начинается от нижней челюсти и оканчивается на подъязычной кости. *Подбородочно-подъязычная мышца* идет от нижней челюсти к подъязычной кости. *Шило-подъязычная мышца* опускается от височной кости до подъязычной. Эти мышцы опускают нижнюю челюсть, а при фиксированной нижней челюсти поднимают подъязычную кость

и вместе с ней гортань. Такие движения происходят во время акта жевания и глотания.

Ниже подъязычной кости лежат следующие мышцы. *Грудино-подъязычная мышца* идет от рукоятки грудины и ключицы до нижнего края подъязычной кости, опускает подъязычную кость. *Грудино-щитовидная мышца* располагается от рукоятки грудины и хряща I ребра до боковой поверхности щитовидного хряща, опускает щитовидный хрящ и гортань. *Щито-подъязычная мышца* является продолжением грудино-щитовидной мышцы, лежит от щитовидного хряща до большого рога подъязычной кости, поднимает щитовидный хрящ или опускает подъязычную кость. *Лопаточно-подъязычная мышца* опускает подъязычную кость.

Глубокие мышцы шеи включают в себя следующие мышцы. Три *лестничные мышцы* (передняя, средняя, задняя) начинаются от шейных позвонков и прикрепляются к I и II ребрам, поднимают ребра и тем самым участвуют в акте вдоха (при фиксированном дыхании). *Длинная мышца шеи* в виде треугольника лежит на передней поверхности позвоночного столба на протяжении всех шейных и трех грудных позвонков, сгибает шейный отдел позвоночника. *Длинная мышца головы* закрывает собой верхнюю часть длинной мышцы шеи и при сокращении наклоняет голову вперед.

Шея имеет несколько лежащих друг под другом фасций. Первая является частью общей поверхностной фасции тела и без перерыва переходит на другие органы. Вторая — охватывает шею, как воротник. Третья фасция выражена только в среднем отделе шеи, ограничена грудиной, ключицей и подъязычной костью. Внутренняя фасция шеи облегает гортань, трахею, щитовидную железу, пищевод, глотку и сосуды шеи. Предпозвоночная фасция покрывает сверху предпозвоночные и лестничные мышцы.

3.7. Мышцы головы

Мышцы головы делятся на мышцы лица и жевательные мышцы (рис. 19).

Мышцы лица располагаются сразу под кожей, поэтому лишены фасций. При сокращении они смещают участки кожи, придавая лицу определенное выражение — мимику. Различают мышцы лица и мышцы, окружающие глазную и ротовую щели, отверстия носа и ушную рако-

вину. Мышцы, располагающиеся вокруг отверстий, уменьшают или увеличивают их.

Мимические мышцы начинаются от костей черепа и вплетаются в кожу. При сокращении их изменяется мимика. К наиболее крупным мимическим мышцам относятся следующие. *Лобная мышца*, или мышца гордецов, начинается от костной спинки носа и находится

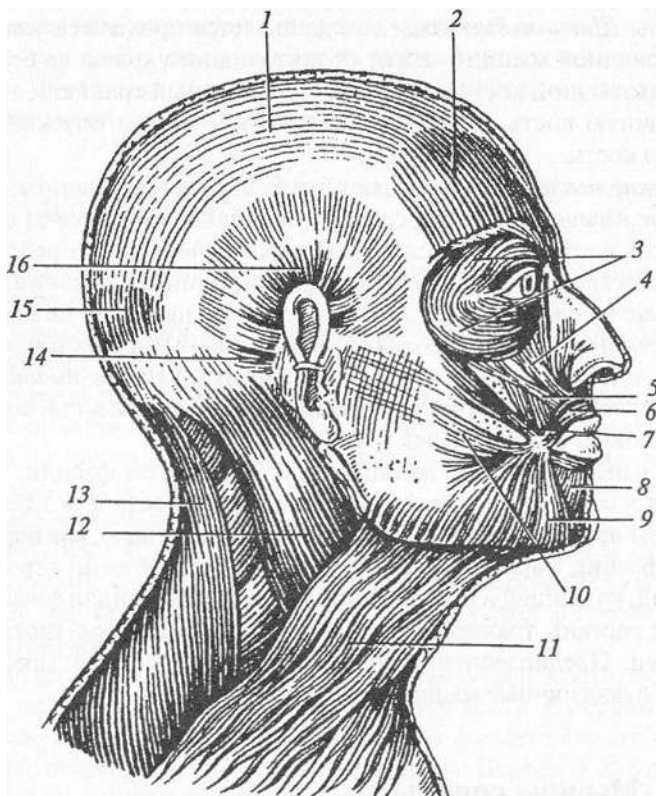


Рис. 19. Мышцы головы и шеи:

1 — сухожильный шлем (надчерепной апоневроз); 2 — лобное брюшко затылочно-лобной мышцы; 3 — круговая мышца глаза; 4 — мышца, поднимающая верхнюю губу; 5 — мышца, поднимающая угол рта; 6 — круговая мышца рта; 7 — большая скуловая мышца; 8 — мышца, опускающая нижнюю губу; 9 — мышца, опускающая угол рта; 10 — щёчная мышца; 11 — подкожная мышца шеи; 12 — грудино-ключично-сосцевидная мышца; 13 — трапециевидная мышца; 14 — задняя ушная мышца; 15 — затылочное брюшко затылочно-лобной мышцы; 16 — верхняя ушная мышца

под кожей в области лба, поднимает брови и образует поперечные складки на коже лба. *Круговая мышца глаза* располагается вокруг глазной щели и при сокращении закрывает ее. *Круговая мышца рта* находится вокруг ротовой щели и при сокращении замыкает ее. *Щечная мышца*, составляющая основу щеки, начинается на альвеолярных отростках верхней и нижней челюстей и прикрепляется к углу рта, при ее сокращении щеки прижимаются к зубам. *Мышца, поднимающая верхнюю губу*, начинается от верхней челюсти и скуловой кости и прикрепляется к коже верхней губы в области носогубной складки, при сокращении поднимает верхнюю губу. *Мышца, опускающая нижнюю губу*, или квадратная мышца нижней губы, начинается от нижней челюсти и прикрепляется к коже нижней губы, при сокращении опускает нижнюю губу.

Мышцы свода черепа представлены единственной *надчерепной мышцей*, покрывающей весь свод черепа. При сокращении поднимает бровь кверху, образует поперечные складки на лбу.

Жевательные мышцы прикрепляются обоими концами к костям черепа, причем один конец обязательно к нижней челюсти. Благодаря их сокращению нижняя челюсть движется во время жевания и при разговоре.

Различают четыре пары жевательных мышц. *Жевательная мышца* начинается от скуловой кости и заканчивается на нижней челюсти, поднимает нижнюю челюсть и закрывает рот. *Височная мышца* идет от височной ямки черепа к нижней челюсти, поднимает нижнюю челюсть и тянет ее назад. *Латеральная (наружная) крыловидная мышца* протягивается от большого крыла клиновидной кости к нижней челюсти, при сокращении ее с обеих сторон нижняя челюсть выдвигается вперед. *Медиальная (внутренняя) крыловидная мышца* прикрепляется к крыловидному отростку клиновидной кости и нижней челюсти, поднимает нижнюю челюсть.

Основная фасция головы — это надчерепной апоневроз, покрывающий черепной свод. Мимические мышцы фасций не имеют.

3.8. Мышцы верхней конечности

Мышцы верхней конечности разделяют на мышцы плечевого пояса и мышцы свободной верхней конечности.

К **мышцам плечевого пояса** относятся дельтовидная, над- и подостные, подлопаточная, большая и малая круглые мышцы. *Дельтовидная*

мышца начинается от ключицы и акромиона лопатки, все пучки волокон прикрепляются на середине плеча. Отводит плечо до горизонтального положения. Передние пучки мышцы сгибают плечо, задние — разгибают. *Надостная мышца* идет от лопатки к большому бугорку плечевой кости, вместе с дельтовидной мышцей она отводит плечо. *Подостная мышца* начинается в одноименной ямке лопатки, прикрепляется к большому бугорку плечевой кости и вращает плечо наружу. *Подлопаточная мышца* идет от реберной поверхности лопатки к малому бугорку плечевой кости и вращает плечо кнутри, приводя его к туловищу. *Большая круглая мышца* начинается на наружном крае лопатки и прикрепляется к малому бугорку плечевой кости, разгибает плечо и поворачивает его кнутри. *Малая круглая мышца* идет от наружного края лопатки к большому бугорку плечевой кости и вращает плечо кнаружи.

Мышцы свободной верхней конечности объединяют мышцы плеча, предплечья и кисти.

Мышцы плеча включают в себя переднюю и заднюю группу мышц. К передней группе мышц относятся клювовидно-плечевая, двуглавая и плечевая мышцы. *Клювовидно-плечевая мышца* начинается от клювовидного отростка лопатки и заканчивается на медиальной поверхности плеча, сгибает и приводит плечо. *Двуглавая мышца плеча* лежит поверхностно на плече, начинается двумя головками (длинной и короткой) от лопатки, прикрепляется к бугристости лучевой кости и производит сгибание в локтевом и лучевом суставах. *Плечевая мышца* лежит под двуглавой и крепится к плечевой кости и бугристости локтевой кости, производит сгибание в локтевом суставе.

Задняя группа мышц плеча представлена *трехглавой мышцей плеча*, начинающейся длинной головкой от лопатки и двумя головками от плечевой кости и прикрепляющейся к локтевому отростку локтевой кости. Она разгибает предплечье.

Мышцы предплечья включают переднюю и заднюю группы мышц. Все мышцы передней группы начинаются от медиального надмыщелка, а задней группы мышц — от латерального надмыщелка плечевой кости. Передняя группа мышц предплечья объединяет сгибатели и пронаторы кисти. *Лучевой и локтевой сгибатели кисти* прикрепляются соответственно ко второй пястной кости и к гороховидной кости. *Поверхностный и глубокий сгибатели пальцев* имеют по четыре сухожилия, идущие к фалангам II—V пальцев. *Длинный сгибатель большого пальца* направляется к ногтевой фаланге большого пальца. *Круглый и квадратный*

пронаторы вращают лучевую кость кисти внутрь, прикрепляясь к лучевой кости.

Задняя группа мышц предплечья представлена разгибателями и супинаторами кисти. Три *разгибателя кисти* (один локтевой и два лучевых) прикрепляются к пястным костям. *Общий разгибатель пальцев* четырьмя сухожилиями прикрепляется к фалангам II—V пальцев. *Длинный и короткий разгибатели* большого пальца направляются к фалангам большого пальца. *Длинная мышца* отводит большой палец и направляется к первой пястной кости. *Супинатор* вращает лучевую кость и кисть наружу и прикрепляется к лучевой кости.

К. мышцам кисти относятся мышцы большого пальца, мышцы мизинца и средняя группа мышц. Со стороны большого пальца имеются четыре короткие мышцы: *сгибатель, отводящая, приводящая, противопоставляющая большой палец*. Средняя группа мышц кисти состоит из четырех *червеобразных мышц* (сгибают основные фаланги и выпрямляют средние фаланги пальцев), трех *межкостных ладонных мышц* (сдвигают пальцы), четырех *межкостных тыльных мышц* (раздвигают пальцы). Со стороны мизинца на кисти имеются *короткая ладонная мышца, короткий сгибатель мизинца, мышца, отводящая мизинец, и мышца, противопоставляющая мизинец*.

3.9. Мышцы нижней конечности

Среди мышц нижней конечности различают мышцы таза и мышцы свободной нижней конечности: бедра, голени и стопы.

Мышцы таза включают внутреннюю и наружную группы. К внутренним мышцам таза относятся: *подвздошно-поясничная мышца* — сгибает бедро и вращает его наружу (на фиксированной ноге сгибает поясничный отдел позвоночника); *грушевидная мышца* — начинается от передней поверхности крестца и вращает бедро наружу; *внутренняя запирательная мышца* — начинается от тазовой кости вокруг запирательного отверстия, прикрепляется к бедренной кости и вращает бедро наружу.

Наружные мышцы таза: *большая ягодичная мышца* — разгибает бедро, при фиксированных ногах разгибает таз вместе с туловищем; *средняя ягодичная мышца* — прикрепляется к бедренной кости и отводит бедро; *малая ягодичная мышца* — выполняет функцию, аналогичную предыдущей; *наружная запирательная мышца* — начинается от тазовой

кости вокруг запирающего отверстия снаружи, прикрепляется к бедренной кости и вращает бедро наружу; *квадратная мышца бедра* — прикрепляется к бедренной кости и вращает бедро наружу; *мышца, натягивающая широкую фасцию бедра*.

Мышцы свободной нижней конечности. Мышцы бедра подразделяются на переднюю, заднюю и медиальную группы.

К передней группе относятся четырехглавая и портняжная мышцы. *Четырехглавая мышца* бедра является самой мощной мышцей и имеет четыре головки. Одна головка (прямая мышца) начинается от подвздошной кости, а три остальные (широкие мышцы) — от бедренной кости. Все головки внизу переходят в общее сухожилие. Является разгибателем ноги. *Портняжная мышца* — самая длинная мышца в человеческом теле — прикрепляется к фасции голени и участвует в сгибании бедра и голени.

К задней группе мышц бедра относятся *полусухожильная, полуперепончатая и двуглавая мышцы*. Все они начинаются от седалищного бугра. Первые две мышцы прикрепляются к большеберцовой кости, третья — к малоберцовой. Эти мышцы производят разгибание бедра и сгибание голени. При согнутом колене двуглавая мышца вращает голень наружу, а две другие — внутрь.

Медиальная группа мышц бедра включает *гребенчатую мышцу, стройную мышцу* и три *приводящие мышцы* (длинная, короткая и большая), которые берут начало от лонной и седалищной костей и прикрепляются к бедренной. Эти мышцы приводят ногу.

Мышцы голени представлены передней, задней и латеральной группами мышц.

Передняя группа включает в себя *переднюю большеберцовую мышцу, длинный разгибатель пальцев и длинный разгибатель большого пальца*. Передняя большеберцовая мышца разгибает стопу и поднимает ее внутренний край, а две другие — разгибают пальцы.

Задняя группа мышц голени состоит из *трехглавой мышцы*, лежащей поверхностно и, в свою очередь, состоящей из двух мышц (икроножной и камбаловидной), которые внизу образуют общее пяточное сухожилие, прикрепляющееся к бугру пяточной кости, и производящей сгибание в голеностопном суставе (поднимает пятку, когда становятся на носки); *задней большеберцовой мышцы*, находящейся под трехглавой, сгибающей и поднимающей стопу; *длинного сгибателя II—V пальцев; длинного сгибателя большого пальца стопы*. Последние две мышцы находятся под трехглавой мышцей и сгибают пальцы.

Латеральная группа мышц голени представлена *малоберцовыми длинной и короткой мышцами*, поднимающими наружный и опускающими внутренний край стопы.

К мышцам стопы относятся мышцы тыла и подошвы стопы. Первые содержат только одну мышцу — *короткий разгибатель пальцев*, имеющий пять сухожилий по числу пальцев. К мышцам подошвы относятся *мышцы возвышения большого пальца* и *мышцы возвышения малого пальца*. Между этими двумя группами мышц располагается средняя группа мышц: *короткий сгибатель пальцев*, *квадратная мышца подошвы* и *четыре червеобразные мышцы*.

3.10. Работа и сила мышц

Различают следующие типы сокращения мышц в организме: изометрическое, при котором длина мышцы не изменяется, concentрическое, при котором мышца укорачивается, и эксцентрическое, совершаемое в условиях удлинения мышцы (медленное опускание груза). Естественные двигательные акты обычно включают все три типа сокращения мышц. Когда мышцы сокращаются слишком сильно, они могут создать тягу до 3,5 кг на 1 см². При перегрузке сухожилие может оторваться от кости. Сила мышц определяется по максимальному грузу, который она в состоянии поднять, или максимальному напряжению, которое она может развить в условиях изометрического сокращения. Одиночное мышечное волокно способно развить напряжение 100-200 мг. Общее количество мышечных волокон в теле человека составляет от 150 до 300 млн, и они развили бы напряжение в 20-30 кг, если бы одновременно тянули в одну сторону.

Сила мышцы, прежде всего, зависит от ее поперечного сечения. Чем больше физиологическое поперечное сечение (сумма поперечных сечений всех волокон мышцы), тем больше груз, который она в состоянии поднять. Физиологическое поперечное сечение совпадает с анатомическим только в мышцах с продольным расположением волокон. В мышце с косым расположением волокон сумма их поперечных сечений значительно превышает поперечное сечение самой мышцы. Вследствие этого сила мышцы с косо расположенными волокнами значительно больше силы мышцы той же толщины, но с продольным расположением волокон. Для сравнения силы разных мышц вычисляют абсолютную мышечную силу. Для этого макси-

мальный груз, который может поднять мышца, делят на площадь ее физиологического сечения.

Работа мышцы измеряется произведением поднятого груза на величину укорочения мышцы. Работа мышцы равна нулю, если она сокращается без нагрузки. По мере увеличения нагрузки работа сначала увеличивается, а затем постепенно уменьшается. При очень большом грузе, который мышца не способна поднять, работа опять становится равной нулю. Таким образом, наибольшую работу мышца совершает при средних нагрузках.

Мощность мышцы измеряется величиной работы в единицу времени. Мощность так же, как и работа, достигает максимальной величины при средних нагрузках. Поэтому зависимость работы и мощности от нагрузки получила название правила средних нагрузок.

Работа мышцы, при которой происходит перемещение груза и движение костей в суставах, называется *динамической*. Работа мышцы, при которой мышечные волокна развивают напряжение, но не укорачиваются, называется *статической* (удержание груза). Статическая работа более утомительна, чем динамическая. Работа может совершаться в условиях удлинения мышцы (опускание груза), тогда она называется уступающей.

Эластичность мышц у детей раннего возраста значительно выше, чем у взрослых, и с возрастом уменьшается. Упругость и прочность мышц, напротив, с возрастом повышается. Сила мышечного сокращения возрастает в результате увеличения общего поперечного сечения миофибрилл. Интенсивность развития мышечной силы зависит от пола. Различия между показателями мышечной силы у мальчиков и девочек по мере роста и развития становятся более выраженными. В 7-8 лет у мальчиков и девочек сила большинства мышечных групп одинакова. В дальнейшем разница в силе увеличивается и в 17 лет достигает максимума. Этот процесс идет неравномерно. У девочек к 10-12 годам мышечная сила возрастает настолько интенсивно, что они становятся сильнее мальчиков. Затем отмечается повышение силы у мальчиков. К 12—15 годам это превышение достигает 30 %.

3.11. Утомление мышц

Утомление — временное понижение работоспособности организма, наступающее в результате работы и исчезающее после отдыха. Понижение работоспособности изолированной мышцы обусловлено

двумя причинами. Во-первых, во время сокращения в мышце накапливаются продукты обмена веществ (фосфорная и молочная кислоты и др.), которые угнетающее действуют на работоспособность мышечных волокон. Во-вторых, при длительной работе постепенно истощаются энергетические запасы: уменьшается количество гликогена, вследствие чего нарушаются процессы ресинтеза АТФ и креатинфосфата, необходимых для сокращения мышц.

В естественных условиях утомление двигательного аппарата человека при длительной работе развивается более сложно и зависит от большого числа факторов. Во-первых, в организме мышца постоянно омывается кровью и поэтому получает с ней питательные вещества (аминокислоты, глюкозу) и освобождается от продуктов обмена. Во-вторых, утомление в целом организме зависит не только от процессов в самих мышцах, но и от процессов в нервной системе, участвующей в управлении двигательной деятельностью. Таким образом, утомление развивается прежде всего в нервных центрах. И.М. Сеченов (1903) показал, что восстановление работоспособности происходит быстрее при смене вида деятельности. Такой отдых был назван активным.

Постоянная работа мышц способствует увеличению массы мышечной ткани, что называется рабочей *гипертрофией мышц*. В основе этого явления лежит увеличение массы цитоплазмы мышечных волокон и числа содержащихся в них миофибрилл, что приводит к увеличению диаметра каждого волокна. При этом в мышце активируется синтез нуклеиновых кислот и белков и повышается содержание АТФ и гликогена. В результате сила и скорость сокращения гипертрофированной мышцы возрастают. Увеличению числа миофибрилл при гипертрофии способствует статическая работа, требующая большого напряжения. Динамическая мышечная работа, производимая без особых усилий, не вызывает гипертрофии мышц. У тренированных людей мускулатура может достигать 50 % массы тела вместо 30-40 % в норме.

Процесс, противоположный гипертрофии, называется *атрофией мышц* от бездеятельности. Атрофия развивается в тех случаях, когда мышца длительно не совершает работы. Это наблюдается при наложении гипса на конечность, долгом пребывании больного в постели, перерезке сухожилия. При атрофии диаметр мышечных волокон и содержание в них сократительных белков, гликогена, АТФ и других важных для сократительной деятельности веществ уменьшаются. После возобновления работы мышцы атрофия постепенно исчезает.

Чем моложе ребенок, тем быстрее он утомляется. Это связано с особенностями развития центральной нервной системы, так как сама мышца может сокращаться без утомления достаточно длительное время. В грудном возрасте утомление наступает через 1,5—2 часа после начала бодрствования. Оно может развиваться и при неподвижности, длительном торможении движений. Наибольшая эффективность отдыха для восстановления мышечной работоспособности отмечается в 7—9 лет, она резко уменьшается к 13-15 годам и снова повышается к 16-18 годам. С возрастом организм ребенка по-разному приспосабливается к физическим нагрузкам на фоне нарастающего утомления. У мальчиков в 17 лет выносливость в 2 раза выше, чем в 7 лет. Наибольший прирост выносливости отмечается в 7-10 лет. В 16-19 лет выносливость подростков достигает 85 % величины этого показателя у взрослых. Максимум выносливости имеет место в 20—29 лет, затем она постепенно снижается и в 70 лет составляет всего 25 % от максимального уровня. У детей отмечается замедленное развитие координации движений, что объясняется непропорциональным ростом костей и мышц. По достижении 15 лет вместе с развитием нервной системы и мышц у подростков нормализуется координация движений. Движения становятся более точными, создаются рабочие двигательные навыки.

3.12. Развитие мышечной системы в онтогенезе

Развитие мышц во время внутриутробного периода начинается с синтеза миозина и актина в 5-недельном возрасте. Мышечные волокна у новорожденных в 5 раз тоньше, чем у взрослых, поперечная исчерченность их выражена слабо.

Крупная голова новорожденного при слабо развитой тонической мускулатуре не может долго удерживаться в вертикальном положении. Только через 2,5 месяца после рождения ребенок начинает самостоятельно удерживать голову в вертикальном положении. Тоническая мускулатура интенсивно развивается на первом году жизни, и это обеспечивает возможность сидеть в полгода и стоять прямо в год. В развитии тонической скелетной мускулатуры выражен краниокаудальный градиент: вначале в 2,5—3 месяца развиваются мышцы шеи, в 5-6 месяцев — мышцы туловища, в 11—12 месяцев мышцы таза и ног. В первые недели после рождения ребенок выполняет только

непроизвольные движения. Тонус мышц-сгибателей значительно превышает тонус мышц-разгибателей (специфическая поза новорожденного). Наибольшую работу производят мышцы челюстей и щек. Ко 2—3-му месяцу жизни появляются первые признаки тонической активности мышц спины и шеи. Масса скелетных мышц мала, и они слабо обеспечены окислительными ферментами. В первые месяцы жизни главной функцией скелетной мускулатуры является участие в процессе терморегуляции. Поэтому стимулом двигательной активности скелетных мышц служит изменение температуры окружающей среды. В этот период для детей характерна постоянная активность скелетной мускулатуры. Даже во время сна мышцы находятся в состоянии выраженного тонуса. Постоянная активность скелетных мышц является стимулом бурного роста мышечной массы, конечностей, правильного формирования суставов.

К 3-летнему возрасту тоническая мускулатура, обеспечивающая удержание позы, уже достаточно сформирована. В дальнейшем ее развитие идет в сторону количественного нарастания и увеличения функциональной устойчивости. Фазические мышцы, от которых зависят сила и быстрота, в этом возрасте лишь начинают развиваться. С этим связаны особенности движений трехлетних детей: большая медлительность, плавность движений, отсутствие резких рывков. Во время бега нет фазы полета из-за слабого развития мышц ног. Но именно в это время интенсивно развиваются мышцы рук, что обуславливает тонкие движения пальцев. Мышцы годовалого ребенка обеспечивают ему прямохождение в невысоком темпе, в 3-летнем возрасте ребенок уже передвигается быстро, но ни силой, ни быстротой, ни выносливостью не обладает, так как мышцы и управляющие ими нервные центры еще не созрели. Мышцы-сгибатели развиты значительно лучше, чем разгибатели. В этом возрасте особенно хорошо развиты мышцы, обеспечивающие сгибание в локтевом суставе, и сгибатели кисти. Ребенок 3 лет может некоторое время удерживать тело на весу.

В период с 3 до 6 лет формируются три типа мышечных волокон, которые отличаются метаболизмом и сократительными свойствами. Возрастают сила и быстрота движений, в беге появляется фаза полета, увеличиваются ловкость и гибкость. В конце полуростового скачка созревают нервные центры, управляющие мышечной координацией. В это время происходит дальнейшее развитие мышц рук и формируются тонкие координационные способности (способность к письму).

К 5 годам более интенсивно развиваются разгибатели и увеличивается их тонус, что свойственно взрослому человеку.

В дошкольном возрасте число миофибрилл в мышечном волокне увеличивается в 15—20 раз. Во всех мышцах интенсивно растут сухожилия, продолжает разрастаться соединительная ткань. Для ребенка 3—6 лет характерны генерализованные физиологические реакции, т.е. на слабые и внешние воздействия организм реагирует активацией различных физиологических систем. Этот способ неэкономичен, сопровождается быстрым истощением резервов и не может обеспечивать нормальное функционирование в течение длительного времени. Таким образом, в организме нет функциональных возможностей для длительного поддержания устойчивых состояний, что проявляется быстрым утомлением при физических нагрузках. Ребенок 6-7 лет способен выдерживать небольшую физическую нагрузку не более 5—7 мин. Еще менее устойчивы дети этого возраста к статическим физическим нагрузкам.

В младшем школьном возрасте скелетные мышцы ребенка существенно меняются, обеспечивая высокую подвижность и неустойчивость. Во всех органах и системах происходят морфофункциональные преобразования, создающие благоприятные условия для осуществления больших объемов мышечной работы. Только к этому возрасту морфофункциональное развитие мышц обеспечивает длительное поддержание работоспособности. Динамика работоспособности в младшем школьном возрасте отражает повышающуюся надежность функционирования организма ребенка. Объем выполняемой работы у детей 7-10 лет увеличивается в 4 раза. Дети в этом возрасте уже в состоянии длительно, устойчиво поддерживать функциональную активность. Младший школьный возраст сенситивен для формирования физической целенаправленной деятельности. На возраст 8-9 лет приходится максимум игровой двигательной активности.

В подростковом периоде скелетные мышцы конечностей интенсивно растут, но строение мышечных волокон не меняется. В это время энергетический обмен в клетках становится более напряженным и менее устойчивым. Следствием этого является снижение мышечной работоспособности, возможности длительно поддерживать постоянный уровень функциональной активности и выносливости. В дальнейшем благодаря изменениям в функционировании кардиореспираторной системы увеличивается кислородное обеспечение сократительной активности скелетных мышц, в результате чего мышцы вступают

в период пубертатных дифференцировок, сопровождающихся изменением метаболического профиля мышечных волокон. В это время происходит увеличение размера и количества митохондрий, активности окислительных ферментов мышечных волокон, что необходимо для дальнейшего роста и развития мышц. Отмечается возрастание физических возможностей подростков при выполнении циклической работы.

В конце периода полового созревания под влиянием половых гормонов (тестостерона) развиваются мышечные волокна. Начинают быстро увеличиваться в поперечнике белые волокна, обладающие мощным сократительным аппаратом, количество волокон другого типа остается неизменным. В этом возрасте по составу скелетных мышц можно выявить потенциальных чемпионов, так как свойства мышц определяются в значительной мере генетическим фактором. Созревание быстрых мышечных волокон и нервных спинальных центров, управляющих их сокращением, в этом возрасте уменьшает время двигательных реакций, позволяет совершенствовать силу, ловкость и другие проявления координации движений. Исчезает угловатость движений, формируется их пластический рисунок. В юношеском возрасте значительно возрастает работоспособность. Юноша может выполнить объем работы в 20-30 раз больший, чем ребенок 9—10 лет. Такое увеличение работоспособности связано не только со структурными изменениями мышц, но и с оптимизацией гормональных и нервных регуляторных процессов. В 15—18 лет продолжается рост поперечника мышечных волокон. Развитие сосудистой системы и иннервации мышцы продолжается до 25-30 лет.

СТРОЕНИЕ, ФУНКЦИИ И ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ДЫХАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Органы дыхания обеспечивают поступление в организм кислорода, необходимого для процессов окисления, и выделение углекислого газа, являющегося конечным продуктом обменных процессов. Потребность в кислороде для человека важнее, чем потребность в пище или воде. Без кислорода человек погибает в течение 5-7 мин, в то время как без воды он может прожить до 7-10 дней, а без пищи — до 60 дней. Прекращение дыхания ведет к гибели прежде всего нервных, а затем и других клеток. В дыхании выделяют три основных процесса: обмен газов между окружающей средой и легкими (внешнее дыхание), обмен газов в легких между альвеолярным воздухом и кровью, обмен газов между кровью и межтканевой жидкостью (тканевое дыхание).

Фазы вдоха и выдоха составляют *дыхательный цикл*. Изменение объема грудной полости совершается за счет сокращений инспираторных и экспираторных мышц. Основной инспираторной мышцей является диафрагма. Во время спокойного вдоха купол диафрагмы опускается на 1,5 см. К инспираторным мышцам относятся также наружные косые межреберные и межхрящевые, при сокращении которых ребра поднимаются, грудина смещается вперед, боковые части ребер отходят в стороны. При очень глубоком дыхании в акте вдоха участвует ряд вспомогательных мышц: грудино-ключично-сосцевидные, лестничные, большая и малая грудные, передняя зубчатая, а также мышцы, разгибающие позвоночник и фиксирующие плечевой пояс (трапецевидная, ромбовидная, поднимающая лопатку).

При активном выдохе сокращаются мышцы брюшной стенки (косые, поперечная и прямая), в результате уменьшается объем брюшной полости и повышается давление в ней, оно передается на диафрагму и поднимает ее. Вследствие сокращения внутренних косых и межреберных мышц опускаются и сближаются ребра. К вспомогательным экспираторным мышцам относятся мышцы, сгибающие позвоночник.

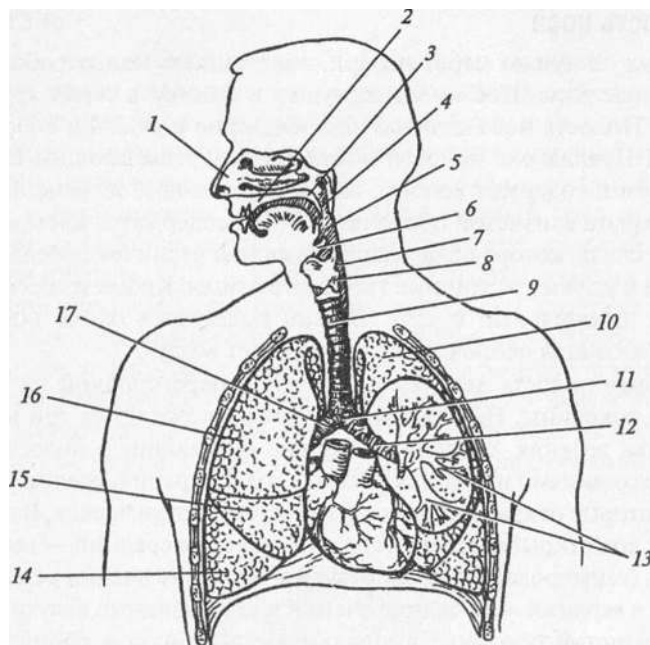


Рис. 20. Дыхательная система:

1 — носовая полость; 2 — твердое нёбо; 3 — мягкое нёбо; 4 — носоглотка; 5 — ротоглотка; 6 — надгортанник; 7 — гортанная часть глотки; 8 — гортань; 9 — трахея; 10 — верхушка легкого; 11 — бифуркация трахеи; 12 — левый главный бронх; 13 — бронхиальное дерево; 14 — нижняя доля правого легкого; 15 — средняя доля правого легкого; 16 — верхняя доля правого легкого; 17 — правый главный бронх

Органы дыхания делятся на дыхательные пути, по которым вдыхаемый и выдыхаемый воздух циркулирует в легкие и из легких, и дыхательную часть (легкие), где происходит газообмен между кровью и воздухом (рис. 20).

4.1. Дыхательные пути

Дыхательные пути образуются носовой полостью, носо- и ротоглоткой, гортанью, трахеей, бронхами различных калибров, включая бронхиолы.

Полость носа

Воздух поступает через ноздри, сближенные между собой и направленные вниз. Нос имеет верхушку и спинку, а также хрящевые крылья. Полость носа делится на преддверие полости и собственно полость. Преддверие полости выстлано неороговевающим плоским эпителием и содержит волосы, сальные и потовые железы. Полость носа покрыта слизистой оболочкой. В ней содержатся клетки, выделяющие слизь, которая благодаря движению ресничек передвигается кнаружи и удаляет различные твердые частицы. Кроме того, слизь увлажняет дыхательный воздух. В день выделяется около пол-литра слизи. Слизистая оболочка также согревает воздух.

Носовая полость делится продольной перегородкой на правую и левую половины. На боковых стенках располагаются три носовые раковины: верхняя, средняя и нижняя, свисающие в полость носа. Между раковинами находятся носовые ходы: верхний, средний и нижний, в которые открываются воздухоносные пазухи черепа. В нижний носовой ход открывается носослезный канал, в средний — верхнечелюстная (гайморова) и лобная пазухи и передние ячейки решетчатой кости, а в верхний — ее задние ячейки и клиновидные пазухи.

В слизистой оболочке выделяют дыхательную и обонятельные области. В последней располагаются чувствительные окончания обонятельных нейронов. Обонятельная область занимает верхнюю носовую раковину и прилегающие к ней части средней раковины и перегородки носа. Остальная слизистая оболочка полости носа относится к дыхательной части. В средней и нижней раковине расположено большое количество тонкостенных венозных сосудов, находящихся в спавшемся состоянии. Они способны растягиваться и переполняться кровью, при этом возникает ощущение «заложенности» носа.

У новорожденного полость носа низкая (17,5 см) и узкая, носовые раковины толстые, носовые ходы развиты слабо. Нижняя носовая раковина касается дна полости носа, хоаны находятся ниже. К 6 месяцам высота полости носа увеличивается до 22 мм и формируется средний носовой ход, к 2 годам — нижний, после 2 лет — верхний. К 10 годам полость носа увеличивается в 1,5 раза, а к 20 годам — в 2 раза.

Из полости носа воздух через хоаны поступает в носовую, затем ротовую части глотки и гортань.

Строение глотки рассмотрено при описании пищеварительной системы.

Гортань

Гортань находится на уровне IV—VI шейных позвонков (рис. 21). По бокам от нее располагаются доли щитовидной железы, сзади — глотка. Спереди гортань покрыта только мышцами шеи, а внизу граничит с трахеей. Гортань образована гиалиновыми (щитовидный, перстневидный, черпаловидные) и эластическими (рожковидные, клиновидные и надгортанник) хрящами. Щитовидный хрящ непарный и состоит из двух пластинок, соединяющихся под углом: прямым — у мужчин и тупым (120°) — у женщин. Этот выступ получил название кадык, или адамово яблоко. Внизу щитовидного хряща лежит перстневидный хрящ, расположенный расширенной частью кзади, а суженной — кпереди. Кнутри от щитовидного хряща располагаются парные черпаловидные хрящи. На их верхушке сидят маленькие конической формы рожковидные хрящи. В толще мышц гортани располагаются клиновидные хрящи. Сверху гортань прикрыта надгортанником.

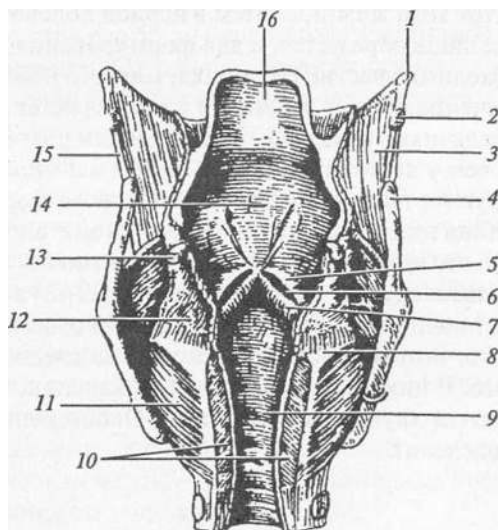


Рис. 21. Гортань:

1 — подъязычная кость; 2 — зерновидный хрящ; 3 — щито-подъязычная мембрана; 4 — щитовидный хрящ; 5 — складка преддверия; 6 — желудочек гортани; 7 — голосовая складка; 8 — перстнечерпаловидный сустав; 9 — подголосовая полость; 10 — перстневидный хрящ; 11 — задняя черпаловидная мышца; 12 — черпаловидный хрящ; 13 — рожковидный хрящ; 14 — преддверие гортани; 15 — латеральная щито-подъязычная связка; 16 — надгортанник

Гортань новорожденного короткая, широкая, воронкообразная, располагается выше — на уровне II—IV шейных позвонков. Пластинки щитовидного хряща располагаются под тупым углом друг к другу, выступ гортани отсутствует. Так как гортань располагается высоко, надгортанник поднят над корнем языка и пища при глотании обходит его по бокам. Поэтому ребенок может дышать и глотать одновременно, что необходимо при акте сосания. Гортань наиболее быстро растет в течение первых четырех лет жизни. С возрастом она опускается и положение, характерное для взрослого человека, занимает после 17—20 лет.

Среднюю часть гортани составляет собственно *голосовой аппарат*. В его образовании участвуют голосовые связки, расположенные между щитовидным и черпаловидными хрящами. Голосовые складки ограничивают голосовую щель, форма которой меняется в зависимости от степени натяжения голосовых связок и положения черпаловидных хрящей. У ребенка голосовая щель находится высоко и имеет длину 6,5 см (в 3 раза короче, чем у взрослого). Голосовая щель заметно увеличивается в первые три года жизни, а затем в период полового созревания. В гортани звук лишь образуется, а для формирования членораздельной речи необходимо участие губ, языка, мягкого нёба и околоносовых пазух. В течение первых лет жизни гортань растет медленно и не отличается у мальчиков и девочек. В дальнейшем рост ее у мальчиков идет быстрее, чем у девочек. После 6—7 лет у мальчиков становится заметным выступ гортани. После периода полового созревания размеры гортани, длина голосовых связок у мальчиков становятся больше, чем у девочек. В это время меняется голос у мальчиков. Активный рост гортани продолжается до 25 лет у мужчин и до 22-23 лет у женщин.

После 25 лет начинается окостенение гиалиновых хрящей: вначале щитовидного, потом перстневидного и в последнюю очередь — черпаловидного. В них откладываются соли кальция, хрящи окостеневают, становятся хрупкими и ломкими. Окостенения эластичных хрящей не происходит.

Трахея

Гортань переходит в трахею, начинающуюся на уровне VII шейного позвонка и заканчивающуюся на уровне V грудного позвонка, где она разделяется на два главных бронха. Это место получило название *бифуркации*. Длина трахеи от 8,5 до 15 см. Ее основу составляют 16—20 гиалиновых хрящевых колец, открытых сзади. Трахея плотно сращена с пищеводом, что объясняет отсутствие хрящей на задней

стенке: пищевой комок, проходя по пищеводу, не испытывает сопротивления со стороны трахеи. У новорожденного длина трахеи 3,2-4,5 см, ширина просвета — 0,8 см, хрящи развиты слабо, тонкие и мягкие. Трахея быстро растет в течение первых 6 месяцев жизни и в период полового созревания (длина ее удваивается), а к 20-25 годам она становится длиннее в 3 раза. Слизистая оболочка стенки трахеи у ребенка тонкая, железы развиты слабо. После 60—70 лет хрящи трахеи становятся плотными, хрупкими, при сдавлении легко ломаются.

Бронхи

После бифуркации трахея распадается на два главных бронха. Бифуркация трахеи до 7 лет находится кпереди от IV-V грудных позвонков, а после 7 лет постепенно устанавливается на уровне V грудного позвонка, как у взрослого человека. Правый бронх является продолжением трахеи, он короче и шире левого и состоит из 6—8 хрящевых полуколец. В составе левого бронха — 9-12 полуколец. Главные бронхи особенно быстро растут на первом году жизни ребенка и в период полового созревания. От главных бронхов отходят долевые бронхи, а затем сегментарные. Сегментарные подразделяются на субсегментарные (9-10), дольковые и внутридольковые.

Главные бронхи имеют строение трахей: гиалиновые хрящевые полукольца, соединенные сзади перепончатой частью. При уменьшении диаметра бронхов до 1 мм исчезают хрящевые пластинки. Внутридольковые бронхи распадаются на 18—20 концевых бронхиол, которые имеют диаметр 0,5 мм и представляют собой конечные разветвления воздухоносных путей. Бронхиальное дерево к моменту рождения в основном сформировано. Интенсивнее всего оно растет на первом году жизни и в период полового созревания. К 20 годам все его размеры увеличиваются в 3,5-4 раза. В 40-45 лет бронхиальное дерево имеет наибольшие размеры, после 50 лет начинаются его возрастные изменения. В старческом возрасте длина сегментарных бронхов уменьшается и появляются выпячивания их стенок.

4.2. Легкие

Дыхательная часть органов дыхания — легкие (рис. 22). Они представляют собой парный орган в виде конуса с утолщенным основанием и верхушкой, которая выступает на 1-2 см над I ребром. Границы

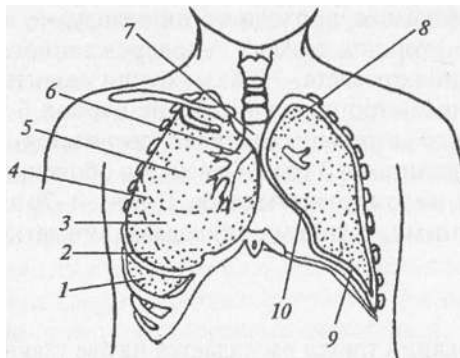


Рис. 22. Схематическое строение легких человека:

1 — нижняя доля; 2 — косая щель; 3 — средняя доля; 4 — горизонтальная щель; 5 — верхняя доля; 6 — правый главный бронх; 7 — трахея; 8 — верхушка легкого; 9 — основание легкого; 10 — сердечная вырезка

легкого с возрастом изменяются. Верхушка легкого новорожденного находится на уровне I ребра. В дальнейшем она выступает над I ребром и к 20-25 годам располагается на 2 см выше ключицы. Нижняя граница легких у новорожденного на одно ребро выше, чем у взрослого. С возрастом эта граница опускается, после 60 лет — на 1–2 см. Легкие имеют три поверхности: боковую, или реберную, нижнюю, или диафрагмальную, и срединную, или средостенную. На левом легком просматривается сердечное вдавление. Каждое легкое имеет на внутренней стороне ворота, через которые проходят бронхи, артерии, вены, нервы и лимфатические сосуды. Легкие глубокими щелями делятся на доли: правое — на три, левое — на две. На обоих легких есть косая щель, начинающаяся на 6–7 см ниже верхушки и идущая до основания легкого. На правом легком имеется еще и горизонтальная щель, идущая на уровне IV ребра. Она менее глубокая и более короткая. Легкие у новорожденного неправильной конусовидной формы, верхние доли небольших размеров, нижние сравнительно велики. Масса обоих легких после рождения составляет 57 г, а объем — 67 см³.

Легкое имеет мягкую и упругую консистенцию. У детей цвет легкого бледно-розовый, а затем ткань его темнеет, появляются темные пятна за счет пыли и других твердых частиц, которые откладываются в соединительнотканной основе легкого. Ацинус — функциональная единица легкого. Он представляет собой разветвление одной концевой бронхиолы, которая, в свою очередь, распадается на 14–16 дыхательных

альвеол. Последние образуют 150 альвеолярных ходов с 20 000 альвеол. Один альвеолярный ход содержит около 21 альвеолы, а в одной легочной дольке — 16—18 ацинусов. Ацинусы новорожденного имеют небольшое количество мелких легочных альвеол. Со второго года жизни ацинус растет за счет появления новых альвеолярных ходов и образования новых легочных альвеол в стенках уже имеющихся альвеолярных ходов. *Альвеолы* — это пузырьки произвольной формы, разделенные перегородкой толщиной 2—8 мкм. В перегородке располагаются густая сеть кровеносных капилляров и эластичные волокна. Также в альвеолах находятся поры для сообщения их между собой. Вход в альвеолу представляет собой округлое отверстие и открыт благодаря наличию в ней эластических волокон. Дыхательная поверхность всех альвеол составляет 40—120 м². Образование новых альвеолярных ходов заканчивается к 7—9 годам, альвеол — к 12—15 годам. К этому времени размеры альвеол увеличиваются вдвое. В период от 25 до 40 лет строение ацинуса не изменяется. После 40 лет начинается старение легочной ткани, что выражается в укрупнении альвеол за счет разрушения межалвеолярных перегородок.

Легкие находятся в полости грудной клетки в своеобразной оболочке — *легочной плевре*. Плевра образует два мешка — висцеральный и париетальный. Висцеральный плотно срастается с легочной тканью, покрывает легкое со всех сторон и заходит в его щели. Париетальный мешок покрывает внутреннюю поверхность грудной полости и содержит в себе легкое. Между пристеночной и легочной плеврой находится герметически замкнутое пространство — *плевральная полость* (5—10 мкм). Полость плевры содержит небольшое количество серозной жидкости, которая облегчает движение легких при дыхании. Давление в полости ниже атмосферного. Отрицательное давление обусловлено эластичной тягой легких, т.е. их стремлением уменьшить свой объем. В конце спокойного выдоха давление в полости равно —3 мм рт. ст., к концу спокойного вдоха оно снижается до —6 мм рт. ст. В плевральной полости в обычных условиях не бывает газов.

При попадании небольшого количества воздуха в плевральную полость легкое частично спадается, но вентиляция его продолжается. Такое состояние называется *закрытым пневмотораксом*. Через некоторое время воздух из плевральной полости всасывается и легкое расправляется. При вскрытии грудной клетки, например при ранениях или внутригрудных операциях, давление вокруг легкого становится равным атмосферному и легкое спадается полностью. Его вентиляция

прекращается, несмотря на сокращения дыхательных мышц. Такой пневмоторакс называется *открытым*. Двусторонний открытый пневмоторакс без экстренной помощи приводит к смерти. В этом случае необходимо либо срочно начать искусственное дыхание ритмическим нагнетанием воздуха в легкие через трахею, либо немедленно герметизировать плевральную полость.

При вдохе сокращаются дыхательные мышцы и диафрагма, увеличивается объем грудной полости и соответственно объем легких. В результате давление в легких становится меньше атмосферного, и воздух устремляется в них. В механизме вдоха важную роль играют еще два фактора: во-первых, наличие в плевральной полости жидкости, уменьшающей трение легких о стенку грудной клетки, и, во-вторых, отрицательное давление в плевральной полости. Последнее вследствие эластичности легочной ткани при вдохе увеличивается. Отрицательное давления выдоха меньше атмосферного приблизительно на 7 мм рт. ст., а в конце вдоха — на 9 мм рт. ст. Выдох, осуществляемый в покое, протекает пассивно. При расслаблении дыхательных мышц уменьшается объем грудной клетки и легких, вследствие чего воздух выходит наружу.

Существуют возрастные и половые различия типов дыхания. У детей раннего возраста ребра занимают горизонтальное положение, межреберные мышцы развиты слабо, в связи с чем у новорожденных преобладает диафрагмальное дыхание с незначительным участием межреберных мышц. Диафрагмальный тип дыхания сохраняется до второй половины первого года жизни. По мере развития межреберных мышц ребра принимают косое положение и дыхание детей становится грудобрюшным с преобладанием диафрагмального. В возрасте от 3 до 7 лет развивается плечевой пояс и дыхание становится грудным. В 7-8 лет начинают проявляться половые различия в типе дыхания: у мальчиков преобладает брюшной тип дыхания, а у девочек — грудной. Заканчивается дифференцировка в 14-17 лет. Тип дыхания может меняться в зависимости от спортивной и трудовой деятельности.

Дыхательные объемы

Обычно в состоянии относительного покоя при каждом вдохе в легкие поступает около 500 мл воздуха и столько же выходит наружу. Этот объем воздуха называют *дыхательным объемом* и используют для характеристики глубины дыхания. Однако после спокойного выдоха

в легких еще остается около 1500 мл воздуха — это *резервный объем выдоха*. После спокойного вдоха человек может вдохнуть еще 1500 мл — *резервный объем вдоха*. Сумма этих трех объемов (дыхательного, резервных объемов вдоха и выдоха) составляет *жизненную емкость легких*, которая зависит от возрастных, половых и морфологических особенностей человека и является одним из важнейших функциональных показателей внешнего дыхания. У взрослого человека жизненная емкость легких равна 3500 мл (500 мл + 1500 мл + 1500 мл). У мужчин она колеблется в пределах 3200–7200 мл, у женщин — 2500–5000 мл. У детей жизненная емкость легких может быть определена только после 4–5 лет. К 16–17 годам она достигает величины, характерной для взрослого человека. Даже при максимальном выдохе в легких остается еще 1500 мл воздуха. Это *остаточный объем*. Жизненная емкость легких и остаточный объем в сумме составляют *общую емкость легких*. 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. Поэтому воздухоносные пути называют «мертвым пространством».

Количество воздуха, вдыхаемого и выдыхаемого в течение одной минуты, называют *минутным объемом дыхания*. В покое его величина составляет от 7 до 10 л, при физической работе увеличивается до 150–180 л. Величина минутного объема дыхания также зависит от возраста, пола и степени тренированности человека. За счет большой частоты дыхания у детей минутный объем дыхания значительно выше, чем у взрослых. У новорожденного он составляет 650–670 мл, у ребенка первого года жизни — 2600–2700 мл, в 10 лет — 4300 мл, у взрослого человека — 5000–6000 мл.

Обмен газов в легких

Газообмен в легких осуществляется в результате диффузии кислорода из альвеолярного воздуха в кровь (500 л в сутки) и углекислого газа из крови в альвеолярный воздух (430 л в сутки). Диффузию обеспечивает разность парциального давления этих газов в альвеолярном воздухе и их напряжения в крови.

Парциальное давление газа в газовой смеси пропорционально процентному содержанию газа в ней (табл. 3). Разность парциального давления кислорода (100 мм рт. ст.) и углекислого газа (40 мм рт. ст.) в альвеолярном воздухе является той силой, с которой молекулы этих газов проникают через альвеолярную мембрану в кровь.

В крови газ находится в растворенном свободном состоянии. Сила, с которой молекулы растворенного газа стремятся выйти в газовую среду, называется *напряжением газа в жидкости*. Если парциальное давление газа выше его напряжения, газ будет растворяться. Если парциальное давление газа ниже его напряжения, то газ будет выходить из раствора в газовую среду.

Таблица 3

Парциальное давление и напряжение газа в легких (мм рт. ст.)

Газ	Венозная кровь	Альвеолярный воздух	Артериальная кровь
Кислород	40	100	96
Углекислый газ	46	40	39

Диффузия кислорода обеспечивается разностью парциальных давлений, составляющей 60 мм рт. ст. Кровь через капилляры малого круга протекает за 0,7 с, что достаточно для растворения кислорода в крови и перехода оксида углерода в альвеолярный воздух.

Переносчиком газов является кровь. Кислород и углекислый газ переносятся в связанном состоянии. Благодаря особому свойству гемоглобина вступать в соединение с кислородом и углекислым газом кровь способна поглощать эти газы в значительном количестве. В норме 1 л артериальной крови содержит 180—200 мл кислорода, венозной — 120 мл. Часть кислорода, поглощаемая тканями из артериальной крови, называется *коэффициентом утилизации*. Одна молекула гемоглобина способна присоединять к себе четыре молекулы кислорода, образуя нестойкое соединение оксигемоглобин. 1 г гемоглобина связывает 1,34 мл кислорода. В 100 мл крови содержится 15 г гемоглобина. При поступлении в ткани оксигемоглобин отдает кислород клеткам, а образовавшийся в результате обмена веществ углекислый газ переходит в кровь и присоединяется к гемоглобину, образуя непрочное соединение карбгемоглобин.

Обмен газов в тканях

Наименьшее напряжение кислорода наблюдается в местах его потребления — в клетках, где кислород используется для процессов окисления. Молекулы кислорода, освобождающиеся в результате расщепления оксигемоглобина, движутся в направлении более низкого

напряжения. В тканевой жидкости оно около 40 мм рт. ст., что значительно ниже, чем в крови.

В клетках в результате обменных процессов наблюдается наибольшее напряжение углекислого газа (до 60 мм рт. ст.), в артериальной крови оно составляет 40 мм рт. ст. Углекислый газ движется по градиенту напряжения в кровеносные капилляры и транспортируется кровью к легким.

4.3. Регуляция дыхания

Изменение режима работы дыхательной системы, направленное на точное и своевременное удовлетворение потребности организма в кислороде, называется регуляцией дыхания. Как и регуляция других вегетативных функций, она осуществляется нервным и гуморальным путем.

Нервная регуляция дыхания контролируется дыхательным центром, находящимся в продолговатом мозге, где каждые 4 с возникает возбуждение. Этот нервный центр был впервые подробно исследован русским физиологом Н.А. Миславским (1854-1928). Дыхательный центр состоит из двух тесно взаимосвязанных отделов, ответственных за протекание вдоха (инспираторный центр) и выдоха (экспираторный центр). Возбудимость нервных клеток дыхательного центра определяется содержанием в крови углекислого газа (гуморальный фактор). При повышении в крови концентрации углекислого газа степень возбуждения нервных клеток дыхательного центра возрастает, что приводит к интенсификации дыхания. Важное значение в регуляции дыхания имеют также и другие рефлекторные механизмы. Так, при вдохе происходит растяжение легких и раздражение барорецепторов, расположенных в их стенках, а также в межреберных мышцах и диафрагме. Центростремительные импульсы поступают в продолговатый мозг, происходит торможение вдоха, и начинается выдох. Как только растяжение легких прекращается, импульсы в нервный центр перестают поступать, возбудимость нервных клеток возрастает и опять включается механизм вдоха. Разрушение дыхательного центра приводит к немедленной остановке дыхания и гибели организма. Участие коры головного мозга в регуляции дыхания доказывается возможностью произвольной задержки дыхания или его интенсификацией. Способность к произвольной регуляции дыхания зависит от тренированности

организма. Например, у спортсменов возможно произвольное усиление дыхания и увеличение его максимального объема до 200 л, в то время как у людей, не занимающихся спортом, — только до 70–80 л. Примером участия коры головного мозга в регуляции дыхания является также изменение его у спортсменов на старте или у студентов, сдающих экзамены.

Гуморальная регуляция дыхания осуществляется, во-первых, за счет прямого воздействия углекислого газа крови на дыхательный центр. Во-вторых, при изменении химического состава крови возбуждаются рецепторы сосудов и импульсы от них поступают в дыхательный центр, соответственно изменяя его работу.

При повышении или понижении атмосферного давления проявляются особенности дыхательной системы.

При понижении давления происходят следующие изменения. Подъем на высоту 1,5–2 км не сопровождается изменением дыхания. На высоте 2–5 км наступает увеличение вентиляции легких, повышается артериальное давление и увеличивается частота сердечных сокращений. При дальнейшем снижении атмосферного давления на высоте 4–5 км развивается горная или высотная болезнь, сопровождающаяся слабостью, снижением частоты сердечных сокращений и артериального давления, головными болями, уменьшением глубины дыхания. Выше 7 км могут наступить потеря сознания и опасные для жизни нарушения дыхания и кровообращения. Длительное пребывание в горах сопровождается акклиматизацией. Это обусловлено увеличением количества эритроцитов, гемоглобина, повышением вентиляции легких, повышением устойчивости нервных клеток к гипоксии.

Повышение давления наблюдается при погружении на глубину. В этих условиях увеличивается растворимость газов в крови, что может привести к «кислородному отравлению», сопровождающемуся судорогами. В связи с этим при погружении используются гелиево-кислородные смеси. Преимущество гелия в том, что он практически нерастворим в воде. Особого внимания требует переход человека от высокого давления к нормальному. При высоком давлении, как мы отмечали, увеличивается растворимость газов в крови. В случае быстрого подъема они не успевают выделиться из организма и образуют в крови пузырьки, которые разносятся кровью и закупоривают сосуды (газовая эмболия). При этом появляются боли в мышцах, головокружение, рвота, одышка, потеря сознания и параличи.

4.4. Развитие дыхания в онтогенезе

В пренатальном периоде органы дыхания плода практически не функционируют, а необходимый для жизни кислород он получает через плаценту. Легкие имеют плотную консистенцию и слабо развитую эластическую ткань. С первым вдохом новорожденного легкие расправляются и устанавливается ритмическое дыхание, частота которого колеблется от 40 до 60 в минуту. Механизм первого вдоха связан с действием на нервные клетки дыхательного центра углекислого газа, растворенного в крови. При рождении ребенка его концентрация повышается вследствие нарушения плацентарного кровообращения. Накапливающийся в крови углекислый газ действует гуморально непосредственно на нервные клетки дыхательного центра и рефлекторно через хеморецепторы кровеносных сосудов. В результате активизируется дыхательный центр и включается механизм дыхания.

К моменту рождения ребенка формирование механизмов регуляции дыхания еще не завершено. Подтверждением этого является большая изменчивость частоты, глубины и ритма дыхания младенца. Дыхательная система ребенка первого года жизни имеет существенные особенности. Дыхание младенца частое (до 50—60 дыхательных движений в минуту), что обеспечивает высокий уровень легочной вентиляции. В период с 1 года до 3 лет по мере роста грудной клетки и развития межреберных мышц дыхание становится грудобрюшным. Частота его уменьшается до 35—40 циклов в минуту. В возрасте 6—7 лет происходит интенсивный рост ребер и изменяется их положение. Более длинные ребра меняют форму грудной клетки — ее передняя часть опускается вниз. Межреберные мышцы начинают играть ведущую роль в организации вдоха и выдоха. Резервный объем заметно увеличивается, что создает благоприятные условия для работы легких, особенно при физической нагрузке. В младшем школьном возрасте происходит дальнейшее увеличение дыхательных объемов, что расширяет резервные возможности организма в условиях физической нагрузки и адаптации. В подростковом и юношеском возрасте продолжается развитие легких, жизненная емкость приближается к уровню таковой у взрослых. Увеличиваются длина и диаметр трахеи и бронхов. Под действием мужского полового гормона — тестостерона — существенно изменяется строение гортани у мальчиков (развивается система гортанных хрящей и голосовых связок). Происходит мутация голоса — он становится низким. В 16-18 лет между системой дыхания и другими вегетативными системами устанавливается скоординированное взаимодействие.

СТРОЕНИЕ, ФУНКЦИИ И ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Пища необходима для процессов жизнедеятельности, потому что содержащиеся в ней питательные вещества поддерживают функционирование органов и тканей, обеспечивают их энергией и материалами для роста и регенерации.

Пищеварение — физиологический процесс, в ходе которого поступающая в организм пища подвергается механическим и химическим превращениям, в результате чего образовавшиеся простые питательные вещества всасываются в кровь и лимфу. Химические изменения представляют собой последовательные реакции питательных веществ с компонентами секретов пищеварительных желез. В результате этих реакций происходит расщепление белков, углеводов и жиров под действием ферментов трех основных групп: протеаз, липаз и карбогидраз. Протеазы (пепсин, трипсин) расщепляют белки на аминокислоты и содержатся в желудочном, поджелудочном и кишечном соках. Липазы действуют на жиры с образованием глицерина и жирных кислот и входят в состав поджелудочного и кишечного соков. Карбогидразы (амилаза) расщепляют углеводы на глюкозу и представлены в слюне, поджелудочном и кишечном соках.

Происхождение ферментов, расщепляющих питательные вещества, обуславливает наличие трех типов пищеварения: аутолитического, симбионтного и собственного. *Аутолитическое пищеварение* осуществляется за счет собственных ферментов растительных и животных продуктов и присутствует у ребенка при молочном вскармливании, при недостаточно сформировавшемся собственном пищеварении. Например, в гидролизе питательных веществ молока участвуют ферменты самого молока. *Симбионтное пищеварение* происходит под воздействием ферментов, которые образуются симбионтами человека (бактерии и простейшие). *Собственное пищеварение* осуществляется ферментами, синтезирующимися в организме самого человека.

По локализации самого процесса пищеварение делится на внутриклеточное и внеклеточное. В ходе *внутриклеточного пищеварения* про-

исходит расщепление веществ в пищевой вакуоли путем фагоцитоза или пиноцитоза. У человека оно осуществляется лейкоцитами. *Внеклеточное пищеварение* делится на контактное, или пристеночное, и дистантное, или полостное. Последнее происходит под действием выделившихся в составе пищеварительных соков ферментов на питательные вещества. Контактное пищеварение осуществляется ферментами, фиксированными на клеточной мембране микроворсинок кишечника. Переработка пищи в пищеварительном тракте длится от 24 до 48 ч и включает четыре основные стадии:

- поступление пищи в ротовую полость, ее пережевывание и проглатывание;
- переваривание — ферментативное расщепление пищи на простые молекулы питательных веществ в различных отделах пищеварительного тракта;
- абсорбция, или всасывание, — поступление простых молекул питательных веществ в кровоток, который разносит их туда, где они необходимы;
- экскреция, или выделение, — выведение непереваренной пищи через анальное отверстие в виде кала.

5.1. Строение пищеварительной трубки

Стенка пищеварительного канала на своем протяжении имеет три слоя: внутренний — слизистая оболочка, средний — мышечная оболочка и наружный — серозная оболочка.

Слизистая оболочка выполняет функцию переваривания и всасывания и состоит из собственного слоя, собственной и мышечной пластинок. Собственный слой, или эпителий, укреплен на рыхлой соединительной ткани, в которую включены железы, сосуды, нервы и лимфоидные образования. Ротовая полость, глотка, пищевод покрыты многослойным плоским эпителием. Желудок, кишечник имеют однослойный цилиндрический эпителий. Собственная пластинка слизистой оболочки, на которой лежит эпителий, образована рыхлой волокнистой неоформленной соединительной тканью. В ней располагаются железы, скопления лимфоидной ткани, нервные элементы, кровеносные и лимфатические сосуды. Мышечная пластинка слизистой оболочки состоит из гладкой мышечной ткани. Под мышечной пластинкой находится слой соединительной ткани — подслизистый

слой, который соединяет слизистую оболочку с лежащей снаружи мышечной оболочкой.

Среди эпителиальных клеток слизистой оболочки располагаются бокаловидные, одноклеточные железы, выделяющие слизь. Это вязкий секрет, смачивающий всю поверхность пищеварительного канала, что предохраняет слизистую оболочку от вредного воздействия твердых частиц пищи, химических веществ и облегчает их передвижение. В слизистой оболочке желудка и тонкой кишки имеются многочисленные железы, в секрете которых содержатся ферменты, участвующие в процессе переваривания пищи. По строению эти железы делятся на трубчатые (простая трубка), альвеолярные (пузырек) и смешанные (альвеолярно-трубчатые). Стенки трубки и пузырька состоят из железистого эпителия, выделяют секрет, который через отверстие железы вытекает на поверхность слизистой оболочки. Кроме того, железы бывают простыми и сложными. Простые железы представляют собой одиночную трубку или пузырек, а сложные состоят из системы разветвленных трубок или пузырьков, которые впадают в выводной проток. Сложная железа делится на дольки, отделяющиеся друг от друга прослойками соединительной ткани. Помимо мелких желез, находящихся в слизистой оболочке пищеварительного тракта, имеются крупные железы: слюнные, печень и поджелудочная железа. Последние две лежат вне пищеварительного канала, но сообщаются с ним своими протоками.

Мышечная оболочка на большей части пищеварительного канала состоит из гладких мышц с внутренним слоем круговых мышечных волокон и наружным слоем продольных мышечных волокон. В стенке глотки и верхней части пищевода, в толще языка и мягкого нёба находится поперечнополосатая мышечная ткань. При сокращении мышечной оболочки пища продвигается по пищеварительному каналу.

Серозная оболочка покрывает органы пищеварения, находящиеся в брюшной полости, и называется *брюшиной*. Она блестящая, беловатого цвета, увлажнена серозной жидкостью и состоит из соединительной ткани, которая выстлана однослойным эпителием. Глотка и пищевод снаружи покрыты не брюшиной, а слоем соединительной ткани, который называется *адвентицией*.

Пищеварительная система состоит из полости рта, глотки, пищевода, желудка, тонкого и толстого кишечника, а также двух пищеварительных желез — печени и поджелудочной железы (рис. 23).

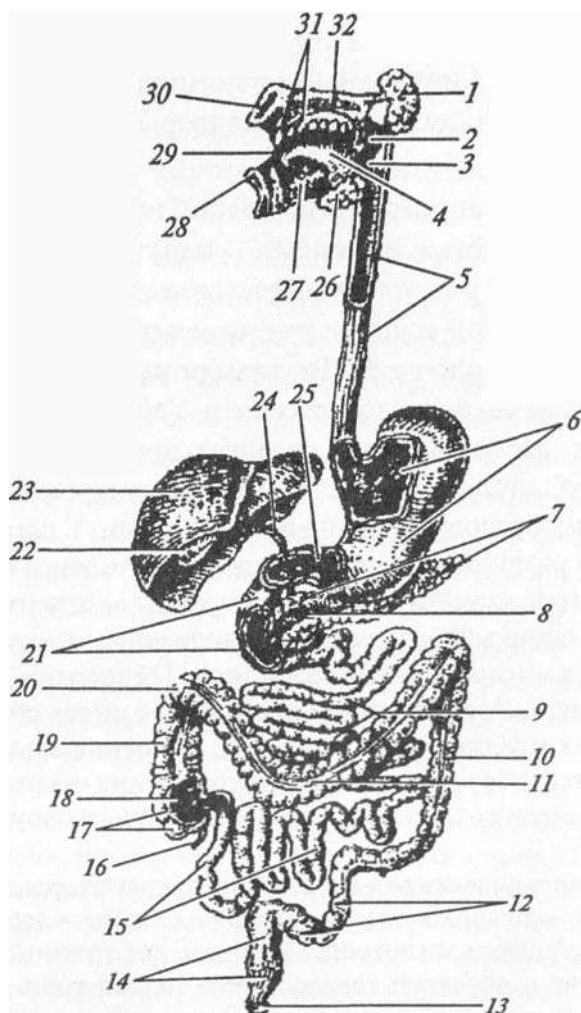


Рис. 23. Строение пищеварительной системы:

1 — околоушная слюнная железа; 2 — мягкое нёбо; 3 — глотка; 4 — язык; 5 — пищевод; 6 — желудок; 7 — поджелудочная железа; 8 — проток поджелудочной железы; 9 — тощая кишка; 10 — нисходящая ободочная кишка; 11 — поперечная ободочная кишка; 12 — сигмовидная ободочная кишка; 13 — наружный сфинктер заднего прохода; 14 — прямая кишка; 15 — подвздошная кишка; 16 — червеобразный отросток (аппендикс); 17 — слепая кишка; 18 — подвздошно-слепки кишечный клапан; 19 — восходящая ободочная кишка; 20 — правый (печеночный) изгиб ободочной кишки; 21 — двенадцатиперстная кишка; 22 — желчный пузырь; 23 — печень; 24 — общий желчный проток; 25 — сфинктер привратника желудка; 26 — поднижнечелюстная железа; 27 — подъязычная железа; 28 — нижняя губа; 29 — полость рта; 30 — верхняя губа; 31 — зубы; 32 — твердое нёбо

5.2. Полость рта

Полость рта является начальным расширенным отделом пищеварительного канала. Она делится на преддверие рта и собственно полость рта.

Преддверие рта — пространство, расположенное между губами и щеками снаружи и зубами и деснами — изнутри. Посредством ротового отверстия преддверие рта открывается наружу. Губы представляют собой волокна круговой мышцы рта, покрытые снаружи кожей, изнутри — слизистой оболочкой. По углам ротового отверстия губы переходят одна в другую посредством спаек. У новорожденного полость рта небольшая, десенный край отделяет преддверие от собственно полости рта, губы толстые. В толще губ и щек заложены мимические мышцы. Щеки образованы щечными мышцами. У детей щеки округлые с хорошо развитым жировым телом. Часть жирового тела после четырех лет атрофируется, а остальное уходит за жевательную мышцу. Слизистая оболочка щек является продолжением слизистой оболочки губ и покрыта многослойным эпителием. На твердом нёбе она лежит на кости и лишена подслизистой основы. Слизистая оболочка, покрывающая шейки зубов и охраняющая их, сращена с альвеолярными дугами челюстей, образуя десны. В преддверие рта открывается большое количество мелких слюнных желез и протоки околоушных слюнных желез.

Собственно полость рта ограничена сверху твердым и мягким нёбом, снизу — диафрагмой рта, спереди и с боков — зубами, а сзади через зев сообщается с глоткой. Передние две трети нёба имеют костную основу и образуют твердое нёбо, задняя треть — мягкое. При спокойном дыхании человека через нос мягкое нёбо свисает косо вниз и отделяет полость рта от глотки.

По средней линии *твердого нёба* заметен шов, а в его передней части располагается ряд поперечных возвышений, которые способствуют механической обработке пищи. Твердое нёбо отделяет полость рта от полости носа. Оно образовано нёбными отростками верхнечелюстных костей и горизонтальными пластинками нёбных костей и покрыто слизистой оболочкой.

Мягкое нёбо находится впереди от твердого и представляет собой мышечную пластинку, покрытую слизистой оболочкой. Суженная и расположенная по срединной линии задняя часть мягкого нёба называется язычком, или «третьей миндалиной». Настоящая функция

язычка остается невыясненной, однако существует мнение, что он является надежной заслонкой дыхательного тракта, не давая человеку подавиться при глотании. У ребенка твердое нёбо уплощено и слизистая оболочка бедна железами. Мягкое нёбо располагается горизонтально, оно широкое и короткое, не достигает задней стенки глотки. Это обеспечивает свободное дыхание новорожденного при сосании.

Диафрагма рта (дно полости рта) образована челюстно-подъязычными мышцами. На дне полости рта под языком слизистая оболочка образует складку, называемую *уздечкой языка*. По обе стороны от уздечки располагаются два возвышения со слюнными сосочками, на которых открываются протоки подчелюстных и подъязычных слюнных желез. *Зев* представляет собой отверстие, сообщаемое полость рта с глоткой. Оно ограничено сверху мягким нёбом, снизу — корнем языка, по бокам — нёбными дужками. С каждой стороны имеется нёбно-язычная и нёбно-глоточная дужки — складки слизистой оболочки, в толще которых располагаются мышцы, опускающие мягкое нёбо. Между дужками находится углубление в виде пазухи, где располагаются нёбные миндалины. Всего у человека шесть миндалин: две нёбные, две трубные в слизистой оболочке глотки, язычная в слизистой оболочке корня языка, глоточная в слизистой оболочке глотки. Эти миндалины образуют комплекс, получивший название лимфоэпителиального кольца (кольцо Пирогова — Вальдейера), которое окружает вход в носоглотку и ротоглотку. Сверху миндалина окружена фиброзной капсулой и состоит из лимфоидной ткани, образующей различной формы фолликулы. Размеры миндалин в вертикальном направлении от 20 до 25 мм, в переднезаднем — 15-20 мм, в поперечном — 12—15 мм. Медиальная, покрытая эпителием поверхность имеет неправильное, бугристое очертание и содержит крипты — углубления.

Язычная миндалина залегает в собственной пластинке слизистой оболочки корня языка. Она достигает наибольших размеров к 14-20 годам и состоит из 80-90 лимфоидных узелков, число которых наиболее велико в детском, подростковом и юношеском возрасте. Парная *нёбная миндалина* располагается, как отмечалось выше, в углублениях между нёбно-язычной и нёбно-глоточной дужками. Самое большое количество лимфоидных узелков в нёбных миндалинах наблюдается в возрасте от 2 до 16 лет. К 8—13 годам миндалины достигают наибольших размеров, которые сохраняются до 30 лет. Соединительная ткань внутри нёбной миндалины особенно интенсивно разрастается после 25-30 лет наряду с уменьшением количества лимфоидной ткани.

После 40 лет лимфоидных узелков в лимфоидной ткани практически нет. Непарная *глоточная миндалина* располагается в задней стенке глотки, между отверстиями слуховых труб, в складках слизистой оболочки. Она достигает наибольших размеров в 8-20 лет, после 30 лет величина ее постепенно уменьшается. Парная *трубная миндалина* находится позади глоточного отверстия слуховой трубы. Миндалина содержит лишь одиночные округлые лимфоидные узелки. Она достигает наибольшего развития в возрасте 4-7 лет. Возрастная инволюция ее начинается в подростковом и юношеском возрасте.

Размножающиеся во всех миндалинах лимфоциты и многочисленные плазматические клетки выполняют защитную функцию, препятствуя проникновению инфекции. Так как миндалины наиболее развиты у детей, то и поражаются они у детей чаще, чем у взрослых. Увеличение миндалин нередко служит первым признаком ангины, скарлатины, дифтерии и других заболеваний. Глоточная миндалина у взрослых малозаметна или исчезает вовсе, но у детей она может быть значительной величины. При патологическом разрастании (аденоиды) она затрудняет дыхание через нос.

Язык представляет собой мышечный орган, покрытый слизистой оболочкой. В языке различают кончик (верхушка), тело и корень. Верхняя поверхность (спинка языка) выпуклая, значительно длиннее, чем нижняя. Слизистая оболочка языка покрыта неороговевающим многослойным эпителием, на спинке и краях языка она лишена подслизистой оболочки и сращена с мышцами. Язык имеет собственные мышцы и мышцы, начинающиеся от костей. Собственные мышцы языка состоят из мышечных волокон, лежащих в трех направлениях: продольном, поперечном и вертикальном. При их сокращении меняется форма языка. От костей начинаются парные подбородочно-язычная, подъязычно-язычная и шило-язычная мышцы языка, которые оканчиваются в толще языка. При сокращении язык смещается вниз и вверх, вперед и назад. Передний отдел спинки языка усеян множеством сосочков, являющихся выростами собственной пластинки слизистой оболочки и покрытых эпителием. Они бывают нитевидные, грибовидные, желобоватые и листовидные. Нитевидные сосочки самые многочисленные, занимают всю поверхность спинки языка, придавая ей бархатистость. Это высокие и узкие выросты, длиной 0,3 мм, покрытые многослойным плоским, часто ороговевающим эпителием. Грибовидные сосочки разбросаны по всей поверхности спинки языка, с преимущественным расположением на кончике и по краям языка.

Они закругленные, длиной 0,7-1,8 мм, по форме напоминают гриб. Желобоватые сосочки окружены валиком и лежат на границе между спинкой и корнем языка, где образуют фигуру в виде римской цифры V. По форме напоминают грибовидные, но верхняя поверхность их уплощена, а вокруг сосочка имеется узкий глубокий желобок, в который открываются протоки желез. Количество сосочков, окруженных валиком, колеблется в пределах 7-12. Листовидные сосочки лежат по краям языка в виде поперечно-вертикальных складок или листиков. Их количество составляет 4-8, длина 2-5 мм, они хорошо развиты у новорожденных и грудных детей. На поверхности грибовидных и в толще эпителия желобоватых сосочков располагаются вкусовые почки — группы специализированных рецепторных вкусовых клеток. Небольшое количество вкусовых почек находится на листовидных сосочках и в области мягкого нёба.

Зубы представляют собой окостеневшие сосочки слизистой оболочки. У человека зубы меняются два раза, а иногда и три. Зубы находятся в полости рта и укреплены в ячейках альвеолярных отростков челюстей. В каждом зубе различают коронку, шейку и корень (рис. 24).

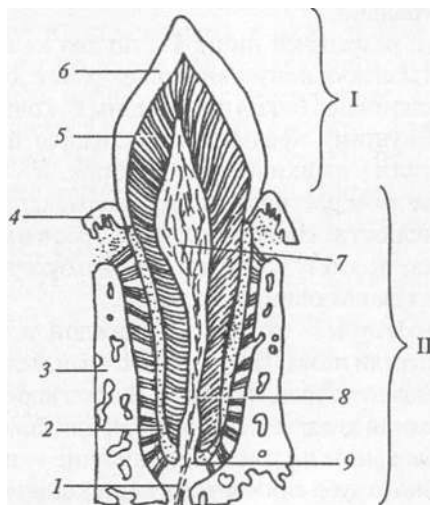


Рис. 24. Строение зуба:

I — коронка; *II* — корень зуба; 1 — сосуды и нервы; 2 — цемент; 3 — альвеолярная кость; 4 — десна; 5 — дентин; 6 — эмаль; 7 — полость коронки; 8 — канал корня зуба; 9 — отверстие верхушки зуба

Коронка является наиболее массивным отделом зуба, выступающим над уровнем входа в альвеолу. Шейка находится на границе между корнем и коронкой, в этом месте с зубом соприкасается слизистая оболочка. Корень расположен в альвеоле и имеет верхушку, на которой находится маленькое отверстие. Через это отверстие в зуб входят сосуды и нервы. Внутри зуба имеется полость, переходящая в канал корня. Полость заполнена зубной мякотью — зубной пульпой, образованной рыхлой соединительной тканью, в которой находятся нервы и кровеносные сосуды. Каждый зуб имеет один (резцы, клыки), два (нижние коренные зубы) или три корня (верхние коренные зубы). В состав зуба входят дентин, эмаль и цемент. Зуб построен из дентина, который в области корня покрыт цементом, а в области коронки — эмалью.

В зависимости от формы различают резцы, клыки, малые и большие коренные зубы.

Резцы служат для захватывания и откусывания пищи. Их по четыре на каждой челюсти. Они имеют коронку долотообразной формы. Коронка верхних зубов широкая, нижних — в два раза уже. Корень одиночный, у нижних резцов с боков сдвоен. Верхушка корня отклонена несколько латерально.

Клыки дробят и разрывают пищу. Их по два на каждой челюсти. У человека развиты слабо, конусовидной формы с длинным одиночным корнем, сдвоенным с боков и имеющим боковые бороздки. Коронка с двумя режущими краями, сходящимися под углом. На ее язычной поверхности у шейки имеется бугорок.

Малые коренные зубы растирают и перемалывают пищу. Их по четыре на каждой челюсти. На коронке этих зубов находится два жевательных бугорка, поэтому их называют двухбугорковыми. Корень одиночный, но раздваивающийся на конце.

Большие коренные зубы — по шесть на каждой челюсти, уменьшаются в размерах спереди назад. Последний, самый маленький, прорезается поздно и называется зубом мудрости. Форма коронки кубовидная, поверхность смыкания квадратная. У них три или более бугорка. Верхние коренные зубы имеют по три корня, нижние — по два. Три корня последнего коренного зуба сливаются в один конической формы.

Как отмечалось ранее, у человека две смены зубов, в зависимости от чего различают молочные и постоянные зубы. Молочных зубов всего 20. На каждой половине верхнего и нижнего зубного ряда по 5 зубов: 2 резца, 1 клык, 2 коренных зуба. Молочные зубы прорезыва-

ются в возрасте от 6 месяцев до 2,5 года в следующем порядке: средние резцы, боковые резцы, первые коренные, клыки, вторые коренные. Количество постоянных зубов 32: на каждой половине верхнего и нижнего зубного ряда по 2 резца, 1 клыку, 2 малых коренных и 3 больших коренных зуба. Постоянные зубы прорезываются в возрасте 6–14 лет. Исключение составляют зубы мудрости, которые появляются в возрасте 17–30 лет, а иногда и вовсе отсутствуют. Первыми из постоянных зубов прорезываются первые большие коренные (на 6–7-м году жизни). Порядок появления постоянных зубов следующий: первые большие коренные, средние резцы, боковые резцы, первые малые коренные, клыки, вторые малые коренные, вторые большие коренные, зубы мудрости. Смыкание верхних резцов с нижними называют *прикусом*. В норме зубы верхней и нижней челюстей не полностью соответствуют друг другу, а зубы верхней челюсти несколько перекрывают зубы нижней челюсти.

В полость рта открываются протоки трех пар крупных **слюнных желез**: околоушной, подчелюстной, подъязычной. *Околоушная железа* — самая крупная (масса 20–30 г), имеет дольчатое строение, покрыта сверху соединительнотканной капсулой. Расположена на боковой поверхности лица, спереди и ниже ушной раковины. Проток этой железы идет по наружной поверхности жевательной мышцы, прободает щечную мышцу и открывается в преддверие рта на слизистой оболочке щеки. По строению относится к альвеолярным железам. *Подчелюстная железа* имеет массу 13–16 г, располагается под диафрагмой рта в подчелюстной ямке. Проток ее открывается в полость рта. Является смешанной железой. *Подъязычная железа* — самая маленькая (масса 5 г), узкая, удлинённая. Расположена на верхней поверхности диафрагмы рта. Сверху покрыта слизистой оболочкой, которая над железой образует подъязычную складку. Железа имеет один крупный проток и несколько мелких. Крупный выводной проток открывается вместе с протоком подчелюстной железы, мелкие протоки открываются на подъязычной складке.

Пищеварение в полости рта

В полости рта начинается механическая и химическая переработка пищи. Здесь пища пребывает 15–20 с, в течение которых она измельчается, смачивается слюной и формируется пищевой комок. Слюнные железы выделяют в сутки от 0,5 до 2 л слюны, состоящей из воды (до 95 %),

солей, ферментов (амилазы и мальтазы), слизи и бактерицидного вещества (лизоцима). У новорожденных слюнные железы развиты слабо, они быстро растут в период с 4 месяцев до 2 лет. Поэтому в первые месяцы слюны отделяется мало, с возрастом ее количество увеличивается. Наиболее значительные сдвиги в слюноотделении наблюдаются у детей 9—12 месяцев и 9—11 лет. Всего в сутки у детей отделяется до 0,8 л слюны. Слизь содержит муцин — вещество, которое придает слюне вязкость, способствует формированию и склеиванию пищевого комка и облегчает его проглатывание. В слюне содержатся ферменты амилаза и мальтаза. Ферменты — это белки, которые действуют как биологические катализаторы. Они ускоряют реакции, протекающие в организме, сами при этом не изменяются. Внутриклеточные ферменты ускоряют процессы метаболизма. Пищеварительные, или внеклеточные, ферменты выделяются железами желудочно-кишечного тракта. В отсутствие ферментов пищеварение шло бы слишком медленно. Каждой молекуле питательных веществ соответствует особый фермент. Эта молекула присоединяется к определенной области молекулы фермента, как ключ входит в замочную скважину. Продукт реакции отсоединяется от фермента, и тот, оставаясь таким же, как прежде, вступает в контакт со следующей молекулой. Пищеварительные ферменты катализируют реакции гидролиза (расщепление водой). Например, фермент слюны амилаза расщепляет крахмал до мальтозы, а фермент мальтаза расщепляет мальтозу до глюкозы.

Различные пищевые вещества вызывают неодинаковое по количеству и качеству отделение слюны. Выделение слюны происходит рефлекторно. При воздействии пищи на расположенные в стенках ротовой полости механические, химические, температурные рецепторы нервные импульсы от них по афферентным волокнам тройничного, языкоглоточного, лицевого и блуждающего нервов поступают в слюноотделительный центр продолговатого мозга. Кроме того, импульсы поступают в боковые рога верхних грудных сегментов спинного мозга. Парасимпатическая иннервация слюнных желез осуществляется ядрами продолговатого мозга, а симпатическая — нейронами боковых рогов II—IV грудных сегментов спинного мозга. Из мозга к слюнным железам поступают сигналы по нервам вегетативной нервной системы (симпатическим и парасимпатическим). Симпатические нервы способствуют отделению небольшого количества густой слюны, а парасимпатические — большого количества жидкой слюны. Слюна выделяется не только при непосредственном воздействии пищи на нервные

окончания слизистой оболочки полости рта (безусловно-рефлекторная деятельность), но и в ответ на обонятельные, зрительные, слуховые и другие воздействия (запах, цвет пищи, разговоры о еде). Это условно-рефлекторное слюноотделение.

Сформированный в ротовой полости пищевой комок попадает на корень языка. Раздражение рецепторов этой зоны приводит к передаче нервных импульсов в центр глотания продолговатого мозга. Отсюда импульсы по волокнам языкоглоточного и блуждающего нервов поступают к мышцам глотки и вызывают акт глотания. Акт глотания делится на три фазы: ротовая, глоточная и пищеводная. В течение первой фазы формируется комок объемом 5-15 см³, который помещается на спинку языка, потом его корень, а затем отжимается за дужки. Эта фаза является произвольной. Вторая фаза — глоточная — быстрая и непроизвольная. Пища проталкивается в глотку движениями языка. Именно в это время вход в носовую полость закрывается мягким нёбом и надгортанником, задерживается дыхание. Как только пища попадает в глотку, начинают сокращаться мышцы выше пищевого комка, вследствие чего последний передвигается в пищевод. Эти две фазы длятся около 1 с. Третья фаза — пищеводная — медленная и непроизвольная. По пищеводу жидкая пища движется 1—1,5 с, а твердая — 8-9 с. При разговоре во время еды вход в гортань из глотки не закрывается и пища может попасть в дыхательные пути.

5.3. Глотка

Из ротовой полости пища поступает в глотку. Глотка имеет форму трубки длиной 11-12 см и лежит позади полости носа, ротовой полости и гортани. Она протягивается от основания черепа до VI-VII шейного позвонка и служит для проведения пищи из полости рта в пищевод и воздуха из полости носа в гортань. У новорожденного глотка короткая и составляет всего 3 см, нижний край находится на уровне между III и IV шейными позвонками. К 11-12 годам она опускается до V—VI шейных позвонков, в подростковом возрасте ее топография такая же, как у взрослого человека. Полость глотки делится на носоглотку, ротоглотку и гортанную часть.

Носоглотка — чисто дыхательный отдел. Размеры носоглотки к двум годам жизни ребенка увеличиваются в 2 раза. В отличие от других отделов глотки стенки ее не спадаются. На передней стенке носового

отдела находятся хоаны — отверстия, соединяющие полости носа и носовой части глотки. На уровне хоан на боковых стенках носоглотки с обеих сторон расположены воронкообразные глоточные отверстия слуховой трубы (евстахиевой трубы), соединяющие глотку с полостью среднего уха и способствующие сохранению в последней атмосферного давления. У новорожденного глоточное отверстие слуховой трубы расположено на уровне твердого нёба, имеет вид щели и зияет. К 2—4 годам оно перемещается кверху и кзади, а к 12—14 годам становится овальным.

Ротоглотка — средний отдел глотки, который спереди сообщается через зев с полостью рта и находится на уровне III шейного позвонка. Функция ротоглотки смешанная, так как в ней происходит перекрест пищеварительного и дыхательного путей.

Гортанная часть глотки — нижний отдел — простирается от входа в гортань до входа в пищевод.

В глотку пищевой комок попадает из ротовой полости. При акте глотания продольные мышцы глотки поднимают ее, как бы натягивая ее на пищевой комок, а круговые мышцы, сокращаясь, проталкивают его в пищевод.

5.4. Пищевод

Пищевод — цилиндрическая трубка длиной около 22-30 см, служащая для проведения пищи в желудок. Просвет пищевода имеет фестончатый вид. Пищевод начинается на уровне границы между VI и VII шейными позвонками и оканчивается на уровне XI грудного впадением в желудок. В пищеводе различают шейный, грудной и брюшной отделы. Шейный отдел прилежит к позвоночнику, располагается от VI шейного до II грудного позвонка. Грудной отдел находится впереди позвоночника рядом с грудной аортой и располагается от уровня II грудного позвонка до диафрагмы. Брюшная часть — самая короткая (1,5-2 см), находится в брюшной полости под диафрагмой.

Пищевод новорожденного имеет длину 10-12 см и диаметр 0,4-0,9 см. К 12 годам длина его удваивается и составляет 20-22 см. Мышечная оболочка у детей развита слабо, слизистая оболочка бедна железами, продольные складки появляются лишь в возрасте 2-2,5 года. Пищевод окружен снаружи рыхлой соединительной тканью, что

обуславливает его подвижность. На своем протяжении пищевод имеет три сужения: первое — в начале пищевода, на границе между VI—VII шейными позвонками, второе — на уровне IV грудного позвонка, третье — при переходе пищевода через диафрагму. У ребенка наиболее выражено глоточное сужение. Волнообразное сокращение мышц пищевода продвигает пищу в желудок. Весь путь от ротовой полости до желудка твердая пища проходит за 6-9 с, а жидкая — за 2-3 с.

5.5. Желудок

Желудок представляет собой расширенный отдел пищеварительного тракта (рис. 25). Он располагается в верхнем отделе брюшной полости под диафрагмой в левом подреберье, при этом большая его часть (5/6) находится слева, а меньшая — справа от срединной линии. В желудке различают кардиальное отверстие, служащее входом в желудок, к которому прилегает кардиальная часть. Расширенная часть желудка — дно, которое переходит в тело желудка. Привратник — выход из желудка. Его отверстие снабжено кольцевой мышцей — сфинктером привратника. Привратниковая, или пилорическая, суженная часть желудка примыкает к привратнику. В желудке различают большую и малую кривизну: нижний, обращенный слегка влево, выпуклый край желудка формирует большую кривизну, а верхний вогнутый — малую кривизну. Желудок имеет переднюю и заднюю стенки: передняя стенка обращена вперед, несколько вверх и вправо, задняя — вниз, назад и влево. Обе стенки переходят одна в другую по большой и малой кривизне. Емкость желудка взрослого человека варьирует в зависимости от принятой пищи и жидкости и составляет от 1,5 до 4 л.

Желудок новорожденного имеет веретенообразную форму. Кардиальная часть, дно и пилорический отдел слабо выражены, привратник широкий. К концу первого года жизни желудок удлинняется, а к 11 годам приобретает такую же форму, как у взрослого. Формирование кардиальной части завершается только к 8 годам. Объем желудка новорожденного составляет 50 мл, в 2 года — 500 мл, в 12 лет — 1500 мл. Входное отверстие желудка у новорожденного находится на уровне VIII—IX, а отверстие привратника — на уровне XI—XII грудных позвонков. В 7-летнем возрасте входное отверстие проецируется между XI—XII грудными позвонками, а выходное — между XII грудным и I поясничным. В старческом возрасте желудок еще больше опускается.

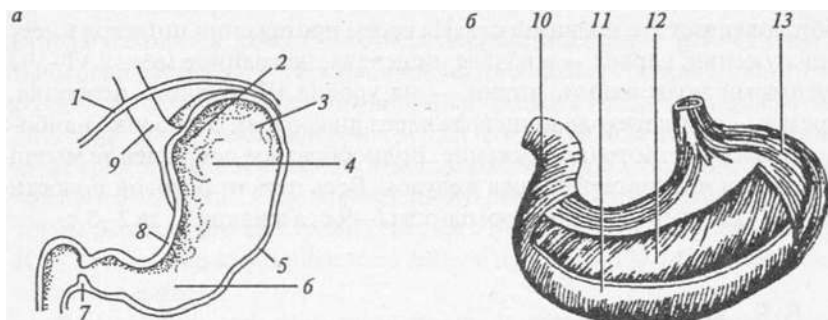


Рис. 25. Желудок:

a — слизистая оболочка; *б* — мышечная оболочка; 1 — диафрагма; 2 — кардиальный сфинктер; 3 — дно; 4 — кардиальная часть; 5 — большая кривизна; 6 — пилорическая часть; 7 — пилорический сфинктер; 8 — малая кривизна; 9 — пищевод; 10 — сфинктер привратника; 11 — круговой слой; 12 — косые волокна; 13 — продольный слой

Слизистая оболочка желудка неровная, на ней располагается 4-5 продольных складок, сглаживающихся при наполнении желудка. На границе желудка и двенадцатиперстной кишки находится крупная складка слизистой оболочки, называемая заслонкой привратника. Кроме складок на слизистой оболочке имеются постоянные углубления — желудочные ямки, в которые открываются протоки желез желудка, вырабатывающие желудочный сок. Вдоль малой кривизны желудка складки имеют продольное направление и образуют «желудочную дорожку». При сокращении мышц желудка она может стать каналом для прохождения жидкой части пищи (воды и солевых растворов) из пищевода в привратник, минуя кардиальную часть желудка. Слизистая оболочка у новорожденного относительно толстая, складки высокие. Количество желудочных ямок у новорожденного около 200 тыс., к 3 годам — 720 тыс., к 15 годам — 4 млн.

Желудочные железы простые, трубчатые, неразветвленные. Различают собственные желудочные, пилорические и кардиальные железы.

Собственных желудочных желез до 35 млн, длина каждой из них 0,65 мм. В железах располагаются главные клетки, секретирующие пепсиноген и химозин, париетальные (обкладочные), вырабатывающие соляную кислоту, слизистые, или мукоциты (добавочные), вырабатывающие слизистый секрет. В этих железах также находятся желудочные эндокриноциты, в которых образуются биологически активные вещества (серотонин, гистамин и др.).

Пилорических желез меньше, чем собственных желудочных, — 3,5 млн. Они короче, более разветвлены, их просвет шире. Пилорические железы лишены главных клеток и в них мало обкладочных. В основном они построены из клеток, похожих на мукоциты. Секрет этих желез имеет щелочную реакцию. Кроме того, пилорические железы содержат большое количество эндокриноцитов.

Кардиальные железы небольшие по размерам, имеют разветвленный начальный отдел и короткую шейку. Состоят они в основном из клеток, выделяющих слизь, между которыми разбросаны одиночные клетки, образующие пепсин. Железы в слизистой оболочке залегают почти вплотную друг к другу, между ними имеются лишь тонкие прослойки соединительной ткани. В каждой железе различают дно, шейку и перешеек, переходящий в желудочную ямку. Количество желез у новорожденного около 500 тыс., в дальнейшем оно быстро увеличивается, достигая к 2 месяцам 1,8 млн, к 2 годам — 8 млн, к 6 годам — 10 млн, у взрослого человека — около 35 млн.

Мышечная оболочка желудочной стенки сформирована гладкой мышечной тканью. Она состоит из трех слоев: кругового (наружного), продольного и косого (внутреннего). Круговые мышечные волокна на границе двенадцатиперстной кишки образуют утолщение — сфинктер привратника, при сокращении которого закрывается выход из желудка. Мышечная оболочка желудка новорожденного развита слабо, максимальной толщины она достигает к 15-20 годам.

Пищеварение в желудке

Пища, поступившая из пищевода в желудок, находится в нем около 4-6 ч. За это время под действием желудочного сока она переваривается. В желудке продолжается расщепление углеводов амилазой слюны, осуществляется частичное расщепление белковых молекул, а также жиров молока. У детей до 60 % жира молока расщепляется в желудке. Железы желудка выделяют за сутки 1,5-2,5 л кислого желудочного сока (рН 0,8—1,5), который содержит около 99 % воды, соляную кислоту (0,3—0,5 %), ферменты, слизь, соли и др. Пища, смешанная с желудочным соком, называется *химусом*. Слизь предохраняет слизистую оболочку желудка от действия соляной кислоты и пепсина, а также содержит внутренний фактор Касла, необходимый для всасывания витамина В₁₂. Наличие соляной кислоты обуславливает высокие бактерицидные свойства желудочного сока. Кроме того, под

влиянием ее пепсиноген превращается в активный пепсин. В состав желудочного сока входят ферменты пепсин, гастрин, липаза. Липаза расщепляет жиры молока, а пепсин и гастрин расщепляют белки до крупных частиц — полипептидов.

Отделение желудочного сока происходит в три фазы. Первая фаза получила название условно-рефлекторной. В эту фазу желудочный сок выделяется при запахе пищи, ее виде, даже при разговоре о еде. Количество сока невелико, его называют «аппетитным», он подготавливает желудок к перевариванию пищи. Вторая, желудочная, фаза начинается в тот момент, когда пища попадает в желудок. Пища воздействует на рецепторы желудка, и количество выделившегося желудочного сока резко увеличивается. После поступления пищи в двенадцатиперстную кишку начинается третья, «кишечная», фаза отделения желудочного сока. Белковая пища является наиболее эффективным возбудителем желудочной секреции, максимум которой достигается во время второго часа. Самый слабый возбудитель желудочной секреции — углеводная пища. Стресс и сильные эмоции усиливают секрецию. Эвакуация пищи из желудка начинается, когда содержимое его становится жидким. Осуществляется она отдельными порциями благодаря сокращениям мышечной оболочки желудка. Время нахождения пищи в желудке зависит от ее количества, состава и степени измельчения. Плохо пережеванная пища дольше задерживается в желудке. Быстрее всего эвакуируются углеводы (1,5—2 ч), медленнее — белки, дольше всего задерживаются жиры (4 ч и более).

В желудке всасывается алкоголь, некоторые лекарственные вещества (снотворные, аспирин). Питательные вещества в желудке не всасываются, так как они еще не переварены.

Возрастные особенности пищеварения в желудке

С возрастом строение и функции желудка изменяются. В первые дни жизни новорожденный питается молозивом, которое содержит витамины, гормоны, лимфоциты и антитела, что повышает иммунитет к внешним воздействиям. Молоко появляется на 2-3-й неделе. Оно обладает высокой протеолитической и липолитической активностью, поскольку в желудке новорожденного еще не сформированы железы, вырабатывающие собственные пищеварительные ферменты. В период молозивного вскармливания желудок характеризуется малыми размерами, низкой секреторной активностью и малой подвижностью. В течение молочного вскармливания значительно увеличиваются

размеры желудка, повышаются его подвижность и секреторная активность. При переходе на смешанное питание активизируется секреция соляной кислоты и пепсиногена, существенно увеличивается масса желудка за счет мышечного слоя. В то же время активность желудочных желез, вырабатывающих соляную кислоту и ферменты, еще остается низкой. Пристеночное пищеварение преобладает над полостным. Это объясняется низкой активностью пищеварительных ферментов, что компенсируется каталитическим действием микроворсинок кишечника.

В связи с низкой кислотностью пепсин у детей грудного возраста способен расщеплять только белки, входящие в состав молока. Липаза желудочного сока действует лишь на 25 % жиров молока. Жир материнского молока расщепляется не только желудочной липазой, но и липазой самого молока. Поэтому распад жира в желудке у детей, вскармливаемых искусственно, всегда более медленный, чем при грудном вскармливании. При правильном грудном вскармливании желудок ребенка освобождается от пищи через 2,5-3 ч, при питании коровьим молоком — через 3-4 ч. Недоразвитие мышечного слоя дна желудка и широкий вход в него у детей грудного возраста часто являются причиной срыгивания.

Особенностью пищеварения ребенка до 3-летнего возраста является также низкая активность желудочных желез, вырабатывающих мало соляной кислоты и ферментов. В этом возрасте повышается активность поджелудочной железы, вырабатывающей ферменты для переваривания жиров и углеводов. В связи с низкими активностью пищеварительных ферментов и кислотностью желудочного сока детям этого возраста нельзя есть жареное, кислое и острое.

Способность вырабатывать соляную кислоту развивается у ребенка в период от 2,5 года до 4 лет. Низкое содержание соляной кислоты в желудочном соке у детей дошкольного возраста обуславливает его низкие бактерицидные свойства и проявляется склонностью детей дошкольного и младшего школьного возраста к желудочно-кишечным заболеваниям.

5.6. Тонкий кишечник

Тонкая кишка представляет собой трубку длиной 5—7 м, диаметром 3—5 см. Длина ее у новорожденного — 1,2—2,6 м, в 2—3 года — 2,8 м, к 10 годам — 5—6 м, как у взрослого человека. Диаметр кишки

у годовалого ребенка составляет 16 мм, в 3 года — 23 мм. В ней различают двенадцатиперстную кишку (длиной 25—30 см), тощую кишку (2—2,5 м) и подвздошную кишку (2,5—3,5 м).

Двенадцатиперстная кишка имеет форму подковы, находится на задней стенке брюшной полости на уровне I—III поясничных позвонков и огибает головку поджелудочной железы. У новорожденного она расположена на уровне I поясничного позвонка и имеет форму кольца, к 7 годам опускается до II поясничного позвонка. В двенадцатиперстной кишке выделяют верхнюю горизонтальную, нисходящую и нижнюю горизонтальную части. В нисходящую часть открываются общий желчный проток и проток поджелудочной железы. Слизистая оболочка стенки двенадцатиперстной кишки образует множество широких и коротких (длиной 0,2-0,5 мм) ворсинок. В подслизистом слое находятся сложные трубчатые дуоденальные железы. У новорожденного ребенка железы развиты слабо, их интенсивный рост наблюдается в первые годы жизни. Двенадцатиперстная кишка играет важную роль в переваривании, так как в ее просвет выделяются не только ферменты ее желез, но также желчь и поджелудочный сок. Сок желез двенадцатиперстной кишки содержит слизь (муцин), которая защищает слизистую оболочку, гормон секретин, а также протеазы и фермент энтерокиназу, превращающий неактивный фермент поджелудочного сока трипсиноген в активный трипсин.

Тощая и подвздошная кишки занимают средний и нижний отделы брюшной полости и покрыты брюшиной со всех сторон. Четкой границы между ними не существует.

Выростами собственной пластинки слизистой оболочки являются *ворсинки*, образованные рыхлой соединительной тканью. Их поверхность покрыта однослойным цилиндрическим эпителием. Ворсинки состоят из клеток с каймой, между которыми находятся бокаловидные клетки, выделяющие слизь. Сама кайма эпителиальных клеток образована тончайшими нитевидными микроворсинками — по 1500-3000 на каждой клетке. Это позволяет увеличить всасывательную поверхность слизистой оболочки тонкого кишечника. В центре ворсинки проходит слепо заканчивающийся у верхушки лимфатический капилляр. В ворсинку входит мелкая артерия, распадающаяся на капилляры. Из капилляров образуется вена. В ворсинке имеются гладкие мышечные волокна и нервные волокна (рис. 26). Всего в тонкой кишке насчитывается около 4 млн ворсинок, через которые питательные вещества всасываются в кровь и лимфу. Функцией ворсинок является

всасывание питательных веществ, подвергшихся действию желчи, поджелудочного и кишечного соков. При этом продукты расщепления белков и углеводов всасываются в кровь, а жиров — в лимфу. Число ворсинок больше в тощей кишке, где они тоньше и длиннее. Между ворсинками расположены трубчатые углубления эпителия в собственном слое слизистой оболочки — кишечные крипты (кишечные железы). В кишечнике их насчитывается около 150 млн. Железы вырабатывают кишечный сок, переваривающий пищевые вещества.

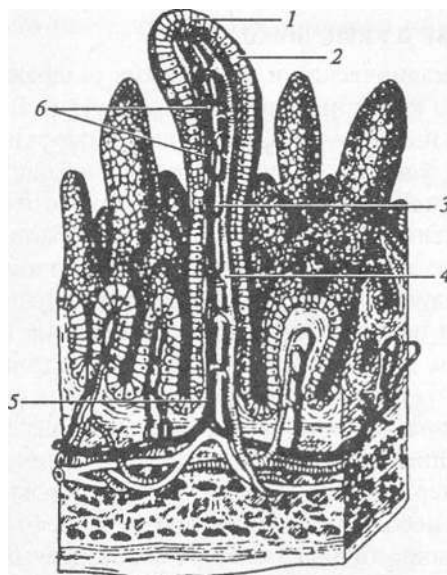


Рис. 26. Строение ворсинок тонкой кишки:

1 — кишечные эпителиоциты; 2 — бокаловидные клетки; 3 — центральный лимфатический синус; 4 — артериола; 5 — венола; 6 — кровеносные капилляры

Подслизистый слой на всем протяжении тощей и подвздошной кишок имеет лимфатические узелки величиной 1 мм, получившие название одиночных фолликулов. В нижнем отделе подвздошной кишки они образуют скопления — групповые фолликулы, достигающие несколько сантиметров в длину и 1 см в ширину и выполняющие защитную функцию.

Мышечная оболочка тонкого кишечника состоит из продольного и кругового слоев. Благодаря сокращению кругового слоя мышц

совершаются волнообразные (перистальтические) движения тонкой кишки по направлению от желудка к толстой кишке.

Серозная оболочка покрывает двенадцатиперстную кишку спереди, а тощую и подвздошную — со всех сторон. У новорожденного тощая и подвздошная кишки имеют слабо выраженные складки, железы недоразвиты, хотя уже есть многочисленные ворсинки. Мышечная оболочка развита слабо. Интенсивный рост всех структур тонкой кишки отмечается до 3 лет и в 10-15 лет.

Пищеварение в кишечнике

В ответ на механические и химические раздражения кишечные железы выделяют кишечный сок (до 2,5 л в сутки). В нем содержится 22 пищеварительных фермента, в том числе энтерокиназа, пептидаза, липаза, амилаза, сахараза. Пищеварение происходит как в просвете тонкой кишки (полостное), так и на поверхности микроворсинок кишечного эпителия (пристеночное, или мембранное). Пристеночное пищеварение является заключительным этапом переваривания пищи. Далее следует процесс всасывания питательных веществ. Ворсинки благодаря наличию в них гладкомышечных клеток работают как микронасосы, поэтому всасывание — это активный процесс, на который клетки тратят свою энергию. В кровеносные капилляры проходят аминокислоты и глюкоза и задерживаются непереваренные белки. Эмульгированные жиры всасываются в лимфатические капилляры. Для детей характерна повышенная проницаемость кишечной стенки, поэтому у них в небольших количествах из кишечника могут всасываться белки молока, яичный белок, а также кишечные яды и продукты неполного переваривания. Все это может приводить к различным токсикозам.

Всасывание осуществляется по мере продвижения пищи от двенадцатиперстной кишки к слепой. Для стенок тонкого кишечника характерны два вида движения: перистальтическое и маятникообразное. Перистальтика осуществляется в виде сокращения, которое возникает в начальных отделах тонкого кишечника и заканчивается у слепой кишки. В результате пищевые массы перемешиваются с кишечным соком, что способствует перевариванию пищи и ее продвижению. При маятникообразных движениях мышцы на небольшом участке кишечника то расслабляются, то сокращаются. Пищевые массы передвигаются при этом то в одном, то в другом направлении, что способ-

ствуется интенсивному перемешиванию пищи. У детей мышечный слой менее развит, чем у взрослых, в связи с этим перистальтика у детей выражена слабее и наблюдается склонность к запорам.

5.7. Поджелудочная железа

Поджелудочная железа — вторая по величине железа пищеварительного тракта. Масса ее 60-100 г, длина — 15-22 см (рис. 27). Она серовато-красного цвета, расположена позади желудка, на задней

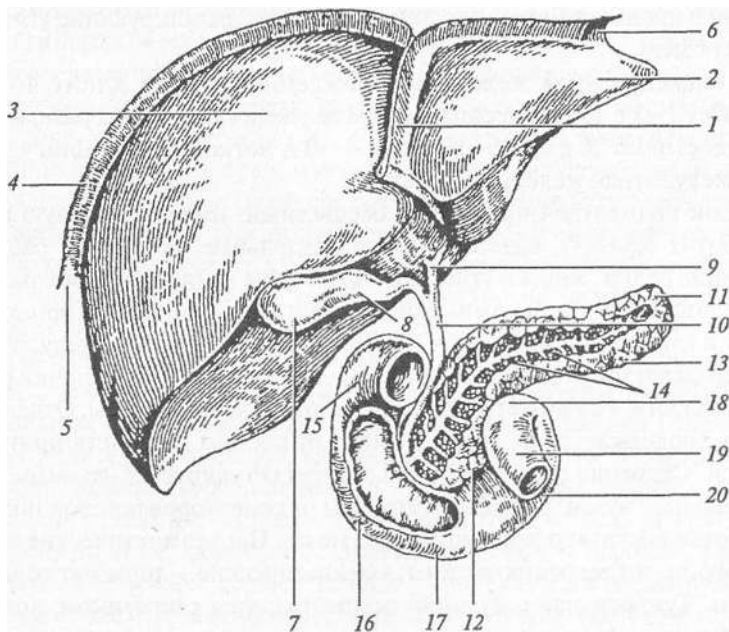


Рис. 27. Печень, двенадцатиперстная кишка и поджелудочная железа:

1 — серповидная связка печени; 2 — левая доля печени; 3 — правая доля печени; 4 — венечная связка; 5 — правая треугольная связка; 6 — левая треугольная связка; 7 — желчный пузырь; 8 — пузырный проток; 9 — общий печеночный проток; 10 — общий желчный проток; 11 — поджелудочная железа; 12 — головка поджелудочной железы; 13 — хвост поджелудочной железы; 14 — проток поджелудочной железы; 15 — верхняя часть двенадцатиперстной кишки; 16 — нисходящая часть двенадцатиперстной кишки; 17 — горизонтальная часть двенадцатиперстной кишки; 18 — двенадцатиперстно-тощекишечный изгиб; 19 — тощая кишка; 20 — восходящая часть двенадцатиперстной кишки

брюшной стенке, имеет дольчатое строение. В железе различают головку, тело, хвост, сверху она покрыта соединительнотканной оболочкой. Выводной проток поджелудочной железы принимает многочисленные ветви, впадающие в него под прямым углом. Они открываются общим протоком в двенадцатиперстную кишку. Кроме главного протока имеется еще и дополнительный. По своему строению поджелудочная железа относится к альвеолярным железам. В ней различают две составные части. Большая часть железы имеет внешнесекреторную функцию, выделяя свой секрет через выводные протоки в двенадцатиперстную кишку. Меньшая часть железы в виде поджелудочных островков Лангерганса относится к эндокринным образованиям, выделяя в кровь гормоны инсулин и глюкагон, регулирующие углеводный обмен.

Поджелудочная железа новорожденного имеет длину 4—5 см и массу 2—3 г. К 3-4 месяцам масса ее увеличивается в 2 раза, к 3 годам достигает 20 г, а к 10-12 годам — 30 г. Четкой топографии у детей поджелудочная железа не имеет.

Сок поджелудочной железы бесцветный, имеет щелочную реакцию (рН 7,3—8,7), содержит пищеварительные ферменты, расщепляющие белки, жиры и углеводы. Ферменты трипсин и химотрипсин расщепляют белки до аминокислот, липаза — жиры до жирных кислот и глицерина, мальтаза — углеводы до глюкозы. Поджелудочный сок выделяется рефлексно на сигналы из слизистой оболочки ротовой полости и начинается через 2—3 мин после начала еды. Отделение сока продолжается 6-14 ч и зависит от состава и свойств принятой пищи. Секреция поджелудочной железы регулируется нервным и гуморальным путем. Нервные импульсы от рецепторов ротовой полости и глотки достигают продолговатого мозга. Парасимпатические нервы стимулируют секрецию железы, а симпатические — тормозят ее активность. Гуморальная регуляция осуществляется секреторином, холецистокинином (панкреозимином) и другими веществами. С возрастом изменяется секреторная функция поджелудочной железы. Активность протеаз находится на высоком уровне уже у грудного ребенка, затем она увеличивается, достигая максимума к 4-6 годам. Активность липазы возрастает к концу первого года жизни и остается высокой до 9-летнего возраста. Активность ферментов, расщепляющих углеводы, на протяжении первого года жизни увеличивается в 3-4 раза, а максимальных значений достигает к 9 годам.

5.8. Печень

Печень играет важную роль в жизнедеятельности организма. Она вырабатывает желчь, которая участвует в процессе пищеварения, в обмене углеводов, жиров и белков. Углеводы откладываются в печени в виде гликогена. В эмбриональном периоде печень выполняет функцию кроветворения — вырабатывает эритроциты. Печень участвует в синтезе белков плазмы крови (альбумины, фибриноген и протромбин). Защитная (барьерная) функция печени заключается в том, что в ней обезвреживаются некоторые ядовитые вещества. В частности, с током крови по воротной вене в печень из толстой кишки поступают ядовитые вещества (индол, скатол и др.), образовавшиеся во время гниения белков. В печени эти вещества превращаются в неядовитые соединения, которые из организма выводятся с мочой.

Печень — крупный орган мягкой консистенции, красно-бурого цвета, массой до 1,5 кг (см. рис. 27). Располагается в верхнем отделе брюшной полости — в правом и частично в левом подреберье. В печени различают верхнюю (выпуклую) и нижнюю (вогнутую) поверхности, задний (тупой) и передний (острый) края. Своей верхней поверхностью печень прилегает к диафрагме, нижней обращена к желудку и двенадцатиперстной кишке. С диафрагмы на печень переходит складка брюшины, названная серповидной связкой. Она делит сверху диафрагмальную поверхность печени на две доли: правую (большую) и левую (меньшую). На нижней поверхности печени имеются две продольные и одна поперечная борозды. Они разделяют печень на четыре доли: правую, левую, квадратную и хвостовую. В поперечной борозде находятся ворота печени. В них входят воротная вена, печеночная артерия и нервы, выходят печеночные протоки, лимфатические сосуды. В передней части правой продольной борозды, между квадратной и правой долями печени расположен желчный пузырь, в задней ее части лежит нижняя полая вена. Печень состоит из долек диаметром 1,5 мм, похожих на многогранную призму. Воротная вена, войдя в орган, многократно делится на междольковые кровеносные сосуды, образующие внутри долек сеть капилляров, которые впадают в центральную вену, находящуюся в середине дольки. Стенки внутридольковых капилляров печени образованы особыми звездчатыми клетками, способными улавливать и переваривать чужеродные частицы и бактерии. Между печеночными клетками начинаются желчные капилляры. Они собираются в желчные ходы, которые соединяются

и дают начало правому и левому печеночным протокам. Протоки сливаются, образуя общий печеночный проток.

У новорожденного печень больших размеров и занимает более половины брюшной полости, масса ее — 135 г (4 % массы тела). У взрослого человека масса печени составляет 2—3 % массы тела. Вначале нижний край печени выступает из-под реберной дуги на 2,5-4 см и под ней располагается ободочная кишка. У детей 3—5 лет нижний край выступает на 1,5-2 см, после 7 лет печень из-под ребер уже не выходит и под ней располагается только желудок. У детей печень очень подвижна и легко меняет положение.

Желчный пузырь располагается в переднем отделе правой продольной борозды печени и является резервуаром для желчи. В нем различают дно, тело и шейку. Шейка, суживаясь, переходит в проток желчного пузыря, который соединяется с печеночным желчным протоком, в результате чего образуется общий желчный проток, открывающийся в двенадцатиперстную кишку. Желчь скапливается в желчном пузыре в то время, когда нет пищеварения. Она поступает туда из печени по печеночному желчному протоку, а затем по протоку желчного пузыря. При поступлении пищи в двенадцатиперстную кишку рефлексорно сокращается желчный пузырь и расслабляется сфинктер, расположенный в устье общего желчного протока. В результате желчь изливается из пузыря в кишку. Желчный пузырь у новорожденного удлинённый (3,4 см), однако дно его не выступает из-под нижнего края печени. К 10—12 годам длина пузыря увеличивается в 2—4 раза.

В течение суток в печени образуется 0,5-1,2 л желчи, которая имеет золотисто-желтый цвет, содержит желчные кислоты, желчные пигменты, холестерин и другие вещества. Желчь эмульгирует жиры до мельчайших капель и способствует их всасыванию, активирует пищеварительные ферменты, замедляет гнилостные процессы, усиливает перистальтику тонкой кишки. Желчь, которая образуется в промежутках между приемами пищи, собирается в желчном пузыре, концентрируется в 7-8 раз и во время пищеварения из пузыря поступает в двенадцатиперстную кишку. Желчеобразование и поступление желчи в кишку стимулируется присутствием пищи в желудке и двенадцатиперстной кишке, а также ее видом и запахом и регулируется нервным (блуждающий нерв) и гуморальным (сама желчь, секретин, глюкагон, гастрин) путем.

Желчь выделяется печенью уже с первого дня жизни. С возрастом желчеотделение усиливается. Содержание желчных кислот в желчи

очень высоко в первые дни после рождения, в дошкольном и младшем школьном возрасте оно снижается, у взрослых вновь резко повышается. В процессе развития ребенка увеличивается способность желчного пузыря концентрировать желчь.

5.9. Толстый кишечник

Толстая кишка по внешнему виду отличается от тонкой. Она большего диаметра, имеет особые продольные мышечные тяжи, или ленты, характерные выпячивания между лентами (гаустры), отростки серозной оболочки, содержащие жир. Лент три (свободная, брыжеечная и сальниковая), и располагаются они на равном расстоянии друг от друга. Выпячивания находятся между лентами и содержат полулунные складки. Сальниковые отростки представляют собой выпячивания серозной оболочки в виде пальцев длиной 4—5 см. У неистощенных людей они содержат в себе жировую ткань. Толстая кишка новорожденного короткая, длиной 65 см, в ней отсутствуют гаустры ободочной кишки и сальниковые отростки. Гаустры появляются на 6-м месяце, а сальниковые отростки на 2-м году жизни. К году кишка удлиняется до 80 см, а к 10 годам достигает 120 см. Окончательно отделы ободочной кишки, гаустры и сальниковые отростки формируются к 6—7 годам.

Толстая кишка делится на слепую кишку с червеобразным отростком, восходящую ободочную, поперечную ободочную, нисходящую ободочную, сигмовидную ободочную и прямую. Длина всей толстой кишки составляет 1,5—2 м, ширина в начальных отделах достигает 7 см, затем уменьшается до 4 см. Слизистая оболочка лишена круговых складок и ворсинок. Лимфоидная ткань образует одиночные фолликулы. Среди клеток однослойного цилиндрического эпителия много бокаловидных, поэтому в толстой кишке много слизи, которая облегчает продвижение непереваренных остатков пищи. В толстой кишке всасывается вода и формируются каловые массы. Мышечная оболочка толстого кишечника состоит из двух слоев: кругового (внутреннего) и продольного (наружного). Продольный слой развит неравномерно и располагается в виде мышечных лент, описанных выше. В прямой кишке продольный мышечный слой расположен равномерно по всей стенке, а ленты и выпячивания отсутствуют.

Слепая кишка имеет диаметр до 7 см, располагается в подвздошной ямке. От нее отходит тонкий червеобразный отросток (аппендикс) длиной от 3 до 8 см, представляющий собой рудимент слепой кишки.

В пищеварении он не участвует, и иногда наблюдается его отсутствие. У пожилых людей просвет отростка может частично или целиком зарастать. Слизистая оболочка аппендикса богата лимфоидной тканью, поэтому его называют «кишечной миндалиной». Она задерживает и уничтожает патогенные микроорганизмы. Это образование имеет важное значение в лимфопозе и иммуногенезе, в связи с чем червеобразный отросток считается органом иммунной системы. Слепая кишка новорожденного короткая — 1,5 см, располагается над крылом подвздошной кости. Типичный для взрослого вид она принимает к 7—10 годам, а в правую подвздошную ямку опускается к 14 годам. Илеоцекальное отверстие у новорожденных зияет, после года оно становится щелевидным.

Восходящая ободочная кишка является продолжением слепой. Она прилегает к задней стенке живота и к правой почке, поднимается до печени, образует печеночный изгиб и переходит в поперечную ободочную кишку. Ее длина 14-18 см. Восходящая ободочная кишка у новорожденного короткая и прикрыта печенью, к 4 месяцам печень прилежит только к верхней ее части. Такое же строение, как у взрослого, она приобретает в подростковом возрасте, а максимального развития достигает в 40—50 лет.

Поперечная ободочная кишка — самая длинная из всех ободочных (30-80 см), доходит до левой почки и селезенки, образует селезеночный изгиб и переходит в нисходящую ободочную кишку. Между ободочными изгибами она идет не строго вертикально, а в виде дуги. Поперечная ободочная кишка новорожденного спереди покрыта печенью и имеет короткую (до 2 см) брыжейку. К 1,5—2 годам подвижность кишки увеличивается, так как величина брыжейки достигает 8,5 см. У детей первого года жизни длина поперечной кишки составляет 26-28 см, к 10 годам возрастает до 35 см. У пожилых людей она еще больше увеличивается.

Нисходящая ободочная кишка имеет длину 25 см, прилегает к задней брюшной стенке и спускается вниз до левой подвздошной ямки. Длина нисходящей ободочной кишки новорожденного 5 см, постепенно увеличиваясь, в 5 лет она составляет 15 см, в 10 лет — 16 см, а максимальной длины, как и описанные выше отделы толстой кишки, достигает к старческому возрасту.

Сигмовидная ободочная кишка является продолжением нисходящей, опускается в малый таз и переходит в прямую кишку. Спереди ее прикрывают петли тонкой кишки. Длина сигмовидной ободочной кишки у новорожденного 20 см, находится она высоко в брюшной по-

лости и имеет длинную брыжейку. К 5 годам петли ее располагаются над входом в малый таз. В 10 лет длина кишки увеличивается до 38 см, а петли ее спускаются в полость малого таза. В 40 лет просвет сигмовидной ободочной кишки максимальный, а после 60—70 лет стенки ее истончаются и она становится атрофичной.

Прямая кишка лежит в полости малого таза. Она образует два изгиба в переднезаднем направлении. Первый изгиб называется крестцовым, второй — промежностным. Книзу кишка расширяется, образуя ампулу, которая при наполнении может увеличиваться. Заканчивается прямая кишка заднепроходным отверстием. Длина верхней ее части 12—15 см, заднепроходного канала — 2,5-3,7 см. В области анального канала слой круговых мышц развит сильнее и образует наружный (состоящий из поперечнополосатой мускулатуры) и внутренний (состоящий из гладкой мышечной ткани) сфинктеры анального отверстия. Прямая кишка новорожденного длиной 5-6 см, цилиндрической формы, не имеет ампулы и изгибов, складки не выражены. До 3 лет формируется ампула, к 8 годам — изгибы. У детей хорошо развиты заднепроходные столбы и пазухи. В подростковом возрасте прямая кишка имеет длину 15-18 см и диаметр 3,2-5,4 см.

Пищеварение в толстом кишечнике

В толстом кишечнике всасываются вода, остатки переваренной пищи, некоторые лекарственные препараты, соли. Выделяющийся в этом отделе пищеварительный сок отличается невысоким содержанием ферментов, щелочной реакцией (рН 8,5-9,0) и большим количеством слизи, которая необходима для формирования и выведения каловых масс. В толстом кишечнике также присутствуют бактерии, которые переваривают клетчатку и синтезируют витамины К и группы В. Нормальная микрофлора подавляет патогенные микроорганизмы и предупреждает инфицирование организма. При заболеваниях или длительном применении антибиотиков микрофлора изменяется, что выражается в размножении дрожжей, стафилококка и других микроорганизмов. В толстом кишечнике кроме перистальтических осуществляются и антиперистальтические движения. Пища задерживается здесь до двух суток, что способствует более полному всасыванию воды и питательных веществ. При смешанном питании человек усваивает около 90 % пищи. В толстой кишке остатки пищи склеиваются слизью, уплотняются и удаляются из организма. Дефекация происходит рефлекторно, центр ее находится в крестцовом отделе спинного мозга.

ОБМЕН ВЕЩЕСТВ И ЭНЕРГИИ И ИХ ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ

Обмен веществ — это поступление в организм из внешней среды различных веществ, усвоение их и выделение образующихся продуктов распада. Обмен веществ складывается из двух взаимосвязанных и противоположных процессов — анаболизма и катаболизма. Анаболизм — это реакции биологического синтеза сложных молекул основных биологических соединений, специфичных для данного организма, из простых компонентов, поступающих в клетки. Анаболизм является основой для формирования новых тканей в процессе роста, процессов регенерации, синтеза клеточных соединений и требует затраты энергии. Последняя поставляется реакциями катаболизма, при которых происходит расщепление молекул сложных органических веществ с высвобождением энергии. Конечные продукты катаболизма (вода, углекислый газ, аммиак, мочеви́на, мочева́я кислота) в биологическом синтезе не участвуют и удаляются из организма. Соотношение процессов анаболизма и катаболизма определяет три состояния: рост, разрушение структур и динамическое равновесие. Последнее состояние характерно для взрослого здорового человека: процессы анаболизма и катаболизма уравновешены, нарастание ткани не происходит. При росте организма анаболизм превалирует над катаболизмом, при разрушении тканей — наоборот.

6.1. Обмен белков

Белки — это полимеры, состоящие из аминокислот, которые связаны между собой в определенной последовательности. Специфичность белков определяется количеством аминокислот и их последовательностью. Из 20 аминокислот только 8 относятся к незаменимым (триптофан, лейцин, изолейцин, валин, треонин, лизин, метионин, фенилаланин) и поступают в организм извне с пищей. Другие аминокислоты являются заменимыми, их поступление в организм с продуктами питания необязательно, они могут синтезироваться в организме.

Белки пищи, содержащие весь необходимый набор аминокислот для нормального синтеза белка организма, называются полноценными (животные белки). Белки пищи, не содержащие всех необходимых для синтеза белка организма аминокислот, называют неполноценными (растительные белки). Наиболее высока биологическая ценность белков яиц, мяса, молока, рыбы.

При смешанном питании организм получает весь необходимый для синтеза белка набор аминокислот. Особенно важно поступление всех незаменимых аминокислот для растущего организма. Например, отсутствие в пище лизина приводит к задержке роста ребенка, валина — к расстройству равновесия у детей. Детям необходимо больше белка, чем взрослым, так как у них интенсивнее идут процессы роста и формирования новых клеток и тканей. Суточная потребность в белке на 1 кг массы у новорожденного составляет 4-5 г, у ребенка до 10 лет — 3 г, до 12 лет — 2 г, у взрослых — 1,5—1,8 г. Белковое голодание ребенка приводит к задержке, а затем и к полному прекращению роста и физического развития. Ребенок становится вялым, наблюдаются резкое похудение, распространенные отеки, поносы, воспаление кожных покровов, снижение сопротивляемости инфекциям. В некоторых африканских странах широко распространено заболевание квашиоркор — результат питания преимущественно растительной пищей, лишенной незаменимых аминокислот. Серьезные нарушения развития у детей и подростков возникают потому, что белок является основным пластическим материалом организма, из которого образуются различные клеточные структуры. Кроме того, белки входят в состав ферментов, гормонов, образуют гемоглобин и антитела крови.

Об интенсивности белкового обмена в организме судят по *азотистому балансу* — соотношению поступившего с пищей и выделившегося с мочой, калом, потом азота. Если количество поступившего азота больше, чем выведенного, говорят о положительном азотистом балансе (отмечается у детей до окончания процесса роста). Если соотношение обратное, имеет место отрицательный азотистый баланс (болезнь, голодание, заключительные этапы старения организма).

Обмен белков регулируется нервным и гуморальным путем. Нервная регуляция осуществляется гипоталамусом. Гуморальная регуляция реализуется соматотропным гормоном гипофиза и гормонами щитовидной железы (тироксин и трийодтиронин), которые стимулируют синтез белка. Гормоны коры надпочечников (гидрокортизон, кортикостерон) усиливают распад белков в тканях, а в печени, наоборот, стимулируют.

Конечными продуктами обмена белков являются азотсодержащие вещества — мочевина и мочевая кислота, из которых вначале образуется глюкоза, а затем — углекислый газ и вода.

6.2. Обмен жиров

В организме жир синтезируется из глицерина и жирных кислот, а также из продуктов обмена углеводов и белков. Основная функция жира — энергетическая: при его распаде образуется в 2 раза больше энергии (9,3 ккал), чем при распаде такого же количества белков и углеводов. Большая часть жиров находится в жировой ткани и составляет резервный энергетический запас. Кроме того, жир выполняет и пластическую функцию: идет на построение новых мембранных структур клеток и на замену старых.

Жиры делятся на собственно жиры (липиды) и жироподобные вещества (липоиды). Липиды состоят из глицерина и жирных кислот. К липоидам относятся фосфатиды и стерины. Жиры, также как белки, обладают специфичностью, что связано с наличием в них жирных кислот. Последние делятся на насыщенные и ненасыщенные. Насыщенные жирные кислоты обычно твердые при комнатной температуре и содержатся в животных жирах, ненасыщенные — жидкие и содержатся в растительных маслах. Некоторые жирные кислоты не могут образовываться в организме и являются незаменимыми. К ним относятся линолевая, линоленовая (растительные масла) и арахидоновая (куриный и гусиный жир, свиное сало) кислоты. Биологическая ценность жиров определяется наличием в них незаменимых жирных кислот. Отсутствие в рационе жиров с такими кислотами приводит к тяжелым патологическим нарушениям. В рационе должны преобладать растительные жиры. После 40 лет животные жиры следует исключать из рациона, так как, встраиваясь в клеточную мембрану, они делают ее непроницаемой для различных веществ, в результате чего клетка стареет.

На 1 кг массы взрослого человека в сутки должно поступать 1,25 г жира (80—100 г). Энергетические же затраты детского организма значительно выше. Поэтому на первом году жизни ребенок должен получать 7 г жира на 1 кг массы тела, к 4 годам — 4 г, в 10-12 лет — 1,5 г. Всасывание жиров у детей также происходит достаточно интенсивно. При грудном вскармливании усваивается до 90 % жиров молока, при

искусственном — 85—90 %, у детей старшего возраста жиры усваиваются на 95—97 %. Состав жира у новорожденного отличается от материнского, так как плод синтезирует жир из жирных кислот и глюкозы, поступающих через плаценту. Доля жира в теле новорожденного зависит от массы тела при рождении: при 1500 г — 3 %, 2500 г — 8 %, 3500 г — 16 %. Особенностью жировой ткани новорожденного является наличие бурого жира (до 8 % массы тела), который играет важную роль в терморегуляции. Дефицит бурого жира может привести к переохлаждению новорожденного.

Регуляция обмена жиров происходит нервным и гуморальным путем. Нервная регуляция осуществляется гипоталамусом. Парасимпатические нервы способствуют отложению жира, а симпатические — усиливают его распад. Гуморальная регуляция реализуется соматотропным гормоном гипофиза, гормонами мозгового слоя надпочечников (адреналином и норадреналином), щитовидной железы (тироксином и трийодтиронином). Тормозят мобилизацию жира из жировой ткани глюкокортикоиды и инсулин.

6.3. Обмен углеводов

Углеводы выполняют в организме как пластическую, так и энергетическую функцию. Как пластический материал они входят в состав клеточной оболочки и цитоплазмы, нуклеиновых кислот и соединительной ткани. Энергетическая функция углеводов заключается в том, что они способны быстро распадаться и окисляться (1 г выделяет 4,1 ккал). Скорость распада глюкозы и возможность быстрого извлечения и переработки ее резерва — гликогена — создают условия для экстренной мобилизации энергетических ресурсов при эмоциональном возбуждении и мышечных нагрузках. Наибольшее количество углеводов содержится в хлебе, картофеле, овощах и фруктах. Углеводы расщепляются до глюкозы и всасываются в кровь. Неиспользованная глюкоза откладывается в виде гликогена в печени и мышцах и служит резервом углеводов в организме. Так как жиры и углеводы состоят из одинаковых химических элементов (О, Н и С), при излишке одних и недостатке других возможна их взаимозаменяемость.

Суточная потребность в углеводах у детей высока и составляет в грудном возрасте 10—12 г на 1 кг массы тела, в 3 года — 200 г, до 7 лет — 280 г, до 13 лет — 370 г, у взрослого — 400-500 г. Количество

глюкозы в крови младших школьников составляет 0,08—0,1 %, что равно норме взрослого человека. Большое количество углеводов в пище ребенка повышает содержание глюкозы в крови почти в 2 раза. Это получило название *пищевой гликемии*. У детей она связана с повышенным углеводным обменом, у взрослых сопровождается глюкозурией — появлением сахара в моче. Стойкое патологическое повышение концентрации углеводов в крови, сопровождающееся выведением сахара с мочой, называется *сахарным диабетом*. Это заболевание обусловлено нарушением внутрисекреторной функции поджелудочной железы. При пониженном содержании сахара в крови гликоген печени и мышц расщепляется до глюкозы и поступает в кровь, при снижении концентрации глюкозы до 0,05 % наступает инсулиновый шок, который может привести к смерти.

Обмен углеводов регулируется нервным и гуморальным путем. Нервная регуляция осуществляется гипоталамусом. Гуморальная регуляция обусловлена соматотропным гормоном (гипофиз), тироксином и трийодтиронином (щитовидная железа), глюкагоном (поджелудочная железа), адреналином (мозговой слой надпочечников) и глюкокортикоидами (корковый слой надпочечников). Все эти гормоны увеличивают уровень сахара в крови и только инсулин (поджелудочная железа) снижает его.

6.4. Обмен воды

Вода не является источником энергии, но ее поступление в организм — обязательное условие его нормальной жизнедеятельности. Количество воды у взрослого человека составляет 65 % от общей массы тела, у ребенка — 75-80 %. Она является составной частью внутренней среды организма, универсальным растворителем, участвует в регуляции температуры тела. Больше всего воды в крови — 92 %, во внутренних органах содержание ее составляет 76-86 %, в мышцах — 70 %, меньше в жировой ткани — 30 % и в костях — 22 %.

Суточная потребность в воде взрослого человека — 2—2,5 л. Это количество складывается из воды, потребляемой при питье (1 л), содержащейся в пище (1 л) и образующейся при обмене веществ (300-350 мл). Основные органы, выделяющие воду из организма, — почки, потовые железы, легкие и кишечник. Почками за сутки выделяется 1,2-1,5 л воды в составе мочи. Потовые железы удаляют 500—700 мл воды

в составе пота. Легкие в виде водяных паров выводят 350 мл воды, при глубоком и учащенном дыхании это количество увеличивается до 700-800 мл. Через кишечник с калом выводится 100-150 мл. При расстройстве деятельности кишечника (поносе) организм может терять большое количество воды, что приводит к его обезвоживанию.

Нормальная деятельность организма характеризуется сохранением водного баланса, т.е. количество поступившей воды равно количеству выведенной. Если воды выводится из организма больше, чем поступает, возникает чувство жажды. Организм ребенка быстро накапливает и быстро теряет воду. Это обусловлено интенсивным ростом, физиологической незрелостью почек и нейроэндокринных механизмов регуляции водного обмена. При этом потери воды и обезвоживание организма у детей значительно выше, чем у взрослых, и во многом зависят от выделения воды через легкие и кожу. В сутки выделение воды может достигать 50 % объема принятой жидкости, особенно при перегревании ребенка. Потери воды у детей достигают 1,3 г/кг в час, в то время как у взрослых они составляют 0,5 г/кг в час. Столь значительная потеря воды вызывает у детей большую, чем у взрослых, потребность восполнить ее. Недостаточное количество воды может привести к «солевой лихорадке», т.е. к повышению температуры тела. Потребность в воде на 1 кг массы тела с возрастом уменьшается. В 3 месяца ребенку на 1 кг массы требуется 150—170 г воды, в 2 года — 95 г, в 13 лет — 45 г.

Регуляция водного обмена осуществляется нервно-гуморальным путем. Центр жажды находится в гипоталамусе. Водный баланс регулируют минералокортикоиды (кора надпочечников) и антидиуретический гормон (гипоталамус).

6.5. Обмен минеральных веществ

Для нормального функционирования организма необходимо поступление минеральных веществ, которые определяют структуру и функции многих ферментативных систем и процессов, обеспечивают их нормальное течение, участвуют в пластическом обмене. У новорожденного ребенка минеральные вещества составляют 2,5 % от массы тела, у взрослого — 5 %. Минеральные соли содержатся в пище в количестве, достаточном для поддержания жизнедеятельности. Только хлорид натрия вводится дополнительно. Для растущего организма

и во время беременности минеральных солей требуется больше. Необходимо дополнительно вводить соли калия, магния, натрия, хлор и фосфор. При избыточном употреблении минеральных солей они могут откладываться про запас: хлорид натрия — в подкожной клетчатке, соли кальция — в костях, соли калия — в мышцах. При нехватке солей в организме они поступают из депо.

Изучение биологического воздействия минеральных веществ на организм было начато в 1891 г. русским ученым В.И. Вернадским. Он предположил, что в составе живых организмов есть элементы земной коры. В настоящее время их делят на макро- и микроэлементы. Макроэлементы необходимы человеку ежедневно в граммовых количествах, потребность в микроэлементах не превышает миллиграммов или даже микрограммов, а содержание их в организме составляет менее 0,005 %.

Макроэлементы

К макроэлементам относятся кальций, магний, натрий, калий, фосфор, сера, ванадий, каждый из которых выполняет в организме несколько функций.

Кальций — самый распространенный макроэлемент в организме человека. Общее содержание его составляет 1 кг. 99 % кальция входит в состав скелета, 1 % — в состав зубов. Зубной кальций обменивается очень медленно, лишь 4-6 г образуют быстро обмениваемый кальций. Кальций необходим для осуществления процесса свертывания крови, нервной проводимости, сокращения скелетной и сердечной мускулатуры. На усвояемость кальция большое влияние оказывает сочетание его с другими компонентами пищи. Например, при поступлении его вместе с жирами усвояемость резко снижается. Хорошо утилизируется кальций из продуктов, одновременно богатых и фосфором. Оптимальное соотношение кальция и фосфора — 2:1, что имеет место в молоке и молочных продуктах, являющихся основными пищевыми источниками кальция. Особенно много кальция содержится в сырах, а также бобовых, сое, арахисе. Из молочных продуктов всасывается 20—30 % кальция, из растительных — 50 %. Потребность в кальции возрастает в детском возрасте в связи с ростом костной ткани, у беременных и кормящих женщин, после травм и переломов костей.

Для развития ребенка наиболее важно соотношение кальция и фосфора. С обменом этих веществ связаны рост костей, окостенение

хрящей и окислительные процессы в организме. Наибольшая потребность в кальции наблюдается на первом году жизни: в 8 раз больше, чем на втором году, и в 13 раз больше, чем на третьем, затем она снижается, составляя 0,7—2,4 г в сутки. Оптимальное соотношение между концентрацией солей кальция и фосфора для детей дошкольного возраста составляет 1:1, в возрасте 8—10 лет — 1,5:1, у подростков — 2:1. Такое соотношение способствует нормальному развитию скелета.

У женщин потребность в кальции увеличивается в период климакса. В это время дефицит его в костной ткани приводит к развитию остеопороза с повышенной хрупкостью костей, склонностью к их переломам. Суточная доза кальция колеблется в пределах 550-1300 мг в зависимости от возраста. Очень важно, чтобы к 25-30 годам в организме сформировалась максимальная масса костной ткани. При старении костная ткань теряет часть кальция, что называется деминерализацией костей, которая с возрастом захватывает все части скелета. Это способствует развитию различных заболеваний скелета, в том числе остеохондроза, более частым переломам костей.

Общее содержание *магния* в организме взрослого человека составляет 21—24 г, из которых 50—70 % находится в костной ткани. При дефиците магния он частично высвобождается из костей. Магний является универсальным регулятором биохимических и физиологических процессов в организме, так как участвует в энергетическом и пластическом обмене. Он участвует более чем в 300 биохимических реакциях. Особое значение имеет магний в функционировании нервной системы и проводящей системы сердца. Хорошая обеспеченность организма магнием способствует лучшей переносимости стрессовых ситуаций, подавлению депрессии. Существенно увеличивается потребность организма в нем при физических нагрузках, у спортсменов в процессе длительных тренировок, а также при стрессовых ситуациях. Ежедневная потребность в магнии организма взрослого человека составляет 300—400 мг. У лиц, занимающихся тяжелым физическим трудом, у спортсменов, беременных и кормящих женщин она возрастает на 150 мг в сутки. Значительное количество магния содержится в орехах и зерновых культурах, рыбе и свежих фруктах (особенно бананах). Недостаточное содержание магния в организме проявляется синдромом «хронической усталости», снижением умственной работоспособности, ослаблением внимания и памяти. Могут наблюдаться тремор и судороги скелетной мускулатуры (икроножных и подошвенных мышц). Гипермагниемия встречается редко.

Натрий — основной катион плазмы крови, определяющий величину осмотического давления. Обычно за сутки взрослый человек принимает от 5 до 15 г натрия. Основным пищевым источником его является поваренная соль. В условиях обычной жизнедеятельности человека дефицит натрия маловероятен, так как его достаточно в большинстве пищевых продуктов. Дополнительное количество натрия может потребоваться только после интенсивных физических нагрузок, когда он теряется с потом. Суточная потребность в натрии детей — 25–40 мг.

Калий — основной внутриклеточный ион, тогда как главный внеклеточный ион — натрий. Калий играет существенную роль в регулировании многочисленных функций организма. Он участвует в процессе проведения нервных импульсов и способствует лучшей деятельности головного мозга, повышая снабжение его кислородом, снижает артериальное давление, осуществляет сокращения сердечной мышцы. Суточное потребление калия составляет 900 мг. Богаты калием цитрусовые, все зеленые овощи, картофель. При низкоуглеводной диете (мало овощей и фруктов) возможно понижение его уровня в организме, что приводит к развитию общей слабости и ослаблению рефлексов. Усиливает выведение калия из организма употребление алкогольных напитков, кофе, сахара. Нередко люди для снятия чувства усталости выпивают большое количество кофе, но возникающий при этом дефицит калия приводит к обратному результату, что сопровождается различными нарушениями сердечного ритма. Повышенное содержание калия в крови может возникнуть при чрезмерной физической нагрузке или при избыточном потреблении калия и также приводит к нарушению сердечного ритма. Суточная потребность детей в калии — 12–30 мг.

Фосфор — элемент, необходимый для многих жизненно важных физиологических процессов, в том числе для минерализации костной ткани. 80 % его находится в костной ткани, остальные 20 % — в ферментных системах. Фосфор широко распространен в пищевых продуктах, и случаи его недостаточности у здорового человека неизвестны. Наибольшее его количество содержится в рыбе, мясе, яйцах, зерновых продуктах, орехах. Однако для всасывания фосфора из пищи необходимо наличие многих факторов, в частности витамина D. Фосфор участвует практически во всех физиологических и химических процессах организма. Он необходим для нормальной структуры костей и зубов, является обязательным компонентом нуклеиновых кислот

и ферментных систем. Потребление фосфора достигает максимума в юности, причем у мужчин оно выше, чем у женщин. Для населения экономически развитых стран существует проблема избыточного потребления фосфора. Кроме того, важно не только абсолютное количество потребляемого с пищей фосфора, но и оптимальное соотношение фосфора и кальция в пищевом рационе (как описано выше). Однако в реальных условиях оптимальное соотношение кальция и фосфора встречается только в молоке и молочных продуктах, в большинстве же продуктов фосфора значительно больше, чем кальция. Так, в хлебе и картофеле соотношение кальция и фосфора равно 1:5, а в мясе и рыбе — до 1:20. Таким образом, в рационе современного человека соотношение кальция и фосфора отличается от оптимального в сторону избыточного потребления фосфора. Все это может вызвать изменения в костной ткани и почках.

Ванадий участвует в метаболизме холестерина и синтезе ряда гормонов. Снижение его содержания приводит к ослаблению репродуктивной функции. Естественные источники ванадия — грибы, соя, зелень, злаки, печень и морепродукты. При избытке его появляются признаки нарушения функций печени и почек, а также угнетения функции костного мозга.

Сера поддерживает упругость и здоровый вид кожи. Она необходима для образования кератина — белка, находящегося в суставах, волосах и ногтях, входит в состав почти всех белков и ферментов, способствует секреции желчи в печени. Сера имеется во всех продуктах с высоким содержанием белка: мясе, яйцах, бобовых, молоке, рыбе. Дефицит ее может возникнуть при недостатке белка в рационе и у курлищников.

Микроэлементы

Микроэлементы присутствуют в организме в небольших количествах (0,005 % от массы тела) и по степени необходимости располагаются в следующем порядке: железо, йод, медь, марганец, цинк, кобальт, молибден, селен, хром, фтор, кремний, никель, мышьяк. Еще недавно считалось, что недостаточность микроэлементов, кроме железа и никеля, развивается крайне редко. В настоящее время установлена физиологическая роль многих микроэлементов и выявлены дефициты метаболизма, связанные с их недостатком. Например, ранее была известна только токсическая роль селена, а сейчас установлено

его антиоксидантное действие. Дефицит селена в почве, а следовательно, в растительных и животных продуктах выявлен в Беларуси, во многих регионах Прибалтики, Украины, России. Использование синтетических питательных смесей для детей раннего возраста создает риск недостаточности элементов для нормальной жизнедеятельности человеческого организма. Загрязнение окружающей среды и создание синтетических пищевых продуктов ведет к возможности дефицита некоторых микроэлементов или их чрезмерного распространения.

Железо относится к важнейшим микроэлементам. Оно входит в состав гемоглобина эритроцитов, миоглобина и многих ферментов, участвует в процессах кроветворения, обеспечивает фагоцитоз и иммунитет.

В организме человека содержится 3,5-5 г железа: 65 % в гемоглобине, 31 % — в депо, 4 % — в миоглобине и плазме крови. Суточная потребность в железе составляет 10-15 мг. У детей потребность в железе выше, чем у взрослых. Из общего количества железа, получаемого взрослым человеком с пищей за сутки (10 г), усваивается лишь 1-1,5 мг. Такое же количество ежедневно теряется при слущивании эпидермиса и кишечного эпителия. Если в организм поступает меньшее количество железа, его всасывание возрастает до 5-6 мг. Потребность организма в железе повышается в период роста, при беременности, во время менструаций. При недостаточном поступлении железа с пищей (неполноценное питание, диета с недостаточным количеством мясных продуктов) возникает дефицит его, что приводит к развитию железодефицитной анемии. По данным ВОЗ, в мире ею страдает около 600 млн человек. В Европе заболевание встречается у 40 % женщин, 15 % мужчин, 90 % беременных, а в некоторых африканских и азиатских странах — у 70-90 % населения.

Значение **йода** в жизнедеятельности человеческого организма очень велико. Во многих регионах земного шара имеется дефицит йода в почве и питьевой воде, вследствие чего население указанных районов получает недостаточное его количество. Согласно данным ВОЗ, более 30 % населения мира проживают в районах, где отмечается недостаточное потребление йода. Проблема йодного дефицита чрезвычайно актуальна для Беларуси и России. Так, более чем на 70 % территории России выявлен недостаток йода в воде, почве и продуктах питания. Около 20 млн населения земли вследствие дефицита йода имеют умственную отсталость. Суточная потребность взрослого человека в йоде составляет 150 мкг, беременных женщин — 200 мкг.

Практически на всей территории Беларуси реальное потребление йода меньше рекомендуемой нормы и не превышает 40—80 мкг в день, что соответствует понятию «минимальный умеренный дефицит йода», который характеризуется как «скрытый голод йода». Особенно большое значение дефицит йода имеет во время беременности, при формировании плода, его нервной и эндокринной систем и является фактором риска развития у ребенка кретинизма. При дефиците йода у детей возникают нарушения психических функций, увеличивается заболеваемость, снижается успеваемость. Коррекция дефицита йода обеспечивается путем изменения характера питания или дополнительным приемом йодсодержащих препаратов. Рекомендуется употреблять в пищу естественные продукты, богатые йодом. К ним относятся морская капуста, морская рыба и другие морепродукты, овощи, выращенные на почве, богатой йодом. К сожалению, этими продуктами полностью устранить дефицит йода у большинства жителей Беларуси весьма сложно. В наших условиях целесообразно употреблять йодированную соль, йодированную воду, обогащенные йодом хлеб и молочные продукты, адаптированные молочные смеси для детей.

Медь — жизненно необходимый микроэлемент, так как входит в состав белков. В организме человека содержится 150 мг меди, из них 10—12 мг в печени, остальное количество — в других органах и тканях. Суточная потребность в меди около 2-3 мг. Приобретенная недостаточность меди встречается редко.

Кобальт входит в состав молекулы витамина В₁₂, участвует в кроветворении, процессах роста и размножения совместно с цинком, медью, железом. Для взрослого человека суточная потребность в кобальте составляет около 0,05-0,1 мг. Основной естественный его источник — зеленые листовые овощи.

Цинк в организме человека составляет менее 0,01 % массы тела, имеет значение в регенерации тканей, входит в состав ферментов, обладает антиоксидантными свойствами. Наибольшее количество его содержится в субпродуктах, мясе, нешлифованном рисе, семенах подсолнечника. Дефицит цинка в организме сопровождается ослаблением иммунитета, у детей — снижением аппетита, нарушением вкуса и замедлением роста. Недостаточность цинка сказывается на половой функции, ее проявления сходны с теми, которые развиваются при старении организма. Опасность дефицита цинка появляется у строгих вегетарианцев, а также курильщиков и страдающих алкоголизмом.

Большая часть **фтора** в организме заключена в костях и зубах. Поэтому наличие его в пище необходимо для правильного формирования костной и зубной ткани. Рафинированные продукты питания не всегда содержат достаточное количество фторидов, в связи с чем очень важно фторирование питьевой воды, особенно для правильного развития костной системы растущего организма. Недостаточное содержание фтора в организме человека предрасполагает к развитию кариеса зубов и остеопороза. Богатыми его источниками являются морепродукты и чай. Физиологическая потребность во фторе составляет 1 мг в сутки. При избыточном его поступлении в организм возникает флюороз, проявляющийся появлением светлых пятен на эмали зубов, искривлением коленных суставов и изменениями в позвонках.

Молибден способствует нормальному обмену углеводов и жиров, утилизации железа. Наибольшее его количество содержится в листовых овощах, неочищенном зерне и бобовых. Помогает сохранению хорошего общего самочувствия.

Марганец входит в состав ферментных систем и необходим для поддержания нормальной структуры костей. Наибольшее его количество содержится в зеленых листовых овощах, продуктах из неочищенного зерна, орехах, чае. При марганцевой недостаточности человек худеет, появляются тошнота, рвота, изменяется цвет волос. В высококалорийной, рафинированной мясо-молочной пище марганца не хватает, поэтому в рацион надо включать каши из неочищенных круп, хлеб из отрубей, семечки, орехи, зелень.

Селен является биологически активным микроэлементом, входящим в состав многих гормонов и ферментов и связанным таким образом с деятельностью всех органов, тканей и систем. Со времени его открытия (1817) и до недавних пор селен относили к ядовитым микроэлементам, и обнаружение его в организме считалось признаком отравления. В последние годы взгляды на роль селена для человеческого организма изменились: он признан незаменимым, жизненно важным микроэлементом. Селен участвует в процессах воспроизводства, развития молодого организма и старения человека, а следовательно, во многом влияет на продолжительность жизни. Селен — мощный антиоксидант, он стимулирует образование антител и повышает защиту от простудных и инфекционных заболеваний, участвует в выработке эритроцитов, способствует поддержанию и продлению сексуальной активности. В настоящее время установлено, что селен снижает заболеваемость раком на 40 % и уменьшает смертность от

рака на 50 %. Для некоторых регионов Беларуси характерна недостаточная обеспеченность селеном, обусловленная низким уровнем его в продуктах питания. Дефицит селена может вызвать заболевания различных органов и систем, в том числе и онкологические. Недостаточная обеспеченность микроэлементом является одной из причин преждевременного старения и снижения продолжительности жизни. Основным источником селена для человека служат пшеничная и ржаная мука. Средний уровень селена в пшеничной муке Беларуси в 2—3 раза ниже нормы. Суточная потребность в селене для взрослых людей составляет от 50 до 200 мкг. В настоящее время проблема дефицита селена в организме людей привлекает большое внимание.

Бром участвует в регуляции деятельности нервной системы¹, воздействует на функции некоторых эндокринных желез. Суточное потребление брома взрослым человеком составляет 0,1—1 мг. Наиболее богаты этим элементом зерновые, бобовые и молоко. Чрезмерное накопление брома в организме сопровождается угнетением функций ЦНС и поражением кожных покровов.

Бор имеет важное значение в формировании костной ткани, предупреждает развитие остеопороза. Суточная потребность в нем — 2 мг. Наибольшее количество бора человек получает с корнеплодами.

Хром участвует в обмене углеводов и жиров, в синтезе инсулина. Дефицит его может вызвать развитие атеросклероза и сахарного диабета, гипертонии. Основные пищевые источники хрома — дрожжи, мясные продукты, яичный желток, печень.

Кремний имеет большое значение в процессе роста и формирования костей, хрящевой и соединительной ткани, способствует предотвращению остеопороза, укреплению клеток кожи, волос и ногтей, снижает хрупкость костей. Наибольшее количество его содержится в корнеплодах и других продуктах, богатых растительной клетчаткой. Кремниевая недостаточность приводит к ослаблению кожных покровов: кожа становится сухой и дряблой, а волосы и ногти — сухими и ломкими. Суточная физиологическая потребность в кремнии колеблется от 20 до 50 мг.

6.6. Витамины

Русский врач-педиатр Н.И. Лунин в 1880 г. впервые показал необходимость для нормальной жизнедеятельности человека особых веществ, которые были обнаружены им в натуральном молоке. Эти

вещества в 1912 г. польский ученый К. Функ назвал витаминами. Витамин — низкомолекулярные органические соединения различной химической природы и строения, синтезируемые растениями и микроорганизмами. В настоящее время открыто около 50 веществ, обладающих витаминными или витаминоподобными свойствами. В биохимических реакциях непосредственно участвуют лишь около 20 из них.

Витамины поступают в кишечник человека с пищей или синтезируются там микрофлорой, затем всасываются в кровь и включаются в состав небелковой части — кофермента. Последний вступает в соединение с белковой частью — апоферментом, образуя ферменты. Витамин является незаменимыми компонентами ферментов, способствуя выполнению их функций. А ферменты, как известно, служат катализаторами всех жизненно необходимых процессов. Витамин, участвуя во всех обменных процессах, играет важную роль в профилактике сердечно-сосудистых нарушений, опухолей, всех заболеваний внутренних органов. Поскольку суточная потребность в витаминах незначительна, их называют микрокомпонентами пищи в отличие от макрокомпонентов — углеводов, жиров и белков. То минимальное количество витаминов, которое необходимо для нормальной жизнедеятельности организма, обозначается как физиологическая потребность в витамине. При употреблении меньшего количества того или иного витамина в организме человека возникают патологические явления, которые называют *гиповитаминозом*. Комплекс патологических изменений в организме при полном отсутствии в тканях витамина называют *авитаминозом*. При введении в организм избыточного количества витаминов наблюдается *гипервитаминоз*.

В настоящее время все известные витамины по физико-химическим свойствам делят на две группы: водорастворимые и жирорастворимые. К водорастворимым относятся витамины С, группы В, Р, биотин и др., к жирорастворимым — А, D, Е, К, F. Большинство витаминов не синтезируется в организме человека, а поступает с пищей. В продуктах питания часто содержатся не сами витамины, а близкие к ним по строению вещества (это прежде всего касается жирорастворимых витаминов).

В последнее время открыты псевдо- и квазивитамины — белковые молекулы, которые в определенных условиях начинают проявлять себя как витамины. К ним относятся карнитин, пантенин, коэнзим Q, биофлавины и др.

Установлено антиоксидантное действие витаминов, прежде всего С, Е и А, их роль в профилактике онкологических заболеваний. В ряде случаев в организме нарушается окисление липидов и возникают свободные радикалы, которые повреждают клеточные мембраны, ускоряют преждевременное старение, вызывают генные мутации. Но в здоровом организме существуют антиоксидантные системы, защищающие его от свободных радикалов. Антиоксиданты — это соединения различной химической природы, способные обрывать цепь образования свободных радикалов. В настоящее время установлено, что свободные радикалы повреждают ДНК хромосом, которые отвечают за старение человека и регулируют общую продолжительность жизни. В связи с этим все антиоксиданты способствуют увеличению продолжительности жизни. В настоящее время к естественным антиоксидантам относят витамины, некоторые микроэлементы (магний, кальций, цинк и др.), некоторые гормоны (тироксин, кортикостероиды, эстрогены), серосодержащие аминокислоты. Поэтому витамины и другие вещества, оказывающие антиоксидантное действие, исключительно важны не только для профилактики опасных заболеваний, но и для жизнедеятельности человека.

Водорастворимые витамины

Водорастворимые витамины хорошо растворяются в воде и легко выводятся из организма с мочой, почти не накапливаясь. Этим они отличаются от жирорастворимых витаминов, которые накапливаются в жировой ткани. Кроме того, водорастворимые витамины менее стабильны и разрушаются при приготовлении пищи. В связи с этим их необходимо принимать каждый день. К водорастворимым витаминам относятся аскорбиновая кислота, витамин Р, тиамин, рибофлавин, пиридоксин, никотиновая кислота, цианокобаламин, фолиевая кислота.

Витамин С (аскорбиновая кислота). Общие запасы в организме около 1500-3000 мг. Для полного насыщения организма аскорбиновой кислотой требуется около 20 мг на 1 кг массы тела. Курение и употребление алкоголя резко снижают содержание витамина в организме, ускоряют его разрушение. Запаса витамина С в организме человека хватает на 1-1,5 месяца при обычной физической нагрузке и без дополнительного поступления его с пищей. Витамин С является антиоксидантом, повышает иммунные свойства организма. Кроме того,

он отвечает за устойчивость и адаптацию организма к изменяющимся условиям окружающей среды, а также за способность сопротивляться различным заболеваниям. Витамин С оказывает положительное влияние на свертывающую систему крови, препятствуя тромбообразованию. Выраженный дефицит витамина С ведет к развитию цинги (что в современных условиях маловероятно), проявляющейся подкожными кровоизлияниями, отечностью, воспалением десен, плохим заживлением ран. В настоящее время абсолютный авитаминоз С встречается редко, но гиповитаминоз весьма распространен среди населения Беларуси. Недостаток этого витамина выявлен у 80-90 % обследованных, причем дефицит его в организме достигает 50-80 %. При обследовании населения, проживающего в зоне периодического радиационного контроля (Гомельская область), установлено, что весной дефицит витамина С составляет 55 %. Проявлением его являются подкожные гематомы, кровоточивость десен, общая слабость, боли в суставах, плохое заживление ран и порезов.

При понижении содержания в организме витамина С человек не испытывает радости, у него развивается апатия, а также снижается сопротивляемость организма заболеваниям верхних дыхательных путей. При многих болезнях рекомендуется принимать повышенные дозы витамина С. Дважды лауреат Нобелевской премии Л. Поллинг предлагает использовать аскорбиновую кислоту в больших дозах в качестве профилактического средства от простудных заболеваний.

Суточная физиологическая потребность взрослого человека в аскорбиновой кислоте — 60-100 мг. Естественными его источниками являются главным образом растительные продукты, особенно плоды шиповника, черная смородина, зеленые листовые овощи, кислые яблоки, цитрусовые.

Витамин Р, или биофлавоноиды, является синергистом витамина С. Биофлавоноиды, особенно в сочетании с аскорбиновой кислотой, уменьшают ломкость капилляров, участвуют в окислительно-восстановительных процессах, обладают антиоксидантными свойствами. Основными из биофлавоноидов являются рутин и кверцетин. Они содержатся во многих растениях: плодах шиповника, цитрусовых, ягодах красной и черной смородины, зеленых листьях чая.

Витамин В. В эту группу входят витамин В₁ (тиамин), витамин В₂ (рибофлавин), витамин В₃ (пантотеновая кислота), витамин В₆ (пиридоксин), витамин РР (никотиновая кислота), витамин В₁₂ (цианокобаламин), фолиевая кислота.

Витамин В₁ (тиамин) — один из наиболее изученных витаминов. Физиологическая роль его очень важна: он регулирует белковый, углеводный и жировой обмен, активирует синтез актина и миозина (восстанавливает сердечную мышцу после инфаркта), стимулирует синтез соединительной ткани (важно при поражениях опорно-двигательного аппарата), является антиоксидантом и иммуностимулятором. При отсутствии в пище тиамин уже через 1—3 мес. наступает авитаминоз В₁, который сопровождается нарушением функций нервной системы, судорогами, слабостью, похудением, снижением аппетита, тошнотой. Классическим примером такого авитаминоза является болезнь бери-бери, сопровождающаяся поражением нервной системы и параличами. Суточная физиологическая потребность в тиамине составляет около 2—3 мг, но изменяется в зависимости от возраста, индивидуального рациона, так как частично витамин может синтезироваться в кишечнике.

Витамин В₂ (рибофлавин) вместе с тиамином играет важную роль в белковом, углеводном и липидном обмене. В организм человека поступает с мясными и молочными продуктами, зерновыми и другими растениями. При недостаточном поступлении рибофлавина в организм поражаются кожа, слизистые оболочки желудочно-кишечного тракта и глаза, возникает мышечная слабость, а у детей, кроме того, отмечается задержка роста. Симптомами дефицита является снижение массы тела, плохой аппетит, язвы в ротовой полости, болезненные трещинки в уголках рта, ярко-красный язык, нарушение зрения. Рибофлавин содержат печень, почки, молоко, яйца, рыба, неочищенные зерновые, капуста. Суточная физиологическая норма витамина В₂ — 2,5-3 мг.

Витамин В₃ (пантотеновая кислота) участвует в обмене углеводов и липидов, синтезе ацетилхолина и кортикостероидов, способствует заживлению ран, стимулирует синтез антител, снижает побочные эффекты антибиотиков. Пантотеновая кислота широко распространена в природе. Наиболее богаты ею пивные дрожжи, яичный желток, печень, почки, мясо, злаки, икра рыб. В организме человека синтезируется микрофлорой кишечника, поэтому недостаточность встречается довольно редко. Дефицит пантотеновой кислоты может возникнуть при длительном нерациональном питании, нарушении микрофлоры кишечника, лечении антибиотиками. При этом наблюдается гипофункция надпочечников и половых желез, поражение кожи и слизистых оболочек. Суточная физиологическая потребность взрослого человека — 5-20 мг.

Витамин В₆ (пиридоксин) участвует в обмене аминокислот, необходимых для синтеза всех белковых структур органов и тканей. Дефицит его у взрослых проявляется поражением кожи в области рта, нарушением функций периферической нервной системы. В значительном количестве витамин В₆ содержится в дрожжах, моркови, красном перце, пророщенных семенах зерновых и бобовых. Основные источники витамина В₆ в наших условиях — хлеб и картофель. Физиологическая суточная норма — 2—3 мг.

Витамин РР (никотиновая кислота) участвует в окислительно-восстановительных реакциях, процессах внутриклеточного дыхания. Содержится в отрубях, печени, молоке, яйцах, мясных продуктах, дрожжах, меньше в картофеле и овощах. При дефиците никотиновой кислоты развивается пеллагра — заболевание, характеризующееся нарушениями со стороны центральной нервной системы (нервно-психические расстройства), желудочно-кишечного тракта (поносы), кожных покровов (трещины, огрубение кожи). Типичными для пеллагры являются дерматиты и пигментация кожи, в более тяжелых случаях — нарушения психики. Суточная физиологическая потребность в витамине РР для взрослого человека составляет 20—30 мг.

Витамин В₁₂ (цианокобаламин) необходим для образования нуклеиновых кислот, гемопоэза и синтеза гемоглобина в эритроцитах. Всасываться в необходимом для организма количестве витамин В₁₂ может только в присутствии внутреннего фактора, который вырабатывается клетками слизистой оболочки желудка. Внутренний фактор является транспортной формой, т.е. переносчиком витамина В₁₂ к месту его всасывания в подвздошной кишке. При наличии внутреннего фактора всасывается до 90 % витамина, а в его отсутствие — только 1,5 %. Депонируется витамин В₁₂ в организме человека в основном в печени, а также селезенке, почках и мышцах. Запасы его в печени достаточны для того, чтобы удовлетворять физиологические потребности человека в течение 3-5 лет после исчезновения внутреннего фактора желудка. Общие запасы витамина в организме составляют 2—5 мг. Пищевыми источниками витамина В₁₂ для человека являются мясо, печень, почки, рыба, яичный желток. Молочные и растительные продукты содержат небольшое его количество. Дефицит витамина В₁₂ может возникать в результате недостаточного его поступления с пищей или нарушения всасывания в связи с отсутствием внутреннего фактора желудка. Женщины с недостатком витамина В₁₂ в организме подвержены риску бесплодия и повторяющихся выкидышей. Он иг-

рает ключевую роль в процессах овуляции. Недостаток витамина может привести к отсутствию овуляции либо прекращению развития оплодотворенной яйцеклетки, что также способствует выкидышам. Недостаточность витамина B_{12} — одна из самых распространенных причин дисфункции мозга в старости. Около 20 % лиц старше 60 лет и 40 % старше 80 лет находятся в состоянии, которое может развиваться в «псевдомаразм». Это обусловлено развитием гастрита, при котором в желудке образуется недостаточно желудочного сока и нарушается поглощение из пищи витамина B_{12} . При этом в головном мозге без поступления витаминов группы В разрушается внешний слой нервных волокон, что создает аномалии. Признаками этого состояния являются потеря равновесия и чувство неустойчивости при ходьбе, а также онемение кожи, слабость мышц, недержание мочи, потеря зрения, нарушения настроения и психоз. Дефицит витамина B_{12} приводит к развитию анемии. Ранней жалобой при данном заболевании является «жжение в языке» — при этом язык становится гладким и блестящим, со сглаженными сосочками. Затем увеличиваются печень и селезенка, отмечаются похудение, лихорадка. Витамин B_{12} дает выраженный лечебный эффект (особенно в сочетании с фолиевой кислотой) при анемии, помогает в борьбе с канцерогенами. Суточная потребность в витамине для взрослого человека составляет 1,5—5 мкг.

Фолиевая кислота является синергистом витамина B_{12} . Необходима для синтеза пуриновых и пиримидиновых оснований, т.е. для синтеза нуклеиновых кислот. Общее ее количество в организме составляет 5—10 мг, одна треть его депонируется в печени. Фолиевая кислота широко распространена в природе, растительные продукты богаче ею, чем животные. Пищевыми источниками ее являются свежие фрукты и овощи, печень, почки, дрожжи. Наиболее частые причины дефицита фолиевой кислоты — недостаточное поступление с пищей, отсутствие в рационе свежих овощей и фруктов. Дефицит фолиевой кислоты сопровождается проявлениями анемии. Фолиевая кислота защищает организм от возникновения онкологических заболеваний. У курильщиков уровень ее в крови снижен, что является фактором, предрасполагающим к развитию рака легких. Фолиевая кислота способствует профилактике врожденных дефектов у новорожденных. У женщин, недополучающих фолиевую кислоту в период беременности, увеличивается риск рождения детей с заячьей губой, волчьей пастью, нарушениями нервной системы. Суточная физиологическая потребность в фолиевой кислоте для взрослых — 150-200 мкг.

Жирорастворимые витамины

Жирорастворимые витамины в отличие от водорастворимых откладываются в жировых депо и не так легко выводятся из организма, поэтому сохраняются длительное время. Эти витамины позволяют наиболее полноценно усваивать пищевые жиры.

Витамин А (ретинол) в организме человека депонируется в печени. Содержится в зрительных пигментах фоторецепторов сетчатки и поэтому обеспечивает зрительную функцию глаз, особенно при недостаточном освещении. Способствует нормальному функционированию всех слизистых оболочек человека и кожных покровов, иммунной системы, участвует в формировании костей, способствует защите организма от развития онкологических и инфекционных заболеваний. В большом количестве содержится в печени, яйцах, масле, сыре, молоке, красно-оранжевых овощах (морковь, перец, помидоры). В овощах содержатся каротины, которые превращаются в ретинол.

Недостаточное потребление витамина А приводит к поражению зрения, кожи и слизистых оболочек, нарушению функции многих органов и систем. Последствия недостаточности витамина А тем тяжелее, чем моложе человек. У детей возникает задержка роста, уменьшение массы тела, снижение сопротивляемости инфекциям, поражения глаз. Развивается «куриная слепота» — нарушение сумеречного зрения. Избыточное потребление витамина А приводит к покраснению кожных покровов, появлению «чешуйчатой кожи» и потрескавшихся губ, позже возникают головные боли, боли в суставах и общая слабость.

Предшественниками витамина А являются *β-каротин и другие каротиноиды*, но этим их функции не ограничиваются. Они сами по себе имеют важное значение в метаболизме, являются антиоксидантами, стимулируют иммунную систему. Каротиноиды уменьшают степень интоксикации, вызываемой курением и вдыханием загрязненного воздуха. Дефицит (β-каротина чаще всего наблюдается у курильщиков. Им следует принимать β-каротин дополнительно и употреблять больше фруктов и овощей, в которых содержится достаточное количество каротиноидов. Особенно много их в моркови, тыкве, помидорах и красном перце. Оптимальная суточная доза каротина — 15-50 мг. При его передозировке появляется желтая окраска лица, ступней и ладоней.

Витамин Е является естественным и наиболее эффективным антиоксидантом. Он защищает клеточные структуры, эритроциты, ДНК

от повреждения, стимулирует систему кровообращения, предотвращает окисление холестерина, улучшает состояние иммунной системы, предупреждает развитие катаракты, уменьшает вредные последствия курения и дыхания загрязненным воздухом, обеспечивает нормальную деятельность мышечной ткани, снижает восприимчивость к стрессам, улучшает функцию нейронов головного мозга, способствует сохранению памяти при старении, улучшает функцию половых желез. Основные продукты, в которых содержится витамин Е, — это растительные масла, зерновые, зеленые овощи, печень, яичные желтки. При дефиците его наблюдается поражение скелетных мышц и миокарда, разрушение эритроцитов, нарушение функции нервной системы. Физиологическая потребность в витамине Е составляет 10-20 мг в сутки.

Витамин D содержится в основном в рыбьем жире, яичных желтках. У большинства людей главным его источником является синтез в коже, меньшее значение имеет поступление с пищей. Поэтому дефицит витамина D в организме чаще всего возникает при недостаточном пребывании человека на открытом воздухе, ограниченном воздействии солнечных лучей. Витамин D играет большую роль в регуляции обмена фосфора и кальция в организме. Он необходим для нормального формирования костей и зубов, особенно в растущем организме. Витамин D называют «противорахитическим витамином». При недостатке его у детей кости растут неправильно, становятся непрочными. Кости ног и позвоночника прогибаются, искривляются под тяжестью тела, деформируются ребра. В пожилом возрасте витамин D защищает костную ткань от остеопороза. Дефицит его у детей приводит к рахиту, у взрослых — к остеомалации. Рахит развивается при недостатке ультрафиолетовых лучей и неполноценном и неадекватном питании. При гипервитаминозе D развиваются потеря аппетита, тошнота, головная боль, нарушение сна, раздражительность, повышение температуры тела.

Витамин К участвует в образовании протромбинового комплекса и других факторов свертывающей системы крови, необходим для синтеза белка, ускоряет заживление ран и язв. Синтезируется растениями и содержится в листьях салата, цветной капусте, плодах шиповника. В организме человека продуцируется микрофлорой кишечника. Признаком дефицита витамина К является снижение количества протромбина в крови, при этом возникают кровоточивость, кровоизлияния и кровотечения. Физиологическая суточная норма — 30-80 мкг.

Витаминоподобные вещества

В настоящее время выявлены витаминоподобные вещества, которые многие считают витаминами. К ним относятся: витамин F, кальция пангамат, пангамовая кислота, биотин, оротовая кислота, хлорид холина, липоевая кислота, липамид, витамин U.

Витамин F (линолевая, линоленовая и арахидоновая кислоты) относится к незаменимым жирным кислотам. В организме они не синтезируются, поэтому их относят к витаминам. Способствуют лучшему усвоению насыщенных жирных кислот, нормальному росту тканей, лактации. Суточная потребность — 1–2 г (это 1–2 столовые ложки растительных жиров). Основные источники данных кислот — растительные масла, а также яичный желток, свиной жир, сливочное масло. Процесс рафинирования снижает в них количество ненасыщенных жирных кислот. Дефицит их приводит к образованию камней в почках.

Пангамовая кислота вызывает активацию клеточного метаболизма, улучшает утилизацию кислорода, стимулирует энергетические внутриклеточные процессы. В большом количестве содержится в зерновых культурах.

Биотин многими исследователями отнесен к витаминам группы B. Это органическая кислота, которая является синергистом витаминов B₂, B₆, A, никотиновой кислоты. У людей с дефицитом биотина возникают тошнота, рвота, потеря аппетита, раннее облысение, чешуйчатость кожи, депрессивный синдром. Биотин широко распространен в природе, содержится в продуктах растительного и животного происхождения, а также синтезируется микрофлорой кишечника. В значительном количестве содержится в орехах, фруктах, дрожжах, печени, яичном желтке. Дефицит витамина развивается при употреблении большого количества сырых яиц. Альбумин яичного белка связывает биотин, образуя биологически неактивное соединение, которое в кишечнике не всасывается и поэтому в кровь не поступает. Суточная норма — 150–300 мкг.

Оротовая кислота имеет большое значение для синтеза белковых молекул, нормального течения процессов роста, восстановления поврежденных тканей, ускоряет процессы регенерации, стимулирует обменные процессы. В наибольшем количестве содержится в молоке, особенно козьем и овечьем, печени, дрожжах.

Холин является предшественником ацетилхолина — одного из основных медиаторов нервной системы. Он проникает через гематоэн-

цефалический барьер, влияет на функции ЦНС, улучшает процессы памяти, выводит яды и лекарства из организма. Наибольшее количество холина содержится в яичном желтке, печени, почках, мясе, зерновых и бобовых. Дефицит холина приводит к жировому перерождению печени, поражению почек и кровотечениям. Суточная потребность взрослых составляет 0,5—1,5 г.

Кислота липоевая играет большую роль в энергетических процессах, нормализации липидного и углеводного обмена, положительно влияет на функции печени, нейтрализует вредные вещества при отравлении. Наибольшее количество ее содержится в печени, почках и других внутренних органах животных.

Витамин U усиливает устойчивость слизистой оболочки желудочно-кишечного тракта к переваривающему действию желудочного сока, нормализует его кислотность, оказывает обезболивающий эффект. В большом количестве содержится в капустном соке.

Инозит относят к витаминам группы **В**. Он участвует в обмене жиров и является синергистом витамина **Е**. Как и холин, участвует в питании клеток головного мозга. Наибольшее его количество содержится в печени, дрожжах, сое, капусте. С пищей человек получает до 1 г инозита в день.

Парааминобензойная кислота (ПАБК) относится к витаминам группы **В**. Она защищает организм от избыточного ультрафиолетового облучения, положительно влияет на состояние кожных покровов, задерживает образование морщин. Основным источником ПАБК являются дрожжи, почки, неочищенное зерно, отруби. При дефиците ПАБК в организме возникают утомляемость, головные боли, нервные расстройства, нарушаются функции органов пищеварения, целостность кожных покровов, нормальный рост волос, наступает раннее поседение, повышается чувствительность к ультрафиолетовым лучам, часто возникают ожоги.

Квазивитамины

Квазивитамины выявлены в течение последнего десятилетия. Это биологически активные вещества, которые участвуют в метаболических процессах. Как и витамины, они необходимы для обмена белков, жиров и углеводов и участвуют в обменных процессах в минимальных количествах, но в отличие от витаминов синтезируются в самом организме. Квазивитамины представляют собой нечто среднее

между витаминами и невитaminaми. К ним относятся коэнзим Q, карнитин, коэнзим A и др.

Коэнзим Q образуется в организме человека, хотя с возрастом синтез его уменьшается. Больше всего коэнзима Q в митохондриях. Он играет важную роль в процессах энергообразования, нормального функционирования иммунной системы, обладает антиоксидантными свойствами. Содержится в мясных продуктах, рыбе, арахисе.

Карнитин играет большую роль в липидном обмене. Синтезируется в печени и почках из аминокислот лизина и метионина и почти не встречается в растительной пище, поэтому пища, бедная белком, приводит к дефициту карнитина, а это, в свою очередь, к нарушению липидного обмена и ожирению. Чтобы организм человека был обеспечен достаточным количеством карнитина, рекомендуется употреблять в пищу полноценные естественные продукты и обязательно мясо, рыбу.

Коэнзим A участвует в энергетических процессах. Ядром его молекулы является пантетин, получаемый из пантотеновой кислоты. Коэнзим A снижает содержание холестерина в крови, способствует утилизации липидов. Содержится преимущественно в темно-зеленых листовых овощах и салатах.

6.7. Обмен энергии

При расщеплении и окислении питательных веществ до конечных продуктов выделяется энергия. Одним из важнейших показателей интенсивности обменных процессов в организме является величина *основного обмена*, под которой понимается уровень обменных реакций при комнатной температуре и в полном покое. Его определяют лежа, натощак, при температуре комфорта. Величина основного обмена зависит от возраста, пола и упитанности. В среднем у мужчин она составляет в сутки 7140-7560 кДж, у женщин — 6420-6800 кДж. Для каждого человека величина основного обмена постоянна.

В обычных условиях жизни на интенсивность обмена веществ влияют различные факторы, и прежде всего мышечная деятельность. Поэтому уровень обмена веществ в естественных условиях — *общий обмен* — значительно превышает основной.

При недостатке энергетически ценной пищи организм вначале расходует резервные углеводы и жиры, а затем белки мышц. Обмен

энергии регулируется гипоталамусом и соответствующими центрами коры больших полушарий головного мозга. Гуморальная регуляция обеспечивается тироксином и трийодтиронином (щитовидная железа) и адреналином (мозговой слой надпочечников).

Обменные процессы в онтогенезе

В течение первых 5 дней жизни масса тела новорожденного снижается в связи с переходом на новый тип питания, удалением лишней воды из организма и расходом запасов питательных веществ (гликогена и жиров). Все это сопровождается значительным возрастанием интенсивности основного обмена, который начинает повышаться со 2-го дня жизни. Следующие 3—4 месяца жизни младенца характеризуются бурным ростом и повышением основного обмена. К концу первого года жизни величины основного обмена достигают максимальных значений за весь период онтогенеза. В течение периода от 1 года до 3 лет уровень основного обмена остается неизменным. Хотя затраты на рост снижаются, но с той же скоростью нарастает активность окислительных ферментов в созревающих тканях (почки, печень, селезенка, мозг и скелетные мышцы). В дальнейшем уровень основного обмена снижается по мере увеличения размеров тела. В период от 3 до 7 лет обменные процессы имеют достаточно высокий уровень (в 2 раза выше, чем у взрослого человека), что обеспечивается более интенсивной работой сердца и дыхания. В возрасте 7—12 лет обменные процессы достаточно стабильны. Интенсивность их снижается по сравнению с предыдущим возрастом, но остается в 1,5 раза выше, чем у взрослого человека. В период полового созревания меняется морфофункциональный статус, что сказывается и на процессах обеспечения организма энергией. У мальчиков величина основного обмена на 8—10 % выше, чем у девочек. По изменению темпов роста и интенсивности обмена девочки опережают мальчиков на год.

Общий расход энергии у ребенка и взрослого распределяется следующим образом: основной обмен — у ребенка 60 %, у взрослого тоже 60 %, затраты энергии на рост и депонирование веществ — у ребенка 15 %, у взрослого 0 %, на работу мышц — у ребенка 15 %, у взрослого 25 %. Энергетические затраты на рост тем больше, чем младше ребенок. Так, в возрасте 3 месяцев на рост идет 36 % общей энергетической ценности пищи, в 6 месяцев — 20 %, в 10 месяцев — 11%. Энергозатраты ребенка на достижение полезного результата выше, что

связано с недостаточными развитием нервной системы и координацией движений. Источником энергии у новорожденных детей служат жиры. В грудном возрасте за счет жиров покрывается 50 % потребности в энергии, углеводов — 40 %, белков — 10 %. С возрастом это соотношение меняется в пользу углеводов.

6.8. Терморегуляция

Температура тела человека поддерживается на постоянном уровне независимо от колебания температуры окружающей среды. Это постоянство получило название *изотермия*, которая в процессе онтогенеза развивается постепенно. Новорожденный ребенок отличается слабой способностью поддерживать постоянство температуры тела, в результате чего может наступить охлаждение (гипотермия) или перегревание (гипертермия) организма при температурах, не влияющих на взрослый организм. Даже небольшая мышечная нагрузка (длительный крик ребенка) может привести к гипертермии. Еще ниже способность к изотермии у недоношенных детей, температура их тела в большей степени зависит от температуры окружающей среды.

Температура тела и его органов обусловлена процессами образования тепла и теплоотдачи. В связи с этим ясно, что температура разных органов неодинакова. Самая высокая температура (37,8–38 °C) в печени, так как она расположена глубоко внутри тела и имеет самый высокий уровень обменных процессов. Температура кожи вследствие высокой теплоотдачи самая низкая (29,5–33,9 °C на открытых участках) и зависит от температуры окружающей среды. Поэтому изотермия характерна только для внутренних органов и головного мозга. Различные участки кожи имеют неодинаковую температуру: самая высокая на туловище и голове (33–34 °C), самая низкая — на конечностях.

Температура тела в течение дня колеблется в пределах 0,5–0,7 °C: максимальная при мышечной работе и в 16–18 ч вечера, минимальна в покое и в 3–4 ч утра. Измеряют температуру тела в подмышечной впадине (36,5–36,9 °C), у грудных детей часто в прямой кишке, где она выше и составляет 37,2–37,5 °C.

Постоянство температуры тела у человека сохраняется лишь при равенстве теплообразования и теплопотери организма. Это достига-

ется с помощью механизмов терморегуляции, которая бывает химической и физической.

Химическая терморегуляция осуществляется путем изменения уровня теплообразования. У человека усиление теплообразования отмечается при уменьшении температуры окружающей среды ниже оптимальной температуры или зоны комфорта. В одежде температура комфорта составляет 18—20 °С, а без нее — 28 °С. Наиболее интенсивное теплообразование наблюдается в мышцах, печени и почках.

Физическая терморегуляция осуществляется за счет изменения отдачи тепла организмом, которая осуществляется тремя путями: теплоизлучением (радиационная теплоотдача), конвекцией (перемешивание нагреваемого телом воздуха) и испарением воды с поверхности кожи и легких. В состоянии покоя при температуре 20 °С у человека радиация составляет 66 %, испарение — 19 %, конвекция — 15 % общей потери тепла организмом. При повышении температуры окружающей среды до 35 °С радиация и конвекция становятся невозможными и температура тела поддерживается только за счет испарения воды.

Характер отдачи тепла зависит от обмена веществ. При тяжелой мышечной работе 75 % тепла отдается путем испарения. Уменьшает теплоотдачу одежда, которая создает слой неподвижного воздуха между ней и телом, и наоборот — обнаженное тело быстро теряет тепло. Препятствует теплоотдаче слой подкожной клетчатки, поскольку жир имеет малую теплопроводность.

Терморегуляция зависит также от перераспределения крови в сосудах и объема циркулирующей крови. При низкой температуре артериолы кожи сужаются, большее количество крови поступает в сосуды брюшной полости, в результате чего ограничивается теплоотдача. При еще более сильном охлаждении открываются артериовенозные анастомозы, что уменьшает поступление крови в капилляры и, соответственно, теплоотдачу. При повышении температуры окружающей среды сосуды кожи расширяются, селезенка и другие кровяные депо выбрасывают в общий кровоток дополнительное количество крови. Это также способствует увеличению теплоотдачи путем радиации и конвекции.

Самым эффективным средством для сохранения постоянной температуры тела при высокой температуре является испарение пота. Оно происходит особенно эффективно при тяжелой мышечной работе, когда возрастает теплообразование в самом организме. Например, у рабочих горячих цехов выделение пота составляет около 12 л за день.

При определенных условиях среды испарение воды с поверхности кожи становится неэффективным: например, при высокой влажности воздуха или при ношении воздухо непроницаемой одежды. В первом случае при насыщенном водяными парами воздухе пот выделяется в большом количестве, но не испаряется и стекает с кожи (в бане). Во втором случае слой воздуха между воздухо непроницаемой одеждой и телом быстро насыщается парами и испарение прекращается. Некоторая часть воды испаряется легкими в виде водяных паров, поэтому дыхание тоже участвует в поддержании температуры тела. В связи с этим при высокой температуре воздуха дыхание учащается, а при низкой — становится более редким.

К механизмам физической терморегуляции относится также изменение положения тела. Когда человеку холодно, он сворачивается в «клубочек», уменьшая поверхность теплоотдачи. Часто можно отметить проявление физической терморегуляции в виде реакции мышц кожи («гусиная кожа»).

Таким образом, постоянство температуры тела обеспечивается химической регуляцией тепла (интенсивностью обмена веществ и теплообразованием), с одной стороны, и физической регуляцией тепла (теплоотдачей) — с другой.

Изменение терморегуляции в онтогенезе

Основные терморегуляторные реакции организма формируются в младенческом возрасте. С одной стороны, жировая ткань подкожной клетчатки предотвращает избыточную теплоотдачу с относительно большой поверхности тела ребенка. С другой стороны, активация химической терморегуляции требует дополнительного количества жира в качестве субстрата окисления. В этом возрасте в организме ребенка функционирует бурая жировая ткань. Она насыщена митохондриями и служит для обогрева крупных сосудов, расположенных вдоль позвоночника. В течение первого года жизни реакции химической терморегуляции постепенно дополняются реакциями физической терморегуляции, более экономичными. Они связаны с формированием сосудодвигательных реакций, определяющих тонус поверхностно расположенных сосудов, в зависимости от окружающей среды. Сосудодвигательные реакции в этом возрасте еще несовершенны, а температура комфорта для ребенка первого года жизни — 33 °С. Поэтому дети все время должны находиться в одежде. В период от 1 года до 3 лет пере-

стает функционировать бурая жировая ткань, которая выделяла дополнительное тепло в первые месяцы жизни. При необходимости к производству тепла уже могут подключаться мышцы: у ребенка на холоде возникает дрожь. Однако механизмы теплоотдачи еще несовершенны, и температура комфорта остается высокой — 30 °С. В возрасте от 3 до 7 лет еще значительное место занимают механизмы химической терморегуляции. С 6-летнего возраста начинается быстрое развитие сосудодвигательных реакций периферических сосудов. Совершенствуются механизмы терморегуляции и в младшем школьном возрасте. К 10 годам у ребенка механизм физической терморегуляции настолько развит, что по своей эффективности мало отличается от подобного механизма у взрослых. В подростковом возрасте увеличение объемной скорости кровотока приводит к повышению температуры кожи. Это снижает возможности физической терморегуляции, и для поддержания постоянства температуры тела необходимо увеличение производства тепла, т.е. использование химической терморегуляции. В регуляции температурного гомеостаза в этом возрасте происходит регресс, что может привести к частому возникновению простудных заболеваний. В юношеском возрасте терморегуляторные реакции становятся более экономичными как при изменении температуры окружающей среды, так и во время мышечной деятельности.

СТРОЕНИЕ, ФУНКЦИИ И ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ВЫДЕЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Выделение — процесс, в ходе которого организм избавляется от продуктов обмена веществ. Если выделения не происходит, организм отравляет сам себя. Функцию выведения из организма продуктов обмена выполняют легкие, кожа, желудочно-кишечный тракт и почки. При помощи этих органов организм удаляет продукты жизнедеятельности, возникающие в результате процесса пищеварения и различных химических процессов, необходимых для поддержания жизни. Организм освобождается от чужеродных и токсических веществ, продуктов обмена, а также избытка воды, солей и органических соединений, которые образовались в процессе метаболизма или поступили в организм. Легкие выводят из организма углекислый газ, водяные пары, а также некоторые летучие вещества (пары химических веществ при наркозе, пары алкоголя при опьянении). Слюнные и желудочные железы выделяют некоторые тяжелые металлы, лекарственные средства, органические соединения (краски). Печень удаляет из организма гормоны, продукты обмена гемоглобина, азотистого метаболизма. Поджелудочная железа и кишечные железы экскретируют тяжелые металлы и лекарственные вещества. С потом из организма выделяются вода и соли, органические вещества (мочевина, мочевая кислота), а при напряженной мышечной работе — молочная кислота. Сальные и молочные железы тоже относятся к выделительной системе, но выделяющиеся ими продукты не являются продуктами конечного обмена. Сальные и молочные железы выделяют кожное сало и молоко, которые имеют важное физиологическое значение. Основным органом выделения являются, конечно, почки. В выделительную систему входят почки и мочевыводящие пути (мочеточники, мочевой пузырь, мочеиспускательный канал).

7.1. Почки

Почки в организме выполняют разнообразные функции. С их помощью удаляются из плазмы крови конечные продукты метаболизма (мочевина, мочевая кислота и другие соединения), ненужные и вредные

для организма. Почки выводят чужеродные вещества, поступившие в организм с пищей и в виде лекарств, а также ионы натрия, калия, фосфора, воду, что играет важную роль в регуляции ионного состава плазмы крови, количества воды и поддержании кислотно-щелочного равновесия, т.е. обеспечении постоянства внутренней среды организма. В почках вырабатываются гормоноподобные вещества — ренин, участвующий в регуляции уровня кровяного давления, и эритропоэтин, стимулирующий образование эритроцитов.

Почка — парный орган, который располагается в поясничной области, на задней брюшной стенке, на уровне XII грудного, I—II поясничных позвонков (рис. 28). С возрастом топография почек изменяется. У новорожденного верхний край почки находится на уровне верхнего края XII грудного позвонка. После 5-7 лет положение почек приближается к таковому у взрослых. В возрасте старше 50 лет почки располагаются ниже, чем в молодом возрасте. В любом возрасте правая почка ниже левой.

Почка имеет бобовидную форму, масса ее около 150 г. В почке различают две поверхности — переднюю и заднюю; два полюса — верхний и нижний; два края — выпуклый (латеральный) и вогнутый (медиальный). На медиальном крае находятся ворота почки, через которые проходят мочеточник, нервы, почечная артерия, почечная

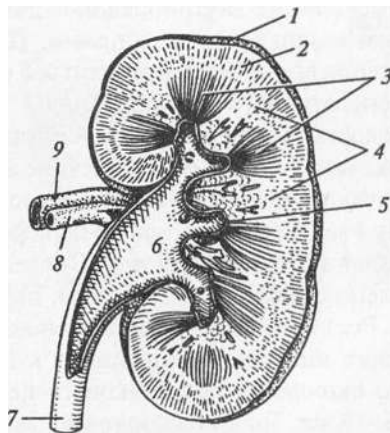


Рис. 28. Почка:

1 — капсула почки; 2 — корковое вещество; 3 — мозговое вещество (пирамиды); 4 — почечные столбы; 5 — почечная чашка; 6 — почечная лоханка; 7 — мочеточник; 8 — почечная артерия; 9 — почечная вена

вена и лимфатические сосуды. Ворота почки ведут в небольшую почечную пазуху, где располагаются нервы, кровеносные сосуды больших и малых чашек, почечная лоханка, начало мочеточника и жировая ткань. У детей почка округлая и имеет бугристую поверхность за счет дольчатого строения. Длина ее у новорожденного составляет 4 см, масса — 12 г. После года размер почки увеличивается в 1,5 раза, а масса достигает 37 г. К 3 годам эти параметры равны 8 см и 56 г. У подростков длина почки достигает 10 см, а масса — 120 г.

Снаружи почка покрыта фиброзной, жировой капсулами и фасцией. Фиброзная капсула имеет много эластических волокон. Она легко отделяется от почки и становится хорошо заметной к 5 годам, а к 10-14 годам близка к фиброзной капсуле взрослого. Жировая капсула находится снаружи от фиброзной. Она наиболее выражена в области ворот почки и на ее задней поверхности. На передней поверхности жир отсутствует. Жировая капсула начинает формироваться лишь к 3-му году жизни, продолжая постепенно утолщаться. К 40—50 годам она достигает максимального размера, а в пожилом возрасте истончается и исчезает. Почечная фасция представлена тонкой соединительнотканной оболочкой, расположенной снаружи от жировой капсулы и имеющей два листка. Фиксация почки осуществляется кровеносными сосудами и оболочками, особенно почечной фасцией. Существенное значение имеет также внутрибрюшное давление, поддерживаемое сокращением мышц брюшного пресса. При слабости этого фиксирующего материала она может опуститься (блуждающая почка), что требует ее оперативного подвешивания.

Почка имеет полость, в которой расположены почечные чашки и верхняя часть лоханки, и собственно почечное вещество. В почечном веществе различают корковый и мозговой слои. Корковое вещество имеет толщину 4 мм. Располагается по периферии почки и заходит в виде столбиков в мозговое вещество. Последнее располагается внутри и представлено отдельными дольками, называемыми почечными пирамидами. Рост почек происходит в основном на первом году жизни. Рост мозгового вещества прекращается к 12 годам. Корковое вещество растет до окончания подросткового периода и особенно в возрасте 5—9 и 16—19 лет. Толщина коркового вещества у взрослого человека по сравнению с таковой у новорожденного увеличивается в 4 раза, а мозгового — только в 2 раза.

Пирамиды своими вершинами сливаются, образуя сосочек. Он охвачен малой чашкой, которая представляет начало мочевыводящих

путей. Малые чашки имеют воронковидную форму, сливаются друг с другом, образуя 2-3 большие почечные чашки, формирующие почечную лоханку, в которую изливается образующаяся в почке моча. Лоханка — воронкообразная полость, переходящая в воротах почки в мочеточник. Стенка чашек и лоханки состоит из внутреннего (слизистого), среднего (мышечного) и наружного (соединительнотканного) слоев.

Основным структурным и функциональным элементом почки, в котором происходит образование мочи, является *нефрон* (рис. 29). У человека в обеих почках насчитывается более 2 млн нефронов. Начальным отделом каждого нефрона является почечное тельце. Оно состоит из сосудистого клубочка и окружающей его капсулы Боумена — Шумлянского. Капсула напоминает по своей форме двухстенную чашу, состоящую из двух листков — внутреннего и наружного. Между листками имеется щелевидное пространство. Внутренний листок, к которому прилежит сосудистый клубочек, построен из плоских эпителиальных клеток. Наружный листок переходит в мочевой каналец нефрона. В этом канальце различают следующие отделы: начальный (главный), или проксимальный, средний (петля Генле, которая опускается из коркового вещества в мозговое), вставочный (дистальный) и собирательная трубка. Стенка мочевых канальцев нефрона

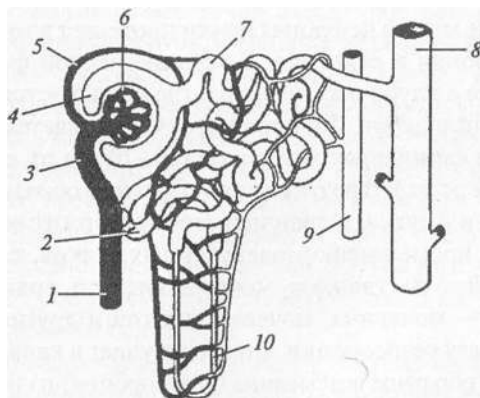


Рис. 29. Строение нефрона:

1 — артерия; 2 — дистальный извитой каналец; 3 — приносящая клубочковая артериола; 4 — капсула клубочка (капсула Боумена); 5 — выносящая клубочковая артериола; 6 — клубочек; 7 — проксимальный извитой каналец; 8 — собирательная трубка; 9 — вена; 10 — петля Генле

построена из эпителия, отличающегося по форме в разных отделах канальца. Эпителий главного отдела сходен с эпителием тонкой кишки и снабжен каймой с микроворсинками. Общая длина мочевых канальцев обеих почек достигает 70-100 км.

Кровеносная система почки приспособлена для участия в мочеобразовании. К капсуле Боумена — Шумлянского подходит кровеносный сосуд, называемый приносящим. Он разветвляется на капилляры, которые образуют сосудистый клубочек почечного тельца. Из сосудистого клубочка кровь оттекает в сосуд, называемый выносящим. В приносящих сосудах, сосудистых клубочках и выносящих сосудах течет артериальная кровь. Выносящий сосуд по диаметру меньше приносящего. Это создает условия повышенного давления в капиллярах сосудистого клубочка, что важно для процесса образования мочи. Выносящий сосуд вторично распадается на капилляры, которые оплетают густой сетью канальцы нефрона. Артериальная кровь, протекая по этим капиллярам, превращается в венозную. Следовательно, почка, в отличие от других органов, имеет не одну, а две системы капилляров. Это создает благоприятные условия для выделения из крови воды и продуктов обмена, что связано с функцией мочеобразования.

Механизм образования и выделения мочи

Образование мочи в нефронах почки протекает в три фазы: фильтрация, реабсорбция и секреция. В течение первой фазы образуется первичная моча в клубочках нефрона, где фильтруется плазма крови из почечных капилляров. Фильтрация осуществляется за счет разности давления в капиллярах клубочков (60-70 мм рт. ст.) и в капсуле нефрона (40 мм рт. ст.). В результате фильтрации образуется 150-180 л первичной мочи в сутки. Первичная моча содержит все компоненты плазмы крови, кроме высокомолекулярных белков, т.е. в ней содержатся аминокислоты, глюкоза, мочевая кислота, соли, а также продукты обмена — мочевины, мочевая кислота и другие вещества. Во вторую фазу, фазу реабсорбции, моча поступает в канальцы нефрона, где происходит обратное всасывание (реабсорбция) из первичной мочи в кровь аминокислот, глюкозы, витаминов, большей части воды и солей. В итоге из 150—180 л первичной мочи образуется 1,5 л вторичной. Таким образом, во вторичной моче нет необходимых для организма веществ, в то же время в ней резко повышено содержание сульфатов, мочевины, мочевой кислоты и других продуктов обмена. Всасывание

полезных веществ происходит с большими энергетическими затратами, ведь известно, что почки потребляют более 10 % кислорода, поступающего в организм. При очень высокой концентрации некоторых веществ в крови часть их не всасывается из первичной мочи в кровь. Например, после излишнего потребления сахара часть глюкозы остается в первичной моче. И наоборот, при недостатке соли в организме она с мочой не выводится, т.е. почки регулируют содержание веществ в организме. Третья фаза — это секреция в мочу вредных веществ, которые не могут пройти «почечный фильтр». К ним относятся лекарственные препараты (антибиотики), краски и другие вещества.

Физико-химические свойства мочи

Моча представляет собой светло-желтую жидкость, состоящую из 95 % воды и 5 % твердого остатка (2 % мочевины, 0,05 % мочевой кислоты, 0,075 % креатинина и др.). В сутки с мочой выводится 30 г мочевины и 25 г неорганических веществ. С мочой выделяются некоторые биологически активные вещества: гормоны (щитовидной железы, коры надпочечников), витамины (витамин С, тиамин) и ферменты (амилаза, липазы). Глюкоза в обычных условиях в моче не выявляется. Когда ее концентрация в крови превышает 160-180 мг%, наблюдается глюкозурия — выделение глюкозы с мочой. Цвет мочи зависит от величины диуреза и экскреции пигментов, изменяясь от светло-желтого до оранжевого. Пигменты образуются из билирубина желчи в кишечнике, где билирубин превращается в уробилиноид и урохром. При патологических состояниях в моче обнаруживаются белок, глюкоза, клетки крови, ацетон, желчные кислоты и многие другие вещества. Реакция мочи зависит от употребляемой пищи: при мясной — кислая, при овощной — щелочная. У новорожденного реакция мочи резкокислая, с возрастом она становится слабокислой. Кроме того, у новорожденных повышена проницаемость почечного эпителия, отчего в моче всегда обнаруживается белок.

При хирургическом удалении почки в течение нескольких недель увеличивается масса оставшейся почки — наступает ее компенсаторная гипертрофия. Клубочковая фильтрация возрастает в 1,5 раза. Таким образом одна почка успешно обеспечивает устойчивость внутренней среды. После удаления обеих почек в течение нескольких дней развивается уремия, концентрация продуктов азотистого обмена в крови возрастает, содержание мочевины увеличивается в 20—30 раз, наруша-

ется гомеостаз, развивается слабость, расстройство дыхания и наступает смерть. Для замещения некоторых функций почек используют аппарат «искусственная почка». Он представляет собой диализатор, в котором через поры полупроницаемой мембраны кровь очищается от шлаков, нормализуется ее состав. В аппарате используются пленки, через поры которых, как в почечных клубочках, проходят низкомолекулярные компоненты плазмы, но не проникают белки. По одну сторону пленки непрерывно протекает кровь пациента, поступающая из артерии и вливаемая потом в вену, по другую сторону находится диализирующий раствор. Этот раствор подобен плазме крови, но не содержит мочевины и других продуктов азотистого обмена, вследствие чего эти вещества легко диффундируют в диализирующий раствор. Больного обычно подключают к такому аппарату 2—3 раза в неделю на несколько часов, и жизнь может поддерживаться таким образом в течение нескольких лет.

7.2. Мочевыводящие пути

Непрерывно образующаяся в почках моча поступает по мочеточникам в мочевой пузырь, из которого по мочеиспускательному каналу выводится из организма.

Мочеточники

Мочеточник представляет собой трубку длиной около 30 см. По выходе из ворот почки мочеточник лежит на задней брюшной стенке и спускается в полость малого таза, где прободает стенку мочевого пузыря и открывается отверстием в его полость. Стенка мочеточника состоит из трех оболочек: слизистой, мышечной и соединительнотканной (адвентиции). Слизистая оболочка выстлана многослойным эпителием. Мышечная оболочка состоит из кругового и продольного слоя гладкомышечной ткани. Благодаря ее сокращениям мочеточник совершает перистальтическое движение. У новорожденного мочеточник имеет извилистый ход, длина его составляет 5—7 см. К 4 годам она увеличивается до 15 см. В раннем детстве слабо развита мышечная оболочка мочеточников.

Мочевой пузырь

Мочевой пузырь является резервуаром мочи. Он находится в полости малого таза позади лонного сращения. Между лонным сращением и мочевым пузырем имеется слой рыхлой клетчатки. Наполненный мочевой пузырь имеет грушевидную форму. Позади мочевого пузыря располагается у мужчин прямая кишка, у женщин — матка. В мочевом пузыре различают верхушку, тело и дно. Стенка мочевого пузыря состоит из трех оболочек: слизистой с подслизистым слоем, мышечной и соединительнотканной. Сверху, сзади и частично с боков мочевой пузырь покрыт брюшиной.

Слизистая оболочка мочевого пузыря образует складки, которые отсутствуют только в области дна мочевого пузыря. Там имеется гладкий участок треугольной формы — пузырный треугольник. На углах его открываются оба мочеточника и выходит мочеиспускательный канал. При наполнении мочевого пузыря складки слизистой оболочки сглаживаются. Сфинктер пузыря имеет вид полулунного участка красноватого цвета, а устья мочеточников образуют углубления по бокам треугольника. Периодически (2-3 раза в минуту) отверстия открываются, выбрасывая мочу.

Мышечная оболочка состоит из внутреннего и наружного продольных и среднего кругового слоев. Наиболее развит круговой слой, который в области внутреннего отверстия мочеиспускательного канала образует внутренний сфинктер мочеиспускательного канала. Объем мочевого пузыря в среднем у взрослого человека 350—500 мл. При сильном его наполнении верхушка прилегает к передней брюшной стенке. У новорожденного мочевой пузырь имеет веретенообразную форму, в 3 года — грушевидную, в 8—12 лет — яйцевидную, у подростков и взрослого человека — грушевидную форму. Объем мочевого пузыря у новорожденного — 50—80 мл, в 5 лет — 180 мл, к 12 годам — 250 мл. Мышечный слой в стенке пузыря выражен слабо, слизистая оболочка развита хорошо, есть складки. Мочевой пузырь у детей располагается высоко и у девочек не соприкасается с влагалищем, а у мальчиков — с прямой кишкой. В дальнейшем его дно опускается.

Опорожняется мочевой пузырь рефлекторно. Когда в пузыре накапливается моча в количестве 250-300 мл, она создает давление 12-15 мм вод. ст. Нервные импульсы от рецепторов стенок пузыря передаются в центр мочеиспускания в крестцовом отделе спинного мозга. Из него по тазовым нервам сигналы поступают к стенкам мочевого

пузыря, вызывая одновременно сокращение стенок и растяжение сфинктера мочеиспускательного канала. Высшие центры мочеиспускания находятся в лобной доле полушарий большого мозга. У детей мочи отделяется больше, чем у взрослых, а мочеиспускание происходит чаще за счет интенсивного водного обмена и увеличения содержания углеводов в рационе питания. Только в первые 3—4 дня количество отделяющейся мочи невелико. У месячного ребенка в сутки отделяется 350–380 мл мочи, к концу первого года жизни — 750 мл, в 4–5 лет — 1 л, в 10 лет — 1,5 л, в 12–14 лет — 2 л. У новорожденных произвольная задержка мочеиспускания отсутствует. Способность регулировать произвольное мочеиспускание появляется к концу первого года жизни, на втором году она становится устойчивой. Однако в возрасте 5–10 лет у детей встречается ночное непроизвольное мочеиспускание — энурез. Способствуют энурезу психические травмы, переутомление, переохлаждение, острая пища, обилие жидкости.

Гуморальная регуляция образования мочи осуществляется вазопрессином, который вырабатывается в гипоталамусе и поступает в кровь через гипофиз. Этот гормон усиливает реабсорбцию воды из первичной мочи, что увеличивает концентрацию солей во вторичной моче.

Мочеиспускательный канал

Мочеиспускательный канал у мужчин служит для выведения не только мочи из мочевого пузыря наружу, но и семенной жидкости. Это узкая трубка длиной у взрослого человека 16–22 см. В нем различают предстательную, перепончатую и губчатые части. Предстательная часть является самой широкой, а длина ее составляет около 3 см. На задней стенке находится возвышение — семенной бугорок. На нем открываются два семявыбрасывающих протока, по которым выводится семенная жидкость из половых желез. Кроме того, в предстательную часть открываются протоки предстательной железы. Перепончатая часть узкая и короткая, ее длина около 1 см. Она плотно сращена с мочеполовой диафрагмой. Губчатая часть имеет длину 12–18 см, заканчивается наружным отверстием мочеиспускательного канала на головке полового члена и располагается в губчатом теле полового члена. Мочеиспускательный канал имеет внутренний (непроизвольный) и наружный (произвольный) сфинктеры. У новорожденного канал относительно длиннее (5–6 см), чем в другие возрастные

периоды, из-за высокого его начала. Быстрый его рост характерен для периода полового созревания.

Мочеиспускательный канал у женщины имеет почти прямолинейный ход. Его длина 3-3,5 см, он шире мужского и легче растягивается. Канал выстлан изнутри слизистой оболочкой, в которой находится большое количество желез, выделяющих слизь. Начинается он на дне мочевого пузыря внутренним отверстием, проходит через мочеполовую диафрагму впереди влагалища, открывается в преддверие влагалища наружным отверстием и также имеет два сфинктера. Мочеиспускательный канал новорожденной девочки имеет длину 2,3-3 см, широкий, в нижней части изогнут, открытый спереди. Мышечная оболочка и наружный сфинктер формируются к 12-13 годам.

7.3. Выделение в онтогенезе

Почки новорожденного имеют признаки морфологической и функциональной незрелости. Диаметр клубочков небольшой, извитые канальцы невелики, а петли Генле недоразвиты. Количество же клубочков на единицу поверхности у новорожденного в 5-7 раз больше, чем у взрослого. Это позволяет почкам ребенка поддерживать водно-солевой гомеостаз, но только при условиях покоя организма и при сбалансированном питании и водопотреблении. В экстремальных ситуациях, например при некоторых заболеваниях, детские почки менее надежны, чем взрослые, что может привести к сдвигам гомеостаза. В возрасте от 1 года до 3 лет выделительная функция развивается пропорционально увеличению размеров тела. Работа почек становится более эффективной, но система выделения по уровню развития еще отстает от системы выделения взрослого человека.

СТРОЕНИЕ, ФУНКЦИИ И ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ РЕПРОДУКТИВНОЙ СИСТЕМЫ

Репродуктивная функция представляет собой комплекс процессов, который охватывает дифференцировку и созревание половых клеток, процесс оплодотворения, беременность, роды, лактацию и последующую заботу о потомстве. Взаимодействие и регуляция этих про-

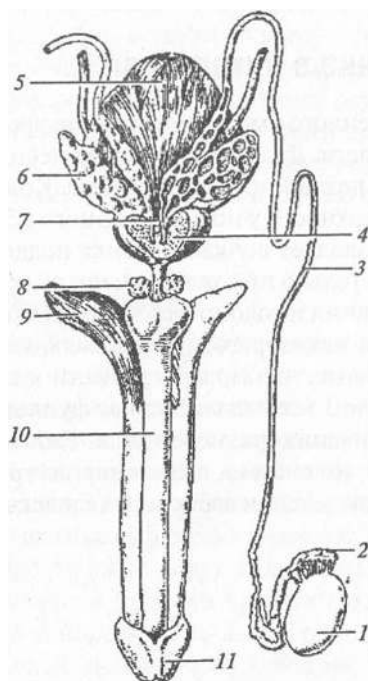


Рис. 30. Мужские половые органы:

1 — яичко; 2 — придаток яичка; 3 — семявыносящий проток; 4 — предстательная железа; 5 — мочевой пузырь; 6 — семенная железа; 7 — семявыбрасывающий проток; 8 — бульбоуретральная железа; 9 — пещеристое тело полового члена; 10 — губчатое тело полового члена; 11 — головка полового члена

цессов обеспечиваются системой, центром которой является нейро-эндокринный комплекс: гипоталамус — гипофиз — половые железы.

Половые органы делятся на внутренние и наружные. У мужчин к внутренним половым органам относят половые железы (яички с придатками), семявыносящий проток, семявыбрасывающий проток, семенные пузырьки, предстательную железу и бульбоуретральные (куперовы) железы; к наружным половым органам — мошонку и половой член (рис. 30). У женщин внутренние половые органы представлены половой железой (яичники), маткой, маточными трубами и влагалищем, а наружные половые органы — большими и малыми половыми губами и клитором (рис. 31).

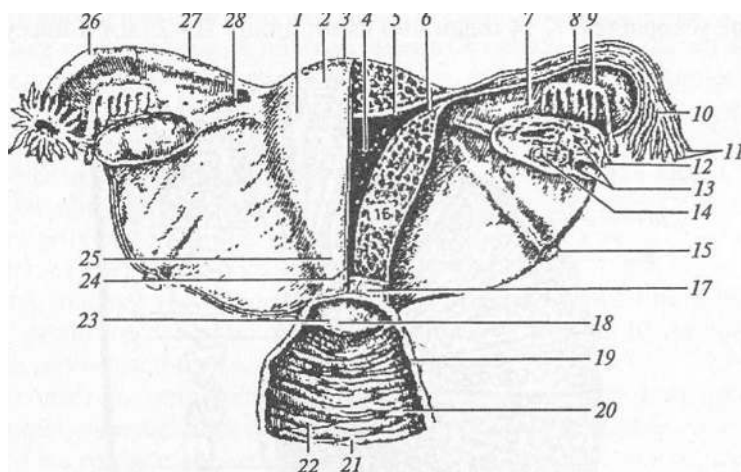


Рис. 31. Женские внутренние половые органы:

1 — тело матки; 2 — серозная оболочка (периметрий); 3 — дно матки; 4 — полость матки; 5 — слизистая оболочка матки (эндометрий); 6 — маточное отверстие трубы; 7 — брыжейка маточной трубы; 8 — трубные складки; 9 — придаток яичника; 10 — воронка маточной трубы и ее брюшное отверстие; 11 — бахромки трубы; 12 — яичник; 13 — растущие фолликулы; 14 — желтое тело; 15 — круглая связка матки; 16 — мышечная оболочка матки (миометрий); 17, 25 — надвлагалищная часть шейки матки; 18 — маточный зев; 19 — мышечная оболочка влагалища; 20 — слизистая оболочка влагалища; 21 — столбы складок; 22 — влагалищные складки; 23 — шейка матки; 24 — канал шейки матки; 26 — ампула маточной трубы; 27 — перешеек маточной трубы; 28 — собственная связка яичника

8.1. Внутренние мужские половые органы

Яичко — парная мужская половая железа, выполняющая в организме экзо- и эндокринные функции. В яичках образуются сперматозоиды (внешняя секреция) и половые гормоны, которые влияют на развитие первичных и вторичных половых признаков (внутренняя секреция). По форме яичко (семенник) представляет собой овальное, немного сдавленное с боков тело, лежащее в мошонке (рис. 32). Оно имеет верхний и нижний концы, медиальную и латеральную поверхности, а также передний и задний края. К заднему краю прилегает придаток яичка. Правое яичко крупнее, тяжелее и располагается выше левого. У новорожденного длина яичка равна 10 мм, масса — 0,4 г. До периода полового созревания яичко растет медленно, а затем его развитие ускоряется. К 14 годам оно имеет длину 20-25 мм и массу 2 г.

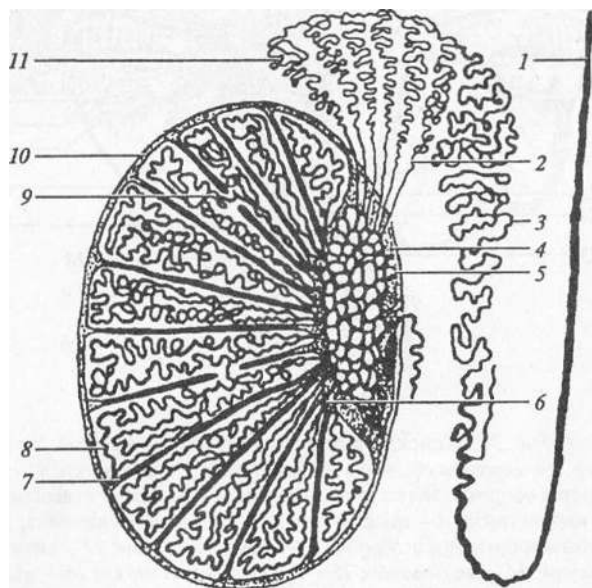


Рис. 32. Строение яичка и его придатков:

1 — семявыносящий проток; 2 — выносящие каналы яичка; 3 — проток придатка; 4 — средостение яичка; 5 — сеть яичка; 6 — прямые семенные каналы; 7 — перегородка между долями яичка; 8 — извитые семенные каналы; 9 — сообщения между семенными каналами различных долей; 10 — белочная оболочка; 11 — доля придатка яичка

В 18-20 лет длина его равна 38-40 мм, масса — 20 г. Позже размеры и масса яичка возрастают незначительно, а после 60 лет несколько уменьшаются.

Яичко покрыто плотной соединительнотканной оболочкой, которая на заднем крае образует утолщение, называемое *средостением*. От средостения внутрь яичка отходят радиально расположенные соединительнотканнные перегородки, которые делят семенник на множество долек (100—300). Каждая долька включает 3—4 слепозамкнутых извитых семенных канальца, соединительную ткань и интерстициальные клетки Лейдига. Клетки Лейдига продуцируют мужские половые гормоны, а сперматогенный эпителий семенных канальцев — сперматозоиды, состоящие из головки, шейки и хвоста. Извитые семенные канальцы переходят в прямые семенные канальцы, которые открываются в протоки сети семенника, расположенной в средостении. У новорожденного извитые и прямые семенные канальцы не имеют просвета — он появляется к периоду полового созревания. В юношеском возрасте диаметр семенных канальцев удваивается, а у взрослых мужчин — утраивается.

Из сети семенника выходят выносящие канальцы (15-20), которые, сильно извиваясь, образуют конусовидные структуры. Объединение этих структур представляет собой придаток яичка. Придаток прилегает к верхнему полюсу и заднебоковому краю яичка, в нем выделяют головку, тело, хвост. Придаток яичка новорожденного крупный, длина его 20 мм, масса — 0,12 г. В течение первых 10 лет придаток растет медленно, а затем рост его ускоряется.

В области тела придатка выносящие канальцы сливаются в проток придатка, переходящий в области хвоста в *семявыносящий проток*, который содержит созревшие, но неподвижные сперматозоиды, имеет диаметр около 3 мм и достигает в длину 50 см. Его стенка состоит из слизистой, мышечной и соединительнотканной оболочек. На уровне нижнего полюса яичка семявыносящий проток поворачивает вверх и в составе семенного канатика, включающего также сосуды, нервы, оболочки и мышцу, поднимающую яичко, следует к паховому каналу в брюшную полость. Там он отделяется от семенного канатика и, не проходя через брюшину, опускается в малый таз. Около дна мочевого пузыря проток расширяется, образуя ампулу, и, приняв выводные протоки семенных пузырьков, продолжается как *семяизвергающий (семявыбрасывающий) проток*. Он прободает предстательную железу и открывается в предстательную часть мочеиспускательного канала.

У ребенка семявыносящий проток тонкий, его продольный мышечный слой появляется только к 5 годам. Слабо развита мышца, поднимающая яичко. Поперечник семенного канатика у новорожденного 4,5 мм, в 15 лет — 6 мм. Семенной канатик и семявыносящий проток до 14—15 лет растут медленно, а затем их рост ускоряется. Сперматозоиды, смешиваясь с секретом семенных пузырьков и предстательной железы, приобретают способность к передвижению и образуют семенную жидкость (сперму).

Семенные пузырьки представляют собой парный орган продолговатой формы, длиной около 4-5 см, располагающийся между дном мочевого пузыря и прямой кишкой. В них вырабатывается секрет, входящий в состав семенной жидкости. Семенные пузырьки новорожденного слабо развиты, с маленькой полостью, длиной всего 1 мм. До 12-14 лет растут медленно, в 13-16 лет рост ускоряется, размеры и полость увеличиваются. В это же время изменяется и их положение. У новорожденного семенные пузырьки расположены высоко (в связи с высоким положением мочевого пузыря) и со всех сторон покрыты брюшиной. К двум годам они опускаются и лежат забрюшинно.

Предстательная железа (простата) находится в области малого таза под дном мочевого пузыря. Длина ее у взрослого мужчины 3 см, масса — 18-22 г. Железа имеет верхушку и основание. Основание сращено с дном мочевого пузыря, верхушка прилегает к мочеполовой диафрагме. Простата состоит из железистой и гладкомышечной тканей. Железистая ткань образует дольки железы, протоки которых открываются в предстательную часть мочеиспускательного канала. Масса предстательной железы у новорожденного равна 0,82 г, в 3 года — 1,5 г, в 12 лет — 1,9 г, в 16 лет — 8,8 г. Форма ее у новорожденного шаровидная, так как дольки еще не выражены, расположена железа высоко, имеет мягкую консистенцию, железистая ткань в ней отсутствует. После 10 лет наблюдается ускоренный рост железы. В это время внутреннее отверстие мочеиспускательного канала смещается к ее передневерхнему краю, формируются железистая паренхима и предстательные протоки, железа приобретает плотную консистенцию.

Бульбоуретральная (куперова) железа — парный орган величиной с горошину — находится в мочеполовой диафрагме. Выводной проток ее очень тонкий, длиной 3—4 см, открывается в просвет мочеиспускательного канала.

8.2. Наружные мужские половые органы

Мошонка является вместилищем для яичек и придатков. У здорового мужчины она сокращается благодаря наличию в ее стенках миоцитов. Мошонка представляет собой как бы «физиологический термостат», поддерживающий температуру яичек на более низком уровне, чем температура тела. Это необходимое условие для нормального сперматогенеза. У новорожденного мошонка небольших размеров, интенсивный рост ее наблюдается в период полового созревания.

Половой член имеет головку, шейку, тело и корень. Головкой называется утолщенный конец полового члена, на котором открывается наружное отверстие мочеиспускательного канала. Между головкой и телом полового члена имеется суженная часть — шейка. Корень полового члена прикреплен к лонным костям. Половой член состоит из трех пещеристых тел, два из которых называются пещеристыми телами полового члена, третье — губчатым телом мочеиспускательного канала (в нем проходит мочеиспускательный канал). Передний отдел губчатого тела утолщен и образует головку полового члена. Каждое пещеристое тело снаружи покрыто плотной соединительнотканной оболочкой, а внутри имеет губчатое строение: благодаря многочисленным перегородкам образуются маленькие полости — ячейки (пещерки), которые во время полового акта наполняются кровью, половой член набухает и приходит в состояние эрекции. Длина полового члена у новорожденного — 2 - 2,5 см, крайняя плоть длинная и полностью закрывает его головку. До полового созревания половой член растет медленно, а затем рост его ускоряется.

8.3. Сперматогенез

Сперматозоиды — мужские половые клетки — представляют собой подвижные клетки длиной 70 мкм, состоящие из головки, шейки и хвостовой части. Как и все клетки, они имеют мембрану, цитоплазму, органеллы и ядро. Последнее располагается в округлой головке, где также находится *акросома* — структура в виде чехла, содержащая набор ферментов, которые растворяют оболочку яйцеклетки при оплодотворении. Хвост сперматозоида содержит сократительные элементы, обеспечивающие его движение. Продолжительность жизни сперматозоида составляет от нескольких часов до двух суток. При

прохождении по семявыносящим путям к сперматозоидам добавляются секреты семенных пузырьков предстательной и бульбоуретральных желез, в результате чего образуется сперма. Сперматозоиды формируются из сперматогоний (клеток сперматогенного эпителия) в течение 70—75 суток. Этот процесс происходит в семенных канальцах яичка, где количество сперматогоний достигает 1 млрд. Одна часть сперматогоний делится в форме митоза, а другая — в форме мейоза. В результате из каждой сперматогонии (диплоидный набор хромосом: $n = 46$) образуется 4 сперматиды (гаплоидный набор хромосом: $n = 23$). Постепенно сперматида преобразуется в сперматозоид. Если в ней не сформируется акросома, то сперматозоид не будет способен оплодотворить яйцеклетку. В 1 мл спермы содержится до 100 млн сперматозоидов. Сформировавшиеся сперматозоиды попадают в семенные каналы и движутся по ним со скоростью 3,5 мм в минуту.

8.4. Внутренние женские половые органы

Яичник — парная железа, по форме представляющая собой овальное, сплющенное с боков тело массой 5–6 г. Распологается в полости малого таза по бокам от матки. У новорожденной девочки яичник имеет цилиндрическую форму, в 8–12 лет — яйцевидную. Длина яичника изменяется от 1,5—3 см у новорожденной до 5 см в подростковом возрасте, а масса от 0,16 до 6 г. У женщин после 40 лет масса яичников уменьшается, а после 60—70 лет происходит их атрофия. Яичники новорожденной расположены вне полости таза, над лобковым симфизом, и сильно наклонены вперед. К 3–5 годам они принимают поперечное положение, а к 4–7 годам опускаются в полость малого таза. В яичнике различают верхний (трубный), обращенный к маточной трубе, и нижний (маточный), соединенный с маткой посредством собственной связки яичника, концы. Яичник имеет свободный и брыжеечный края. Последний прикреплен к брыжейке, здесь в орган входят сосуды и нервы, поэтому он называется *воротами яичника*. Яичник покрыт оболочкой, состоящей из соединительной ткани и эпителия. На разрезе в яичнике различают мозговое и корковое вещество. Мозговое вещество состоит из рыхлой соединительной ткани, в которой проходят кровеносные сосуды и нервы. В корковом веществе яичника находится большое количество *фолликулов* (пузырьков), составляющих его паренхиму. Фолликул по форме представляет собой мешочек,

внутри которого содержится женская половая клетка. У половозрелой женщины фолликулы находятся в разной степени созревания и имеют различную величину. У новорожденной девочки в яичнике содержится от 40 000 до 200 000 первичных незрелых фолликулов. Их созревание начинается со времени наступления половой зрелости (12—15 лет). Однако в течение всей жизни женщины созревает не более 500 фолликулов, остальные рассасываются.

В процессе созревания фолликул увеличивается в размере, внутри его образуется полость, заполненная жидкостью. Зрелый фолликул, имеющий в диаметре около 2 мм, называется *граафовым пузырьком*. Его созревание длится 28 дней. Одновременно с созреванием фолликула развивается находящаяся в нем яйцеклетка. Процесс развития женской половой клетки в яичнике носит название *овогенеза* (рис. 33). Стенка созревшего фолликула истончается и разрывается, в результате чего яйцеклетка, окруженная блестящей оболочкой, выходит в брюшную полость. Разрыв зрелого фолликула и выход женской половой клетки из яичника называется *овуляцией*. На месте лопнувшего граафова пузырька под влиянием лютеинизирующего гормона гипофиза образуется желтое тело беременности. Если наступает беременность, то желтое тело сохраняется до ее конца и выполняет роль железы внутренней секреции. Если оплодотворение не происходит, желтое тело атрофируется спустя 12—14 дней и на его месте образуется рубец. У новорожденной девочки поверхность яичников гладкая,

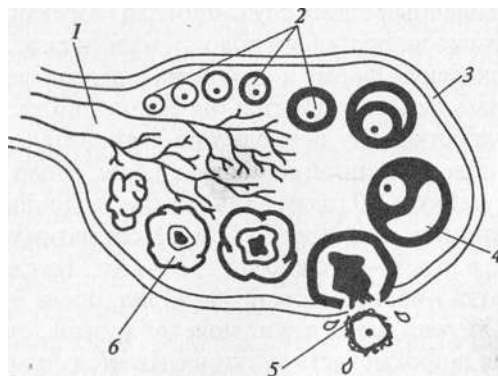


Рис. 33. Развитие фолликулов яичника:

1 — мозговое вещество; 2 — первичные фолликулы; 3 — корковое вещество;
4 — граафов пузырек; 5 — овуляция; 6 — желтое тело

в подростковом возрасте на поверхности появляются неровности, бугристости за счет набухших фолликулов и наличия желтых тел в ткани яичника.

Маточные трубы служат для передвижения яйцеклетки из яичника в матку. Они имеют цилиндрическую форму, длина их у половозрелой женщины 8—18 см, диаметр просвета 2—4 мм. Расположены в верхнем просвете широкой связки матки. В стенке маточной трубы выделяют слизистую оболочку, покрытую однослойным цилиндрическим мерцательным эпителием, мышечный слой, состоящий из гладкомышечной ткани, и серозный слой, представленный брюшиной. Маточная труба имеет два отверстия: одно из них открывается в полость матки, другое — в полость брюшины, около яичника. Этот конец расширен в виде воронки и заканчивается выростами, которые называются *бахромками*. По этим бахромкам яйцеклетка после выхода из яичника попадает в маточную трубу. В ней и происходит оплодотворение. Оплодотворенная яйцеклетка делится и передвигается по маточной трубе к матке. Этому движению способствуют колебания ресничек мерцательного эпителия и сокращения стенок маточных труб. Маточные трубы новорожденной изогнутые и не соприкасаются с яичниками. В подростковом возрасте они теряют извилистость, опускаются книзу и приближаются к яичникам. Длина маточной трубы у новорожденной 3,5 см, в период полового созревания она быстро увеличивается. В пожилом возрасте стенки маточных труб истончаются вследствие атрофии мышечного слоя, складки слизистой оболочки сглаживаются.

Матка — мышечный орган, служащий для созревания и вынашивания плода и располагающийся в полости малого таза. До 3 лет матка имеет цилиндрическую форму и уплощена в переднезаднем направлении. К 7 годам матка становится округлой, дно ее расширяется, и только к подростковому периоду она становится грушевидной. Длина матки у новорожденной составляет 3,5 см, около двух третей ее приходится на шейку. К 10 годам длина матки увеличивается до 5 см, а у взрослой женщины достигает 6—8 см. Масса матки у новорожденной равна 3-6 г, в 15 лет - 16 г, в 20 лет - 20-25 г. Максимальную массу (45-80 г) матка имеет в возрасте 30—40 лет, после 50 лет масса ее уменьшается. Спереди матки лежит мочевого пузырь, сзади — прямая кишка. Верхняя широкая часть матки называется *дном матки*, средняя — *телом*, нижняя — *шейкой*, место перехода тела в шейку — *перешейком*. Тело матки по отношению к шейке наклонено вперед — этот изгиб называется *антефлексией*. Внутри тела матки имеется щелевид-

ная полость, переходящая в канал шейки, — *внутренний маточный зев*. Шейка матки открывается во влагалище отверстием, которое получило название *наружного маточного зева*. Он ограничен двумя утолщениями, представленными передней и задней губами матки. В полость матки открываются отверстия двух маточных труб. Канал шейки матки у новорожденной широкий и содержит слизистую пробку. Слизистая оболочка образует складки, которые к 6—7 годам пропадают. Маточные железы развиваются только к периоду полового созревания. Мышечная оболочка утолщается после 5—6 лет. У новорожденных девочек матка наклонена вперед, располагается высоко надлобковым симфизом. Шейка матки направлена книзу и кзади. Связки развиты слабо, и матка легко смещается. После 7 лет вокруг нее появляется много соединительной и жировой ткани. По мере увеличения размеров таза матка опускается в малый таз. В пожилом возрасте в связи с уменьшением жировой ткани в полости малого таза подвижность матки опять увеличивается.

Стенка матки состоит из внутреннего, среднего и наружного слоев. Внутренний слой (*эндометрий*) представляет собой слизистую оболочку, выстланную цилиндрическим эпителием. Поверхность ее в полости матки гладкая, в канале шейки имеет небольшие складки. В толще слизистой оболочки находятся железы, выделяющие секрет в полость матки. С наступлением половой зрелости слизистая оболочка матки претерпевает изменения, связанные с процессами, происходящими в яичнике (овуляция, образование желтого тела). В то время, когда в матку должен поступить развивающийся зародыш из маточной трубы, ее слизистая оболочка разрастается и набухает. В такую разрыхленную слизистую оболочку погружается зародыш. Если оплодотворения яйцеклетки не наступает, то большая часть слизистой оболочки матки отторгается. При этом разрываются кровеносные сосуды, происходит кровотечение из матки — менструация, которая длится 3-5 дней. После этого слизистая оболочка матки восстанавливается и весь цикл ее изменений повторяется через 28-30 дней. Средний слой (*миометрий*) — самый мощный, состоит из наружного продольного, среднего кругового и внутреннего продольного слоя. При беременности гладкие мышечные волокна увеличиваются в 5—10 раз в длину и в 3—4 раза в ширину. Возрастают соответственно размеры матки и количество кровеносных капилляров. После родов масса матки достигает 1 кг, а затем происходит обратное ее развитие, которое заканчивается через 6—8 недель после родов. Благодаря мышечным сокращениям матки

во время родов плод выходит из ее полости наружу. Наружный слой матки (*периметрии*) представлен серозной оболочкой — брюшиной, которая покрывает всю матку, за исключением шейки. С матки брюшина переходит на другие органы и стенки малого таза.

Влагалище — трубка длиной около 8—10 см, которая соединяет полость матки с наружными половыми органами. Стенка влагалища состоит из слизистой, мышечной и соединительнотканной оболочек. Слизистая оболочка на передней и задней стенках влагалища имеет складки. Она покрыта многослойным плоским эпителием и обильно снабжена кровеносными сосудами и эластическими волокнами. Наружная оболочка состоит из рыхлой соединительной ткани. Выходное отверстие у девственниц прикрыто складкой слизистой оболочки — *девственной плевой*.

8.5. Наружные женские половые органы

Большие половые губы представляют собой парную складку кожи, содержащую большое количество жировой ткани. Они ограничивают пространство, называемое *половой щелью*. Задние и передние концы половых губ соединены задней и передней спайками. Выше больших половых губ находится лонное возвышение. В этом месте кожа покрыта волосами и содержит большое количество жировой ткани.

Малые половые губы также являются парной складкой кожи. Щель между малыми губами называется *преддверием влагалища*. В него открываются наружное отверстие мочеиспускательного канала и отверстие влагалища. В основании малых губ заложены две *железы преддверия* (*бартолиновы железы*), протоки которых открываются на поверхность малых губ в преддверие влагалища.

Клитор располагается в преддверии влагалища и имеет форму небольшого возвышения. Он состоит из двух пещеристых тел, сходных по своему строению с пещеристыми телами мужского полового члена. Сверху клитор покрыт многослойным плоским эпителием и содержит большое количество чувствительных нервных окончаний.

У новорожденной девочки большие половые губы рыхлые, малые половые губы прикрыты большими не полностью. Преддверие влагалища глубокое, со слабо развитыми железами. Девственная плева плотная. Влагалище короткое (2,5–3,5 см), дугообразное, узкое, передняя стенка короче задней, до 10 лет влагалище изменяется мало, растет оно в подростковом возрасте.

8.6. Овогенез

Яйцеклетка — женская половая клетка — имеет диаметр до 150 мкм и представляет собой округлую клетку, в цитоплазме которой содержатся белково-липидные включения в виде желтка, предназначенные для ее питания. Этого запаса хватает на 12—24 ч после овуляции. Если за это время оплодотворение не происходит, яйцеклетка погибает. Яйцеклетка имеет две оболочки: внутреннюю — цитолемму — и наружную, состоящую из фолликулярных клеток и выделяющую гормоны — эстрогены. Яйцеклетки, в отличие от сперматозоидов, размножаются уже у зародышей. Молодая женская половая клетка — *оогония* — располагается в глубоких слоях коркового вещества яичников. Оогонии митотически делятся, превращаясь в ооциты I порядка (первичные ооциты), которые сохраняются в яичниках девочки до полового созревания. К этому времени имеется около 300 000 первичных ооцитов диаметром около 30 мкм, которые вместе с двумя слоями фолликулярного эпителия образуют первичные фолликулы. В период полового созревания большинство ооцитов погибает, и в течение жизни созревает всего 400-500 яйцеклеток. При созревании первичный ооцит проходит стадию мейоза, превращаясь во вторичный ооцит (ооцит II порядка) с гаплоидным набором хромосом и маленькое полярное тельце тоже с гаплоидным набором хромосом. При этом первичные фолликулы превращаются во вторичные, внутри которых накапливается жидкость, и они становятся пузырчатыми (созревшими) фолликулами, заполненными фолликулярной жидкостью. Диаметр такого фолликула достигает 1 см. У женщины созревает одновременно один или редко два фолликула. Остальные фолликулы, растущие в это время, подвергаются обратному развитию (рис. 34).

Пузырчатый фолликул, называющийся *граафовым пузырьком*, поднимает покровный эпителий яичника и разрывает его. При этом вторичный ооцит выпадает в брюшную полость возле отверстия маточной трубы — это процесс овуляции. На месте лопнувшего фолликула образуется *желтое тело беременности* — временная железа внутренней секреции, которая выделяет гормон прогестерон, задерживающий следующую овуляцию, а также подготавливает слизистую оболочку матки к восприятию оплодотворенной яйцеклетки, вследствие чего слизистая оболочка утолщается и разрыхляется. Если оплодотворение яйцеклетки не происходит, через 12—14 дней желтое тело под-

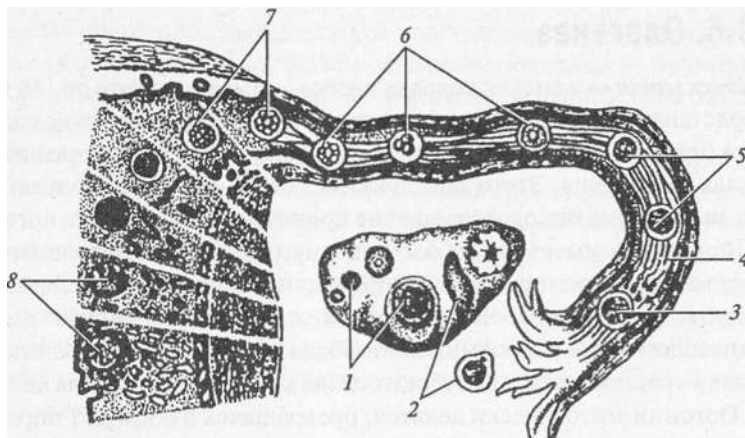


Рис. 34. Путь яйцеклетки по маточной трубе и имплантация зародыша в миометрий (по Хэму и Кормаку, 1982):

1 — созревание фолликулов в яичнике; 2 — овуляция; 3 — проникновение сперматозоида в яйцеклетку; 4 — маточная труба; 5 — образование зиготы; 6 — дробление зиготы; 7 — поступление зародыша из просвета маточной трубы в полость матки; 8 — имплантация зародыша в слизистую оболочку матки

вергается обратному развитию. При этом оболочка матки отторгается, рвутся кровеносные сосуды, наступает менструальное кровотечение. Период от первого дня менструации до первого дня следующей менструации называется *менструальным циклом*, длительность его колеблется от 21 до 35 дней. Начинается менструация в 11—16 лет и продолжается до 40—50 лет. Продолжительность кровотечения — 3-7 дней — это менструальная фаза. Во время постменструальной фазы под действием гормона эстрогена восстанавливается эндометрий матки. Затем с 14-15-го дня после оплодотворения слизистая оболочка матки опять начинает готовиться к принятию оплодотворенной яйцеклетки. Если происходит оплодотворение, то на месте лопнувшего граафова пузырька образуется крупное (до 5 см) желтое тело беременности, которое функционирует до 6 мес, выполняя эндокринную функцию, а затем редуцируется.

Уровень половых гормонов в крови регулируется гипоталамическими центрами по принципу обратной связи. В гипоталамусе информация обрабатывается и поступает в его половые центры. Посредством нейрогормонов (рилизинг-гормонов) гипоталамус регулирует

секрецию тропных гормонов гипофиза и через нее секрецию половых желез. Тем самым в организме обеспечивается оптимальный для возрастного периода и жизненных условий уровень гормона. Половые центры гипоталамуса состоят из тонического (медиальный отдел) и циклического (преоптическая область) центров. У женщин под их контролем находятся фолликулостимулирующий и лютеинизирующий гормоны гипофиза, регулирующие деятельность половых желез. Тонический центр поддерживает постоянную секрецию обоих гормонов и посредством рилизинг-гормонов контролирует синтез гонадотропинов в количестве, необходимом для развития фолликулов в яичниках между овуляциями. Циклический центр включается в контроль половых желез периодически, только для осуществления овуляции. Он обеспечивает овуляторный выброс лютеинизирующего гормона из гипофиза, в результате чего происходит разрыв созревших фолликулов.

8.7. Плацента

После оплодотворения зародыш в течение 9 мес развивается в полости матки. Связь плода с организмом матери осуществляется через плаценту: плод снабжается кислородом и питательными веществами, защищен от чужеродных веществ. Однако через плаценту легко проникают лекарственные вещества, алкоголь, никотин, которые оказывают вредное влияние на плод.

Плацента представляет собой диск диаметром 20 см, толщиной 5 см, прикрепленный на стенке полости матки. В плаценте кровь зародыша и матери не смешивается, поскольку между ними имеется гемохориальный барьер. Через него происходит газообмен, обмен питательными веществами, он также выполняет защитные функции. Связь плаценты с плодом осуществляется через пупочный канатик, в котором проходят две пупочные артерии с венозной кровью от плода и пупочная вена с артериальной кровью от плаценты к плоду. Кровеносные сосуды сверху покрыты соединительной тканью. Во время внутриутробной жизни выделяют критические периоды, когда плод наиболее уязвим для внешних факторов: оплодотворение, имплантация зародыша (6—7-е сутки), время усиленного развития головного мозга (15—20-я неделя), момент рождения.

8.8. Половое созревание девушек

Половое созревание девушек начинается и заканчивается раньше, чем юношей (10—15 лет и 12-19 лет соответственно). Параллельно с ускорением темпов общего физического развития (акселерация) в современном мире наблюдается замедление темпов полового созревания. Первичные половые признаки закладываются во внутриутробном периоде, имеются у новорожденного и зависят от генетического пола. Наружные и внутренние половые органы сохраняются у человека на протяжении всей жизни. Вторичные половые признаки (хорошо развитые молочные железы, оволосение лобка и подмышек, у мужчин — лица, груди, ног; изменения голоса, скелета, формы тела, распределения жировой и мышечной ткани, менструации у девушек и семяизвержения у юношей и др.) появляются в периоде полового созревания, изменяются после климактерического периода, что обусловлено гормональным фоном. В детстве и старости у человека есть только первичные половые признаки, поддерживаемые минимальным уровнем половых гормонов надпочечников.

Стадии полового созревания девушек

1. Ускорение роста. Перед периодом полового созревания (пубертатным периодом) происходит резкий скачок роста (около 10 см в год). У девочек он начинается и заканчивается раньше, чем у мальчиков, темпы его менее выражены. Поэтому девушки сначала обгоняют юношей, еще не вступивших в пубертатный возраст, а потом рост их замедляется и юноши оставляют их далеко позади. Разные кости растут с разной скоростью, чем и объясняется изменение пропорций тела, угловатость: быстрее растут кисти и стопы, кости лицевого черепа (удлинение лица), в последнюю очередь — туловище. Поэтому подростки кажутся худыми, с длинными, нескладными руками и ногами, вытянутым лицом.

Параллельно с ростом скелета растут и развиваются мышцы. Функция всегда отстает от структуры, которая за нее отвечает, — рост мышц не успевает за ростом скелета (руки-палки), а рост нервных окончаний и кровеносных сосудов — за ростом мышц (некоординированность движений, неуклюжесть подростков). У девушек наиболее развиты мышцы брюшного пресса, тазового дна и грудные мышцы, обеспечивающие форму груди и живота и помогающие в половой жизни и процессе родов.

2. **Телархе** — созревание и рост молочных желез. Начинается с 10 лет вместе с ускорением роста. Предпоследней стадии развития молочные железы достигают к 16 годам, а последней — во время кормления ребенка. Рост груди начинается с роста соска и околососкового кружка (ареолы). Цвет соска может быть любым — от светло-розового до темно-коричневого, это зависит только от общего количества пигмента в организме (цвета кожи, волос, глаз) и не влияет на функцию железы. Перед менструацией грудь может набухать и болеть.

3. **Пубархе** — лобковое оволосение — начинается с 10-11 лет. Последняя стадия достигается к 15-16 годам. У девушек лобковое оволосение имеет форму треугольника с четкой горизонтальной верхней границей. Женские половые гормоны сдерживают распространение волос, а мужские — стимулируют. Приблизительно с 13 лет начинается оволосение подмышек и передней поверхности голени. У современных женщин в целом снижен уровень женских половых гормонов и повышен уровень мужских.

4. **Кожные изменения.** В связи с активным ростом скелета кожа не успевает расти и начинает растягиваться. Чтобы избежать повреждения, трещин растянутой кожи, начинают активно работать сальные железы, выделяющие смазку. Эти железы находятся в основании волос, поэтому волосы тоже становятся более жирными. Во время скачка роста кожа иногда так сильно растягивается, что на бедрах, животе, молочных железах могут появиться растяжки — багровые полосы, со временем белеющие.

5. **Жировой обмен.** Форма тела начинает становиться женской: невысокий рост; более короткие ноги по отношению к туловищу, чем у мужчин; узкие округлые плечи, округлые широкие бедра; развитые молочные железы; большие ягодицы; характерное распределение жира (живот, бедра). Это происходит потому, что мышечная ткань, являясь мишенью половых гормонов, развивается на тех участках тела, где необходима максимальная защита внутренних органов (у мужчин эту защиту выполняют мышцы, женщине сильные мышцы на животе мешали бы вынашивать ребенка).

6. **Менархе** — появление первой менструации в возрасте 11—16 лет. С наступлением пубертата у девушки начинают активно расти и созревать наружные и внутренние половые органы под влиянием гормонов, выделяемых эндокринными железами. Синтез гормонов гипофиза и приводит к появлению внешних признаков пубертата. Гормон роста влияет на рост и окостенение хряща. Адренокортикотропный

гормон стимулирует надпочечники, гормоны которых (в том числе андрогены) отвечают за оволосение лобка и подмышек, изменение обмена веществ, приспособление к стрессовой ситуации. Пролактин стимулирует созревание и рост молочных желез. Гонадотропные гормоны способствуют росту и созреванию половых желез.

В яичниках начинают синтезироваться женские половые гормоны — эстрогены. Органами-мишенями эстрогенов являются все ткани и органы. В первую очередь происходит рост и развитие наружных и внутренних половых органов. Слизистая оболочка влагалища созревает, становится складчатой, ее эпителий начинает слущиваться, появляется небольшое количество слизистых выделений.

Наружные и внутренние половые органы растут, достигают размеров, соответствующих таковым у взрослых. Слизистая оболочка матки начинает претерпевать циклические изменения, так как выброс гормонов гипофиза, а значит и яичников, происходит циклически. В этом основное отличие функционирования половых систем у мужчин и женщин. Продолжительность менструального цикла — 21—35 дней. Цикл устанавливается, как максимум, через год после менархе. Длительность менструации — 3—7 дней, объем теряемой крови — 30—50 мл (не более 80 мл).

В начале цикла происходит выброс фолликулостимулирующего гормона гипофиза, вызывающего созревание ооцитов в яичнике. Растущие фолликулы выделяют эстрогены. За 5 дней происходит выбор доминантного фолликула, самого лучшего из всех, вступивших в рост, остальные фолликулы погибают. Доминантный фолликул растет, пока не достигнет диаметра 20 мм. Такой фолликул синтезирует максимальный уровень эстрогенов, которые влияют на гипофиз, вызывая снижение фолликулостимулирующего гормона и выброс лютеинизирующего гормона. Под действием лютеинизирующего гормона происходит овуляция — разрыв оболочки фолликула и выход ооцита в брюшную полость, где он захватывается маточной трубой, в которой может произойти оплодотворение. Если оно не наступило, яйцеклетка транзитом проходит через полость матки и выходит во внешнюю среду через влагалище. В это время слизистая оболочка готовилась принять оплодотворенную яйцеклетку и обеспечить развитие зародыша. Это происходило под действием гормона прогестерона, выделяемого желтым телом — железой, оставшейся после овуляции. Развитие желтого тела обеспечивается лютеинизирующим гормоном гипофиза. Именно прогестерон — гормон беременности — вызывает изменения

во всем организме, подготавливающие его к беременности. При недостатке прогестерона может развиваться так называемый предменструальный синдром: набухание молочных желез, задержка жидкости, отеки, изменение массы тела, настроения, внимания, боли внизу живота. В конце цикла, через 14 дней после овуляции, резко падает уровень всех гормонов гипофиза, атрофируется желтое тело, снижается уровень прогестерона и эстрогенов, образуется минимальный гормональный фон с преобладанием андрогенов (угри, изменение настроения), недостаточный для удержания слизистой оболочки матки, выросшей для принятия зародыша. Слизистая оболочка отторгается и выходит вместе с яйцеклеткой — наступает менструация. Сразу же происходит выброс фолликулостимулирующего гормона, и начинается новый цикл — рост новых фолликулов и выбор доминантного. Установившийся менструальный цикл означает физическую готовность девушки к беременности.

Чтобы менструация началась, необходима так называемая критическая масса тела (не менее 50 кг) и определенный процент (не менее 35 %) массы жировой ткани от общей массы организма. Поэтому девушки, изнуряющие себя диетой, рискуют потерять или сильно нарушить свою репродуктивную функцию.

7. Пубертатный период сопровождается повышенной выработкой половых гормонов, что обуславливает сексуальное поведение.

8.9. Половое созревание юношей

Половое созревание юношей начинается и заканчивается позже, чем у девушек. Поэтому юноши всегда «моложе» девушек, отстают от них (по времени) в физическом и психическом развитии. Стадии развития юношей такие же, как и девушек. Половое развитие подчиняется тем же гормонам гипофиза — фолликулостимулирующему и лютеинизирующему. Основное отличие мужчин от женщин заключается в том, что у мужчин эти гормоны выделяются постоянно, практически на одном и том же уровне с начала пубертата до конца жизни. У женщин же выброс их происходит циклично и заканчивается с началом менопаузы, поэтому репродуктивный период женщины короткий и все процессы в ее организме протекают циклично, так как во всех органах есть рецепторы к половым гормонам. Репродуктивный период мужчины иногда длится всю жизнь, и его половая система всегда находится в состоянии потенциальной готовности.

Стадии полового созревания юношей

1. Ускорение роста. У юношей начинается позже, чем у девушек. Происходит бурный рост мышц и скелета, поэтому в это время необходима диета, богатая белком. Следует помнить, что никотин останавливает рост.

2. Телархе. В мужском организме, как и в женском, имеются как андрогены, так и эстрогены, только в разных пропорциях. Поэтому в период полового созревания, когда происходит массивный выброс гормонов, молочные железы могут реагировать на эстрогены и начинать припухать. Это особенно выражено у мальчиков с повышенной массой тела, ожирением.

3. Пубархе. У юношей начинается лобковое оволосение по мужскому типу (ромбовидное), а также оволосение подмышечных впадин, голеней, бедер, предплечий и лица. Первые волоски на лице мягкие, светлые, тонкие, плохо растут.

4. Изменения кожи у юношей связаны с еще большим скачком роста, что вызывает еще большее растяжение кожи и требует еще больше смазки. Андрогены стимулируют работу сальных желез, поэтому мужская кожа всегда жирнее и на ней больше угрей, чему также способствует большее оволосение.

5. Ломка голоса. У женщин этот процесс тоже происходит, но незаметно. Причина ломки голоса заключается в росте гортани и удлинении голосовых связок, что приводит к формированию более низкого голоса. У юношей гортань растет сильнее, образует острый угол — кадык, связки тянутся и становятся длиннее, голос ниже. Так как рост нервов всегда отстает от роста органов, эти связки очень плохо управляются, поэтому у юноши на фоне резкого, неустановившегося, некрасивого, немужского еще голоса вдруг появляется «петушинный крик».

6. Появление поллюций (адренархе). Начавшийся выброс фолликулостимулирующего и лютеинизирующего гормонов гипофиза способствует созреванию мужских половых желез — яичек. Яичко развивается из того же зачатка, что и яичник, поэтому они похожи внешне. Яички, как и яичники, закладываются в брюшной полости, а затем опускаются в мошонку, что необходимо для поддержания более низкого температурного режима, оптимального для созревания сперматозоидов. Сперматозоиды начинают созревать с началом полового созревания и продолжают до конца жизни. Такие неограниченные

возможности связаны с огромным числом клеток в канальцах и их постоянным делением. Только полное повреждение всех клеток может привести к отсутствию сперматозоидов. Из семенных канальцев яичка сперматозоиды попадают в придаток яичка, где они обогащаются питательной жидкостью, необходимой им для дальнейшего пути. Затем они попадают в семявыносящий проток, смешиваются с секретом простаты, и образующаяся сперма попадает в мочеиспускательный канал, откуда и происходит ее выброс — *эякуляция*, всегда сопровождающаяся оргазмом. Первый выброс семени бывает у юношей во сне. Это явление называется поллюцией, оно, аналогично менструации у девушек, свидетельствует о нормальном половом созревании. Поскольку сперматозоиды образуются постоянно, то им нужен периодический выход. При отсутствии выхода подавляется образование новых сперматозоидов.

7. Пубертатный период характеризуется **повышенным уровнем андрогенов**, влияющих на головной мозг и регулирующих поведение.

СТРОЕНИЕ, ФУНКЦИИ И ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ

Организм способен поддерживать жизнедеятельность лишь при получении каждой клеткой организма питательных веществ и кислорода, а также удалении выделяемых ими продуктов обмена веществ. Эти условия обеспечивает сосудистая система организма.

Сосудистую систему человека разделяют на кровеносную и лимфатическую.

Кровеносная система состоит из сердца и кровеносных сосудов. Существует три вида кровеносных сосудов: артерии, капилляры и вены.

9.1. Строение кровеносных сосудов

Артерии — кровеносные сосуды, по которым кровь течет от сердца к органам и частям тела. Артерии имеют толстые стенки, состоящие из трех слоев. Наружный слой представлен соединительнотканной оболочкой и называется адвентицией. Средний слой, или медиа, состоит из гладкой мышечной ткани и содержит соединительнотканые эластические волокна. Внутренний слой, или интима, образован эндотелием, под которым находятся подэндотелиальный слой и внутренняя эластическая мембрана. Эластические элементы артериальной стенки образуют единый каркас, работающий как пружина и обуславливающий эластичность артерий. В зависимости от кровоснабжаемых органов и тканей артерии делятся на париетальные (пристеночные), кровоснабжающие стенки тела, и висцеральные (внутренностные), кровоснабжающие внутренние органы. До вступления артерии в орган она называется экстраорганный, войдя в орган — внутриорганный, или интраорганный.

В зависимости от развития различных слоев стенки выделяют артерии мышечного, эластического или смешанного типа. Артерии мышечного типа имеют хорошо развитую среднюю оболочку, волокна которой располагаются спирально по типу пружины. К таким сосудам относятся мелкие артерии. Артерии смешанного типа в стенках

имеют примерно равное количество эластических и мышечных волокон. Это сонная, подключичная и другие артерии среднего диаметра. Артерии эластического типа имеют наружную тонкую и внутреннюю более мощную оболочки. Они представлены аортой и легочным стволом, в которые кровь поступает под большим давлением. Боковые ветви одного ствола или ветви различных стволов могут соединяться друг с другом. Такое соединение артерий до их распада на капилляры получило название анастомоза, или соустья. Артерии, образующие анастомозы, называются анастомозирующими (их большинство). Артерии, не имеющие анастомозов, называются концевыми (например, в селезенке). Концевые артерии легче закупориваются тромбом и предрасположены к развитию инфаркта.

После рождения ребенка окружность, диаметр, толщина стенок и длина артерий увеличиваются, изменяется также уровень отхождения артериальных ветвей от магистральных сосудов. Разница между диаметром магистральных артерий и их ветвей вначале небольшая, но с возрастом увеличивается. Диаметр магистральных артерий растет быстрее, чем их ветвей. С возрастом увеличивается также окружность артерий, длина их возрастает пропорционально росту тела и конечностей. Уровни отхождения ветвей от магистральных артерий у новорожденных располагаются проксимальнее, а углы, под которыми отходят эти сосуды, у детей больше, чем у взрослых. Меняется также радиус кривизны дуг, образуемых сосудами. Пропорционально росту тела и конечностей и увеличению длины артерий меняется топография этих сосудов. По мере увеличения возраста меняется тип ветвления артерий: в основном с рассыпного на магистральный. Формирование, рост, тканевая дифференцировка сосудов внутриоргannого кровеносного русла в различных органах человека протекает в процессе онтогенеза неравномерно. Стенка артериального отдела внутриоргannых сосудов, в отличие от венозного, к моменту рождения уже имеет три оболочки. После рождения увеличивается длина и диаметр внутриоргannых сосудов, число анастомозов, число сосудов на единицу объема органа. Особенно интенсивно это происходит до года и от 8 до 12 лет.

Наиболее мелкие разветвления артерий называются *артериолами*. Они отличаются от артерий наличием лишь одного слоя мышечных клеток, благодаря которому осуществляют регулирующую функцию. Артериола продолжается в *прекапилляр*, в котором мышечные клетки разрознены и не составляют сплошного слоя. Прекапилляр не сопровождается венулой. От него отходят многочисленные капилляры.

В местах перехода одного вида сосудов в другие концентрируются гладкомышечные клетки, образующие сфинктеры, которые регулируют кровоток на микроциркуляторном уровне.

Капилляры — мельчайшие кровеносные сосуды с просветом от 2 до 20 мкм. Длина каждого капилляра не превышает 0,3 мм. Их количество очень велико: так, на 1 мм² ткани приходится несколько сотен капилляров. Общий просвет капилляров всего тела в 500 раз больше просвета аорты. В покоем состоянии органа большая часть капилляров не функционирует и ток крови в них прекращается. Стенка капилляра состоит из одного слоя эндотелиальных клеток. Поверхность клеток, обращенная в просвет капилляра, неровная, на ней образуются складки. Это способствует фагоцитозу и пиноцитозу. Различают питающие и специфические капилляры. Питающие капилляры обеспечивают орган питательными веществами, кислородом и выносят из тканей продукты обмена. Специфические капилляры способствуют выполнению органом его функции (газообмен в легких, выделение в почках). Сливаясь, капилляры переходят в **посткапилляры**, которые по строению аналогичны прекапилляру. Посткапилляры сливаются в **венулы** с просветом 40–50 мкм.

Вены — кровеносные сосуды, которые несут кровь из органов и тканей к сердцу. Они, так же как и артерии, имеют стенки, состоящие из трех слоев, но содержат меньше эластических и мышечных волокон, поэтому менее упруги и легко спадаются. Вены имеют клапаны, которые открываются по току крови, что способствует движению крови в одном направлении. Клапаны представляют собой полулунные складки внутренней оболочки и обычно располагаются попарно у слияния двух вен. В венах нижней конечности кровь движется против действия силы тяжести, мышечная оболочка развита лучше и клапаны встречаются чаще. Они отсутствуют в полых венах (отсюда и их название), венах почти всех внутренних органов, мозга, головы, шеи и в мелких венах.

Артерии и вены обычно идут вместе, причем крупные артерии снабжаются одной веной, а средние и мелкие — двумя венами-спутницами, многократно анастомозирующими между собой. В результате общая емкость вен в 10–20 раз превышает объем артерий. Поверхностные вены, идущие в подкожной клетчатке, не сопровождают артерии. Вены вместе с главными артериями и нервными стволами образуют сосудисто-нервные пучки. По функции кровеносные сосуды делятся на присердечные, магистральные и органные. Присердечные

начинают и заканчивают оба круга кровообращения. Это аорта, легочный ствол, полые и легочные вены. Магистральные сосуды служат для распределения крови по организму. Это крупные экстраорганные артерии и вены. Органные сосуды обеспечивают обменные реакции между кровью и органами.

К моменту рождения сосуды развиты хорошо, причем артерии больше, чем вены. Строение сосудов наиболее интенсивно изменяется в возрасте от 1 года до 3 лет. В это время усиленно развивается средняя оболочка, окончательно форма и размеры кровеносных сосудов складываются к 14-18 годам. Начиная с 40-45 лет внутренняя оболочка утолщается, в ней откладываются жироподобные вещества, появляются атеросклеротические бляшки. В это время стенки артерий склерозируются, просвет сосудов уменьшается.

Круги кровообращения

У человека кровь движется по большому и малому кругам кровообращения (рис. 35). По большому кругу кровь доставляет к клеткам и тканям организма кислород, питательные вещества, минеральные соли, витамины, гормоны и уносит продукты обмена веществ. Малый круг кровообращения выполняет функцию газообмена.

Большой круг кровообращения начинается от левого желудочка и заканчивается правым предсердием. Из левого желудочка кровь поступает в самый крупный артериальный сосуд — аорту. От аорты отходят многочисленные артерии, которые в органах делятся на мелкие сосуды и образуют сеть капилляров. Из капилляров уже венозная кровь собирается в мелкие вены, которые, сливаясь, образуют более крупные вены. Две самые крупные вены, называемые верхней и нижней полыми венами, несут кровь в правое предсердие.

Малый круг кровообращения берет начало из правого желудочка и заканчивается в левом предсердии. Из правого желудочка кровь поступает в легочный ствол, который делится на две артерии, несущие кровь к правому и левому легкому. В легких артерии разветвляются на капилляры, где происходит обмен газов: кровь отдает углекислый газ и насыщается кислородом. Артериальная кровь оттекает по легочным венам в левое предсердие. В малом круге кровообращения в артериях течет венозная кровь, в венах — артериальная.

У ребенка окружность легочного ствола больше, чем окружность аорты. Правая и левая легочные артерии и их разветвления в легких

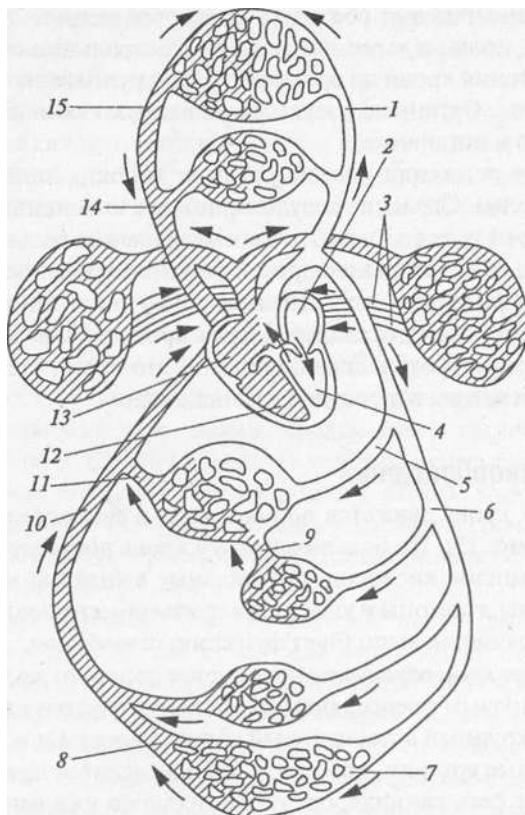


Рис. 35. Схема кровообращения:

1 — артерии верхней половины тела; 2 — левое предсердие; 3 — легочные вены; 4 — левый желудочек; 5 — печеночная артерия; 6 — аорта; 7 — артерии нижней половины тела; 8 — вены нижней половины тела; 9 — воротная вена; 10 — нижняя полая вена;

11 — печеночные вены; 12 — правый желудочек; 13 — правое предсердие; 14 — верхняя полая вена; 15 — вены верхней половины тела

после рождения в течение первого года растут быстро благодаря повышенной функциональной нагрузке.

Дополнением к большому кругу кровообращения является третий (**сердечный**) круг, обслуживающий само сердце. Кровоснабжение сердца происходит через две венечные, или коронарные, артерии. Они отходят от начального отдела аорты и находятся в венечной борозде

сердца. Венечные артерии делятся на более мелкие ветви, а затем на капилляры. Из капилляров венозная кровь переходит в вены сердца. Мелкие вены изливаются в правое предсердие, более крупные сливаются в общий венозный сосуд — венечную пазуху — длиной около 5 см, впадающий в правое предсердие.

9.2. Сердце

Сердце — полый мышечный орган конусообразной формы, располагающийся в переднем средостении (рис. 36, *а*). Большая часть сердца находится в левой половине грудной полости. Размеры сердца здорового человека: 12-15 см в поперечном диаметре, 14—16 см — в продольном. Средняя масса сердца у женщин — 250 г, у мужчин — 300 г. Сердце новорожденного имеет шарообразную форму: поперечный размер равен продольному, что обусловлено недостаточным развитием желудочков и большими размерами предсердий. Длина сердца новорожденного равна 3,0-3,5 см, ширина — 2,7-3,9 см, масса — 20-24 г, т.е. 0,8—0,9 % массы тела (у взрослых всего 0,5 %). Объем сердца к 16 годам увеличивается в 3—3,5 раза. Масса сердца удваивается к концу первого года жизни, утраивается к 3 годам, к 6 годам возрастает в 5 раз, к 15 годам увеличивается в 10 раз. У новорожденного сердце располагается высоко и лежит почти поперечно. В 2—3 года преобладает косое его положение. Нижняя граница сердца у детей расположена на один межреберный промежуток выше, чем у взрослого. Верхушка сердца проецируется у детей в четвертый левый межреберный промежуток.

В сердце различают широкую часть — основание, суженную часть — верхушку и переднюю (грудино-реберную), боковую (легочную) и нижнюю (диафрагмальную) поверхности. Основание сердца направлено кверху и кзади, верхушка — книзу и кпереди. Сплошной перегородкой сердце делится на две несообщающиеся половины — правую и левую. Каждая половина сердца состоит из предсердия и желудочка. Передневерхняя выступающая часть каждого предсердия называется ушком предсердия. На поверхности сердца проходят борозды, соответствующие границам его внутренних полостей. В бороздах залегает жировая клетчатка, которая при патологии или при излишней упитанности может прикрывать всю мускулатуру органа. Ближе к основанию сердца горизонтально проходит венечная борозда, определяющая

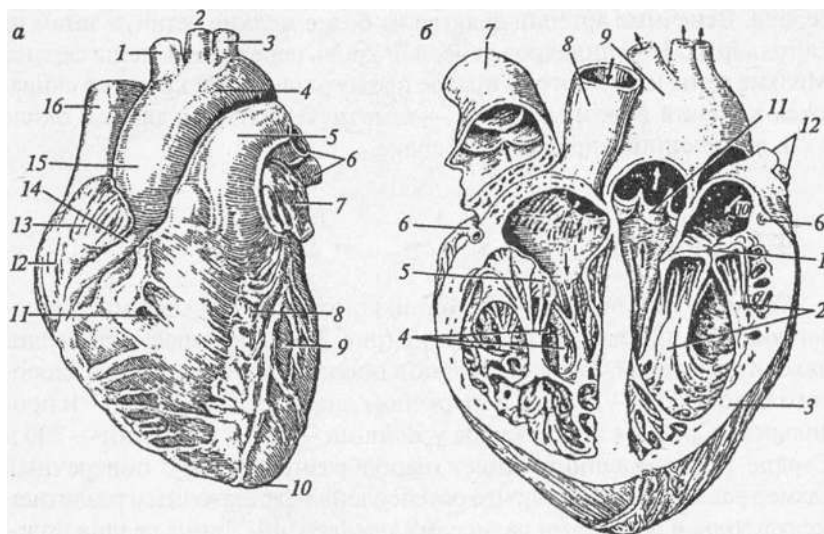


Рис. 36. Строение сердца:

а — внешний вид (1 — плечеголовной ствол; 2 — левая общая сонная артерия; 3 — левая подключичная артерия; 4 — дуга аорты; 5 — легочный ствол; 6 — левые легочные вены; 7 — левое ушко; 8 — передняя продольная борозда; 9 — левый желудочек; 10 — верхушка сердца; 11 — правый желудочек; 12 — правое предсердие; 13 — правое ушко; 14 — венечная борозда и правая венечная артерия; 15 — восходящий отдел аорты; 16 — верхняя полая вена); *б* — внутреннее строение (1 — левый предсердно-желудочковый (митральный) клапан; 2 — сосочковые мышцы; 3 — левый желудочек; 4 — правый желудочек; 5 — правый предсердно-желудочковый (трехстворчатый) клапан; 6 — венечные артерии; 7 — легочный ствол; 8 — верхняя полая вена; 9 — аорта; 10 — левое предсердие; 11 — полулунные заслонки клапана аорты; 12 — легочные вены)

границу между предсердиями и желудочками. Она опоясывает сердце сзади и с боков, прерываясь спереди в месте отхождения аорты и легочного ствола. Передняя и задняя межжелудочковые борозды идут вдоль межжелудочковой перегородки. Вблизи верхушки сердца обе борозды встречаются. Большая часть передней поверхности принадлежит правому желудочку. Левый желудочек обращен назад. Правое предсердие обращено вперед, и его ушко прикрывает начало аорты. Левое предсердие расположено на задней поверхности сердца, его ушко по объему меньше правого, изогнуто, имеет зазубренный край и прилежит к легочному стволу. Растет сердце наиболее быстро в течение первых двух лет жизни, в 5—9 лет и в период полового созревания. В длину сердце растет быстрее, чем в ширину, и рост предсердий

опережает увеличение желудочков. После 2 лет предсердия и желудочки развиваются одинаково, а после 10 лет желудочки растут быстрее.

Стенка сердца состоит из трех слоев: внутреннего — эндокарда, среднего — миокарда, наружного — эпикарда. В предсердиях толщина стенки составляет 2—5 мм, в левом желудочке — 15 мм, в правом — 6 мм. Все сердце заключено в околосердечную сумку — перикард.

Перикард и эпикард являются двумя листками серозной оболочки сердца, между которыми находится щелевидное пространство — полость перикарда, содержащая небольшое количество серозной жидкости.

Перикард с помощью рыхлой соединительной ткани связан с грудной и хрящами истинных ребер спереди, с плеврой и венами — с боков. Снизу он плотно сращен с диафрагмой. Форма перикарда у новорожденного шарообразная. Объем полости перикарда мал, перикард плотно облегает сердце. Купол его располагается высоко — по линии грудино-ключичных сочленений. Нижняя граница располагается на уровне середины пятых межребрий. К 14 годам расположение и форма перикарда соответствуют таковым у взрослого человека.

Эпикард — наружная оболочка сердечной мышцы, представляющая собой внутренний листок серозной околосердечной сумки. Эпикард у детей тоньше, чем у взрослых, поэтому хорошо видны кровеносные сосуды, расположенные под ним.

Миокард — самый мощный слой стенки сердца, состоящий из поперечнополосатой мышечной ткани. Мышечные волокна в стенке сердца соединены между собой анастомозами (перемычками). Сокращается сердечная мышца произвольно. В толще миокарда находится прочный соединительнотканый скелет сердца. Он образован фиброзными кольцами, которые заложены в плоскости предсердно-желудочковых отверстий, и плотными соединительноткаными кольцами вокруг отверстий аорты и легочного ствола. От скелета берут начало мышечные волокна как предсердий, так и желудочков, благодаря чему миокард предсердий обособлен от миокарда желудочков, что обуславливает возможность их раздельного сокращения. Он также служит опорой для клапанного аппарата. Мускулатура предсердий имеет два слоя. Поверхностный слой состоит из поперечных волокон, общих для обоих предсердий. Глубокий представляет собой продольные волокна, самостоятельные для каждого предсердия. В желудочках три мышечных слоя. Наружный и внутренний общие для обоих

желудочков. Наружный слой начинается от фиброзных колец, у верхушки сердца загибается и переходит во внутренний слой. Волокна последнего идут на построение перекладин, трабекул и образование сосочковых мышц. Средний круговой слой самостоятелен в каждом желудочке (см. рис. 36, б). Миокард левого желудочка развивается быстрее и к концу второго года жизни его масса вдвое больше, чем правого. У детей мясистые трабекулы покрывают всю внутреннюю поверхность стенок желудочков. Наиболее сильно развиты трабекулы в юношеском возрасте. После 60—75 лет трабекулярная сеть сглаживается и сохраняется только в области верхушки сердца.

В сердечной мышце выделяются особые, атипичные волокна, бедные миофибриллами и сопровождающиеся нервными клетками и волокнами. Это **проводящая система сердца** (рис. 37). Центрами про-

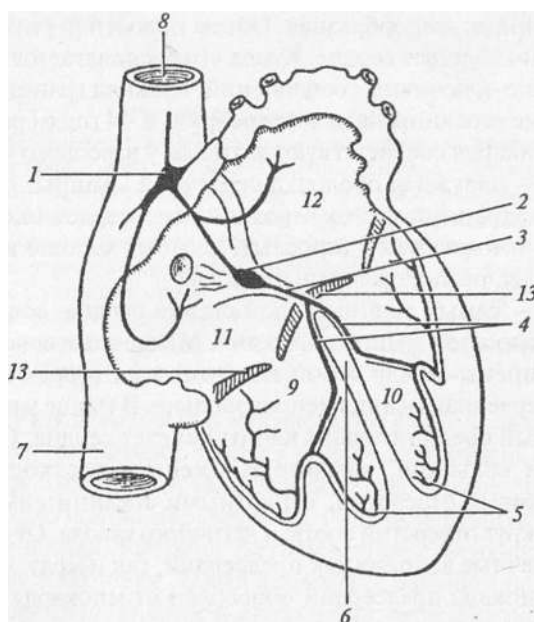


Рис. 37. Проводящая система сердца:

1 — синусно-предсердный узел; 2 — предсердно-желудочковый узел; 3 — предсердно-желудочковый пучок; 4 — ножки предсердно-желудочкового пучка; 5 — сеть волокон проводящей системы сердца; 6 — межжелудочковая перегородка; 7 — нижняя полая вена; 8 — верхняя полая вена; 9 — правый желудочек; 10 — левый желудочек; 11 — правое предсердие; 12 — левое предсердие; 13 — предсердно-желудочковые клапаны

водящей системы являются два узла — синусно-предсердный и предсердно-желудочковый. Синусно-предсердный узел расположен под эпикардом правого предсердия между местом впадения в него верхней полой вены и правым ушком. Его волокна спускаются по межпредсердной перегородке ко второму — предсердно-желудочковому узлу, лежащему в нижней части межпредсердной перегородки. От него идет пучок в толщу перегородки желудочков. Две его ножки (пучки Гиса) ветвятся в миокарде обоих желудочков (волокна Пуркинье). Проводящая система обеспечивает автоматизм работы сердца и сердечный ритм.

Эндокард — внутренняя тонкая соединительнотканная оболочка, выстланная эндотелием. Он покрывает сердечную мышцу изнутри и образует клапаны сердца. Различают створчатые и полулунные клапаны. У предсердно-желудочковых отверстий располагаются створчатые клапаны, причем правый состоит из трех створок (трехстворчатый), левый — из двух (двухстворчатый, или митральный). К створкам этих клапанов прикрепляются сухожильные нити, отходящие от сосочковых мышц. Около отверстия легочного ствола и отверстия аорты имеется по три полулунных клапана. Роль клапанов заключается в том, что они не допускают обратного тока крови: створчатые клапаны — из желудочков в предсердия, а полулунные — из аорты и легочного ствола в желудочки. У детей предсердно-желудочковые клапаны эластичные, створки блестящие. В 20—25 лет створки клапанов уплотняются, края становятся неровными. Сосочковые мышцы в старческом возрасте атрофируются, что нарушает функцию клапанов.

Нагнетательная функция сердца

Сердце сокращается ритмично 60—70 раз в минуту. Клапаны обеспечивают ток крови только в одном направлении: от сердца — в артерии, по венам — к сердцу. Если сердце сокращается чаще 90 ударов в минуту, имеет место тахикардия,*если меньше 60 — брадикардия. Частота сердечных сокращений зависит от возраста человека. У детей до года сердце сокращается 100-140 раз в минуту, в 10 лет — 90 раз, в 20 лет — 60—80 раз. После 60 лет сердечные сокращения вновь учащаются до 90—95 ударов в минуту. При 70 ударах в минуту **сердечный цикл** (полное сокращение сердца) длится 0,8 с. В цикле различают три фазы: систола, или сокращение, предсердий (0,1 с), систола, или сокращение, желудочков (0,3 с) и диастола, или расслабление (0,4 с),

сердца. При учащении сокращений сердца уменьшается общая пауза, в то время как длительность систолы предсердий и желудочков практически не изменяется.

Сокращение сердца начинается с систолы предсердий. Давление в предсердиях в это время равно 5–8 мм рт. ст., и кровь через предсердно-желудочковые клапаны выталкивается из предсердий в желудочки. Сразу после этого предсердно-желудочковые клапаны захлопываются и начинается систола желудочков. В систоле желудочков выделяют фазу напряжения и фазу выбрасывания крови. В фазу напряжения и створчатые, и полулунные клапаны закрыты, миокард давит на кровь с увеличивающейся силой. Как только давление в желудочках становится больше давления в аорте и легочном стволе, полулунные клапаны этих сосудов открываются, и кровь выбрасывается в сосуды. Это фаза выбрасывания крови. Систолическое давление в правом желудочке в это время достигает 25 мм рт. ст., а в левом — 115–125 мм рт. ст. После выталкивания крови из желудочков давление в них становится ниже, чем в аорте и легочной артерии, поэтому полулунные клапаны захлопываются, не пропуская кровь обратно. В это время начинается общее расслабление, или диастола: предсердно-желудочковые клапаны открыты, и кровь из предсердий поступает в желудочки. После этого начинается новый сердечный цикл.

Желудочек в состоянии покоя за одно сокращение выталкивает в аорту 60–70 мл крови — это **систолический объем сердца**. При физической работе это количество возрастает. Количество крови, выбрасываемое в аорту сердцем новорожденного при одном сокращении, всего 2,5 мл, к году оно увеличивается в 4 раза, к 7 годам — в 9 раз, к 12 годам — в 16 раз. **Объем крови**, который сердце выбрасывает за минуту, называется **минутным**. Для каждого желудочка он составляет 4,5–5 л крови и при физической нагрузке может возрастать до 8–10 л и более. У тренированных людей это происходит за счет увеличения систолического объема, а у нетренированных — за счет увеличения частоты сердечных сокращений (до 200 ударов).

Во время работы сердца появляются звуки, называемые **тонами сердца**. Их можно прослушать через переднюю грудную стенку. Первый тон (систолический) связан с сокращением миокарда желудочков и вибрацией предсердно-желудочковых клапанов в момент их закрытия. Второй тон (диастолический) прослушивается при захлопывании полулунных клапанов аорты и легочной артерии. Прослушивание тонов сердца может иметь диагностическое значение. Сердечный толчок

определяется в пятом межреберье слева от грудины. Он возникает в результате изменения положения сердца во время систолы, когда левый желудочек приподнимается и ударяется о грудную стенку изнутри.

Биоэлектрическая активность сердца регистрируется с помощью **электрокардиографии**, получаемая при этом кривая называется электрокардиограммой (ЭКГ). В сердце здорового человека на электрокардиограмме отчетливо видны пять зубцов, из которых три обращены вверх (PRT), а два — вниз (QS) по отношению к изоэлектрической линии. Зубец P отражает электрические явления в предсердиях, а зубцы QRST характеризуют движение волны возбуждения в желудочках сердца (рис. 38).

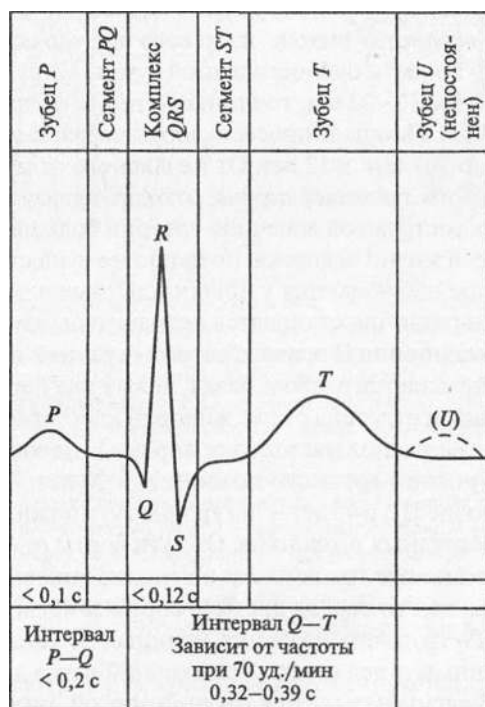


Рис. 38. ЭКГ человека

9.3. Артерии

Кровеносная система человека представлена на рис. 39. **Легочный ствол** выходит из правого желудочка на уровне соединения III левого ребра с грудиной, поднимается вверх и на уровне IV грудного позвонка делится на правую и левую легочные артерии, каждая из которых входит в легкое через его ворота.

Аорта — главный сосуд артериальной системы, является непарным начальным участком большого круга кровообращения. Имеет наибольший диаметр и наибольшее количество эластичных волокон. Начинается от левого желудочка и доходит до уровня IV поясничного позвонка. В аорте различают восходящую часть, дугу аорты, нисходящую часть, которая делится на грудную и брюшную части.

Восходящая аорта по выходе из левого желудочка поднимается вверх и лежит в полости околосердечной сумки. Окружность ее у новорожденных равна 17—23 мм, толщина стенок интенсивно увеличивается до 13—14 лет. Площадь просвета аорты возрастает с 23 мм² у новорожденного до 107 мм² в 12 лет. От начального отдела восходящей аорты, называемого *луковицей аорты*, отходят правая и левая венечные артерии. Диаметр левой венечной артерии больше диаметра правой в течение всей жизни человека, но наиболее существенные различия в их диаметре наблюдаются у новорожденных и детей 10-14 лет. После 75 лет эти различия становятся незначительными.

На уровне соединения II правого ребра с грудиной начинается **дуга аорты**. Она направляется влево и назад, лежит вне перикарда позади рукоятки грудины и отделена от нее жировой клетчаткой. Чем старше человек, тем ниже располагается дуга аорты. У новорожденных она находится на уровне I грудного позвонка, в 20 лет — на уровне II, в 30 лет — на уровне III, в 45 лет — на уровне IV, в пожилом возрасте — на уровне IV—V грудных позвонков. От дуги аорты отходят три крупные артерии, питающие голову, шею и верхние конечности.

По мере удаления от сердца диаметр аорты заметно уменьшается.

На уровне IV грудного позвонка начинается **нисходящая аорта**. Это самый длинный отдел аорты, проходящий через диафрагму. Участок выше диафрагмы называется грудной аортой, ниже — брюшной. **Грудная аорта** проходит по грудной полости впереди позвоночника. Ее ветви питают внутренние органы грудной полости, а также стенки грудной и брюшной полостей. **Брюшная аорта** лежит за брюшиной, позади поджелудочной железы, двенадцатиперстной кишки. Длина

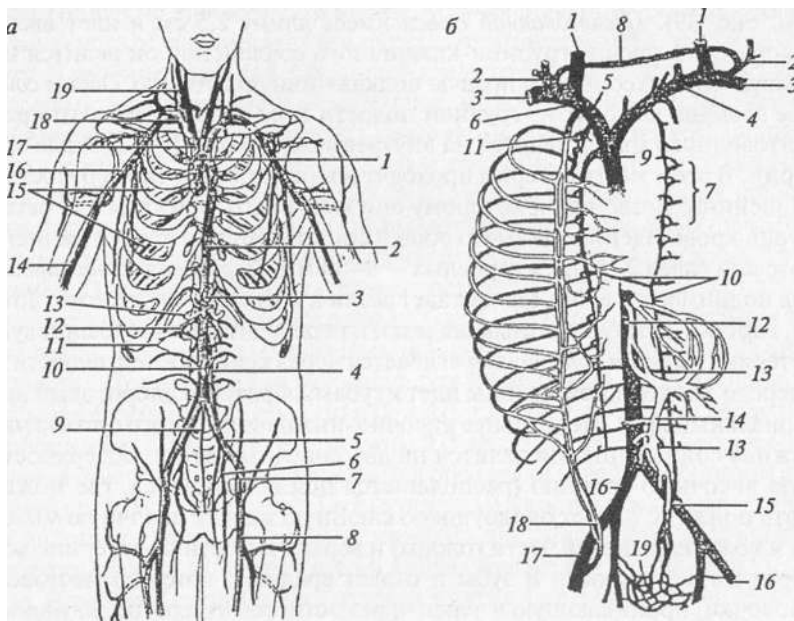


Рис. 39. Кровеносная система:

а — артерии, отходящие от аорты (1 — дуга аорты; 2 — нисходящая аорта; 3 — чревный ствол; 4 — левая семенниковая артерия; 5 — левая общая подвздошная артерия; 6 — левая внутренняя подвздошная артерия; 7 — левая наружная подвздошная артерия; 8 — левая бедренная артерия; 9 — средняя крестцовая артерия; 10 — нижняя брыжеечная артерия; 11 — поясничные артерии; 12 — правая почечная артерия; 13 — верхняя брыжеечная артерия; 14 — плечевая артерия; 15 — межреберные артерии; 16 — подкрыльцовая артерия; 17 — плечеголовной ствол; 18 — подключичная артерия; 19 — общая сонная артерия); *б* — система полых вен (1 — внутренние яремные вены; 2 — наружные яремные вены; 3 — подключичная вена; 4 — левая плечеголовная вена; 5 — правая плечеголовная вена; 6 — венозный угол; 7 — межреберные вены; 8 — поперечный венозный анастомоз; 9 — верхняя полая вена; 10 — полунепарная вена; 11 — непарная вена; 12 — нижняя полая вена; 13 — поясничные вены; 14 — воротная вена; 15 — общая подвздошная вена; 16 — внутренняя подвздошная вена; 17 — наружная подвздошная вена; 18 — надчревная вена; 19 — геморроидальные сплетения вокруг органов малого таза)

нисходящей части аорты к 50 годам увеличивается в 4 раза, при этом грудная часть растет быстрее брюшной. На уровне IV поясничного позвонка брюшная аорта делится на две общие подвздошные артерии, которые питают стенки и органы таза и нижние конечности.

От выпуклой части дуги аорты последовательно отходят плечеголовной ствол, левая общая сонная и левая подключичная артерия

(см. рис. 39). *Плечеголовной ствол* имеет длину 2,5 см и идет вверх и вправо, на уровне грудино-ключичного сочленения он делится на правую общую сонную и правую подключичную артерию. *Общие сонные артерии* выходят из грудной полости и на уровне верхнего края щитовидного хряща делятся на внутреннюю и наружную сонные артерии. В этом месте артерии проходят впереди поперечного отростка VI шейного позвонка, к которому они могут быть прижаты для остановки кровотечения. Диаметр общей сонной артерии у детей раннего возраста равен 3—6 мм, у взрослых — 9—14 мм. *Наружная сонная артерия* поднимается вдоль шеи, отдает ветви к щитовидной железе, глотке, гортани, языку, слюнным железам и переходит в крупную лицевую артерию. *Лицевая артерия* перегибается через край нижней челюсти и впереди жевательной мышцы идет к губам, образуя околоротовый артериальный круг. Медиальнее височно-нижнечелюстного сустава наружная сонная артерия делится на две конечные ветви: поверхностную височную артерию (располагается под кожей виска, где может быть прижата, питает околушную слюнную железу, височную мышцу и кожу волосистой части головы) и верхнечелюстную артерию, которая питает челюсти и зубы и отдает среднюю артерию мозговой оболочки, проникающую в череп через остистое отверстие. *Внутренняя сонная артерия* поднимается от глотки к основанию черепа, входит через канал височной кости и твердую мозговую оболочку, отдает крупную глазничную артерию и делится на концевые ветви — переднюю и среднюю артерии мозга. В первые 10 лет жизни наибольший диаметр из всех мозговых артерий имеет средняя. Артерии, кровоснабжающие мозг, наиболее интенсивно развиваются до 3-4-летнего возраста, по темпам роста превосходя другие сосуды. Наиболее быстро растет в длину передняя мозговая артерия. *Подключичная артерия* начинается от плечеголовного ствола, выходит из грудной полости, перегибается через I ребро и, пройдя под ключицей, проходит в подмышечную впадину, уже называясь *подкрыльцовой*. Диаметр подключичной артерии у детей раннего возраста равен 3-6 мм, у взрослых — 9-14 мм. Далее подкрыльцовая артерия переходит в плечевую и в области локтевого сустава делится на конечные ветви — локтевую и лучевую артерии. Подкрыльцовая артерия кровоснабжает мышцы плечевого пояса, плечевой и ключично-акромиальный суставы. *Плечевая артерия* лежит на плече поверхностно над двуглавой мышцей. Пульсация ее прощупывается на всем протяжении. *Лучевая артерия* проходит шиловидный отросток лучевой кости и поворачивает на тыл кисти, где переходит в глубокую ладонную дугу. *Локтевая артерия*

имеет больший диаметр, спускается до лучезапястного сустава, отдает ветвь глубокой ладонной дуге и переходит в поверхностную ладонную дугу. В течение первых 5 лет жизни диаметр локтевой артерии повышается более интенсивно, чем лучевой, но в дальнейшем преобладает увеличение диаметра лучевой. С возрастом локтевая и лучевая артерии перемещаются по отношению к срединной линии предплечья в латеральном направлении. После 10 лет они располагаются так же, как у взрослых. На ладони располагаются *две артериальные дуги*. *Поверхностная ладонная дуга* образована преимущественно локтевой артерией. Она лежит приблизительно посередине кисти, от ее выпуклой части отходят ладонные артерии пальцев. Каждая из них делится на две ветви, которые на концах пальцев образуют многочисленные анастомозы. Поверхностная ладонная дуга у новорожденных располагается проксимальнее середины II и III пястных костей, у взрослых проецируется на уровне середины III пястной кости. *Глубокая ладонная дуга* тоньше поверхностной и образована главным образом лучевой артерией. Она лежит на ладонных межкостных мышцах и отдает ладонные пястные артерии, которые впадают в общие ладонные артерии. Кроме ладонных дуг на кисти образуются ладонная и тыльная запястные сети. От них отходят пястные артерии, делящиеся на две тонкие артерии пальцев. Таким образом, кисть и пальцы обильно снабжены кровью из многих источников, которые благодаря наличию дуг и сетей хорошо анастомозируют между собой. Это приспособления кровоснабжения кисти к трудовой деятельности.

От *грудной аорты* отходят пристеночные и внутренностные ветви. Пристеночные ветви представлены 10 парами межреберных артерий, которые посегментарно отходят от третьего—одиннадцатого межреберий. Они снабжают кровью ребра, межреберные мышцы, мышцы и кожу спины и проникают в спинной мозг и его оболочки. Внутренностные ветви представлены двумя-тремя бронхиальными артериями, которые кровоснабжают бронхи, легкие, пищевод, лимфатические узлы и перикард.

Брюшная аорта делится на пристеночные и внутренностные ветви. К пристеночным ветвям относятся нижние диафрагмальные артерии и четыре пары поясничных артерий, снабжающие кровью кожу и мышцы задней стенки живота. Внутренностные ветви снабжают кровью пищеварительные органы. Они бывают парные и непарные. К непарным относятся чревный ствол, верхняя и нижняя брыжеечная артерии. Парные ветви представлены почечными и яичковыми или яичниковыми артериями.

Чревный ствол длиной около 1 см выходит из аорты под диафрагмой и у верхнего края поджелудочной железы делится на три ветви: левую желудочную, общую печеночную и селезеночную артерию. *Левая желудочная артерия* идет вдоль малой кривизны желудка, питает его и нижнюю часть пищевода. *Общая печеночная артерия* идет к воротам печени, отдает по ходу ветви к малой и большой кривизне желудка, двенадцатиперстной кишке и поджелудочной железе. Селезеночная артерия питает селезенку, отдает ветви к поджелудочной железе и желудку. В результате вокруг желудка образуется сплошное артериальное кольцо из анастомозирующих друг с другом ветвей чревного ствола. *Верхняя брыжеечная артерия* отходит от аорты на уровне I поясничного позвонка, проходит между двенадцатиперстной кишкой и поджелудочной железой. Одна из ветвей идет к двенадцатиперстной кишке и поджелудочной железе и анастомозирует с ветвями общей печеночной артерии. То есть эти два органа получают кровь из двух источников — верхней брыжеечной артерии и чревного ствола. Остальные 15—20 ветвей питают тонкую и ободочную кишки. *Почечные артерии* отходят от аорты на уровне II поясничного позвонка, входят в ворота почки и дают ветви к надпочечникам и мочеточникам. Ниже почечных артерий от аорты отходят *яичковые* или *яичниковые артерии*. Они спускаются в таз по брюшной стенке. У мужчин яичковые артерии по семенному канатику идут в мошонку, а у женщин остаются в малом тазу, где питают яичники.

Нижняя брыжеечная артерия отходит от аорты на уровне III поясничного позвонка. Она кровоснабжает всю нижнюю часть толстого кишечника. У новорожденных нижняя брыжеечная артерия имеет длину 5-6 см, а у взрослых — 16-17 см.

Общие подвздошные артерии являются концевыми ветвями брюшной аорты. На уровне крестца каждая из них делится на внутреннюю и наружную подвздошные артерии. *Внутренняя подвздошная артерия* опускается по стенке малого таза к верхнему краю большого седалищного отверстия, где делится на переднюю и задние ветви. Задняя ветвь питает стенки малого таза, а передняя — органы малого таза и частично мышцы бедра. *Наружная подвздошная артерия* является продолжением общей подвздошной артерии, выходит на бедро и под названием бедренной идет до подколенной ямки, где получает название подколенной и вскоре делится на передние и задние большеберцовые артерии.

Бедренная артерия представляет собой основную магистраль нижней конечности. При выходе ее из паховой связки артерия лежит поверхностно вместе с веной. При прижатии ее к лонной кости прослушивается пульсация. Она отдает ветви к наружным половым органам

и паховым лимфатическим узлам. Подколенная артерия располагается в глубине подколенной ямки, отдает пять анастомозирующих между собой ветвей, которые питают сустав и окружающие его мышцы. Проекция бедренной и подколенной артерий у ребенка также смещаются в латеральном направлении от срединной линии бедра. При этом проекция бедренной артерии приближается к медиальному краю бедренной кости, а проекция подколенной артерии — к срединной линии подколенной ямки. Подколенная артерия разделяется на заднюю и переднюю большеберцовые артерии. *Задняя большеберцовая артерия* лежит под камбаловидной мышцей, идет между ахилловым сухожилием и медиальной лодыжкой, по пути отдает малоберцовую артерию. Обогнув лодыжку, она выходит на подошву и здесь делится на две концевые ветви, одна из которых образует подошвенную дугу. *Передняя большеберцовая артерия* отделяется от подколенной артерии, отдает две возвратные артерии к коленному суставу, проходит по голени и переходит на тыльную сторону стопы, где может быть прижата к кости, так как лежит прямо на ней. Тыльная артерия стопы отдает ветвь к подошвенной дуге, переходит в тыльную дугу стопы, которая анастомозирует с подошвенной дугой.

Для артериальной системы нижней конечности человека характерно развитие трех артерий — малоберцовой, передней и задней большеберцовых — вместо одной общей артерии голени. Это прогрессивное развитие артериальной системы является приспособлением опорно-двигательного аппарата, связанным с прямохождением человека.

9.4. Вены

Вены сердечного круга кровообращения представлены венами сердечной стенки, которые собираются в венозный синус, открывающийся в правое предсердие. Венами малого круга кровообращения являются четыре легочные вены, впадающие в левое предсердие. К венам большого круга кровообращения относятся системы верхней и нижней полых вен.

Система верхней полых вен собирает кровь от верхней половины тела — головы, шеи, верхних конечностей и грудной клетки. Она образуется из слияния двух плечеголовных вен на уровне I ребра. Своим нижним концом вена проникает в полость околосердечной сумки и в правое предсердие. Диаметр ее 20-22 мм, длина 7-8 см. Верхняя полая вена у детей из-за высокого положения сердца короткая. Наи-

более активно она растет на первом году жизни и в 8—12 лет. У пожилых людей диаметр вены увеличивается в результате возрастных изменений структуры ее стенок.

Вблизи сердца в верхнюю полую вену впадает крупная непарная вена. *Непарная вена* берет начало от проникающих в грудную полость сквозь диафрагму пристеночных вен брюшной полости, поднимается по правой стороне тел грудных позвонков позади пищевода и принимает правые межреберные ветви и полунепарную вену. *Полунепарная вена* лежит слева от аорты, принимает левые межреберные вены, повторяет ход непарной вены, пересекает позвоночник и впадает в непарную вену. *Плечеголовная вена* возникает позади грудино-ключичного сочленения из соединения трех вен — внутренней и наружной яремной и подключичной. Она собирает кровь из вен щитовидной и вилочковой желез, гортани, трахеи, пищевода, шеи и головы. *Внутренняя яремная вена* начинается в яремном отверстии черепа и спускается вдоль шеи в одном сосудисто-нервном пучке с сонной артерией и блуждающим нервом, собирая кровь от головы и шеи. Лицевая и нижнечелюстная вены являются ее самыми крупными протоками. *Наружная яремная вена* образуется на уровне угла нижней челюсти и спускается впереди грудино-ключично-сосцевидной мышцы. Она отводит кровь от кожи и мышц шеи и затылочной области. *Подключичная вена* служит для оттока крови от верхней конечности, самостоятельных ветвей не имеет и прочно соединена с надкостницей I ребра. Это соединение поддерживает просвет вены и увеличивает его при поднятой руке, что обеспечивает более легкий отток крови из вен верхней конечности.

Венозная кровь от пальцев поступает в тыльные вены кисти. На ладони из двух венозных дуг, соответствующих артериальным, главным венозным коллектором кисти служит глубокая дуга. Глубокие вены предплечья и плеча сопровождают в двойном количестве артерии и носят их названия. Эти вены многократно анастомозируют между собой, что особенно выражено в области суставов. Обе плечевые вены сливаются в подкрыльцовую вену.

Главными подкожными венами верхней конечности являются головная и основная. *Головная вена* начинается от глубокой ладонной дуги и тянется по латеральному краю предплечья и плеча, впадая в подкрыльцовую. *Основная вена* тоже начинается от глубокой ладонной дуги. Перейдя на предплечье, она значительно пополняется кровью из головной вены через анастомоз с нею в области локтевого сгиба — срединную вену локтя, которая используются для внутривенных вливаний и забора крови. Основная вена впадает в одну из плечевых вен.

Система нижней поллой вены начинается на уровне V поясничного позвонка из слияния правой и левой общих подвздошных вен, лежит за брюшиной, справа от аорты, отделенная от нее лимфатическими узлами. Нижняя полая вена проходит позади печени, через отверстие сухожильного центра диафрагмы, проникает в околосердечную сумку, после чего открывается в правое предсердие. Поперечник этой вены у ее начала достигает 20 мм, а вблизи устья — 33 мм. Нижняя полая вена у новорожденного короткая и широкая (6 мм), а у взрослых достигает 25—28 мм. У детей она закладывается на уровне III—IV поясничных позвонков, а к периоду полового созревания опускается до IV-V поясничных позвонков. Угол формирования вены у новорожденных составляет 63°, а затем увеличивается до 93°. На первом году жизни особенно сильно изменяется длина брюшного отдела нижней поллой вены (с 76 до 100 мм). Нижняя полая вена принимает парные вены как от стенок тела, так и от внутренних органов. К пристеночным ветвям относятся поясничные ветви и нижние ветви диафрагмы.

Четыре пары *поясничных вен* соответствуют поясничным отверстиям и являются сегментарными, так же как и межреберные ветви. Вены каждой стороны сообщаются друг с другом вертикальным анастомозом, благодаря чему по обе стороны от нижней поллой вены образуется по тонкому венозному стволу. Наверху стволики продолжают в непарную и полунепарную вены, являясь анастомозом между нижней и верхней поллой венами.

К внутренностным ветвям нижней поллой вены относят яичниковые или яичковые, почечные, надпочечные и печеночные вены. Последние через венозную сеть печени связаны с воротной веной. *Яичковая вена* начинается в яичке и придатке, образуя внутри семенного канатика густое венозное сплетение, и впадает справа в нижнюю полую вену, а слева — в почечную вену. *Яичниковая вена* начинается из ворот яичника, идет в широкой связке матки и впадает подобно яичковой вене. *Почечная вена* начинается в воротах почки несколькими крупными ветвями, лежащими впереди почечной артерии, и впадает в нижнюю полую вену. *Надпочечная вена* справа впадает в нижнюю полую вену, а слева — в почечную вену. *Печеночные вены* снаружи не видны, так как впадают в нижнюю полую вену там, где она вдавлена в печень. Они собирают кровь, поступившую в печень по печеночной артерии и воротной вене. *Воротная вена печени* собирает кровь от стенок всего пищеварительного канала, желчного пузыря, поджелудочной железы и селезенки. Этот короткий толстый ствол возникает позади головки поджелудочной железы в результате слияния трех вен — селезеночной,

верхней и нижней брыжеечных и входит в печень через ее ворота. Воротная вена у новорожденных отличается значительной анатомической изменчивостью, формируясь из слияния верхней брыжеечной и селезеночной вен. Длина воротной вены у новорожденных колеблется от 16 до 44 мм, просвет ее составляет 2,5 мм. Величина просвета в возрасте 1—3 лет удваивается, 4—7 лет — утраивается, 8—12 лет — увеличивается в 4 раза. Толщина стенок воротной вены к 16 годам возрастает в 2 раза.

Вены брюшной полости образуют вокруг внутренних органов обильные сплетения, получившие название геморроидальных. Они располагаются вокруг прямой кишки, позади симфиза, около мочевого пузыря, у женщин — в окружности матки и влагалища.

Общая подвздошная вена начинается на уровне крестцово-подвздошного сочленения от слияния внутренней и наружной подвздошных вен. Эта вена лишена клапанов. *Внутренняя подвздошная вена* лежит позади одноименной артерии. *Наружная подвздошная вена* является продолжением бедренной вены выше паховой связки. Она выносит кровь всех поверхностных и глубоких вен нижней конечности.

На стопе выделяют венозные дуги тыла и подошвы, а также подкожные венозные сети. Из вен тыла стопы начинаются малая и большая скрытые вены. *Малая скрытая вена* проходит на голень позади латеральной лодыжки и впадает в подколенную вену. *Большая скрытая вена* поднимается на голень впереди медиальной лодыжки. На бедре она достигает паховой связки и впадает в *бедренную вену*. Глубокие вены стопы, голени и бедра в двойном числе сопровождают артерии и носят их названия. Все они имеют многочисленные клапаны. Глубокие вены анастомозируют с поверхностными. Поверхностные вены тела и конечностей после рождения меняют топографию. У детей имеются густые подкожные сплетения, на их фоне крупные вены не выявляются, после двух лет становятся четко видны только большая и малая подкожные вены ног, а на верхней конечности — латеральная и медиальная вены рук. Диаметр подкожных вен быстро увеличивается до двух лет.

9.5. Кровоснабжение плода

Кровоснабжение плода происходит следующим образом. Плод получает питательные вещества и кислород из организма матери через плаценту. Через нее выводятся и продукты распада. Связь между

плодом и плацентой осуществляется при помощи пупочного канатика, в котором проходят две пупочные артерии и одна пупочная вена. По пупочным артериям кровь течет от плода к плаценте, а по пупочной вене — от плаценты к плоду (рис. 40).

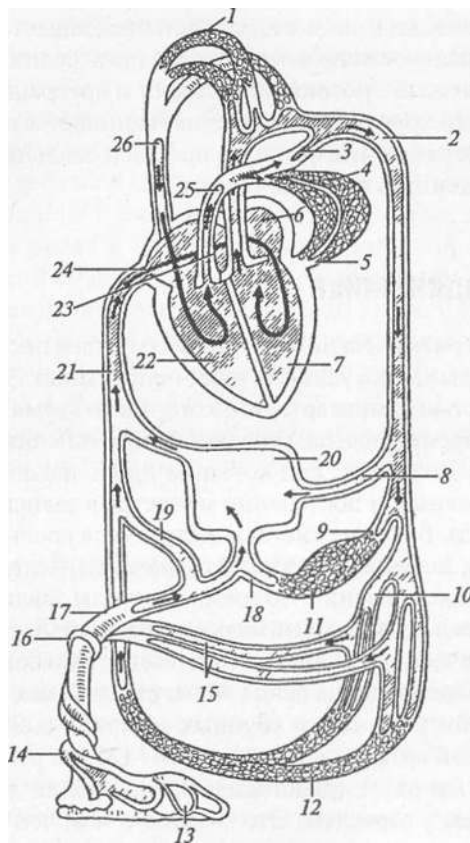


Рис. 40. Кровообращение плода:

1 — сосуды головы и верхних конечностей; 2 — аорта; 3 — артериальный проток; 4 — сосуды легких; 5 — легочные вены; 6 — левое предсердие; 7 — левый желудочек; 8 — печеночная артерия; 9 — верхняя брыжечная артерия; 10 — общие подвздошные артерии; 11 — сосуды кишечника; 12 — сосуды нижних конечностей; 13 — плацента; 14 — пупочные артерии; 15 — подчревные артерии; 16 — пупочное кольцо; 17 — пупочная вена; 18 — воротная вена; 19 — венозный проток; 20 — печень; 21 — нижняя полая вена; 22 — правый желудочек; 23 — овальное отверстие; 24 — правое предсердие; 25 — легочный ствол; 26 — верхняя полая вена

Сердечно-сосудистая система плода отличается следующими особенностями. Правое и левое предсердия сообщаются между собой при помощи овального отверстия, находящегося в их перегородке. Кроме того, между легочным стволом и дугой аорты имеется сообщение — артериальный (боталлов) проток. После рождения пупочный канатик перевязывают и связь с плацентой прекращается, легкие начинают дышать, овальное окно в перегородке предсердий зарастает, артериальный и венозный протоки закрываются и превращаются в связки. Большой и малый круг кровообращения начинают функционировать полностью. Незаращенные боталлов проток и овальное отверстие относятся к врожденным порокам сердца.

9.6. Гемодинамика

Несмотря на ритмические сокращения сердца и поступление крови в сосуды порциями, в сосудах она течет непрерывно. Это обеспечивается эластичностью стенок артерий, которые во время систолы растягиваются, а во время диастолы спадаются и обеспечивают непрерывный ток крови. Давление, под которым кровь находится в сосудах, называется кровяным и постепенно меняется в зависимости от фазы сердечного цикла. Во время систолы желудочков кровь с силой выбрасывается в аорту, давление при этом максимально — это систолическое, или максимальное, давление. Во время диастолы давление понижается — диастолическое, или минимальное. Разность между систолическим и диастолическим давлением называется пульсовым давлением. В норме пульсовое давление равно 40 мм рт. ст. Самое высокое давление в аорте (130 мм рт. ст.), в крупных артериях оно понижается на 10 % и в плечевой артерии составляет 110—125 мм рт. ст. (систолическое) на 60–85 мм рт. ст. (диастолическое). У детей давление значительно ниже, чем у взрослых. Это связано с тем, что у детей больше развита капиллярная сеть и шире просвет кровеносных сосудов. В период полового созревания рост сердца опережает рост кровеносных сосудов. Это выражается в так называемой юношеской гипертензии, которая с возрастом проходит. У здорового человека давление поддерживается на постоянном уровне, но повышается при мышечной деятельности, эмоциональных состояниях.

На протяжении кровеносного русла величина кровяного давления тоже изменяется. Как уже отмечалось, в аорте оно в среднем 130 мм рт. ст.,

в капиллярах снижается до 15—25 мм рт. ст. Из капилляров кровь поступает в венулы (12-15 мм рт. ст.), затем в вены (3-5 мм рт. ст.). В полых венах давление составляет всего 1—3 мм рт. ст., а в самом предсердии равно нулю.

Скорость кровотока в различных участках кровяного русла неодинакова. Она зависит от суммарного просвета кровеносных сосудов данного вида. Чем меньше просвет, тем больше скорость тока крови, и наоборот. Самой узкой частью в кровеносной системе является аорта, в ней скорость самая высокая - 0,5 - 1 м/с. Суммарный просвет артерий больше диаметра аорты и скорость течения крови в артериях составляет несколько десятков сантиметров в секунду. Суммарный просвет всех капилляров в 1000 раз больше просвета аорты, соответственно, и скорость тока крови в 1000 раз меньше, чем в аорте (0,5—1 мм/с). Физиологический смысл медленного течения крови в капиллярах — газообмен, переход питательных веществ из крови и продуктов обмена веществ из тканей. У детей скорость кровотока выше за счет частых сердечных сокращений. У новорожденного полный кругооборот совершается за 12 с, в возрасте 3 года — за 15 с, в 14 лет — за 18 с, у взрослых — за 22 с. С возрастом кругооборот крови замедляется, что связано со снижением эластичности сосудов и увеличением их длины.

9.7. Кровообращение в онтогенезе

Высокий процент крови относительно массы тела у младенцев определяется усиленным метаболизмом. Необходимость в интенсивном снабжении кислородом определяет также высокое содержание гемоглобина в крови новорожденного. К концу младенческого периода уровень гемоглобина снижается, масса сердца удваивается, а систолический объем увеличивается в 4 раза. Кругооборот такого большого объема крови обеспечивается высокой частотой сердечных сокращений — 140 уд./мин. Большая частота сердечных сокращений обусловлена особенностями нервной регуляции сердца. Хотя к моменту рождения в сердце ребенка сформированы и симпатические, и парасимпатические нервные окончания, влияние последних значительно снижено.

У детей от 1 года до 3 лет все еще высок процент крови относительно массы тела. Сохраняется высокая частота сердечных сокращений, что обусловлено по-прежнему преобладанием симпатической регуляции.

В дошкольном возрасте объемная скорость кровотока на единицу массы тела в 2 раза больше, чем у взрослых. При этом кровяное давление у детей намного ниже. Так, у 6-летнего ребенка систолическое давление составляет 95-105 мм рт. ст. Тонус сосудов у детей постоянный и не регулируется функциональными потребностями организма.

В младшем школьном возрасте у детей максимальная частота сердечных сокращений достигает 200 уд./мин, а в покое — 90 уд./мин. К 10 годам она снижается до 78 уд./мин. Значительно увеличивается систолический объем крови, что расширяет резервные возможности организма при адаптации.

В подростковом возрасте возрастают ограничения в кровоснабжении, затрагивающие не только мышцы, но и другие органы, прежде всего — головной мозг. Вследствие этого объемная скорость кровотока в сосудах мозга временно снижается.

В период полового созревания сердце растет быстро, увеличивает систолический объем крови. Несмотря на снижение частоты сердечных сокращений у подростков до уровня взрослых, объемная скорость кровотока в этот период возрастает, что обеспечивает органы и ткани кислородом при напряженной работе. Увеличение объемного кровотока приводит к усилению тока крови через кожные сосуды. При этом заметно повышается температура кожи, особенно конечностей. В это время у подростков часто встречаются вегетососудистая дистония и подростковая гипертензия. К 17 годам все показатели сердечно-сосудистой системы аналогичны таковым у взрослого человека.

9.8. Лимфатическая система

Лимфатическая система является дополнительной системой для оттока тканевой жидкости в кровеносную систему. Она образована лимфатическими капиллярами, лимфатическими сосудами, стволами и протоками, а также лимфатическими узлами (рис. 41).

Лимфа — жидкая желтоватая ткань организма, в которой содержатся высокомолекулярные соединения и лимфоциты. Образуется из тканевой жидкости, жидкости серозных (плевральной, околосердечной и брюшной) и синовиальных полостей. Отводится лимфа по системе лимфатических капилляров, сосудов и протоков.

Лимфатические капилляры слепо начинаются в тканях, образуя сеть. Стенка капилляра состоит из одного слоя эндотелиальных клеток, между которыми есть крупные поры. К наружной поверхности

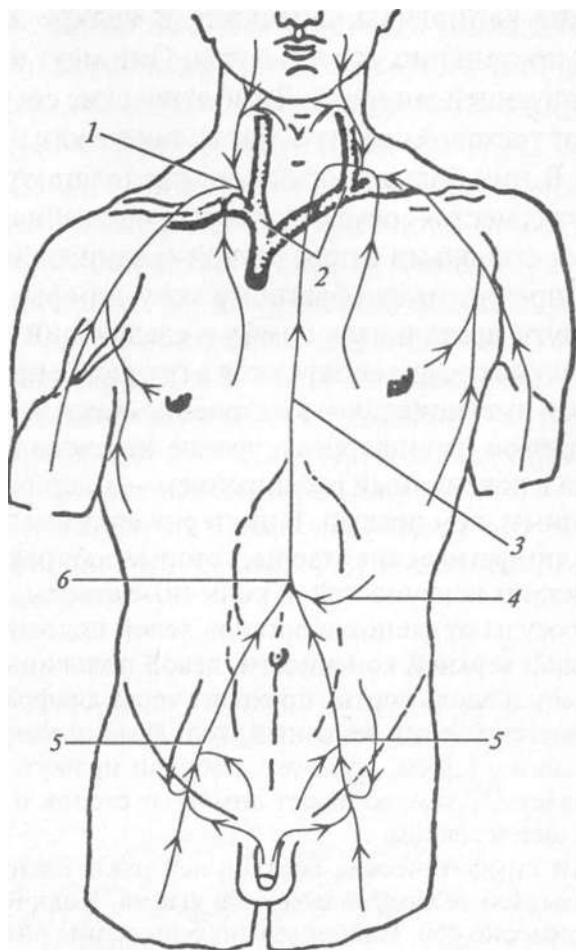


Рис. 41. Схема лимфатических протоков:

1 — правый лимфатический проток; 2 — венозные углы; 3 — грудной лимфатический проток; 4 — кишечный лимфатический ствол; 5 — правый и левый поясничные лимфатические стволы; 6 — цистерна

капилляров прикрепляются коллагеновые волокна, при *избытке* тканевой жидкости растягивающие поры, в которые уходят *излишки* жидкости. Лимфатические капилляры имеют большой диаметр и более проницаемы по сравнению с кровеносными капиллярами. В сутки у человека образуется 2—4 л лимфы. Лимфатических *капилляров* особенно много в легких, почках, серозных, слизистых и синовиальных оболочках. Там, где нет кровеносных капилляров, нет и лимфатических (в зубах, хряще, хрусталике, центральной нервной системе, клапанах сердца, плаценте и пупочном канатике).

Лимфатические капилляры сливаются в мелкие *лимфатические сосуды*, которые постепенно укрупняются. Они идут в тканях вместе с веной и сопутствующей артерией. Лимфатические сосуды, как и кровеносные, имеют трехслойное строение и, так же как и вены, снабжены клапанами. В них больше клапанов, располагаются они близко друг к другу. В этих местах сосуды сужаются, напоминая бусы. Клапан образован двумя створками с прослойкой соединительной ткани между ними, он препятствует обратному току лимфы и сокращается 8—10 раз в минуту, проталкивая лимфу в следующий сегмент сосуда. Все лимфатические сосуды собираются в грудной и правый лимфатические протоки, имеющие такое же строение, как вены. *Грудной лимфатический проток* начинается на уровне перехода грудного отдела позвоночника в поясничный расширением — цистерной — и является более крупным, чем правый. В цистерну впадают левый и правый поясничные лимфатические стволы, которые собирают лимфу от стенок таза и нижних конечностей, и кишечные стволы. Грудной проток принимает сосуды от стенок и органов левой половины грудной полости, от левой верхней конечности, левой половины шеи и головы. Он поднимается вдоль аорты, проходит через диафрагму и средостение и изливается в левый венозный угол. *Правый лимфатический проток* имеет длину 1,5 см, образуется вблизи правого венозного угла, куда и впадает. Проток собирает лимфу от стенок и органов правой половины шеи и головы.

На пути лимфатических сосудов лежат скопления лимфоидной ткани, называемые *лимфатическими узлами*. Количество узлов у человека примерно 460. Наиболее многочисленны они в области шеи, подмышечной впадины, паха и около кишечника. На конечностях узлы располагаются в области суставов и полностью отсутствуют в скелете, костном мозге, на кистях и стопах. Узлы представляют собой округлые образования (рис. 42). В ворота узла входят артерии и нервы, а выходят вены и выносящие лимфатические сосуды. Приносящие лимфатические сосуды входят с противоположной стороны. Снаружи узел покрыт плотной соединительнотканной капсулой, от которой внутрь отходят перегородки — трабекулы. Между ними располагается лимфоидная ткань. В узле на периферии располагается корковое вещество (лимфатические узелки), а в центре мозговое вещество (тяжи и синусы). Синусы представляют собой пространство в лимфоидной ткани и бывают трех видов: краевые, или подкапсульные (между капсулой и корковым веществом), околоузелковые (между узелками и трабекулами) и мозговые (между трабекулами и мозговы-

ми тяжами). Между корковым и мозговым веществом лежит паракортикальная зона, где располагаются Т-лимфоциты (Т-зона). В корковом веществе и в тяжах находятся В-лимфоциты (В-зона). Основу лимфатического узла составляет ретикулярная ткань. Ее волокна и клетки образуют сеть, в ячейках которой лежат лимфоциты, лимфобласты, макрофаги и т.д. В центральной зоне узелков коркового вещества располагаются центры размножения, где происходит размножение лимфоцитов. При инфицировании организма центральная зона увеличивается в размерах, при ослаблении инфекционного процесса узелки приобретают первоначальный вид. Возникновение и исчезновение центров размножения происходит в течение 2—3 суток. Лимфатические узлы обезвреживают ядовитые вещества, задерживают микроорганизмы, т.е. служат биологическим фильтром.

К лимфоидным органам кроме лимфатических узлов относятся миндалины, лимфатические фолликулы кишечника, селезенка (см. *Иммунная система*) и тимус.

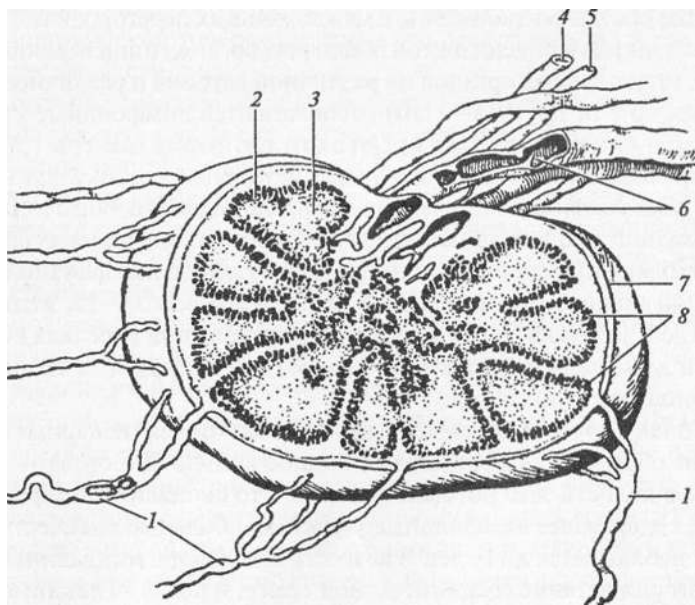


Рис. 42. Лимфатический узел:

1 — приносящие лимфатические сосуды; 2 — краевой синус; 3 — мозговое вещество; 4 — вена; 5 — артерия; 6 — выносящие лимфатические сосуды; 7 — капсула; 8 — трабекулы

Тимус, или вилочковая железа, или зубная железа, располагается за грудиной в верхней части переднего средостения на трахее, перикарде и крупных сосудах. В нем различают асимметричные правую и левую доли, между которыми находится рыхлая клетчатка. Сверху тимус покрыт соединительнотканной капсулой, от которой внутрь отходят прослойки соединительной ткани, разделяющие ее на доли. В центре каждой доли располагается светлое мозговое вещество, а по периферии — темное корковое. Основу железы составляет эпителиальная ткань, состоящая из эпителиоретикулярных клеток, связанных между собой отростками. Эти отростки образуют сеть, в петлях которой лежат лимфоциты. Клетки коркового вещества выделяют тимозин, стимулирующий деление лимфобластов — предшественников Т-лимфоцитов. Далее Т-лимфоциты выбрасываются в кровь, попадают в периферические лимфоидные органы, где окончательно созревают. В корковом веществе тимуса лимфоцитов значительно больше, чем в мозговом, и здесь же хорошо развита сеть лимфатических капилляров. Лимфатические сосуды расположены в междольковых перегородках.

В слизистой и подслизистой оболочках органов пищеварения, дыхания, мочеполовых органов на различной глубине и различном расстоянии друг от друга (1-5 мм) располагаются лимфоидные узелки. *Одиночные лимфоидные узелки* имеют округлую форму, размеры 1,5—2 мм и центр размножения. Узелок окружен сеточкой из ретикулярных волокон. *Лимфоидные (пейеровы) бляшки* представляют собой скопления лимфоидной ткани в стенках кишечника, имеют вид плоских образований (бляшек) и состоят из лимфоидных узелков и диффузной лимфоидной ткани. Крупных бляшек (более 4 см) всего 9-12, мелких — от 120 до 320. После 50—60 лет центры размножения в узелках исчезают, и в дальнейшем бляшки принимают вид диффузных скоплений лимфоидной ткани.

Нёбная и трубная (парные), язычная и глоточная (непарные) миндалины образуют лимфоидное глоточное кольцо Пирогова — Вальдейера в полости зева ротовой полости. Это скопление лимфоидной ткани, содержащее лимфоидные узелки, наибольшее количество которых наблюдается до 16 лет. В возрасте 25-30 лет в миндалинах происходит разрастание соединительной ткани, и после 40 лет лимфоидные узелки в тканях миндалин встречаются редко.

Иммунитет — это защита организма от генетически чужеродных организмов и веществ, к которым относятся микроорганизмы, вирусы, бактерии, различные белки, клетки, в том числе и измененные собственные. Основоположниками иммунологии являются Луи Пастер, Илья Мечников и Пауль Эрлих. В 1881 г. Л. Пастер разработал принципы создания вакцин для предупреждения инфекционных заболеваний. И. Мечников выдвинул клеточную (фагоцитарную) теорию иммунитета. П. Эрлих открыл антитела и сформулировал гуморальную теорию иммунитета. В 1901 г., открыв группы крови, К. Ландштейнер доказал наличие иммунологических различий индивидуумов в пределах одного вида. Известно, что организм отторгает пересаженные чужеродные ткани. Но отторжение происходит не сразу и зависит от иммунологической толерантности — это распознавание и специфическая терпимость.

Основной структурной и функциональной единицей иммунной системы является лимфоцит, который существует в виде двух независимых популяций (Т-лимфоциты и В-лимфоциты). Лимфоциты, как и другие клетки крови, образуются из стволовой клетки костного мозга. Из части стволовых клеток образуются непосредственно В-лимфоциты. Другая часть стволовых клеток поступает в тимус, где они дифференцируются в Т-лимфоциты.

Иммунная система объединяет органы и ткани, обеспечивающие защиту организма от генетически чужеродных клеток или веществ, поступающих извне или образующихся в организме.

К органам иммунной системы относятся все органы, которые участвуют в образовании клеток, осуществляющих защитные реакции организма. Иммунные органы построены из лимфоидной ткани, которая представляет собой ретикулярную строму и расположенные в ее петлях клетки (лимфоциты, плазматические клетки, макрофаги и другие клеточные элементы). Органы иммунной системы включают: костный мозг, тимус, скопления лимфоидной ткани, расположенные в стенках полых органов пищеварительной, дыхательной, мочеполовой систем (миндалины, лимфоидные бляшки тонкой кишки, одиночные лимфоидные узелки в слизистых оболочках внутренних органов), лимфа-

тические узлы, селезенку (рис. 43). Костный мозг и тимус относят к центральным органам иммунной системы в связи с тем, что в них из стволовых клеток образуются и дифференцируются лимфоциты. Остальные органы иммунной системы являются периферическими — в них лимфоциты выселяются из центральных. Центральные органы располагаются в хорошо защищенных от внешних воздействий местах, периферические — на путях возможного внедрения в организм генетически чужеродных веществ.

Органы иммунной системы вырабатывают иммунокомпетентные клетки (лимфоциты и плазмоциты), включают их в иммунный процесс, распознают и уничтожают чужеродные вещества. **Антигены** — это вещества, которые несут признаки генетической чужеродности. При их попадании в организм развиваются специфические иммунологические реакции, в результате чего образуются нейтрализующие их защитные вещества — **антитела**, которые являются иммуноглобулинами (гуморальный иммунитет) или специфически реагирующими лимфоцитами (клеточный иммунитет). Т-лимфоциты осуществляют клеточный иммунитет, уничтожая чужеродные клетки. В-лимфоциты участвуют в гуморальном иммунитете, обеспечивают накопление плазматических клеток, синтезирующих антитела. Антитела связываются с антигенами, в результате чего поглощаются фагоцитами. Антитела специфичны. В настоящее время общепринята точка зрения, что каждый В-лимфоцит программируется в кроветворной ткани, а Т-лимфоцит — в корковом веществе тимуса. В результате программирования на плазмолемме появляются белки — рецепторы, комплементарные определенному антигену. Связывание антигена с рецептором приводит к пролиферации данной клетки и образованию множества потомков, которые реагируют только с данным антигеном.

Важнейшим свойством иммунной системы является иммунологическая память. В результате первой встречи запрограммированного лимфоцита с определенным антигеном образуется два вида клеток. Одни из них сразу выполняют свою функцию — секретируют антитела, другие представляют собой клетки памяти, циркулирующие в крови длительное время. В случае повторного поступления этого же антигена клетки памяти быстро превращаются в лимфоциты, вступающие в реакцию с антигеном. При каждом делении лимфоцита количество клеток памяти возрастает.

Кроме того, после встречи с антигеном Т-лимфоциты активируются, увеличиваются и дифференцируются в одну из пяти субпопуля-

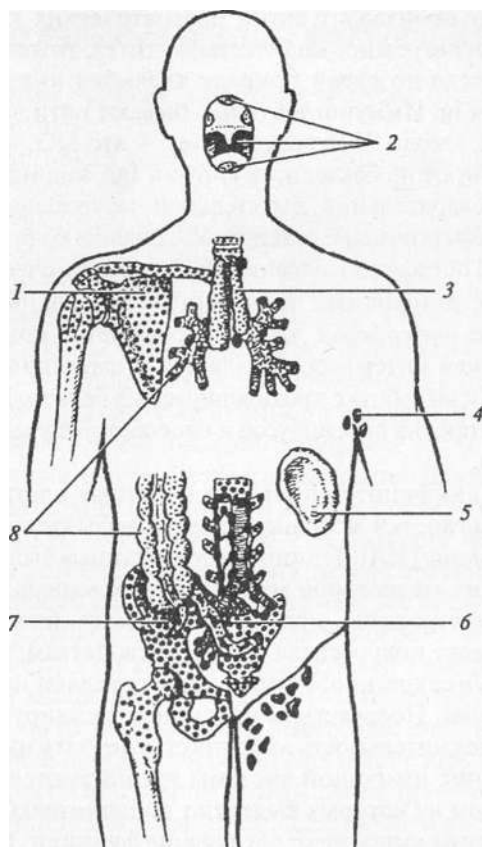


Рис. 43. Органы иммунной системы:

1 — костный мозг; 2 — миндалины лимфоидного глоточного кольца; 3 — тимус; 4 — лимфатические узлы (подмышечные); 5 — селезенка; 6 — лимфоидная (пейерова) бляшка; 7 — аппендикс; 8 — лимфоидные узелки.

ций, каждая из которых обуславливает определенный ответ. Т-киллеры (убийцы) при встрече с антигеном вызывают его гибель. Т-супрессоры подавляют иммунный ответ В-лимфоцитов и других Т-лимфоцитов на антигены. Для осуществления иммунного ответа В-лимфоцита на антиген необходима его кооперация с Т-хелпером (помощником). Но это взаимодействие возможно только при наличии макрофага — Е-клетки. При этом макрофаг передает антиген В-лимфоциту, который затем продуцирует плазматические клетки.

В-лимфоцит производит сотни плазматических клеток. Каждая такая клетка дает огромное количество антител, готовых уничтожить антиген. Антитела по своей природе являются *иммуноглобулинами* и обозначаются Ig. Иммуноглобулины бывают пяти видов: IgA, IgG, IgE, IgD и IgM. Около 15 % всех антител — это IgG, которые вместе с IgM воздействуют на бактерии и вирусы. IgA защищают слизистые оболочки пищеварительной, дыхательной, мочеполовой систем. IgE обеспечивают аллергические реакции. Увеличение количества IgM свидетельствует об остром заболевании, IgG — о хроническом процессе.

Кроме того, лимфоциты продуцируют лимфокины. Самый известный из них *интерферон*, который образуется под воздействием вируса. Функцией интерферона является стимуляция неинфицированных клеток к выработке противовирусных белков. Причем интерферон активен против всех вирусов и способствует увеличению числа Т-лимфоцитов.

Активация лимфоцитов приводит к синтезу клетками неспецифических биологически активных веществ, называемых *цитокинами*, или *интерлейкинами* (ИЛ). Термин «интерлейкины» был введен в 1979 г. для обозначения медиаторов межклеточных взаимодействий. Они различаются по строению, молекулярной массе, биологической активности, периоду полураспада и другим свойствам. Способностью продуцировать и секретировать цитокины обладают практически все клетки организма. Посредством цитокинов регулируются характер, глубина и продолжительность иммунного ответа и иммунного воспаления. Цитокины иммунной системы группируются в 4 основных класса, в каждом из которых выделяют дополнительные субклассы. Важнейшие из них выполняют следующие функции: ИЛ-1 влияет на созревание В-лимфоцитов и усиливает функцию нейтрофилов; ИЛ-2 непосредственно стимулирует плазмocyты к синтезу антител; ИЛ-4 изменяет противоопухолевую активность макрофагов; ИЛ-5 усиливает функциональную активность эозинофилов; ИЛ-8 является медиатором острой фазы воспалительной реакции и вызывает миграцию нейтрофилов в очаг воспаления; ИЛ-10 стимулирует дифференцировку В-лимфоцитов; ИЛ-12 стимулирует рост и дифференцировку Т-киллеров и увеличивает функциональную активность Т-хелперов. Именно интерлейкины ответственны за передачу антигенспецифического сигнала, без которого невозможен полноценный иммунный ответ.

Продолжительность жизни В-лимфоцитов составляет несколько недель, Т-лимфоцитов — 4-6 месяцев.

10.1. Центральные органы иммунной системы

К центральным органам иммунной системы относятся красный костный мозг и тимус.

Костный мозг. Масса костного мозга у взрослого человека составляет 2,5—3 кг (около 4,5 % массы тела). Около половины ее приходится на красный костный мозг, остальное количество — на желтый. Красный костный мозг состоит из стволовых кроветворных клеток, которые являются предшественниками всех клеток крови, и ретикулярной ткани, образующей каркас костного мозга. В его петлях находятся кровяные клетки крови разной зрелости, макрофаги и другие клетки. Костный мозг располагается в виде шнуров вокруг артериол, которые отделены друг от друга синусоидными капиллярами. В стенках этих капилляров образуются временные миграционные поры, через которые проходят созревшие клетки. Незрелые клетки попадают в кровь только при заболеваниях крови или мозга. В желтом костном мозге кровообразующие элементы отсутствуют, но при больших кровопотерях на месте желтого может опять появляться красный костный мозг. У новорожденного красный костный мозг занимает все костномозговые полости. Первые жировые клетки появляются через 1—6 месяцев после рождения. После 4-5 лет красный костный мозг в диафизах трубчатых костей начинает замещаться желтым. К 20-25 годам все костномозговые полости диафизов трубчатых костей полностью заполняются желтым костным мозгом. В плоских костях он составляет 50 % объема костного мозга. В старческом возрасте костный мозг приобретает слизеподобную консистенцию и называется желатиновым костным мозгом.

Тимус — второй центральный орган иммунной системы. В нем из стволовых клеток созревают и дифференцируются Т-лимфоциты. Стволовые клетки с током крови из мозга попадают в тимус, проходят ряд промежуточных стадий и превращаются в Т-лимфоциты. Последние поступают в кровь и лимфу и заселяют периферические органы иммунной системы (селезенку, лимфатические узлы). Тимус достигает максимальных размеров в период полового созревания (в это время его масса составляет 37 г). После 16 лет масса тимуса постепенно уменьшается: в 20 лет — 25 г, в 35 лет — 22 г. Полностью лимфоидная ткань тимуса не исчезает даже в старческом возрасте (после 50 лет она составляет 13 г). В тимусе рано появляется жировая ткань. Если у новорожденного соединительная ткань в тимусе составляет всего 7 %, то в 20 лет — 40 %, после 50 лет — до 90 %.

10.2. Периферические органы иммунной системы

К периферическим органам иммунной системы относятся миндалины, лимфоидные бляшки тонкой кишки, одиночные и групповые лимфоидные узелки, селезенка, лимфатические узлы.

Миндалины нёбные, трубные, язычная и глоточная расположены в области зева, корня языка и носоглотки, представляют собой скопления диффузной лимфоидной ткани и содержат небольшие плотные лимфоидные узелки — фолликулы, расположенные в собственной пластинке слизистой оболочки.

В толще слизистой и подслизистой оболочек пищеварительной и дыхательной систем имеются **одиночные лимфоидные узелки**. Они располагаются по всей длине указанных органов на разной глубине и разном расстоянии друг от друга. **Групповые лимфоидные узелки** есть в червеобразном отростке. Аппендикс содержит 450-550 лимфоидных узелков, они находятся в слизистой и подслизистой оболочках на всем протяжении этого органа, имеют размеры 0,2-1,2 мм и в середине содержат центры размножения. После 60 лет узелки в стенках аппендикса не встречаются. Групповые лимфоидные узелки (пейеровы бляшки) располагаются в стенках подвздошной кишки, имеют вид плоских бляшек округлой формы, выступающих в просвет кишки. В детском возрасте их около 50, в 16-17 лет — 33-37. После 40 лет их количество не более 20, а после 60 лет — 16. Образованы они одиночными узелками с прослойками из тонких пучков соединительнотканых волокон.

Селезенка располагается в брюшной полости, в левом подреберье, на уровне IX—XI ребер. Масса ее в среднем колеблется от 150 до 200 г. Она имеет форму уплощенной и удлинённой полусферы. На внутренней поверхности находятся ворота селезенки, через которые входят артерии и нервы, а выходят вены. Селезенка покрыта фиброзной капсулой, которая срастается с брюшиной. От капсулы внутрь отходят трабекулы, между которыми располагается паренхима — пульпа белая и красная. **Белая пульпа** — типичная лимфоидная ткань, из которой состоят периартериальные лимфоидные муфты и лимфоидные узелки. Лимфоидные узелки лежат вдалеке от сосудов и имеют центры размножения с молодыми делящимися клетками. Периартериальные лимфоидные муфты окружают артериальные сосуды пульпы.

Они представляют собой ретикулярную ткань, заполненную лимфоцитами и макрофагами. *Красная пульпа* занимает 75—80 % массы селезенки. Она состоит из ретикулярной ткани, в петлях которой находятся лейкоциты, макрофаги, эритроциты. Эти клетки образуют селезеночные тяжи, между ними располагаются венозные синусы. Здесь также представлены сосуды типа капилляров с окружающими их макрофагально-лимфоидными муфтами (эллипсоидами). Эти муфты состоят из плотно лежащих ретикулярных клеток и волокон, макрофагов и лимфоцитов.

Лимфатические узлы также являются органами иммунной системы и лежат на пути следования лимфы от органов и тканей к лимфатическим протокам и стволам. Лимфатические узлы располагаются группами по два и более. В корковом веществе находятся лимфоидные узелки диаметром 0,5—1 мм, которые представляют собой скопления Т-лимфоцитов. Кнутри от узелков, на границе с мозговым веществом, находится полоса лимфоидной ткани (околор корковое вещество), содержащая Т-лимфоциты. В мозговом веществе, так же как и в лимфоидных узелках коркового вещества, располагаются В-лимфоциты, а также плазматические клетки и макрофаги. В петлях ретикулярной ткани задерживаются поступающие с лимфой инородные частицы, микроорганизмы, опухолевые клетки. В ткани узла откладываются частицы пыли, уничтожаются остатки разрушенных клеток. Опухолевые клетки могут дать метастаз — вторичную опухоль.

10.3. Иммуитет

Иммунная система обеспечивает специфическую сопротивляемость организма, т.е. иммунитет — сложное состояние организма, зависящее от его морфологических и функциональных свойств. В организме человека одновременно работают три иммунные системы, различающиеся своими возможностями и механизмом действия. Это специфические защитные механизмы, неспецифические гуморальные защитные механизмы и неспецифические клеточные защитные механизмы.

Специфическая иммунная система является наиболее мощной и эффективной. При проникновении в организм антигена клетки специфической иммунной системы начинают вырабатывать антитела и антитоксины, которые соединяются с антигенами и нейтрализуют их

вредное влияние на организм. Антитела, или иммунные тела, представляют собой циркулирующие в крови белковые вещества (иммуноглобулины), образующиеся в организме под воздействием попавших в него чужеродных тел (бактерий, вирусов, белковых частиц и др.), называемых антигенами. Антитоксины — это антитела, синтезирующиеся в организме при его отравлении токсинами (ядовитыми веществами, образующимися в патогенных микроорганизмах).

Становление механизмов специфического иммунитета связано с формированием лимфоидной системы, дифференцировкой Т- и В-лимфоцитов, которая начинается с 12-й недели внутриутробной жизни. У новорожденных содержание Т- и В-лимфоцитов в крови выше, чем у взрослого, но они менее активны, поэтому основное значение имеет пассивный иммунитет, представленный антителами, попадающими в кровь ребенка от матери через плаценту до рождения и периодически поступающими с материнским молоком. Собственная иммунная система начинает функционировать с началом развития микрофлоры в желудочно-кишечном тракте ребенка. Микробные антигены являются стимуляторами иммунной системы организма новорожденного. Примерно со 2-й недели жизни организм начинает выработку собственных антител. В первые 3-6 месяцев после рождения разрушается материнская и созревает собственная иммунная система. Низкое содержание иммуноглобулинов в течение первого года жизни объясняет легкую восприимчивость детей к различным заболеваниям. Только ко 2-му году организм ребенка обретает способность вырабатывать достаточное количество антител. Иммунная защита достигает максимума на 10-м году. В дальнейшем напряженность иммунитета держится на постоянном уровне и начинает снижаться после 40 лет.

Неспецифические гуморальные факторы защиты. Наряду со специфической сопротивляемостью организма существует неспецифическая, обусловленная многими факторами, к которым относятся:

- непроницаемость кожного покрова и слизистых оболочек для микроорганизмов;
- бактерицидные вещества в слюне (лизоцим), слезной жидкости, крови, спинномозговой жидкости;
- выделение вирусов почками;
- макрофаги и микрофаги;
- гидролитические ферменты;

- лимфокины;
- система комплемента.

Отличие неспецифических защитных факторов от специфических заключается в следующем: специфические начинают действовать после первичного контакта с антигеном, неспецифические — обеззараживают даже вещества, с которыми организм ранее не встречался.

Все неспецифические факторы, за исключением системы комплемента, были нами рассмотрены ранее. *Система комплемента* представляет собой группу белков, которые циркулируют в крови. В обычных условиях они неактивны, при осуществлении защитных реакций активируются и функционируют скоординированно. Один из белков комплемента присоединяется к бактерии, к нему присоединяется второй, ко второму — третий и т.д. Потом белки комплемента нарушают целостность клеточной стенки бактерии, что приводит к ее гибели. Кроме того, факторы комплемента: связываются с комплексом антиген—антитело, в результате чего происходит разрушение антигена; разрушают молекулярную структуру антигена, изменяют его поверхность, вследствие чего антигены склеиваются; стимулируют приток нейтрофилов и макрофагов в очаг поражения (нейтрофилы уничтожают от 5 до 20 инородных тел, макрофаги — до 100).

Неспецифические клеточные защитные механизмы. Осуществляются с помощью специальных клеток — лейкоцитов и макрофагов, способных к фагоцитозу, т.е. уничтожению болезнетворных агентов и комплексов антиген-антитело. Фагоцитоз впервые был описан И.И. Мечниковым в 1886 г. У человека фагоцитарную роль выполняют нейтрофилы и моноциты. Как только в организм попадают чужеродные частицы, к месту их внедрения направляются находящиеся поблизости лейкоциты, при этом скорость некоторых из них может достигать почти 2 мм/ч. Приблизившись к чужеродной частице, лейкоциты обволакивают ее, втягивают внутрь протоплазмы и затем переваривают с помощью специальных пищеварительных ферментов. Многие из лейкоцитов при этом гибнут, и из них образуется гной. При распаде погибших лейкоцитов выделяются также вещества, вызывающие в ткани воспалительный процесс, сопровождающийся неприятными и болевыми ощущениями. Вещества, обуславливающие воспалительную реакцию организма, способны активировать все защитные силы организма: к месту внедрения чужеродного тела направляются лейкоциты из самых отдаленных частей тела.

10.4. Развитие иммунитета в онтогенезе

В отличие от системы специфического иммунитета факторы неспецифической защиты у новорожденных выражены хорошо. Они формируются раньше специфических и берут на себя основную функцию защиты организма плода и новорожденного. В околоплодных водах и в крови плода отмечается высокая активность лизоцима, которая сохраняется до рождения ребенка, а затем снижается. Способность к образованию интерферона сразу после рождения высока, на протяжении года она снижается, но с возрастом постепенно увеличивается и достигает максимума к 12-18 годам.

Новорожденный получает от матери значительное количество гамма-глобулинов. Эта неспецифическая защита оказывается достаточной при первоначальном столкновении организма с микрофлорой окружающей среды. К тому же у новорожденного отмечается «физиологический лейкоцитоз» — количество лейкоцитов в 2 раза выше, чем у взрослого, как естественная подготовка организма к новым условиям существования. Однако многочисленные лимфоциты новорожденных представлены незрелыми формами и не способны синтезировать необходимое количество глобулинов и интерферона. Фагоциты тоже недостаточно активны. В результате этого детский организм отвечает на проникновение микроорганизмов генерализованным воспалением. Часто такую реакцию вызывает бытовая микрофлора, безопасная для взрослого. В организме новорожденного специфические иммунные системы не сформированы, иммунной памяти нет, неспецифические механизмы тоже еще не созрели. Поэтому столь важно кормление материнским молоком, в котором содержатся иммунореактивные вещества. В возрасте от 3 до 6 месяцев иммунная система ребенка уже реагирует на вторжение микроорганизмов, но практически не формируется иммунная память. В это время неэффективны прививки, заболевание не оставляет после себя стойкого иммунитета. Второй год жизни ребенка выделяется как «критический» период в развитии иммунитета. В этом возрасте расширяются возможности и повышается эффективность иммунных реакций, однако система местного иммунитета еще недостаточно развита и дети чувствительны к респираторным вирусным инфекциям. В возрасте 5-6 лет созревает неспецифический клеточный иммунитет. Формирование собственной системы неспецифической гуморальной иммунной защиты завершается на 7-м году жизни, в результате чего заболеваемость респираторными вирусными инфекциями снижается.

ГОРМОНАЛЬНАЯ РЕГУЛЯЦИЯ ФУНКЦИИ ОРГАНИЗМА И ЕЕ ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ

11.1. Особенности гормональной регуляции функций

Регуляция функций в организме человека осуществляется нервным и гуморальным путем. Нервная регуляция обусловлена скоростью проведения нервного импульса, гуморальная — скоростью движения крови по сосудам или скоростью диффузии молекул химических веществ в межклеточную жидкость. Нервная регуляция более быстрая, поэтому она является ведущей в организме, но и у нее есть свои недостатки. Нервный импульс приводит лишь к кратковременному изменению поляризации мембраны клетки. Для длительного воздействия нервные импульсы должны поступать один за другим, что приводит к утомлению нервных центров, в результате чего нервное влияние ослабевает. При гуморальном воздействии информация поступает ко всем клеткам, хотя воспринимается лишь той клеткой, которая имеет специализированный рецептор. Информационная молекула, достигнув такой клетки, прикрепляется к ее мембране, изменяет ее свойства и остается там до тех пор, пока не достигается ожидаемый результат, после чего специальные механизмы разрушают эту молекулу. Таким образом, если управляющее влияние должно быть срочным и кратковременным — преимущество за нервной регуляцией, а если продолжительным — за гуморальной. Поэтому в организме существуют и нервный, и гуморальный способы регуляции, которые действуют согласованно в зависимости от условий.

Среди биологически активных веществ для физиологической регуляции функций организма наиболее важны медиаторы, гормоны, ферменты и витамины. **Медиаторы** представлены веществами небелковой природы, которые выделяются окончаниями нервных клеток в результате прохождения нервного импульса. Чаще всего в качестве медиатора выступают ацетилхолин, адреналин, норадреналин, дофамин и гамма-аминомасляная кислота. После прекращения действия

медиатор разрушается специальным ферментом. Истощение запасов медиатора в пресинаптической мембране может служить причиной нарушения проведения нервного импульса. **Гормоны** представляют собой высокомолекулярные вещества, вырабатываемые железами внутренней секреции для управления активностью других гормонов и систем органов. Гормоны могут быть двух типов: прямого действия и тропными. Гормоны прямого действия непосредственно воздействуют на соматические клетки, изменяя их метаболизм и функциональную активность. Тропные гормоны воздействуют на железы внутренней секреции, ускоряя или замедляя выработку собственных гормонов, которые уже в свою очередь действуют на соматические клетки. **Ферменты** — это вещества, влияющие на скорость биохимических реакций внутри клетки и в полостях тела. **Витамины** непосредственно воздействуют на метаболические процессы клетки.

В последнее время открыты новые классы веществ, которые обладают высокой биологической активностью и участвуют в регуляции физиологических функций и поведения человека. Например, эндорфины, выполняющие функции внутреннего наркотика для создания ощущения радости и удовлетворенности при психических переживаниях и активной деятельности (занятиях спортом), феромоны, обладающие сильным ароматом и играющие важную роль в межличностном общении и половом поведении.

Многие органы, не будучи железами внутренней секреции, имеют в своем составе железистые клетки, которые продуцируют небольшое количество гормонов, влияющих на самочувствие. Такие гормоны вырабатываются в почках, желудке, сердце и других органах. Еще один класс биологически активных веществ, вырабатываемых нежелезистыми клетками большинства органов, — тканевые гормоны, которые в отличие от истинных гормонов выделяются не в кровь, а в межклеточную жидкость. Эти вещества передают соседним клеткам и тканям информацию о состоянии клеток, в которых они синтезируются. Такой взаимный обмен информацией между клетками и тканями позволяет им согласовывать метаболическую активность и поддерживать гомеостаз.

Действие биологически активных веществ на клетки и ткани зависит от их химической природы. Тиреоидные гормоны легко проникают через клеточную мембрану и направляются в ядро, где включаются в регуляцию активности генов. Стероидные гормоны тоже проникают через мембрану, но благодаря взаимодействию с мембранными

рецепторами. Катехоламины внутрь клетки не проникают, а химически связываются с мембранными рецепторами. Многие гормоны являются крупными белковыми молекулами, которые не могут проникнуть внутрь клетки. Они прикрепляются к клеточным мембранам, изменяют их проницаемость и таким образом влияют на внутриклеточный метаболизм. Витамины в большинстве случаев являются молекулами небольших размеров, проникают через клеточную мембрану и встраиваются во внутриклеточные биохимические процессы. Ферменты, как многие гормоны, не способны проникать внутрь клетки, они циркулируют в крови или в межклеточной жидкости, где и оказывают свое каталитическое действие.

Молекулы биологически активных веществ имеют определенный срок жизни, после которого утилизируются. Крупные информационные макромолекулы существуют от нескольких минут до нескольких часов, молекулы средних размеров — в течение суток, а мелкие молекулы — в течение нескольких суток.

Биологически активные вещества влияют не на все клетки, а только на клетки-мишени, на мембранах которых есть специальные активные места — рецепторы. Последние механически и химически приспособлены для соединения и удержания молекулы гормона. Если рецепторы отсутствуют, гормон не может прикрепиться к мембране и никакого действия на метаболизм клетки не оказывает.

Скорость образования гормонов обусловлена влиянием нервных центров, управляющих соответствующей железой, и других желез внутренней секреции. Секреция гормонов зависит также от возраста. Например, гипофиз вырабатывает гормон роста в наибольшем количестве у детей в период интенсивного роста костей. По скорости продукции гормоны делятся на две группы: долговременные и адаптивные, или гормоны быстрого реагирования. Продукция гормонов первой группы меняется плавно и подолгу остается на одном уровне. Эти гормоны определяют уровень метаболизма в долговременном плане (гормон роста, тироксин, паратгормон, половые железы). Адаптивные гормоны выбрасываются в кровь в результате резкого изменения ситуации в течение нескольких минут или секунд (адреналин).

Кроме изменения скорости продукции гормона в организме меняется и чувствительность органов-мишеней. Чем больше количество активных мест на мембране клетки для прикрепления молекул гормона, тем выше чувствительность данной ткани к гормону. Иногда уровень гормона в крови высок, но чувствительность органов-мишеней

низкая и реальное физиологическое действие гормона не проявляется. Например, у детей первого года жизни содержание половых гормонов высокое, но клетки половых желез еще не приспособлены к взаимодействию с молекулами гормонов, поэтому процесс полового созревания не происходит.

Нервная и гуморальная системы регуляции объединяются в головном мозге на уровне гипоталамуса — образования, которое является и нервной мозговой структурой, и эндокринной железой. Его нервные клетки соединены с центрами головного мозга, управляющими деятельностью всех внутренних органов. Но эти же клетки вырабатывают биологически активные вещества гормонального типа — нейропептиды — для регуляции активности гипофиза, называемые *рилизинг-факторами*, или либеридами. При их поступлении в гипофиз его железистые клетки выбрасывают накопленные ими гормоны в кровяное русло, и механизм эндокринной регуляции начинает действовать. Кроме того, в гипоталамусе вырабатываются *статины* — вещества, тормозящие высвобождение гормонов клетками гипофиза. Секреторные клетки гипофиза лишены собственной иннервации, поэтому его активность регулируется только с помощью химических веществ гипоталамуса.

В настоящее время установлено, что нервные клетки во многих отделах головного мозга, а не только гипоталамуса, способны вырабатывать нейропептиды. Среди последних были обнаружены и давно известные гормоны и неизвестные вещества, например эндорфины и энкефалины, влияющие на активность нервных центров и формирующие настроение человека. Кроме того, было установлено, что в каждой ткани есть клетки, выполняющие гормональные функции. Они выбрасывают гормоны, необходимые для регуляции процессов, происходящих в этих же тканях. В результате была сформулирована концепция диффузной нейроэндокринной системы. Ее смысл состоит в том, что одни и те же вещества — нейропептиды или гормоны — могут вырабатываться как железистыми, так и нервными клетками. Такая двойная продукция гормонов обеспечивает двойной контроль и совмещение нервного и гуморального воздействия.

11.2. Классификация желез

Органы, специально предназначенные для выработки биологически активных веществ, называются железами. Железы, выделяющие свои секреты в кровь или лимфу, относятся к железам внутренней

секреции (эндокринным), на поверхность кожи или в одну из полостей — к железам внешней секреции (экзокринным).

Эндокринные железы (надпочечники, гипофиз, поджелудочная, щитовидная, паращитовидная, половые и другие железы) участвуют в регуляции физиологических функций и гомеостаза (рис. 44). Их гормоны действуют на клетки и ткани других органов. Экзокринные железы участвуют в регуляции межвидовых или внутривидовых взаимоотношений, так как их секрет воздействует информационно или метаболически на другие организмы (сальные, потовые, слезные, половые и некоторые другие железы). Некоторые железы выполняют и эндокринную, и экзокринную функции (поджелудочная, половые железы).

Эндокринология — наука о железах внутренней секреции, не имеющих выводных протоков и выделяющих секрет в кровь и лимфу.

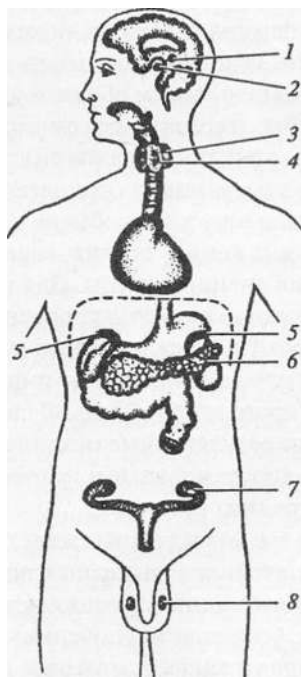


Рис. 44. Эндокринные железы в теле человека:

1 — эпифиз; 2 — гипофиз; 3 — паращитовидная железа; 4 — щитовидная железа;
5 — надпочечники; 6 — панкреатические островки; 7 — яичник; 8 — яичко

Началом изучения строения и функций желез внутренней секреции считается 1849 г. и работы немецкого физиолога А. Бертольда. Эти железы вырабатывают и выбрасывают в кровь специфические вещества, которые английские физиологи У. Бейлисс и Э. Старлинг назвали гормонами. Гормоны являются биологически активными веществами различной химической природы. В настоящее время изучено около 30 гормонов, и все они имеют общие свойства. Во-первых, физиологический эффект вызывается минимальным количеством гормона. Во-вторых, гормоны отличаются избирательностью действия, т.е. они действуют на орган — мишень для данного гормона. В-третьих, они неустойчивы и быстро разрушаются в организме.

Гормоны вызывают изменение функций органов различными путями. Они выполняют роль переносчиков информации, передавая сигналы о происходящих изменениях от данного органа к другому. Кроме того, гормоны действуют путем ограничения амплитуды колебаний того или другого физиологического показателя. При этом обычно участвуют два гормона. Один из них «следит» за верхней, другой — за нижней границей показателя, таким образом удерживая его в физиологических границах. Эти гормоны называются регуляторами-ограничителями (например, инсулин и глюкагон).

Гормоны действуют по принципу отрицательной обратной связи. Они участвуют в регуляции гомеостаза, обмена веществ, влияют на рост, дифференцировку, размножение, обеспечивают ответную реакцию организма на изменения внешней среды. Для всех желез внутренней секреции характерно хорошо развитое кровоснабжение и лимфоток, что способствует быстрому попаданию гормонов в кровь и лимфу.

Высшим центром регуляции эндокринных функций является гипоталамус, в состав которого входит более 30 пар ядер. Он объединяет нервные и эндокринные регуляторные механизмы в общую нейроэндокринную систему, кодирует нервные и гуморальные механизмы регуляции функций внутренних органов.

По происхождению все эндокринные железы делятся на три группы: энтодермальные (щитовидная и паращитовидные железы, вилочковая железа, островковый аппарат поджелудочной железы), мезодермальные (корковое вещество надпочечников, половые железы), эктодермальные (гипофиз и эпифиз, мозговое вещество надпочечников, параганглии и клетки диффузной эндокринной системы). Кроме того, эндокринные железы делятся на зависимые и независимые от передней доли гипофиза. К первым относятся щитовидная железа,

корковое вещество надпочечников, половые железы. Остальные железы (мозговое вещество надпочечников, паращитовидные железы, панкреатические островки поджелудочной железы, параганглии) не подчинены непосредственному влиянию передней доли гипофиза. К железам внутренней секреции относят также одиночные гормонообразующие клетки (диффузная эндокринная система).

11.3. Строение и функции желез внутренней секреции

Гипофиз

Гипофиз является важнейшей железой внутренней секреции. Располагается он в гипофизарной ямке турецкого седла клиновидной кости. Отросток твердой мозговой оболочки — диафрагма седла — отделяет гипофиз от полости черепа. Воронка соединяет гипофиз с гипоталамусом. Снаружи гипофиз покрыт соединительнотканной капсулой. Размеры его (10-17) x 16 x (5-10) мм, масса у мужчин около 0,5—0,6 г, у женщин 0,6—0,7 г. Будучи анатомически единым, гипофиз делится на две доли. Передняя доля (аденогипофиз) крупнее (70-80 % всей массы гипофиза) и состоит из дистальной, бугорной и промежуточной частей. В задней доле (нейрогипофиз) различают нервную часть и воронку.

Функции, выполняемые гипофизом, обуславливают особенности его кровоснабжения. Нижние гипофизарные артерии отходят от внутренних сонных артерий, верхние — от сосудов артериального круга. Верхние гипофизарные артерии направляются к серому бугру и воронке, где анастомозируют между собой и распадаются на капилляры, проникающие в ткань (первичная гемокапиллярная сеть), на них-то и заканчиваются разветвления аксонов нейросекреторных клеток гипоталамуса, образуя синапсы. Здесь нейросекрет выделяется в кровь. Из длинных и коротких петель этой сети формируются воротные вены, которые идут по бугорковой части к передней доле гипофиза, где переходят в широкие синусоидные капилляры, образующие вторичную гемокапиллярную сеть, оплетающую группы секреторных клеток. Капилляры вторичной сети, сливаясь, образуют выносящие вены, по которым кровь (с гормонами передней доли) выносится из гипофиза. Задняя доля гипофиза кровоснабжается преимущественно за счет

нижних гипофизарных артерий. Между верхними и нижними гипофизарными артериями имеются длинные артериальные анастомозы.

Передняя доля гипофиза образована эпителиальными перекладками, между которыми располагаются синусоидные капилляры. Одни клетки крупные и хорошо окрашиваются — это хромофильные аденоциты, другие мелкие и слабо окрашиваются — хромофобные аденоциты. Среди хромофильных различают ацидофильные клетки — округлые клетки средних размеров, в цитоплазме которых множество крупных гранул, а также крупные базофильные клетки, богатые глюкопротеидными включениями. Узкая промежуточная часть образована многослойным эпителием, среди клеток которого находятся пузырьки (псевдофолликулы). Задняя доля образована питуицитами, мелкими многоотростчатыми клетками и нервными волокнами, аксонами клеток супраоптического и паравентрикулярного ядер гипоталамуса, разветвления которых оканчиваются на капиллярах задней доли.

В передней доле гипофиза вырабатываются следующие гормоны: соматотропин (соматотропный гормон, или гормон роста), аденокортикотропный гормон, тиреотропин (тиреотропный гормон), гонадотропные гормоны (фолликулотропин, лютеотропин), лактогенный гормон (пролактин), меланоцитостимулирующий гормон (меланоцитотропин). Тропные гормоны регулируют секрецию гормонов гипофизозависимых желез по принципу обратной связи: при снижении концентрации определенного гормона в крови соответствующие клетки передней доли гипофиза выделяют тропный гормон, который стимулирует образование гормона именно этой железой. И наоборот, повышение содержания гормона в крови является сигналом для клеток гипофиза, которые отвечают замедлением секреции. В промежуточной части передней доли гипофиза вырабатываются липотропные факторы гипофиза, оказывающие влияние на мобилизацию и утилизацию жиров в организме. Нейросекреторные клетки ядер гипоталамуса вырабатывают вазопрессин и окситоцин, которые по разветвлениям аксонов клеток транспортируются в заднюю долю гипофиза, откуда разносятся кровью. Масса гипофиза у новорожденного — 0,12 г, в 10 лет — 0,25 г, а к 15 годам — 0,4 г. Максимального развития она достигает к 20 годам, а после 60 лет уменьшается.

Гормон роста секретируется не постоянно, а периодически, 3-4 раза в день. Секреция его увеличивается во время голодания, тяжелой мышечной работы, глубокого сна (дети растут во сне). С возрастом она уменьшается, но сохраняется в течение всей жизни. У взрослых лю-

дей масса и число клеток не увеличиваются, но отработавшие клетки заменяются новыми. Гормон роста оказывает двойное воздействие на клетки организма: в клетках усиливается распад накопленных углеводов и жиров, а также их мобилизация для энергетического и пластического обмена, под влиянием выработанных печенью соматомединов усиливается рост костей, синтез белка и деление клеток. Гипосекреция гормона роста приводит к карликовости при сохранении нормального телосложения. Гиперсекреция гормона роста приводит к гигантизму. Если гиперсекреция начинается у взрослого человека после окончания процесса роста, развивается акромегалия. При этом непропорционально удлиняются конечности, кисти и стопы, нос, подбородок, язык и пищеварительные органы. Гормон роста начинает синтезироваться в гипофизе на 12-й неделе внутриутробного развития, а после 30-й недели его концентрация в крови плода в 40 раз выше, чем у взрослого человека. К моменту рождения она падает в 10 раз, но все равно остается очень высокой. До 7 лет уровень гормона роста в 2 раза выше, чем у взрослого человека, а затем начинает уменьшаться. Новое повышение его концентрации отмечается после 13 лет, достигая максимума к 15 годам, а к 20 годам она устанавливается на уровне взрослого человека.

Адренокортикотропный гормон стимулирует функции клеток коркового вещества надпочечников, выделение кортикостероидов. Секреция его усиливается при различных эмоциональных состояниях.

Тиреотропный гормон усиливает выделение гормонов щитовидной железы.

Гонадотропные гормоны стимулируют функции половых желез. Фолликулотропин влияет на развитие фолликулов в яичниках, а в мужском организме — на образование сперматозоидов и развитие предстательной железы. Лютеотропин стимулирует секрецию андрогенов и эстрогенов.

Пролактин увеличивает продукцию прогестерона в желтом теле яичника и лактацию (продукцию молока).

Меланоцитотропин обуславливает окраску кожных покровов. Под его влиянием зерна меланина распределяются по всему объему кожных клеток. Пигментные пятна беременности и усиленная пигментация кожи стариков возникают в результате гиперфункции промежуточной доли гипофиза.

Вазопрессин участвует в регуляции мочеобразования, усиливая обратное всасывание воды из первичной мочи. При недостатке его

в крови возникает так называемый несахарный диабет. Человек теряет огромное количество воды (до 20 л), что приводит к обезвоживанию организма. Вазопрессин обеспечивает водно-солевой гомеостаз организма.

Окситоцин стимулирует гладкую мускулатуру матки во время родов и секрецию молока.

Щитовидная железа

Щитовидная железа расположена на шее впереди гортани (см. рис. 44). В ней различают две доли и перешеек, который лежит на уровне дуги перстневидного хряща, а иногда I—III хрящей трахеи. Щитовидная железа как бы охватывает гортань спереди и с боков. Масса железы взрослого человека составляет 20–30 г. Снаружи железа покрыта соединительнотканной капсулой, которая довольно прочно сращена с гортанью. От капсулы внутрь железы отходят слабо выраженные перегородки — трабекулы. Паренхима железы состоит из пузырьков — фолликулов, являющихся структурными и функциональными единицами. Стенка фолликула образована одним слоем тироцитов, лежащих на базальной мембране. Форма тироцита зависит от его функционального состояния. Каждый фолликул оплетается густой сетью кровеносных и лимфатических капилляров, в полости фолликула содержится густой вязкий коллоид щитовидной железы.

Щитовидная железа продуцирует гормоны, богатые йодом, — *тетрайодтиронин (тироксин)* и *трийодтиронин*. Они стимулируют окислительные процессы в клетке и влияют на водный, белковый, углеводный, жировой, минеральный обмен, рост, развитие и дифференцировку тканей. В стенках фолликулов между тироцитами и базальной мембраной, а также между фолликулами имеются более крупные светлые парафолликулярные клетки (их верхушка не достигает просвета фолликула), продуцирующие гормон тиреокальцитонин, который участвует в регуляции обмена кальция и фосфора (тормозит резорбцию кальция из костей и уменьшает содержание кальция в крови). К концу первого года жизни железа весит около 1 г, к периоду полового созревания ее масса достигает 14 г, а к 20 годам — 30 г, в пожилом возрасте несколько снижается.

При гиперфункции щитовидной железы (гипертиреоз) расходуются больше белков, жиров и углеводов — человек потребляет больше пищи и в то же время худеет. При этом тратится больше энергии, что обуславливает быструю утомляемость и истощение организма. Гипертиреоз

приводит к базедовой болезни, которая сопровождается увеличением щитовидной железы, появлением зоба, учащением сердцебиения, раздражительностью, потливостью, бессонницей. При пониженной функции щитовидной железы (гипотиреозе) у детей тормозится физическое, психическое развитие, снижаются умственные способности, задерживается половое созревание. У взрослых людей гипотиреоз сопровождается микседемой, при которой развивается быстрая утомляемость, появляется сухость кожи и ломкость костей. Отекает подкожная клетчатка, в результате чего лицо и другие части тела становятся одутловатыми. При недостатке в пище и воде йода, который входит в состав гормонов щитовидной железы, развивается эндемический зоб. Ткань щитовидной железы разрастается, однако продукция гормонов не возрастает, так как для их синтеза не хватает йода. У человека при этом на шее видна увеличенная железа — «зоб» и развивается состояние, характерное для гипотиреоза.

При эндемическом зобе йод вводят дополнительно в рацион: в поваренную соль и в виде морских водорослей и других морепродуктов. В последние десятилетия в Беларуси выявляется большое количество нарушений функции щитовидной железы в связи с ухудшением экологической обстановки.

Как уже говорилось, гормоны щитовидной железы обеспечивают умственное, физическое и половое развитие ребенка. Недостаток их, особенно в возрасте 3-6 лет, вызывает слабоумие — кретинизм. Активность щитовидной железы увеличивается в период полового созревания, что выражается в повышенной возбудимости нервной системы. В период 21-30 лет наблюдается снижение активности щитовидной железы.

Роль тиреокальцитонина особенно велика в период раннего онтогенеза, что связано с усиленным ростом скелета. К старости производство этого гормона снижается, что является одной из причин повышения хрупкости костей.

Паращитовидные железы

Паращитовидные железы массой 0,1—0,35 г в количестве 2-8 располагаются на задней поверхности щитовидной железы (см. рис. 44). Сверху железа покрыта соединительнотканной капсулой, от которой внутрь отходят прослойки. Клетки железы продуцируют паратгормон, регулирующий уровень кальция и фосфора в крови и влияющий на возбудимость нервной и мышечной системы. Гормон действует на

костную ткань, вызывая усиление функции остеокластов. У новорожденного паращитовидные железы весят 6-9 мг, к году их масса увеличивается в 3-4 раза, к 5 годам — еще удваивается, а к 10 годам — утраивается. В 20 лет масса желез достигает 120—140 мг. У женщин она всегда больше, чем у мужчин.

При гипофункции паращитовидных желез снижается содержание кальция в крови и увеличивается количество калия, что вызывает повышенную возбудимость нервной системы, появление судорог. При недостатке кальция в крови он вымывается из костей, в результате чего кости становятся более гибкими, т.е. происходит их размягчение. При гиперфункции паращитовидных желез кальций откладывается не только в костях, но и в стенках кровеносных сосудов, в почках.

Максимальная активность желез наблюдается в первые два года жизни и сохраняется высокой до 7 лет. Недостаточная продукция этого гормона у детей сопровождается разрушением зубов, выпадением волос, а избыточная — повышенным окостенением.

Надпочечник

Будучи анатомически единым, надпочечник, или надпочечная железа, по существу состоит из двух желез, представленных корковым и мозговым веществом. Корковое вещество развивается из мезодермы, мозговое вещество имеет эктодермальное происхождение. Зачаток мозгового вещества внедряется в зачаток коркового, в результате чего образуется единый надпочечник. Надпочечная железа напоминает по форме уплощенную пирамиду со слегка закругленной вершиной. В надпочечнике различают переднюю, заднюю и почечную поверхности, последняя прилежит к верхнему концу почки. Надпочечники располагаются забрюшинно в толще околопочечного жирового тела на уровне XI—XII грудных позвонков, причем правый лежит несколько ниже левого. Масса одного надпочечника у взрослого человека около 12-13 г, размеры (40-60) x (20-30) x (2-6) мм. На передней поверхности каждого надпочечника видны ворота, через которые выходит центральная вена органа. Надпочечник покрыт соединительнотканной капсулой, от которой в глубь железы отходят тонкие прослойки, разделяющие его корковое вещество на множество эпителиальных тяжей, окутанных густой сетью капилляров.

В *корковом веществе* различают клубочковую (наружную), пучковую (среднюю) и сетчатую (на границе с мозговым веществом) зоны. Клубочковая зона образована мелкими клетками, расположенными

в виде клубочков. Самая широкая часть коры представлена пучковой зоной. Она сформирована крупными светлыми клетками (заполненными каплями липидов) и длинными тяжами, ориентированными перпендикулярно к поверхности органа. В сетчатой зоне мелкие клетки образуют небольших размеров скопления. Указанные зоны достаточно четко отделены друг от друга анатомически и вырабатывают различные гормоны: клубочковая — минералокортикоиды (альдостерон), пучковая — глюкокортикоиды (гидрокортизон, кортизон и кортикостерон), сетчатая — андрогены, эстрогены и прогестерон.

Минералокортикоиды участвуют в регуляции натриевого и водного обмена. Альдостерон усиливает реабсорбцию натрия в почках, слюнных железах, желудочно-кишечном тракте и тем самым задерживает его в организме, а также изменяет проницаемость клеточных мембран для натрия и калия. При недостаточной продукции минералокортикоидов реабсорбция натрия и хлора уменьшается, организм теряет большое количество воды, что может привести к обезвоживанию и смерти.

Глюкокортикоиды влияют на белковый и углеводный обмен, что приводит к повышению уровня глюкозы в крови и гликогена в печени, скелетных мышцах и миокарде. Под влиянием этих гормонов процессы расщепления белков преобладают над их синтезом. Глюкокортикоиды поддерживают нормальную функцию почек, ускоряя образование первичной мочи в почечных клубочках; снижают воспалительные и аллергические процессы, в связи с чем их называют противоспалительными гормонами; повышают устойчивость организма к неблагоприятным условиям окружающей среды. Недостаток их снижает сопротивляемость организма к различным заболеваниям и способствует более тяжелому их течению. Основной глюкокортикоидный гормон — кортизол (гидрокортизон). Кортикостерон и кортизон — промежуточные продукты синтеза кортикоидных гормонов, причем кортикостерон является предшественником альдостерона.

Андрогены и эстрогены сетчатой зоны надпочечников оказывают действие, аналогичное действию гормонов половых желез.

Мозговое вещество надпочечников образовано скоплениями крупных округлых или многоугольных клеток, разделенных синусоидными капиллярами. Различают два вида клеток: эпинефроциты, вырабатывающие адреналин, и норэпинефроциты, вырабатывающие норадреналин. Мозговое вещество продуцирует небольшое количество данных гормонов и лишь при воздействии на организм сильных раздражителей

секреция их резко усиливается. *Адреналин* повышает систолическое артериальное давление и минутный объем сердца, ускоряет частоту сердечных сокращений, расширяет коронарные сосуды и резко суживает кожные, увеличивает кровоток в печени, скелетных мышцах и мозге, повышает уровень сахара в крови, усиливает распад жиров. *Норадреналин* в основном также влияет на организм, оказывая противоположное действие лишь на некоторые функции. Так, например, норадреналин замедляет частоту сердечных сокращений, снижает минутный объем сердца. Адреналин способствует повышению возбудимости нервной системы, сетчатки глаза, органов слуха и равновесия. При сильных эмоциях (внезапная радость, чрезмерное мышечное напряжение, страх, гнев) увеличивается выброс адреналина в кровь.

У новорожденного масса надпочечников составляет 16-18 г. После рождения в результате родового стресса она уменьшается до 3-4 г за счет истончения коркового слоя. Через 2—3 месяца структура надпочечников восстанавливается и к 5 годам достигает уровня новорожденного. Завершается формирование надпочечников в период полового созревания, и к 20 годам масса их увеличивается в 1,5 раза. У женщин надпочечники имеют бблыпие размеры и особенно увеличиваются во время беременности.

Параганглии

Кроме мозгового вещества надпочечников хромаффинные клетки находятся также в параганглиях, которые тесно связаны с симпатическими узлами. К параганглиям относятся межсонный (сонный) гломус, расположенный у начала наружной и внутренней сонных артерий, и пояснично-аортальный, находящийся у передней поверхности брюшной части аорты. Пояснично-аортальные параганглии имеются у новорожденных и грудных детей, после года начинается их обратное развитие, и к 2—3 годам они исчезают. Это небольшие тонкие полоски, расположенные по обеим сторонам аорты на уровне начала нижней брыжеечной артерии. У новорожденных их размеры (8-15) x (2-3) мм. Параганглии состоят из типичных хромаффинных клеток, с возрастом происходит их соединительнотканное перерождение. Хромаффинные ганглии небольшие, имеют форму рисового зерна, расположены на задней или медиальной поверхности общей сонной артерии у места ее деления на наружную и внутреннюю. У детей они не превышают 1-2 мм, у взрослых — 8 x (2-3) x 2 мм. Надсердечный параганглий непостоянный, расположен между легочным стволом и аортой. Параганглии встречаются также на подключичной и почечной артериях.

Половые железы

Половые железы (яичко и яичник) вырабатывают половые гормоны, которые выбрасываются в кровь. Мужские половые гормоны андрогены (тестостерон) влияют на развитие половых органов, вторичных половых признаков, опорно-двигательного аппарата. В яичках синтезируется и небольшое количество эстрогенов. Женские половые гормоны продуцируются в яичнике. Клетки фолликулярного эпителия вырабатывают эстрогены. Клетки желтого тела — лютеоциты — секретируют прогестерон. Кроме того, в яичниках образуется небольшое число андрогенов. Эстрогены обеспечивают развитие организма по женскому типу. Прогестерон влияет на слизистую оболочку матки, подготавливая ее к имплантации оплодотворенной яйцеклетки.

Половые железы развиваются из единого эмбрионального зачатка. Половая дифференцировка происходит на 7-8-й неделе внутриутробного развития. На 11-17-й неделе уровень андрогенов у плода мужского пола достигает значений, характерных для взрослого организма, благодаря чему развитие происходит по мужскому типу. Гормональная активность яичек усиливается с 12—13 лет и к 16—17 годам достигает уровня взрослых. Подъем ее вызывает пубертатный скачок роста, развитие вторичных половых признаков, а после 15 лет — активацию сперматогенеза. Главная функция андрогенов заключается в стимуляции синтеза белка. Именно поэтому мужчины крупнее женщин и имеют большую мышечную массу. Все анаболики, используемые в спорте, являются производными андрогенов.

Гиперфункция семенников в раннем возрасте ведет к ускоренному половому созреванию, росту тела и преждевременному появлению вторичных половых признаков. Удаление семенников (кастрация) в раннем возрасте приводит к недоразвитию половых органов и вторичных половых признаков. В норме семенники функционируют в течение всей жизни мужчины. С возрастом секреция тестостерона снижается, но нормальный сперматогенез сохраняется до старости.

Начиная с 20-й недели внутриутробного периода в яичнике образуются фолликулы. На всех этапах развития фолликулярные клетки продуцируют эстрогены в разных количествах. Низкий уровень эстрогенов сохраняется до 8 лет. Постоянный рост их продукции приводит к менархе и становлению регулярного менструального цикла.

Гиперфункция яичников вызывает раннее половое созревание с выраженными вторичными признаками и ранним началом менструаций (4-5 лет). С возрастом у женщин наступает менопауза (пре-

кращение менструаций), вызванная тем, что все фолликулы израсходованы. Секреция эстрогенов при этом прекращается, в результате чего андрогены надпочечников начинают проявлять свою активность. Это приводит к изменениям во внешнем облике женщины после менопаузы. Несмотря на уменьшение секреции яичников, гипоталамус и гипофиз продолжают ритмично вырабатывать гормоны, что ведет к неприятным ощущениям («приливам»).

Эпифиз

Шишковидное тело, или эпифиз, располагается в бороздке между верхними холмиками пластинки крыши (четверохолмия) среднего мозга. Масса эпифиза у взрослого человека не превышает 0,2 г. Он имеет округлую форму, снаружи покрыт соединительнотканной капсулой, от которой внутрь железы отходят трабекулы, разделяющие ее на дольки. Последние состоят из клеток двух типов: железистых — крупных многоугольных, многоотростчатых пинеалоцитов, располагающихся в центре дольки, и глиальных клеток, находящихся главным образом по периферии. Функция пинеалоцитов имеет четкий суточный ритм: ночью синтезируется мелатонин, днем — серотонин. Это связано с освещенностью, так как свет угнетает синтез мелатонина. Эпифиз влияет на физическое развитие, половое созревание, функции половых желез, щитовидной железы, сон и бодрствование. Снижение его функции наблюдается в 4-7 лет, в пубертатном периоде концентрация этого гормона в крови также снижена.

У новорожденного масса эпифиза составляет около 7 г. К концу первого года жизни она снижается до 100 мг, к 10 годам достигает 200 мг и далее не увеличивается. В пожилом возрасте в эпифизе происходят изменения, могут появляться кисты и накапливаются вещества, получившие название мозгового песка.

Поджелудочная железа

Эндокринная часть поджелудочной железы образована группами панкреатических островков (островки Лангерганса), которые сформированы клеточными скоплениями, богатыми капиллярами. Общее количество островков колеблется в пределах 1-2 млн, а диаметр каждого — 100—300 мкм. Преобладают (3-клетки (60—80 %), секретирующие инсулин, а-клетки (10—30 %) вырабатывают глюкагон, D-клетки (около 10 %) — соматостатин. Последний угнетает выработку гипофизом гормона роста, а также выделение инсулина и глюкагона р-и а-клетками. PP-клетки, расположенные по периферии островков,

синтезируют полипептид, который стимулирует выделение желудочного и панкреатического соков экзокринной частью железы.

Инсулин усиливает переход глюкозы из крови в клетки печени, скелетных мышц, миокарда, гладкой мускулатуры и способствует синтезу в них гликогена. Под его действием глюкоза поступает в жировые клетки, где из нее синтезируются жиры. Инсулин увеличивает проницаемость клеточных мембран для аминокислот, способствуя синтезу белков. Благодаря инсулину глюкоза используется в качестве энергетического и пластического материала.

Глюкагон — антагонист инсулина. Он расщепляет гликоген в печени и повышает содержание сахара в крови, усиливает расщепление жира в жировой ткани. Постоянный уровень глюкозы в крови является одной из констант гомеостаза. После приема пищи содержание глюкозы в крови резко возрастает и, соответственно, увеличивается уровень инсулина. Под его действием глюкоза активно поглощается печенью и мышцами и ее количество в течение двух часов быстро нормализуется, в результате уменьшается и содержание инсулина. Между приемами пищи уровень инсулина в крови низок, глюкоза свободно выходит из клеток печени и питает различные ткани. В норме содержание глюкозы в крови составляет 80—120 мг%. Снижение глюкозы в крови меньше 20—50 мг% может привести к гипогликемическому шоку с потерей сознания и коме. Такое состояние наблюдается при гиперфункции поджелудочной железы, которая может быть вызвана ее опухолью или нарушением эндокринного баланса у подростков в период полового созревания. Подобные явления возникают в результате длительной мышечной нагрузки. Гипофункция поджелудочной железы приводит к сахарному диабету. В этом случае глюкоза не усваивается клетками из-за нехватки в крови инсулина. Количество сахара в крови достигает 300-400 мг%. При содержании сахара в крови в количестве 150-180 мг% он появляется в моче и выводится из организма (глюкозурия). Сахар выделяется с большим количеством воды — в сутки больной теряет 4-5 л воды. При этом нарушаются обменные процессы, возрастает расходование белков и жиров. В результате в организме накапливаются продукты неполного окисления жиров и расщепления белков. У больных появляется жажда, нарушаются функции сердечно-сосудистой и дыхательной систем, наблюдается быстрая утомляемость. В тяжелых случаях может наступить диабетическая кома. Больным сахарным диабетом необходимо постоянное введение инсулина.

Устойчивость к глюкозной нагрузке у детей до 10 лет выше, а усвоение пищевой глюкозы происходит быстрее, чем у взрослых. Этим

объясняется, почему дети любят сладкое и потребляют его в больших количествах без опасности для здоровья. С возрастом инсулярная активность поджелудочной железы снижается, поэтому диабет чаще всего развивается после 40 лет. Нередки случаи и врожденного сахарного диабета, что обусловлено наследственной предрасположенностью. В период от 6 до 12 лет сахарный диабет может развиваться на фоне перенесенных острых инфекционных заболеваний (корь, ветряная оспа, свинка). Развитию заболевания способствуют переизбыток и избыток в пище углеводов.

Диффузная эндокринная система (APUD-система)

Включает одиночные гормонпродуцирующие клетки, различные по происхождению и строению, выделяющие биологически активные вещества, которые обладают гормональным действием. Эта система объединяет эндокриноциты в слизистой оболочке пищеварительной системы и секреторные клетки в других органах. Гормоны диффузной эндокринной системы оказывают как местное, так и диффузное действие на органы человека.

11.4. Гормональный статус новорожденного

Большинство желез внутренней секреции начинают функционировать еще до рождения. Родовой стресс — это пусковой механизм адаптации организма ребенка к новым условиям существования. Первая срочная реакция нейроэндокринной системы плода в момент родов направлена на активацию метаболизма и внешнего дыхания. Первый вдох ребенка является результатом нервных, гормональных и метаболических воздействий. В пуповинной крови отмечается высокая концентрация гормонов «срочной» адаптации — адреналина и норадреналина. Эти гормоны не только стимулируют энергетический обмен и распад в клетках жиров и полисахаридов, но и тормозят образование слизи в тканях легких, а также стимулируют дыхательный центр в продолговатом мозге. В первые часы после рождения быстро нарастает активность щитовидной железы, гормоны которой также стимулируют обменные процессы. Все эти процессы контролируются гипофизом и гипоталамусом. Дети, родившиеся путем кесарева сечения и не испытавшие естественного родового стресса, имеют более низкий уровень гормонов в крови, что отрицательно сказывается на функции легких в течение первых суток.

НЕРВНАЯ РЕГУЛЯЦИЯ ФУНКЦИЙ ОРГАНИЗМА И ЕЕ ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ

12.1. Структурно-функциональная организация и значение нервной системы

Нервная система координирует деятельность всех органов и систем, обеспечивает эффективное приспособление организма к изменениям окружающей среды, формирует целенаправленное поведение. Нервная система обеспечивает связь частей организма в единое целое. Она осуществляет координацию всех висцеральных процессов, протекающих в организме, которые, в свою очередь, влияют на деятельность нервной системы.

Функционально нервная система подразделяется на соматическую и вегетативную. Соматическая нервная система иннервирует скелетную мускулатуру, обеспечивая связь организма с окружающей средой и быструю реакцию на ее изменение. Вегетативная нервная система иннервирует гладкую мускулатуру внутренних органов, сосудов, кожи, сердце и железы; обеспечивает процессы питания, дыхания, выделения, циркуляцию жидкостей и адаптирует работу органов к потребностям организма и условиям внешней среды.

Анатомически нервная система имеет центральный и периферический отделы. Центральный отдел представлен спинным и головным мозгом. Периферический состоит из парных спинномозговых и черепномозговых нервов, нервных окончаний и ганглиев (нервных узлов), образованных телами нейронов.

Деятельность нервной системы носит рефлекторный характер. *Рефлексом* называется ответная реакция организма на раздражение, осуществляемая центральной нервной системой. Путь, по которому нервное возбуждение передается при рефлексе, является рефлекторной дугой. *Рефлекторная дуга* включает следующие отделы: рецепторы, афферентные (чувствительные) нервные волокна, участок центральной нервной системы, эфферентные (двигательные) нервные

волокна, рабочий орган. В рефлекторной дуге нервный импульс проводится в одном направлении — от афферентного нейрона к эфферентному.

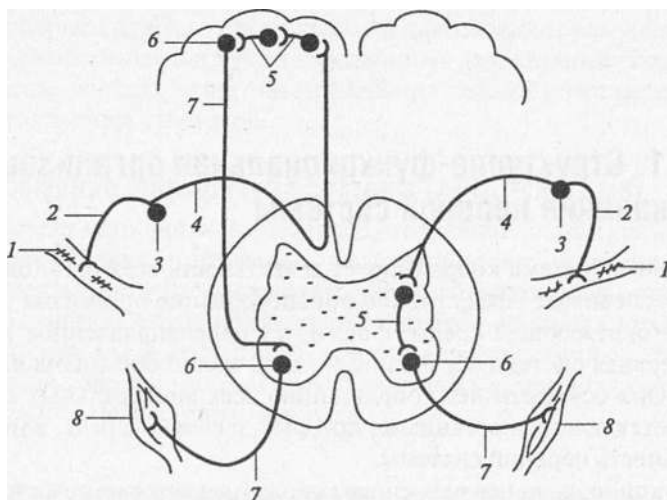


Рис. 45. Рефлекторные дуги (справа — простая, слева — сложная):

1 — ткани организма; 2 — дендрит афферентного нейрона; 3 — тело афферентного нейрона; 4 — аксон афферентного нейрона; 5 — вставочный нейрон; 6 — тело эфферентного нейрона; 7 — аксон эфферентного нейрона; 8 — органы-исполнители (мышцы, железы и др.)

Различают простые и сложные рефлекторные дуги (рис. 45). Простая рефлекторная дуга состоит из чувствительного, двигательного и одного вставочного нейронов. Рецептор, воспринимающий раздражение, передает нервный импульс к телу первого нейрона (афферентного), который находится в спинномозговом узле или чувствительном узле черепного нерва. Нервный импульс следует в спинной (серое вещество) или головной (ядра головного мозга) мозг и образует синапс с телом вставочного нейрона, который контактирует с эфферентным нейроном. Аксон этого нейрона выходит из спинного или головного мозга в составе передних (двигательных) корешков спинномозгового или черепного нервов и направляется к рабочему органу. В сложной рефлекторной дуге между афферентными и эфферентными нейронами располагаются два и более вставочных нейрона.

12.2. Строение, функции и возрастные особенности отделов центральной нервной системы

Спинной мозг

Спинной мозг лежит в позвоночном канале и у взрослых представляет собой длинный (45 см у мужчин и 41 см у женщин), несколько сплюснутый спереди назад цилиндрический тяж, который вверху переходит в продолговатый мозг, а внизу заканчивается мозговым конусом (рис. 46). От мозгового конуса отходит концевая нить, представляющая собой атрофированную часть спинного мозга, состоящую из продолжения оболочек спинного мозга и прикрепляющуюся ко II копчиковому позвонку.

Спинной мозг новорожденного имеет длину 14 см. Нижняя граница находится на уровне II поясничного позвонка. К 2 годам длина спинного мозга увеличивается до 20 см, а к 10 годам — до 28 см. Наиболее быстро растут грудные сегменты. Масса спинного мозга у новорожденного составляет 5 г, в год — 10 г, в 3 года — 13 г, в 7 лет — 19 г, в 14 лет — 22 г.

На своем протяжении спинной мозг имеет два утолщения, соответствующие корешкам нервов верхней и нижней конечностей. Верхнее называется шейным утолщением, нижнее — пояснично-крестцовым. Более обширно последнее, но более дифференцировано первое, так как иннервация руки сложнее. В центре спинного мозга проходит канал, представляющий собой узкую щель, заполненную спинномозговой жидкостью. Спинной мозг делится на не полностью симметричные правую и левую половины. У новорожденного центральный канал шире, чем у взрослого. Его просвет уменьшается в течение первых двух лет жизни и в другие периоды, когда увеличивается масса белого и серого вещества. На боковых поверхностях спинного мозга симметрично входят задние (афферентные) и выходят передние (эфферентные) корешки спинномозговых нервов. Линии входа и выхода делят каждую половину на три канатика спинного мозга (передний, боковой и задний).

С двух сторон из спинного мозга выходят двумя продольными рядами корешки 31 пары *спинномозговых нервов*. В спинном мозге 31 сегмент, из которых 8 шейных, 12 грудных, 5 поясничных, 5 крестцовых,

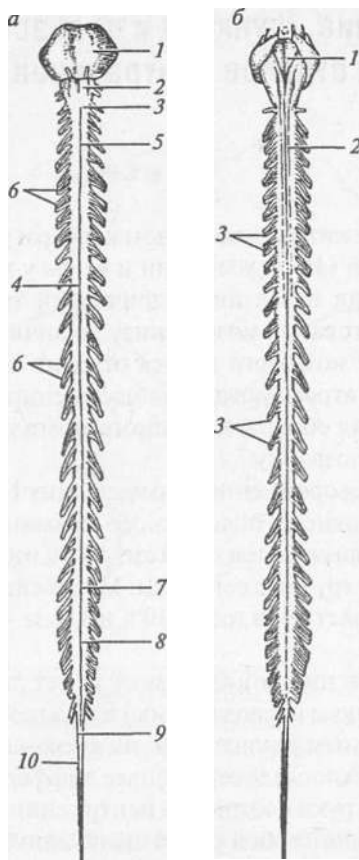


Рис. 46. Спинной мозг:

а — вид спереди (1 — мост; 2 — продолговатый мозг; 3 — перекрест пирамид; 4 — передняя срединная щель; 5 — шейное утолщение; 6 — передние корешки спинномозговых нервов; 7 — пояснично-крестцовое утолщение; 8 — мозговой конус; 9 — конский хвост; 10 — терминальная нить); *б* — вид сзади (1 — ромбовидная ямка; 2 — задняя срединная борозда; 3 — задние корешки спинномозговых нервов)

один копчиковый. Передние корешки спинномозговых нервов состоят из аксонов двигательных нейронов, тела которых лежат в спинном мозге. Задние корешки содержат отростки чувствительных нейронов, тела которых располагаются в спинномозговых узлах. На некотором расстоянии от спинного мозга передние и задние корешки соединяются и образуют спинномозговой нерв. Ствол нерва очень короткий, так

как при выходе из межпозвоночного отверстия он распадается на ветви. В межпозвоночных отверстиях вблизи соединения обоих корешков задний корешок имеет утолщение — спинномозговой узел, содержащий тела чувствительных нейронов с одним отростком, который делится на две ветви. Одна из них (центральная) идет в составе заднего корешка в спинной мозг, другая (периферическая) — продолжается в спинномозговой нерв. В узле отсутствуют синапсы, так как лежат только афферентные нейроны.

Участок спинного мозга, соответствующий каждой паре корешков, называется *сегментом* (рис. 47). Спинной мозг состоит из серого вещества, содержащего нервные клетки, и белого вещества, образованного нервными волокнами. Серое вещество расположено внутри спинного мозга и со всех сторон окружено белым веществом. Объем его увеличивается быстрее в первые два года жизни ребенка. На поперечном разрезе серое вещество напоминает букву Н. Оно образует две вертикальные колонны, помещенные в правой и левой половинах спинного мозга. Посередине находится центральный канал со спинномозговой жидкостью. Сверху он сообщается с четвертым желудочком головного мозга, а внизу заканчивается концевым желудочком. В каждой колонне есть передние и задние рога, причем первые шире вторых. На протяжении грудного отдела и в I—III сегментах поясничного отдела спинного мозга, помимо передних и задних рогов, имеются боковые рога, состоящие из симпатических нервных клеток. В них заложены тела нейронов, иннервирующих внутренние органы. Их аксоны идут в составе передних корешков. В передних рогах находятся двигательные нервные клетки, а в задних рогах — вставочные нейроны. Чувствительные нервные клетки расположены не в спинном мозге, а по ходу чувствительных нервов в межпозвоночных отверстиях — в спинномозговых узлах.

Белое вещество образовано нервными отростками, организованными в *проводящие пути*. По проводящим путям проходят импульсы в восходящем направлении от чувствительных и вставочных нейронов и в нисходящем — от клеток вышележащих нервных центров к двигательным нейронам.

Задние канатники содержат восходящие пути, представленные тонким и клиновидным пучками. Они проводят к коре головного мозга сознательную проприоцептивную (мышечно-суставное чувство), кожную чувствительность (чувство стереогноза — узнавание предметов

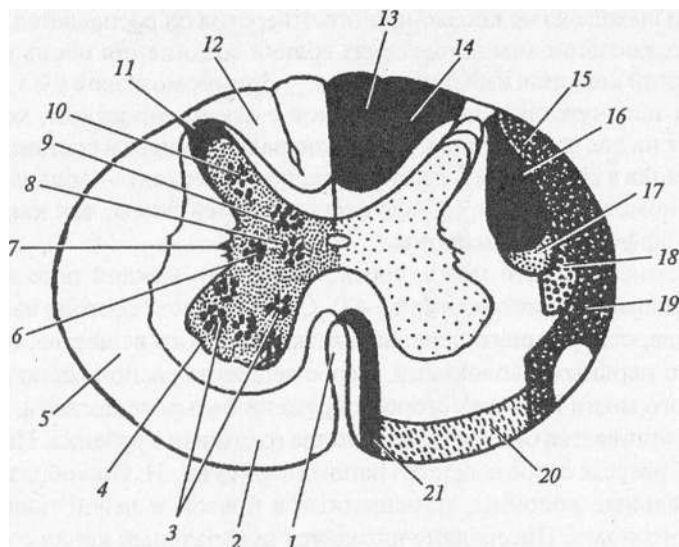


Рис. 47. Строение спинного мозга:

1 — передняя срединная щель; 2 — передний канатик; 3 — ядра (двигательные) переднего рога; 4 — передний рог; 5 — боковой канатик; 6 — промежуточно-латеральное (вегетативное) ядро; 7 — боковой рог; 8 — промежуточно-медиальное ядро; 9 — грудное ядро; 10 — собственное ядро заднего рога; 11 — задний рог; 12 — задний канатик; 13 — тонкий пучок; 14 — клиновидный пучок; 15 — задний спинномозжечковый путь; 16 — пирамидный латеральный путь; 17 — красномышечный-спинномозжечковый путь; 18 — спиноталамический латеральный путь; 19 — спиноталамический передний путь; 20 — преддверно-спинномозжечковый путь; 21 — пирамидный передний путь

на ошупь), имеющую отношение к определению положения тела в пространстве, и тактильную чувствительность.

Боковые канатики содержат восходящие и нисходящие пути. Восходящие пути представлены задним и передним спинномозжечковыми путями, проводящими бессознательные проприоцептивные импульсы к мозжечку (бессознательная координация движения); спинопокрывным и боковым спинобугорным путем (болевая и температурная чувствительность). К нисходящим путям относятся латерально-спинномозжечковый (пирамидный) путь, проводящий сознательные двигательные импульсы, и красномышечный-спинномозжечковый путь, проводящий произвольные двигательные импульсы.

Передние канатики содержат нисходящие пути: передний корково-спинномозжечковый (пирамидный), проводящий двигательные импульсы;

текто-спинномозговой, осуществляющий защитные движения при зрительных и слуховых раздражениях; предцверно-спинномозговой, проводящий импульсы, обеспечивающие равновесие тела; ретикуло-спинномозговой.

В спинном мозге замыкается большое количество рефлексов, регулирующих как соматические, так и вегетативные функции организма. Наиболее простые — это сухожильные рефлексы и рефлексы растяжения, имеющие моносинаптический характер. Сухожильные рефлексы вызываются ударом по сухожилию и имеют диагностическое значение в неврологической практике. Рефлекторная реакция проявляется в виде резкого сокращения мышцы. К сухожильным относятся коленный рефлекс, ахиллов рефлекс, рефлексы двуглавой и трехглавой мышц верхней конечности, рефлексы нижней челюсти.

Более сложный характер имеют сгибательные рефлексы и рефлексы положения. Сгибательные рефлексы направлены на избежание различных повреждающих воздействий. Ритмические рефлексы характеризуются скоординированной работой мышц конечностей и туловища, правильным чередованием сгибания и разгибания конечностей. Позные рефлексы направлены на поддержание определенной позы, что возможно лишь при наличии определенного мышечного тонуса.

Кроме замыкания соматических рефлексов спинной мозг обеспечивает рефлекторную регуляцию внутренних органов, являясь центром висцеральных рефлексов. Эти рефлексы осуществляются с помощью расположенных в боковых рогах серого вещества нейронов вегетативной нервной системы. Аксоны этих нейронов покидают спинной мозг через передние корешки и заканчиваются на клетках ганглиев. Ганглионарные нейроны, в свою очередь, посылают аксоны к клеткам различных внутренних органов, в том числе к гладким мышцам кишечника, сосудов, мочевого пузыря, к железистым клеткам и сердечной мышце.

Спинной мозг имеет твердую, паутинную и мягкую соединительнотканые оболочки, продолжающиеся в такие же оболочки головного мозга.

Твердая (наружная) мозговая оболочка обтекает его снаружи в виде мешка. Она не прилегает вплотную к стенкам позвоночного канала, которые покрыты надкостницей. Между надкостницей и твердой оболочкой находится эпидуральное пространство. В нем залегают жировая клетчатка и венозные сплетения. Вверху твердая оболочка срастается с краями большого отверстия затылочной кости, внизу на

уровне II—III крестцовых позвонков суживается в виде нити и прикрепляется к копчику. Твердая оболочка мозга у новорожденного тонкая, сращена с костями, отростки оболочки развиты слабо.

Паутинная (средняя) мозговая оболочка в виде тонкого прозрачного бессосудистого листка прилегает изнутри к твердой оболочке. Между твердой и паутинной оболочками находится субдуральное пространство. Между паутинной и внутренней оболочкой находится подпаутинное пространство, в котором мозг и корешки лежат свободно и окружены большим количеством спинномозговой жидкости. Жидкость подпаутинного пространства спинного мозга непрерывно сообщается с жидкостью подпаутинных пространств головного мозга и мозговых желудочков. У детей подпаутинное пространство относительно большое. Его вместимость у новорожденного составляет около 20 см^3 , а затем быстро увеличивается: к концу первого года жизни — 30 см^3 , к 8 годам — 140 см^3 , у взрослого человека — 200 см^3 .

Мягкая (внутренняя) мозговая оболочка непосредственно обтекает спинной мозг. Между двумя своими листками она содержит сосуды, вместе с которыми входит в борозды и мозговое вещество спинного мозга. Паутинная и мягкая оболочки у новорожденных тонкие, нежные.

Головной мозг

Головной мозг находится в полости черепа. Масса его составляет в среднем 1245 г у женщин и 1394 г у мужчин, но может колебаться от 1100 до 2000 г. У новорожденного головной мозг относительно большой: 390 г у мальчиков и 355 г у девочек, что составляет 12—13 % массы (у взрослых — 2,5 %). К концу первого года жизни масса мозга удваивается, к 3–4 годам утраивается. До 4 лет головной мозг ребенка растет равномерно в высоту, длину и ширину, в дальнейшем преобладает рост в высоту. После 7 лет мозг растет медленно и достигает максимальной массы к 20–29 годам. После 55—60 лет масса мозга несколько уменьшается. В головном мозге выделяют три основных отдела — задний, средний и передний мозг. Задний мозг включает продолговатый мозг, мост и мозжечок, средний — ножки мозга, четверохолмие и ряд ядер, передний — промежуточный мозг и большие полушария (рис. 48).

Продолговатый мозг

Продолговатый мозг является непосредственным продолжением спинного мозга и в основном сохраняет его форму и строение. Продолговатый мозг имеет вид луковицы. Верхний расширенный конец

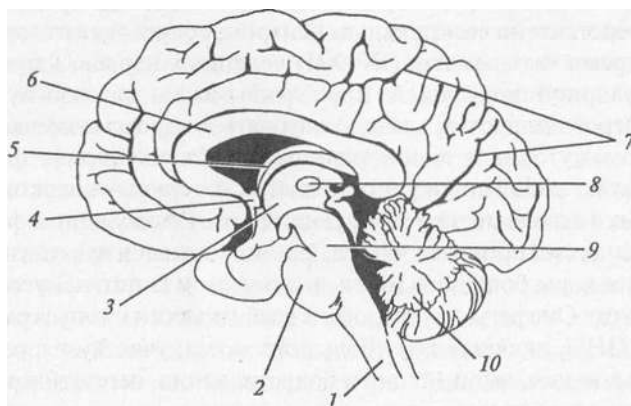


Рис. 48. Головной мозг:

1 — продолговатый мозг; 2 — мост мозга; 3 — промежуточный мозг; 4 — передняя спайка; 5 — свод мозга; 6 — мозолистое тело; 7 — кора; 8 — межталамическое сращение; 9 — средний мозг; 10 — мозжечок

его граничит с мостом, а нижней границей служит уровень большого отверстия затылочной кости. На передней поверхности продолговатого мозга расположена передняя срединная щель. По бокам от нее находятся пирамиды, состоящие из двигательных пирамидных путей, соединяющих головной мозг со спинным. Составляющие пирамиды пучки нервных волокон частично перекрещиваются в глубине срединной щели на границе со спинным мозгом, после чего опускаются в боковом канатике на противоположной стороне спинного мозга. На вентральной стороне, вокруг срединной щели, проходят пучки волокон прямого пирамидного пути, которые не перекрещиваются и спускаются в переднем канатике спинного мозга. Латерально от пирамид лежит овальное возвышение — олива. На задней поверхности продолговатого мозга расположена задняя срединная борозда. По ее сторонам находятся ядра тонкого и клиновидного пучков, располагающиеся в одноименных бугорках. На задней поверхности находится нижняя часть ромбовидной ямки, где лежат ядра черепно-мозговых нервов (IX—XII пары). С боков ромбовидную ямку ограничивают ножки мозжечка.

Продолговатый мозг возник в связи с развитием органов гравитации и слуха. Поэтому в нем заложены ядра серого вещества, имеющие отношение к равновесию, координации движений, регуляции обмена

веществ, дыхания и кровообращения. Серое вещество продолговатого мозга представлено дыхательным центром, сосудодвигательным центром, ядрами четырех пар (IX—XII) черепных нервов, ядром оливы и ретикулярной формацией. Ядро оливы имеет вид изогнутой пластинки серого вещества, связано с зубчатым ядром мозжечка и является промежуточным ядром равновесия. Ретикулярная формация представляет собой совокупность клеток и нервных волокон, расположенных в стволе мозга 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.

Белое вещество продолговатого мозга содержит длинные и короткие пути. К длинным относятся проходящие в передних канатиках спинного мозга нисходящие пирамидные пути, которые частично перекрещиваются в области пирамид. Кроме того, в задних канатиках проходят восходящие чувствительные пути. К коротким путям относятся пучки нервных волокон, соединяющие отдельные ядра серого вещества продолговатого мозга с соседними отделами головного мозга, а также между собой. Необходимость реализации жизненно важных функций, ядра которых располагаются в продолговатом мозге, с момента рождения ребенка определяют степень зрелости его структур уже в период новорожденности. К 7 годам созревание ядер продолговатого мозга в основном заканчивается.

Продолговатый мозг выполняет многообразные функции, многие из которых являются жизненно важными. Рефлекторные соматические реакции направлены на поддержание позы. Эти рефлексы связаны с рецепторами вестибулярного аппарата и полукружных каналов. Различают две группы рефлексов позы: статические и статокINETические. Статические рефлексы разделяются на рефлексы положения и рефлексы выпрямления. Рефлексы положения обеспечивают изменение тонуса мышц при перемене положения тела в пространстве. Рефлексы выпрямления определяют перераспределение тонуса мышц, приводящее к восстановлению естественной позы в случае ее изменения. Наиболее сложный характер имеют статокINETические рефлексы, направленные на сохранение позы и ориентацию в пространстве при изменении скорости движения. Кроме осуществления двигательных

рефлексов активация вестибулярного аппарата приводит к возбуждению вегетативных центров. Возникающие при этом вестибуловегетативные рефлексы приводят к изменениям дыхания, частоты сердечных сокращений, деятельности желудочно-кишечного тракта («морская болезнь»). Для ядер продолговатого мозга характерны двигательные пищевые рефлексы: жевание и проглатывание пищи.

Вегетативные ядра продолговатого мозга относятся к парасимпатическому отделу нервной системы и осуществляют рефлекторный контроль дыхания, деятельности сердца, тонуса сосудов, функции пищеварительных желез. Нервные клетки дыхательного центра находятся в ретикулярной формации в области четвертого желудочка головного мозга. Повреждение этой зоны приводит к остановке дыхания. Вторым жизненно важным центром ретикулярной формации продолговатого мозга являются центры, регулирующие деятельность сердца и тонус сосудов. Раздражение одних участков ретикулярной формации вызывает увеличение тонуса сосудов и повышение артериального давления, раздражение других — расширение сосудов и падение артериального давления.

Таким образом, продолговатый мозг регулирует деятельность многих органов грудной и брюшной полости. Нормальное функционирование этого отдела центральной нервной системы жизненно необходимо. Повреждение других отделов нервной системы может протекать бессимптомно вследствие больших компенсаторных возможностей мозга, но малейшее повреждение продолговатого мозга приводит к тяжелым нарушениям жизнедеятельности и смерти.

Варолиев мост

Мост лежит спереди продолговатого мозга и имеет переднюю (выпуклую) и заднюю (плоскую) поверхности, которые образуют верхнюю часть ромбовидной ямки. Боковые его части сужены и являются ножками моста, соединяющими мост с мозжечком. Мост состоит из серого и белого вещества. Серое вещество находится внутри и представлено ядрами черепных нервов с V по VIII пары. Белое вещество располагается снаружи и состоит из продольных и поперечных волокон. Вся эта система проводящих путей связывает через мост кору больших полушарий с корой полушарий мозжечка. У новорожденного лучше развиты филогенетически более старые отделы мозга. Масса ствола мозга равна 10 г, что составляет 2,7 % массы тела (у взрослого 2%).

Мозжечок

Мозжечок находится позади продолговатого мозга и помещается под затылочными долями полушарий большого мозга, в черепной ямке. В нем различают боковые части, или полушария, и червь, расположенный между полушариями. В отличие от спинного мозга и ствола серое вещество (кора) находится на поверхности мозжечка, а белое — внутри, под корой.

Серое вещество состоит из клеток, расположенных в три слоя: наружный (звездчатые и корзинчатые клетки), средний (крупные ганглиозные клетки) и внутренний, зернистый, слой (зернистые клетки, между которыми встречаются крупные звездчатые). В толще мозжечка имеются также парные ядра серого вещества, заложенные в каждом полушарии среди белого вещества. В области червя лежит ядро шатра, в полушариях, снаружи от ядра шатра, — шаровидные и пробковидные ядра. В центре полушарий находится зубчатое ядро, участвующее в осуществлении функции равновесия. При поражении тех или иных ядер наблюдаются различные нарушения двигательной функции. Разрушение ядра шатра сопровождается расстройством равновесия тела; повреждения червя, пробковидного и шаровидного ядер — нарушением работы мускулатуры шеи и туловища; разрушение полушарий и зубчатого ядра — нарушением работы мускулатуры конечностей.

Белое вещество мозжечка складывается из различного рода нервных волокон. Одни из них связывают извилины и дольки, другие идут от коры к внутренним ядрам мозжечка, а третьи соединяют мозжечок с соседними отделами мозга. Последние волокна образуют нижние, средние и верхние пары ножек. В составе нижних ножек к мозжечку подходят волокна от продолговатого мозга и олив. Они заканчиваются в коре червя и полушариях. Волокна средних ножек идут к мосту. Волокна верхних ножек направляются к крыше среднего мозга, проходят в обоих направлениях, связывают мозжечок с красным ядром и таламусом, а также со спинным мозгом.

У новорожденного масса мозжечка 20 г, что составляет 5,4 % массы тела. К 5 месяцам жизни она увеличивается в 3 раза, к 9 месяцам — в 4 раза. В это время наиболее интенсивно развиваются полушария мозжечка. Усиленный рост мозжечка на первом году жизни определяется формированием в течение этого периода дифференцированных и координированных движений. В дальнейшем темпы его роста снижаются. К 15 годам мозжечок достигает размеров взрослого человека.

Мозжечок обеспечивает координацию движений. При поражении его развиваются разнообразные нарушения двигательной активности и мышечного тонуса, а также вегетативные расстройства. Мозжечковая недостаточность связана с неспособностью поддерживать позу. Например, при смещении пассивно висящей конечности она не возвращается в исходное положение, а раскачивается подобно маятнику. Для мозжечковых повреждений характерны тремор, нарушение величины, скорости и направления движений, что приводит к утрате плавности и стабильности двигательных реакций. Целенаправленные движения (попытка взять предмет) выполняются порывисто, рывками, промахами мимо цели. Нарушение двигательной координации при поражениях мозжечка объясняется его тесными связями со стволом мозга, а также с таламусом и сенсомоторной областью коры больших полушарий. Таким образом, мозжечок получает разнообразную афферентную информацию от различных компонентов двигательного аппарата, обрабатывает ее и передает корригирующие влияния к нейронам ствола мозга и спинальным центрам моторного контроля. Кроме того, благодаря многочисленным синаптическим связям с ретикулярной формацией мозжечок играет важную роль в регуляции вегетативных функций.

Между продолговатым мозгом, мостом и мозжечком есть общая полость, получившая название «четвертый желудочек головного мозга», который напоминает палатку и имеет дно и крышу. Дно желудочка ромбовидной формы, как бы вдавлено в заднюю поверхность продолговатого мозга и моста, поэтому его еще называют ромбовидной ямкой. В заднюю часть ромбовидной ямки открывается центральный канал спинного мозга, а в передневерхнюю — третий желудочек головного мозга. Посредством трех отверстий четвертый желудочек сообщается с подпаутинным пространством головного мозга, благодаря чему спинномозговая жидкость поступает из мозговых желудочков в межболочечные пространства.

Средний мозг

Средний мозг состоит из ножек мозга и крыши мозга. Они разделены силвиевым водопроводом мозга, который соединяет третий и четвертый желудочки головного мозга. Ножки мозга состоят из основания и покрывки, между которыми располагаются пигментированные клетки черной субстанции. Черная субстанция участвует в сложной координации движений. Основание ножек образует пирамидный

путь. В покрывке ножек лежат ядра блокового и глазодвигательного нервов (III и IV пара черепных нервов). Также в ней располагается красное ядро, в котором заканчиваются верхние ножки мозжечка. В них идет восходящий путь к зрительному бугру и нисходящий — краснаядерно-спинномозговой. Красное ядро отвечает за поддержание тонуса мускулатуры туловища и конечностей.

Четверохолмие, или крыша мозга, составляет заднюю часть среднего мозга. Перпендикулярными друг другу бороздами оно делится на верхние и нижние холмики. Верхнее двухолмие включает в себе центры ориентировочных рефлексов на зрительные раздражения. Посредством отходящих вперед ручек холмики соединяются с латеральными коленчатыми телами промежуточного мозга. По этим ручкам идут волокна зрительного нерва. Нижнее двухолмие служит центром ориентировочных рефлексов на слуховые раздражения. От холмиков к медиальным коленчатым телам идут нижние ручки, по которым проходят волокна слухового нерва. Ядра четверохолмия играют важнейшую роль в раннем онтогенезе, обеспечивая первичные формы сенсорного внимания.

В среднем мозге замыкается ряд рефлексов. Нейроны бугров четверохолмия отвечают за ориентировочные зрительные и слуховые рефлексы. Ядра четверохолмия участвуют в осуществлении сторожевого рефлекса, что выражается в усилении тонуса сгибателей. Черная субстанция обеспечивает сложную координацию движений. В ней находятся содержащие дофамин нейроны, регулирующие эмоциональное поведение. Повреждение черной субстанции приводит к нарушению тонких движений пальцев рук, развитию тремора (болезнь Паркинсона). Красное ядро отвечает за тонус мышц-сгибателей.

Промежуточный мозг

В промежуточном мозге различают парные зрительные бугры (таламус), латеральные и медиальные коленчатые тела, подбугорную (гипоталамус) и надбугорную (эпиталамус) области.

Зрительный бугор (таламус) представляет собой крупное тело овальной формы. Он состоит из серого вещества, группирующегося в ядра. Все ядра делятся на специфические и неспецифические. Специфические ядра получают информацию от определенных видов рецепторов и посылают их в строго определенные зоны коры. Ядра, переключающие информацию на центральные поля анализаторов, относят к проекционным, или релейным. Ядра, передающие информацию

на ассоциативные области, являются ассоциативными. Неспецифические ядра представлены ретикулярной формацией. Они располагаются вокруг специфических, диффузно влияют на кору и подкорковые ядра и могут вызывать как возбуждающий, так и тормозной эффект. Эти ядра не выполняют высших интегративных функций, но участвуют в регуляции афферентных влияний. К моменту рождения большая часть ядер зрительных бугров хорошо развита. После рождения их размеры увеличиваются за счет роста нервных клеток и развития нервных волокон.

Все сенсорные сигналы, за исключением обонятельных, достигают коры больших полушарий только через таламокортикальные проекции. Таламус представляет собой ворота, через которые в кору поступает информация о состоянии нашего тела и окружающем мире. Афферентные сигналы на пути к коре мозга переключаются на нейронах таламуса, что позволяет обеспечить передачу в кору мозга наиболее важной информации. Система неспецифических ядер таламуса контролирует ритмическую активность коры больших полушарий и выполняет функции внутриталамической интегрирующей системы. Таламус является высшим центром болевой чувствительности. Повреждение неспецифических ядер таламуса приводит к нарушению сознания. Это свидетельствует о том, что импульсация, поступающая по неспецифической восходящей системе таламуса, поддерживает уровень возбудимости корковых нейронов, необходимый для сохранения сознания. Кроме того, таламус является надсегментарным центром рефлекторной деятельности.

Латеральное коленчатое тело располагается кнаружи от корешка зрительного пути.

Медиальное коленчатое тело лежит на уровне поперечной борозды четверохолмия. Волокна нервных клеток коленчатых тел в составе зрительных и слуховых путей направляются к коре больших полушарий.

Гипоталамус хорошо заметен на основании головного мозга. В задней его области располагаются два сосцевидных тела. Волокна этих тел образуют сосково-бугорный путь, по которому импульсы идут к передним ядрам зрительного бугра. Сосцевидные тела, как и передние ядра зрительных бугров, относят к лимбической системе, которая отвечает за организацию поведенческих реакций. Спереди от сосцевидных тел лежит серый бугор. Суживаясь, он переходит в воронку, проникающую в ямку турецкого седла через его диафрагму. На воронке подвешен гипофиз. Серый бугор является центром автономной

нервной системы, которая влияет на сохранение гомеостаза организма и на его приспособление к условиям внешней среды. Впереди серого бугра зрительные нервы образуют перекрест (хиазму), после которого получают название зрительных путей. Над перекрестом лежит супраоптическое ядро. Его клетки вырабатывают нейросекреты, проникающие в заднюю долю гипофиза. Этими веществами являются антидиуретический гормон, регулирующий водный метаболизм, и окситоцин, влияющий на деятельность матки. По-иному, т.е. нейрогуморальным путем, через кровь, осуществляется связь гипоталамуса с передней долей гипофиза, вырабатывающей такие гормоны, как адренотропный, фолликулостимулирующий и лютеинизирующий, тиреотропный, гормон роста. Таким образом, здесь образуется гипоталамо-гипофизарная система, где объединяются два уровня регуляции функций организма человека — нервная и гуморальная. Дифференцировка ядер гипоталамуса к моменту рождения не завершена и протекает в онтогенезе неравномерно. Развитие ядер заканчивается в период полового созревания.

В функциональном отношении ядра гипоталамуса неоднородны. Латеральная и дорсальная группы ядер повышают тонус симпатической нервной системы, средние ядра (серый бугор) — снижают его. В гипоталамусе располагаются центр сна и центр пробуждения, он участвует в процессе чередования сна и бодрствования. Гипоталамус играет важную роль в терморегуляции. Раздражение задних ядер приводит к гипертермии в результате повышения теплопродукции. В области средних и боковых ядер располагаются центры насыщения и голода, которые активируются в результате изменения химического состава протекающей крови. Дорсолатерально от супраоптического ядра находится центр жажды. Активация его приводит к увеличению потребления воды (полидипсия), а разрушение сопровождается отказом от воды (адипсия). В гипоталамусе расположены центры, связанные с регуляцией полового поведения, названные центрами удовольствия. Они являются компонентом нейронной системы, участвующей в регуляции эмоциональной сферы полового поведения. В результате связей гипоталамуса с гипофизом образуется гипоталамо-гипофизарная система.

Надбугорная область (эпиталамус) связана с обонятельной системой. Эпиталамус участвует в образовании стенок третьего желудочка головного мозга и состоит из мозговых полосок, сзади расширяющихся в поводковые треугольники. От последних отходят поводки (белые тяжи), которые соединяют эпиталамус с эпифизом. В треугольниках

лежат поводковые ядра, отдающие нисходящие волокна к ядрам среднего мозга. Промежуточный мозг у новорожденного развит относительно хорошо.

Внутри промежуточного мозга находится третий желудочек головного мозга, имеющий вид вертикальной щели, ограниченной с боков медиальными поверхностями зрительных бугров, снизу гипоталамусом, спереди — столбами свода, сзади — эпифизом, сверху — сводом. Между зрительными буграми расположены межжелудочковые отверстия, которые соединяют полость третьего желудочка с боковыми желудочками больших полушарий.

Развитие структур промежуточного мозга состоит в увеличении их взаимосвязей с другими мозговыми образованиями, что создает условия для совершенствования координационной деятельности его различных отделов. В развитии промежуточного мозга существенная роль принадлежит нисходящим влияниям коры больших полушарий.

Конечный мозг

Конечный мозг представлен двумя полушариями. В состав каждого полушария входят плащ, или мантия, обонятельный мозг и базальные ганглии. В глубине продольной щели мозга оба полушария соединены между собой толстой горизонтальной пластинкой — мозолистым телом, которое состоит из нервных волокон, идущих поперечно из одного полушария в другое. Мозолистое тело у новорожденного тонкое и короткое. Оно растет одновременно с развитием полушарий большого мозга, располагаясь над третьим желудочком. С возрастом толщина ствола мозолистого тела увеличивается до 1 см, а его валика до 2 см.

Кора головного мозга

В коре 10-14 млрд нейронов, поверхность ее составляет 1500 см^2 . Поверхность полушария (плащ) образована равномерным слоем серого вещества толщиной 1,3—4,5 мм, содержащего нервные клетки, образующие шесть пластинок (рис. 49). Наружная пластинка включает мелкие мультиполярные ассоциативные нейроны, а также волокна нижележащих слоев и называется молекулярной. Под ней последовательно лежат наружная зернистая пластинка с мелкими мультиполярными нейронами, наружная пирамидальная пластинка с нейронами соответствующей формы, внутренняя зернистая и внутренняя пирамидальная пластинки. Последняя образована гигантскими клетками

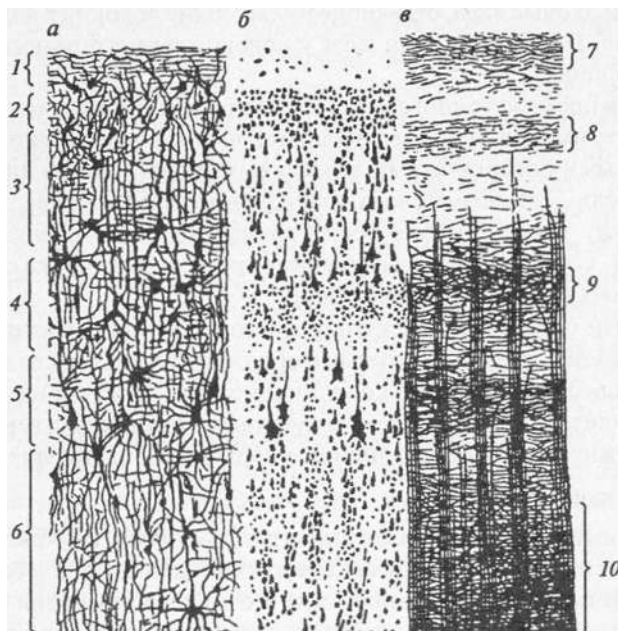


Рис. 49. Нейронное строение коры большого мозга:

а — слои (пластинки) клеток; *б* — типы клеток; *в* — слои волокон; 1 — молекулярная пластинка; 2 — наружная зернистая пластинка; 3 — наружная пирамидальная пластинка; 4 — внутренняя зернистая пластинка; 5 — внутренняя пирамидальная пластинка; 6 — мультиморфная пластинка; 7 — волокна молекулярной пластинки; 8 — волокна наружной зернистой пластинки; 9 — волокна внутренней зернистой пластинки; 10 — волокна внутренней пирамидальной пластинки

Беца диаметром около 125 мкм, которые дают начало нисходящим пирамидным путям. Самой внутренней пластинкой коры, непосредственно прилегающей к белому веществу, является мультиморфная, где располагаются нейроны различной формы и величины.

Кора состоит из многочисленных борозд и извилин. Они подвержены индивидуальным изменениям и различны не только у разных людей, но и в двух полушариях одного и того же человека. Глубокие, постоянные борозды делят полушария на большие участки — доли, состоящие из долек и извилин. Долей всего шесть: лобная, теменная, височная, затылочная, краевая и островок (рис. 50).

Верхняя поверхность плаща разграничена на доли посредством латеральной, центральной и теменно-затылочной борозд. *Латеральная*

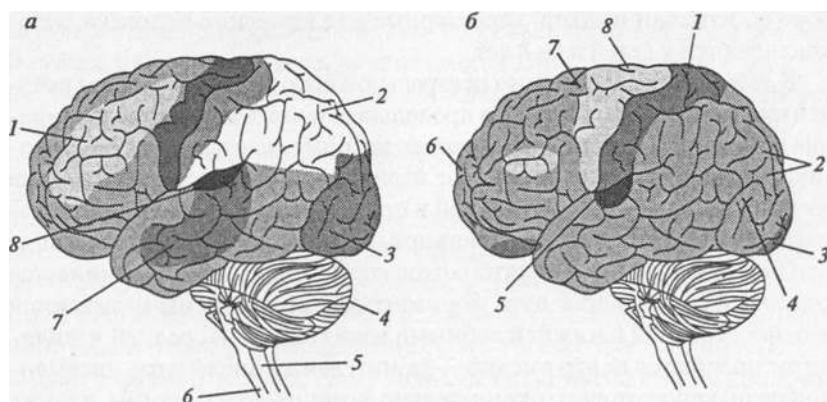


Рис. 50. Полушария большого мозга:

а — доли больших полушарий (1 — лобная доля; 2 — теменная доля; 3 — затылочная доля; 4 — мозжечок; 5 — продолговатый мозг; 6 — спинной мозг; 7 — височная доля; 8 — слуховая кора); *б* — области коры (1 — первичная соматосенсорная кора; 2 — вторичные зрительные области коры; 3 — первичная зрительная кора; 4 — заднеассоциативная кора; 5 — вторичная слуховая кора; 6 — переднеассоциативная кора; 7 — премоторная кора; 8 — первичная моторная кора)

Борозда отделяет теменную долю от височной. Она начинается у основания полушария в углублении, к которому прилегает островок, затем выходит на латеральную поверхность полушария и по ней идет назад и вверх. *Центральная борозда* начинается на верхнем крае полушария, сзади от его середины и идет вперед и вниз. Спереди от нее находится лобная доля, а сзади — теменная. *Теменно-затылочная борозда* расположена на внутренней поверхности полушария, но граница эта неполная, поэтому доли переходят друг в друга.

На медиальной поверхности полушария располагаются поясная, коллатеральная и обонятельные борозды. *Поясная борозда* идет параллельно мозолистому телу, отделяя лобную и теменную доли от поясной извилины. *Коллатеральная борозда* разграничивает на нижней поверхности полушария височную, краевую и затылочную доли. В передней части нижней поверхности полушария расположена *обонятельная борозда* с обонятельной луковицей, которая продолжается в обонятельный тракт. Взаимоотношения борозд и извилин с костями и швами черепа у новорожденного иные, чем у взрослого. Центральная борозда расположена на уровне теменной кости, теменно-затылочная лежит на 12 мм кпереди от ламбдовидного шва. Соотношение

борозд, извилин и швов, характерные для взрослого человека, устанавливаются у детей в 6—8 лет.

В лобной доле параллельно центральной борозде располагается предцентральная борозда. От нее в продольном направлении отходят верхняя и нижняя фронтальные борозды, которые делят долю на одну вертикальную и три горизонтальные извилины. Вертикальная извилина располагается между центральной и предцентральной бороздами и называется предцентральной извилиной, в ней располагается ядро двигательного анализатора. От пятого слоя коры этой извилины начинается корковый нисходящий путь. Горизонтальные извилины называются верхней, средней и нижней лобными извилинами. В средней извилине располагается центр письма — двигательный анализатор письменной речи, ядро которого окончательно формируется к 7 годам, а также центр сочетанного поворота головы и глаз в одну сторону. В нижней извилине локализован моторный центр речи (артикуляции), имеющий двустороннюю закладку в эмбриогенезе и развивающийся у правой руки слева, а у левой — справа. Ядро двигательного анализатора устной речи дифференцируется к 3 годам.

Теменная доля между центральной и постцентральной бороздами содержит постцентральную извилину, которая является центром осязания, болевой и температурной чувствительности. Перпендикулярно постцентральной извилине идет межтеменная борозда, разделяющая заднюю часть теменной доли на верхнюю и нижнюю теменные доли. В верхней теменной доле находится центр стереогноза (узнавания предметов на ощупь). В нижней теменной доле видна надкраевая извилина, в которую упирается латеральная извилина. Надкраевая извилина является центром праксии (целенаправленных навыков трудового, спортивного характера). Ниже надкраевой лежит угловая извилина, где находится центр чтения — зрительный анализатор письменной речи, ядро которого формируется до 7-летнего возраста. Два последних центра имеют двустороннюю закладку в эмбриогенезе.

Височная доля имеет две продольные — верхнюю и нижнюю височные — борозды, которые делят ее на три продольные извилины — верхнюю, среднюю и нижнюю. Все они параллельны латеральной борозде. В задней части верхней височной извилины находится сенсорный центр речи. В среднем ее отделе располагается ядро слухового анализатора. У новорожденного оно подготовлено к условно-рефлекторной деятельности. В 2—3 года начинает развиваться вторая сигнальная система, и корковый центр слуха быстро усложняется. Ядро

слухового анализатора устной речи созревает в первые годы жизни. В самой медиальной части располагается гиппокампальная извилина. Передний ее отдел представлен крючком и здесь располагается центр обоняния и вкуса.

Затылочная доля имеет изменчивые и непостоянные борозды. На ее медиальной поверхности выделяется глубокая постоянная опорная борозда, расположенная горизонтально и идущая от затылочного полюса до теменно-затылочной борозды. Между шпорной и затылочно-теменной бороздами располагается треугольная извилина (клин) и язычная извилина — центр зрительного анализатора. Ядро зрительного анализатора у новорожденного по своему клеточному составу сходно с ядром взрослых. Под влиянием внешних факторов происходит его дальнейшее усложнение.

Островок имеет форму треугольника, верхушка которого обращена вперед и вниз. Он находится в латеральной борозде и со всех сторон ограничен глубокой круговой бороздой. Поверхность покрыта короткими извилинами.

Краевая доля располагается на медиальной поверхности полушарий и включает в себя поясную и парагиппокампальную извилину. Первая начинается внизу бороздой мозолистого тела, а сверху — поясной бороздой, которая отделяет ее от лобной и теменной долей. Вторая ограничивается сверху гиппокампальной бороздой, а снизу коллатеральной, отделяющей ее от височной доли. Передний конец парагиппокампальной извилины образует крючок, охватывая передний конец гиппокампальной борозды.

На поверхности полушарий большого мозга у новорожденного уже имеются борозды и извилины. Основные борозды (центральная, латеральная) выражены хорошо, а ветви основных борозд и мелкие извилины обозначены слабо. В дальнейшем, с возрастом ребенка, борозды становятся глубже, а извилины между ними рельефнее. У ребенка лобная доля выпуклая и относительно невелика, височная — очень высокая, островок расположен глубоко. В течение первых месяцев жизни развитие коры идет очень быстрыми темпами. Большинство нейронов приобретают зрелую форму, происходит миелинизация нервных нейронов. Различные корковые зоны созревают неравномерно. Наиболее рано созревает соматосенсорная и двигательная кора, несколько позже — зрительная и слуховая. Созревание сенсорных и моторных зон в основном заканчивается к 3 годам. Значительно позже созревает ассоциативная кора: к 7 годам она формируется

в основном, а окончательно дифференцировка ее нервных клеток, формирование нейронных связей с другими отделами мозга происходят до подросткового возраста. Наиболее поздно созревают лобные области коры. Постепенность созревания структур коры больших полушарий определяет возрастные особенности высших нервных функций и поведенческих реакций детей различных возрастных групп.

На внутренней поверхности коры выделяют ряд образований, которые относятся к лимбической системе: обонятельную луковицу и тракт, расположенные на нижней поверхности лобной доли, а также поясную, гиппокампальную и зубчатую извилины. Они образуют кольцо над мозолистым телом. Эта система регулирует работу внутренних органов, эндокринных желез и обеспечивает эмоциональные реакции.

Филогенетически в коре различают древнюю (архикортекс), старую (палеокортекс) и новую (неокортекс) кору. *Древняя кора* включает в себя обонятельные луковицы, обонятельные тракты и обонятельные бугорки, где располагаются вторичные обонятельные центры. *Старая кора* включает в себя поясную извилину, гиппокамп и миндалину.

Обонятельный мозг, кроме функций, связанных с обонянием, отвечает за реакции настораживания и внимания, участвует в регуляции вегетативных функций. Эти зоны играют важную роль в осуществлении инстинктивного пищевого, полового и оборонительного поведения и в формировании эмоций. Древняя и старая кора влияют на сердечно-сосудистую систему и дыхание. Повреждения в области старой коры могут вызывать гиперсексуальность и изменения эмоционального поведения. Раздражение определенных зон приводит к реакциям насыщения и удовольствия. Миндалина регулирует деятельность пищеварительного тракта: облизывание, глотание, изменение желудочной секреции, перистальтику кишечника. Раздражение миндалины влияет также и на деятельность других внутренних органов: почек, мочевого пузыря, матки. Таким образом, существует тесная связь структур старой коры с вегетативной нервной системой, с процессами, направленными на регуляцию внутренней среды организма. Некоторые области старой коры имеют важное значение в процессах памяти. Например, важной особенностью гиппокампа является способность длительно (недели и месяцы) удерживать следы предшествующего раздражения в отличие от спинного мозга (несколько минут).

Большую часть плаща составляет *новая кора*. В нее включаются функционально различные зоны: моторные (двигательные), сенсорные (чувствительные) и ассоциативные.

Моторные зоны посылают сигналы, вызывающие четко скоординированные двигательные реакции. Эта область располагается в прецентральной извилине (основная) и на медиальной поверхности коры (дополнительная). Для двигательной области коры характерна строго топическая организация распределения двигательных функций. Проекции различных мышц расположены в определенной последовательности впереди центральной извилины. Мышцы разных частей тела представлены неравномерно. Наибольшие проекции имеют мышцы пальцев, лицевая мускулатура, язык. Поражение моторной коры вызывает параличи, особенно заметно проявляющиеся в кистях рук, стопах, мимической мускулатуре.

Сенсорные зоны получают афферентную информацию от специфических ядер таламуса. В каждом полушарии выделяются первичные зоны представительства соматической и висцеральной чувствительности. Эти зоны обозначаются как первая и вторая соматосенсорные зоны коры. Первая соматосенсорная зона расположена в задней центральной извилине и имеет большую площадь. К ней поступают волокна от заднего вентрального ядра таламуса. Наибольшую поверхность занимает представительство рецепторов кистей рук, голосового аппарата и лица, наименьшую — туловища, бедра и голени. Это различие обусловлено количеством рецепторов в коже туловища и в наиболее чувствительных участках — губах, языке, пальцах.

Вторая соматосенсорная зона располагается вентральнее первой, в сильвиевой борозде. К ней поступают волокна от клеток заднего вентрального ядра таламуса. Удаление или раздражение участков соматосенсорной области приводит к потере чувствительности той части тела, которая представлена в данном участке коры. Главная функция соматосенсорной области заключается в интеграции и оценке той информации, которая поступает из специфических ядер таламуса. Здесь происходит оценка интенсивности ощущений, выявление сходства и различия ощущаемых раздражений.

Первичной проекционной областью коры является внутренняя поверхность затылочной коры в области шпорной борозды. Сюда поступают аксоны нейронов наружного коленчатого тела, доставляющие в кору зрительную информацию. В первой зрительной области находится топографически организованное представительство сетчатки.

Слуховая зона коры располагается в латеральной борозде. Только небольшая часть этой зоны видна на верхнем крае височной доли.

В данной области звуковые сигналы, попадающие в улитку; различаются по тону, громкости и качеству. В слуховую область, кроме слуховых путей, проецируются также вестибулярные афферентные волокна. Здесь имеется топическое представительство различных частей улитки. Зона, лежащая на периферии первичной слуховой области, связана с оценкой значимости звуков. Раздражение этой зоны вызывает слуховые галлюцинации.

Зоны верхнего и нижнего височных выпячиваний в левом полушарии связаны с пониманием речи. Их повреждение приводит к потере способности произносить или понимать произнесенные слова.

Ассоциативные зоны располагаются вокруг моторных и сенсорных. В них поступают афферентные импульсы различных модальностей от неспецифических ядер таламуса. Зоны, воспринимающие сенсорные сигналы или посылающие эфферентные импульсы к нижележащим центрам, имеют фиксированную локализацию в коре, в то время как ассоциативные зоны связаны с процессами высшей нервной деятельности и функционируют как единое целое.

Подкорковые ядра

В белом веществе полушарий мозга находятся базальные, или подкорковые, ядра, филогенетически более древние, чем кора (рис. 51). К ним относятся полосатое тело, ограда и миндалевидное тело.

Полосатое тело состоит из хвостатого и чечевицеобразного ядер. *Хвостатое ядро* лежит латеральнее и выше таламуса. Головка его располагается в лобной доле и выступает в боковой желудочек, тело лежит под теменной долей, хвост участвует в образовании бокового желудочка. *Чечевицеобразное ядро* расположено латеральнее хвостатого. Внутренняя капсула (полоска белого вещества) отделяет его от последнего и от таламуса. Оно состоит из бледного шара внутри и скорлупы снаружи. Наружная капсула (полоска белого вещества) отделяет его от ограды. Полосатое тело участвует в управлении движениями и регуляции мышечного тонуса, а также играет роль в процессах запоминания двигательных программ. Раздражение структур полосатого тела приводит к нарушению обучения и памяти. Считается, что полосатое тело оказывает тормозящее влияние на различные проявления двигательной активности и на эмоциональные компоненты двигательного поведения, в том числе и на агрессивные реакции.

Ограда представляет собой тонкую пластинку серого вещества и прилегает снаружи к скорлупе.

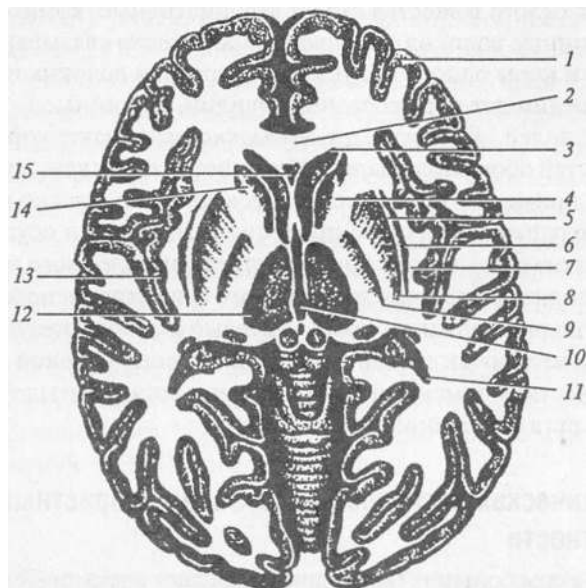


Рис. 51. Базальные ядра головного мозга:

1 — кора большого мозга; 2 — колено мозолистого тела; 3 — передний рог бокового желудочка; 4 — внутренняя капсула; 5 — наружная капсула; 6 — ограда; 7 — самая наружная капсула; 8 — скорлупа; 9 — бледный шар; 10 — третий желудочек; 11 — задний рог бокового желудочка; 12 — зрительный бугор; 13 — корковое вещество островка; 14 — головка хвостатого ядра; 15 — полость прозрачной перегородки

Миндалевидное тело располагается в височной доле. При помощи передней спайки оно соединяется с одноименным телом другой стороны. Миндалевидное тело принимает разнообразные афферентные импульсы и отвечает за эмоциональные реакции организма.

Белое вещество переднего мозга располагается под корой больших полушарий и образует выше мозолистого тела сплошную массу. Ниже оно прерывается скоплениями серого вещества и располагается между ними уже в виде прослоек или капсул. Самая мощная из них — внутренняя капсула — является продолжением основания ножек мозга и состоит из восходящих и нисходящих проекционных путей. Самые крупные из этих путей — корково-ядерный и корково-спинномозговой. Между внутренней капсулой и корой проекционные пути располагаются веерообразно и образуют лучистый венец.

В состав белого вещества входят ассоциативные, комиссуральные и проекционные волокна. *Ассоциативные волокна* связывают различные участки коры одного полушария. Короткие волокна идут на дне борозд и соединяют кору соседних извилин, а длинные — извилины различных долей. *Комиссуральные волокна* связывают кору симметричных частей обоих полушарий. Мозолистое тело является наиболее типичным примером таких связей. *Проекционные волокна* выходят за пределы полушарий в составе проекционных путей и осуществляют двустороннюю связь коры с другими отделами головного мозга.

Под мозолистым телом в толще белого вещества расположены полости полушарий большого мозга — первый и второй желудочки мозга. Каждый желудочек состоит из переднего рога в лобной доле, центральной части в теменной доле, заднего рога в затылочной доле и нижнего рога в височной доле.

Электрическая активность мозга и ее возрастные особенности

Клетки коры больших полушарий обладают электрической активностью, которая регистрируется в виде электроэнцефалограммы (ЭЭГ), позволяющей объективно изучать функциональную активность мозга. В ЭЭГ взрослого человека выделяют 4 основных типа ритмических электрических колебаний, каждый из которых характерен для определенного функционального состояния. Альфа-ритм регистрируется в состоянии спокойного бодрствования, имеет частоту 8—13 Гц, амплитуду 50 мкВ и является оптимальным фоном для приема и переработки информации, поступающей в кору больших полушарий. В состоянии активной деятельности альфа-ритм сменяется частыми (14-50 Гц) колебаниями небольшой амплитуды (25 мкВ) — бета-ритм. Он наблюдается при действии неожиданного раздражителя, при умственном напряжении. Во время сна регистрируются тета- (4-7 Гц) и дельта-ритмы (1—3 Гц). Тета-ритм может также возникнуть при крайнем эмоциональном напряжении. В бодрствующем состоянии эти ритмы у взрослого человека наблюдаются при патологических состояниях.

Электрическая активность головного мозга плода появляется в возрасте 2 месяцев. ЭЭГ плода с корковым компонентом регистрируется с 5 месяцев, она прерывистая и нерегулярная. Периоды отсутствия активности длительные — от 10 с до 2—3 мин. Преобладают диффузные медленные волны с частотой 0,5-2 Гц, наблюдается межполушарная

асимметрия ЭЭГ плода. Межполушарная синхронность появляется после 6 месяцев, а с 8 месяцев начинает регистрироваться непрерывная электрическая активность коры больших полушарий.

ЭЭГ новорожденного также представляет собой ритмичные колебания с низкой амплитудой (30-50 мкВ) и частотой (1-2 и 4-6 Гц), т.е. тета- и дельта-ритмы. Наблюдаются реакции активации на сильные раздражители. До 3 лет ЭЭГ характеризуется наличием тета- и альфа-ритма с преобладанием последнего (амплитуда увеличивается до 80 мкВ). Ритмическая электрическая активность начинает регистрироваться с 2-3 месяцев. С 3 до 10 лет преобладает альфа-ритм, но тета-ритм составляет еще существенную часть (до 25 %). В возрасте 10-12 лет на ЭЭГ выявляется стабильный альфа-ритм с такой же частотой, как у взрослого (10-12 Гц). Тета-ритм составляет всего 10 % общего числа колебаний. К 16—18 годам ЭЭГ по всем параметрам становится идентичной ЭЭГ взрослого человека.

Сон

Сон — необходимое явление для коры больших полушарий. В течение сна рефлекторные реакции снижены, условные рефлексы заторможены, безусловные ослаблены. Порог раздражения этих рефлексов возрастает, а латентный период удлиняется. Чтобы вызвать у спящего ту или иную реакцию, требуется применить большую силу раздражения, чем в период бодрствования. Переход ко сну сопровождается замедлением ритмов электроэнцефалограммы, появлением в ней высокоамплитудных медленных колебаний дельта- и сигма-волн вместо быстрого бета-ритма.

Сон делится на быстрый (парадоксальный) и медленный. Во время быстрого сна, который составляет 20-25 % от общей его продолжительности, медленные ритмы на электроэнцефалограмме сменяются низкоамплитудными высокочастотными колебаниями, похожими на колебания во время бодрствования. В это время отмечаются движение глазных яблок, сокращение мимических мышц, учащение дыхания и пульса, повышение давления. Такие проявления получили название «вегетативных бурь». Если человека в это время разбудить, он говорит, что видел сон. Следовательно, появление высокочастотных колебаний во время сна является выражением сновидений. Судя по электроэнцефалограмме, сновидения возникают с промежутками в 80-90 мин.

Остальной период сна (75-80 %) назван медленным. Во время него наблюдается снижение вегетативного тонуса: сужаются зрачки, розовеет кожа, усиливается потоотделение, снижаются слезо- и слюноотделение, активность сердечно-сосудистой, пищеварительной, дыхательной и выделительной систем.

Существует несколько видов сна: периодический ежесуточный, наркотический, гипнотический и патологический. Первый вид является физиологическим, последние три возникают вследствие нефизиологических воздействий на организм.

У взрослого человека наблюдается монофазный (1 раз в сутки) или дифазный сон, у ребенка — полифазный сон. Новорожденный спит 21 ч, ребенок до года — 14 ч, до 10 лет — 10 ч, взрослый — 7-8 ч. Не спать более 3—5 сут. невозможно. Субъективные ощущения при 40-80-часовом лишении сна очень неприятны. Возникают эмоциональная неуравновешенность, повышенная утомляемость, бредовые идеи, нарушаются зрение и вестибулярная функция. Через 90 часов лишения сна появляются галлюцинации, к 170 часам — деперсонализация, к 200-му часу появляются психические и психомоторные расстройства.

Установлено, что сон и торможение по своей природе являются единым процессом. Различие между ними состоит в том, что торможение охватывает лишь отдельные группы нейронов, во время же сна оно широко распространяется по коре и на нижележащие отделы мозга. В возникновении сна важны так называемые гипногенные, т.е. вызывающие сон структуры. К ним относятся каудальная часть ретикулярной формации, таламус и гипоталамус.

Потребность во сне связана с тем, что при таком режиме работы клетки мозга оказываются отключенными от периферических раздражений, благодаря чему становится возможной переработка информации, которая поступила в мозг во время бодрствования. Такая работа происходит в период быстрого сна, и она необходима для классификации и упорядочения информации. Новая информация не просто нанизывается, а осмысливается, связывается с ранее имеющейся и уже в таком виде фиксируется в долговременной памяти. Лишение человека быстрого сна приводит к расстройствам памяти и психическим заболеваниям.

Гипноз представляет собой искусственно вызванный сон, когда в состоянии возбуждения поддерживаются зоны коры, через которые воспринимаются и выполняются команды. При этом, так же как и во

время сна, действуют условия устранения посторонних раздражителей. Через словесную связь очаг возбуждения укрепляется настолько, что он сохраняется после пробуждения и побуждает выполнять приказы, полученные в гипнотическом состоянии. Гипнабельность — подверженность гипнозу, степень и вид внушаемости зависят от возраста, пола, здоровья, интеллекта и т.д.

Развитие мозга в онтогенезе

В процессе онтогенеза головной мозг развивается неравномерно. В пренатальном периоде прежде всего формируются отделы, которые отвечают за функционирование жизненно важных органов (продолговатый мозг, ядра среднего и промежуточного мозга). К концу внутриутробного периода развиваются первичные проекционные поля. К моменту рождения структуры мозга позволяют осуществлять жизненно важные функции (дыхание, жевание, глотание) и простейшие реакции на внешние раздражители. Таким образом, осуществляется принцип минимального и достаточного обеспечения функций. В постнатальном периоде продолжается интенсивное развитие мозга, в особенности коры больших полушарий.

В развитии коры выделяют два процесса — рост коры и дифференцировку ее нейронных элементов. Наибольшее увеличение толщины коры происходит на первом году жизни, а затем постепенно замедляется. Проекционные поля прекращают расти к 3 годам, а ассоциативные — в 7 лет. Кора растет за счет разрежения нейронов, т.е. увеличения межнейронального пространства, роста дендритов и аксонов и развития нейроглии.

В раннем постнатальном периоде начинается дифференцировка нейронов коры, которая продолжается довольно длительный период. Первыми развиваются нейроны нижних слоев, а затем верхних. В более ранние сроки созревают веретенообразные клетки, переключающие афферентную импульсацию из подкорковых структур к пирамидным нейронам. В более поздние сроки развиваются звездчатые и корзинчатые клетки, которые обеспечивают взаимодействие нейронов и циркуляцию возбуждения внутри коры. Начавшаяся в первые месяцы жизни дифференцировка вставочных нейронов заканчивается в 3-6 лет. Полное развитие вставочных нейронов в ассоциативных областях отмечается в 14-летнем возрасте.

О формировании нейронной организации коры говорит наличие хорошо развитых аксонов и дендритов. Аксоны, проводящие аффе-

рентные импульсы, в течение первых 3 месяцев покрываются миелиновой оболочкой. Это способствует ускорению поступления информации к нейронам проекционной коры. Дендриты, которые обеспечивают взаимодействие нейронов различных слоев, в проекционной коре созревают в первые недели жизни, достигая к 6 месяцам третьего слоя. Дендриты, объединяющие нейроны в пределах одного слоя, развиваются позже.

В развитии коры в онтогенезе выделяют следующие этапы. Первый год характеризуется увеличением размеров нервных клеток, дифференцировкой вставочных нейронов, увеличением аксонов и дендритов. К 3 годам образуются нейронные группировки, включающие различные типы нейронов. В 5-6 лет продолжается дифференцировка и специализация нервных клеток и усиливается межнейрональная интеграция в определенных областях коры. К 9-10 годам усложняется структура интернейронов и пирамид, формируются горизонтальные группировки, объединяющие вертикальные колонки. В 12-14 лет высокой степени специализации достигают пирамидные нейроны и высокой степени дифференциации — интернейроны. Удельный вес волокон становится больше объема клеточных элементов. К 18 годам организация коры достигает уровня взрослого человека.

Основная закономерность в развитии мозга заключается в том, что эволюционно более древние структуры созревают раньше: от спинного мозга и ствола, которые обеспечивают жизненно важные функции, к коре больших полушарий. По горизонтали развитие идет следующим образом. Первыми формируются проекционные отделы, обеспечивающие контакты с внешним миром с момента рождения. Затем созревают ассоциативные области, ответственные за психическую деятельность.

Для развития каждого последующего уровня необходимо полное созревание предыдущего. Этот принцип развития мозга в онтогенезе Л.С. Выготский назвал «снизу вверх». Например, для развития проекционной коры необходимо формирование структур, через которые поступает сенсорная информация. В свою очередь, формирование первичных проекционных корковых зон необходимо для развития ассоциативных корковых зон. Позже созревающие структуры влияют на уже существующие. Так, только после созревания проекционных зон коры ядра таламуса приобретают полную специализацию. Полностью сформированная кора управляет подчиненными ей структурами более низкого уровня (это принцип «сверху вниз»).

12.3. Строение, функции и возрастные особенности периферической нервной системы

Периферическая нервная система образована нервными узлами, 12 парами черепных нервов, 31 парой спинномозговых нервов, их ветвями и нервными окончаниями, а также рецепторами и эффекторами. В зависимости от расположения нервов и связанных с ними узлов выделяют черепные и спинномозговые нервы (рис. 52).

Черепные нервы

От различных отделов мозга отходят 12 пар черепных нервов. В их составе находятся афферентные, эфферентные и вегетативные волокна. Ядра черепных нервов лежат в сером веществе головного мозга, носят собственные названия и обозначаются римскими цифрами.

I — обонятельный нерв, чувствительный, состоит из центральных отростков рецепторов, располагающихся в слизистой оболочке обонятельной области полости носа и образующих 15—20 ветвей нерва.

II — зрительный нерв, чувствительный, образован отростками ганглиозных клеток сетчатки, которые формируют единый ствол. Войдя в полость черепа, правый и левый зрительные нервы перекрещиваются и продолжают в зрительные тракты.

III — глазодвигательный нерв, двигательный, образован отростками ядра глазодвигательного нерва, лежащего в сером веществе водопровода. Выходит на поверхность мозга между ножками мозга и через верхнеглазничную щель проникает в глазницу, где иннервирует все мышцы глазного яблока.

IV — блоковый нерв, двигательный, образован волокнами ядра блокового нерва, лежащего на уровне нижнего двухолмия среднего мозга. Проходит в глазницу через верхнюю глазничную щель и иннервирует верхнюю косую мышцу глаза.

V — тройничный нерв, смешанный, появляется на поверхности мозга между мостом и средними ножками мозжечка двумя корешками — большим чувствительным и малым двигательным. Чувствительный корешок состоит из аксонов чувствительных нейронов тройничного узла, который располагается на передней поверхности пирамиды височной кости. Он иннервирует кожу лица и лба, зубы, слизистую оболочку полостей рта и носа. Двигательный корешок содержит отро-

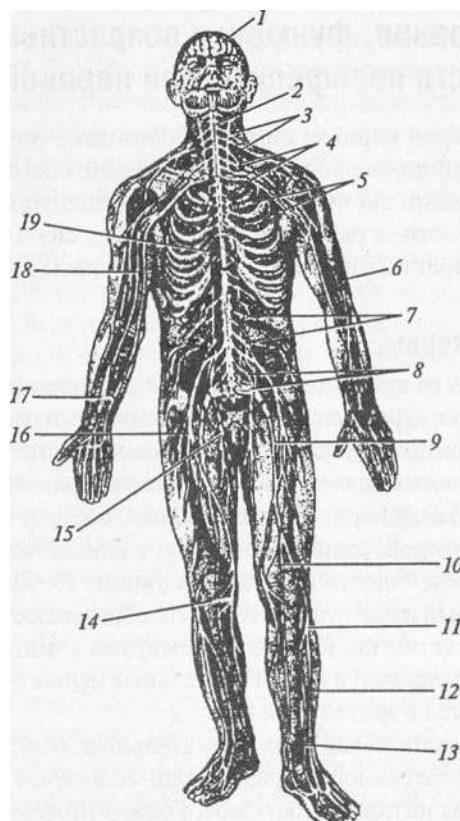


Рис. 52. Периферическая нервная система:

1 — головной мозг; 2 — спинной мозг; 3 — шейное сплетение; 4 — плечевое сплетение; 5 — межреберные нервы; 6 — лучевой нерв; 7 — поясничное сплетение; 8 — крестцовое сплетение; 9 — седалищный нерв; 10 — большеберцовый нерв; 11 — общий малоберцовый нерв; 12 — поверхностный малоберцовый нерв; 13 — глубокий малоберцовый нерв; 14 — подкожный нерв ноги; 15 — запирательный нерв; 16 — бедренный нерв; 17 — локтевой нерв; 18 — срединный нерв; 19 — симпатический ствол

стки клеток двигательного ядра, лежащего в покрывке моста, и иннервирует все жевательные мышцы.

VI — отводящий нерв, двигательный, образован аксонами клеток ядра отводящего нерва, лежащего на дне ромбовидной ямки. На поверхность мозга выходит между пирамидой и мостом, проходит через глазницу и иннервирует прямую мышцу глаза.

VII — лицевой нерв, смешанный, состоит из волокон двигательного ядра, лежащего в крышке моста. Через внутреннее слуховое отверстие лицевой нерв проникает в лицевой канал, который пронизывает пирамиду височной кости. Далее через шилососцевидное отверстие он идет в околоушную слюнную железу и распадается на концевые ветви, образуя «гусиную лапку». Эти ветви иннервируют мимические мышцы. В состав нерва входят волокна вегетативной нервной системы, идущие к вкусовым сосочкам языка.

VIII — преддверно-улитковый нерв, чувствительный, состоит из нерва улитки и нерва преддверия. Первый представлен аксонами клеток спирального узла, лежащего внутри костной улитки, второй — аксонами клеток преддверного узла, который находится на дне внутреннего слухового прохода. Оба нерва соединяются во внутреннем слуховом проходе в общий нерв, который входит в мозг рядом с лицевым нервом.

IX — языкоглоточный нерв, чувствительный, выходит первым на поверхности продолговатого мозга снаружи от оливы несколькими корешками, полость черепа покидает общим стволом через яремное отверстие. Волокна образованы дендритами клеток чувствительных узлов языкоглоточного нерва, расположенного в области яремного отверстия.

X — блуждающий нерв, смешанный, самый длинный в организме человека, выходит из продолговатого мозга позади языкоглоточного нерва несколькими корешками и идет через яремное отверстие вместе с IX и XI черепными нервами. Вблизи отверстия располагаются чувствительные ядра блуждающего нерва. Его чувствительные отростки спускаются по шее, вдоль пищевода в грудную полость, а затем через диафрагму в брюшную полость. Левый нерв ветвится на передней поверхности желудка, а правый входит в состав чревного сплетения. Чувствительные волокна иннервируют слизистую оболочку гортани, глотки, корня языка и твердую мозговую оболочку. Двигательные волокна отходят от ядер продолговатого мозга и иннервируют мышцы гортани, нёба и глотки. В состав этого нерва входят также парасимпатические волокна, идущие к органам грудной и брюшной полостей.

XI — добавочный нерв, двигательный, состоит из аксонов клеток ядра добавочного нерва продолговатого мозга. Выходит из черепа через яремное отверстие, часть волокон идет в блуждающий нерв, другая иннервирует трапециевидную и грудино-ключично-сосцевидную мышцы.

ХП — подъязычный нерв, двигательный, состоит из волокон нейронов ядра подъязычного нерва ромбовидной ямки. Из мозга выходит многочисленными корешками между пирамидой и оливой, а из черепа — через канал подъязычного нерва. Иннервирует все мышцы языка.

Спинномозговые нервы

Второй частью периферической нервной системы является отходящая от спинного мозга 31 пара спинномозговых нервов. Из них 8 отходят от шейного отдела, 12 — от грудного, 5 — от поясничного, 5 — от крестцового, 1 — от копчикового. Спинномозговые нервы имеют небольшую длину и вскоре делятся на 4 ветви. Возвратная ветвь сразу же возвращается в позвоночный канал и иннервирует сам спинной мозг. Висцеральная, или соединительная, ветвь идет к соответствующему симпатическому узлу, содержит как эфферентные, так и афферентные волокна, иннервирует внутренние органы. Задние ветви во всех отделах сохраняют сегментарный характер распределения и подходят к мышцам задней половины тела. Передние ветви (иннервируют мышцы передней половины тела) отличаются от задних тем, что сегментарное строение сохраняют только в грудном отделе, где их называют межреберными нервами (12 пар). Во всех других отделах передние ветви соединяются друг с другом в шейное, плечевое, поясничное, крестцовое и копчиковые сплетения. Межреберные нервы иннервируют все мышцы груди и живота, кроме того, каждая из них отдает по боковой кожной ветви. Они располагаются в межреберных промежутках. Шесть нижних нервов продолжают в переднюю стенку живота, дойдя до прямой мышцы, выходят под кожу в виде передней кожной ветви.

Шейное сплетение образуется передними ветвями четырех верхних шейных нервов и веткой от пятого нерва. Оно лежит в глубоких мышцах шеи, сбоку от поперечных отростков позвонков, и образует кожные и мышечные ветви. Кожные ветви выходят из-под грудино-ключично-сосцевидной мышцы и иннервируют кожу затылка, ушной раковины и верхней части груди. Мышечные нервы идут к глубоким мышцам шеи и спины. Диафрагмальный нерв выходит из сплетения, проникает в грудную полость, проходит впереди легкого и достигает диафрагмы вблизи ее сухожильного центра.

Плечевое сплетение образовано передними ветвями четырех нижних шейных нервов и веткой от первого грудного. Оно спускается

в подкрыльцовую ямку и делится на надключичную и подключичную части. Надключичная часть дает ряд коротких ветвей, которые иннервируют мышцы верхней конечности, расположенные на туловище и лопатке. Подключичная часть дает начало следующим крупным нервам: кожно-мышечному, подкрыльцовому и лучевому, срединному нервам, кожным нервам плеча и предплечья и локтевому нерву. Кожно-мышечный нерв проходит через клювовидно-плечевую мышцу и иннервирует мышцы — сгибатели плеча, выходит на предплечье и иннервирует его кожу. Срединный нерв идет вдоль плечевой артерии, на предплечье располагается между сгибателями пальцев, где делится на три ветви, иннервирующие все сгибатели предплечья, мышцы кисти, кожу ладоней и пальцев. Локтевой нерв на плече ветвей не дает, на предплечье иннервирует локтевой сгибатель запястья, вблизи гороховидной кости запястья делится на концевые ветви, идущие к мышцам кисти и ее коже. Лучевой нерв — самый толстый, лежит позади плечевой артерии, входит в трехглавую мышцу и иннервирует заднюю поверхность предплечья. Обогнув плечевую кость, попадает в локтевую ямку, где делится на глубокую и поверхностную ветви. Глубокая снабжает все мышцы задней группы предплечья. Поверхностная ветвь идет вместе с лучевой артерией на кожу кисти. Подкрыльцовый нерв иннервирует дельтовидную и малую круглую мышцу, плечевой сустав и кожу плеча.

Поясничное сплетение лежит в толще поясничной мышцы и образовано ветвями трех верхних поясничных нервов и ветками от IV поясничного и XII грудного нервов. Короткие ветви иннервируют мышцы поясницы. Длинные ветви выходят из-под поясничной мышцы. Верхние длинные нервы иннервируют нижнюю часть передней стенки живота и кожу наружных половых органов, остальные длинные нервы представлены латеральным кожным нервом, бедренным и запирательными нервами. Латеральный кожный нерв бедра прободает стенку живота, в районе подвздошной кости выходит на бедро и иннервирует кожу наружной стороны бедра. Бедренный нерв — самый толстый в поясничном сплетении, выходит на бедро под паховой связкой и сразу распадается на концевые мышечные и кожные ветви. Мышечные ветви иннервируют портняжную и четырехглавую мышцы, кожные ветви — кожу передней поверхности бедра. Самая длинная кожная ветвь — скрытый нерв — иннервирует кожу внутренней поверхности голени и стопы. Запирательный нерв направляется в малый таз, по стенке которого достигает запирательного отверстия и через

него выходит на внутреннюю поверхность бедра, иннервирует кожу поверхности бедра, тазобедренный сустав и все приводящие мышцы.

Крестцовое сплетение образовано передними ветвями V поясничного, трех крестцовых нервов и ветвями IV крестцового нерва. Лежит оно в малом тазу, от него начинаются короткие и длинные ветви. Короткие ветви иннервируют ягодичные мышцы, кожу и мышцы промежности и наружные половые органы. Длинные ветви представлены седалищным и задним кожным нервом бедра. Последний выходит из таза через большое седалищное отверстие и иннервирует кожу задней поверхности бедра и подколенной области. Седалищный нерв складывается из всех передних ветвей крестцового сплетения и является самым крупным у человека. Из таза выходит вместе с задним кожным нервом и отдает ветви к мышцам задней группы бедра. Не доходя до подколенной ямки, делится на большеберцовый и общий малоберцовый нервы. Большеберцовый нерв на голени идет между поверхностными и глубокими слоями сгибателей, иннервирует коленный сустав и отдает здесь длинный медиальный кожный нерв голени. Последний соединяется с латеральным кожным нервом голени, иннервирует кожу задней стороны голени и образует икроножный нерв. Обогнув медиальную лодыжку, икроножный нерв выходит на подошву и иннервирует голеностопный сустав, мышцы стопы, кожу подошвы и пальцев. Общий малоберцовый нерв огибает подколенную ямку, латерально и на уровне головки малоберцовой кости делится на поверхностный и глубокий малоберцовый нервы. Поверхностный иннервирует малоберцовые мышцы, кожу стопы и пальцев, глубокий — переднюю группу мышц голени.

Копчиковое сплетение образовано передними ветвями V крестцового и I копчикового нервов. Его ветви иннервируют кожу в области копчика и в окружности заднего прохода.

12.4. Проводящие пути головного и спинного мозга

Проводящие пути представлены чувствительными, или восходящими, и двигательными, или нисходящими, путями (рис. 53).

К восходящим путям относятся латеральный и передний спиноталамический пути, тонкий и клиновидный пучки, задний и передний спиномозжечковые пути. Первый нейрон всех чувствительных путей

лежит в спинномозговом ганглии, периферический отросток его идет в составе спинномозговых нервов, центральный — в задних корешках спинномозговых нервов.

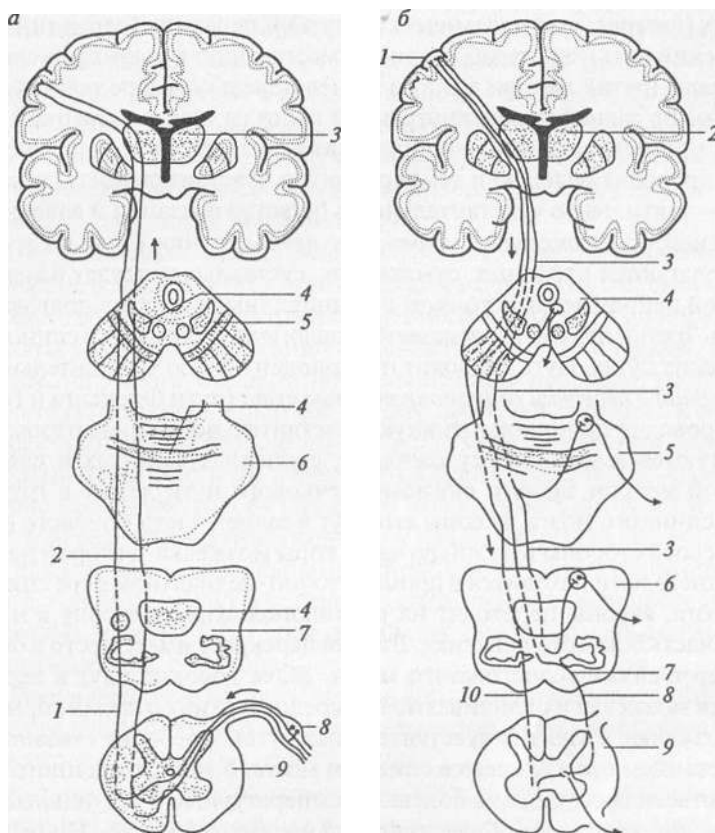


Рис. 53. Проводящие пути головного и спинного мозга:

а — путь болевой, температурной и тактильной чувствительности (1 — латеральный спиноthalамический путь; 2 — передний спиноthalамический путь; 3 — зрительный бугор; 4 — медиальная петля; 5 — поперечный разрез среднего мозга; 6 — поперечный разрез моста; 7 — поперечный разрез продолговатого мозга; 8 — спинномозговой узел; 9 — поперечный разрез спинного мозга); *б* — корково-спинномозговой (пирамидный) проводящий путь (1 — передняя извилина; 2 — зрительный бугор; 3 — корково-ядерный путь; 4 — поперечный разрез среднего мозга; 5 — поперечный разрез моста; 6 — поперечный разрез продолговатого мозга; 7 — перекрест пирамид; 8 — латеральный корково-спинномозговой (пирамидный) путь; 9 — поперечный разрез спинного мозга; 10 — передний корково-спинномозговой (пирамидный) путь)

Латеральный и передний спиноталамические пути начинаются рецепторами, располагающимися в коже и слизистых оболочках. Вторым нейрон спиноталамических путей находится в заднем роге спинного мозга, аксоны переходят на противоположную сторону, проходят в боковых (латеральный таламический путь) и передних (передний таламический путь) канатиках спинного мозга и идут в покрывку среднего мозга. Третий нейрон лежит в заднелатеральном ядре таламуса, его аксоны по задней ножке внутренней капсулы идут в четвертый слой коры постцентральной извилины. Латеральный спиноталамический путь проводит болевую и температурную чувствительность, а передний — тактильную чувствительность (чувство осязания и давление).

Рецепторы *тонкого и клиновидного пучков* (пучки Голля и Бурдаха) располагаются в мышцах, сухожилиях, суставных капсулах и связках. Вторым нейрон лежит в тонком и клиновидных ядрах продолговатого мозга. Третий нейрон располагается аналогично такому же в спиноталамических путях. Путь проводит проприоцептивную чувствительность.

Задний и передний спинномозжечковые пути (пути Флексига и Говерса) проводят проприоцептивную чувствительность, рецепторы располагаются в мышцах, сухожилиях, суставных капсулах и связках. Вторым нейрон заднего спинномозжечкового пути лежит в грудном ядре спинного мозга, аксоны его идут в задней части бокового канатика своей стороны в нижнюю часть коры мозжечка, а второй нейрон переднего пути находится в промежуточно-медиальном ядре спинного мозга, аксоны переходят на противоположную сторону в переднюю часть бокового канатика. Второй перекрест имеет место в области перешейки продолговатого мозга, далее волокна идут в верхние ножки мозжечка и оканчиваются в передневерхних отделах коры червя мозжечка. Развитие чувствительных путей у ребенка связано с их созреванием прежде всего в спинном мозге. У новорожденного имеется ответная реакция на болевые, температурные и тактильные раздражения, возникает общее двигательное беспокойство. Но ребенок не дифференцирует характер раздражения, так как корковые концы анализаторов еще не развиты. Рефлекторная дуга замыкается в спинном мозге или зрительном бугре. Ответная реакция следует по волокнам собственных пучков спинного мозга или по красноядерно-спинномозговому пути. Такие виды чувствительности, как осязание, количественная и качественная характеристика болевых и температурных раздражителей, появляются только с дифференцировкой функций коры большого мозга. В течение первого-второго года жизни возникают связи чувствительных центров с предцентральной извилиной.

Нисходящие, или двигательные, пути представлены пирамидными и экстрапирамидными путями. К *пирамидным путям* относятся корково-ядерный путь, а также латеральный и передний корково-спинномозговые пути. Первый нейрон *корково-ядерного пути* представлен гигантскими клетками Беца пятого слоя нижней трети предцентральной извилины коры головного мозга. Аксоны идут через основание ножек мозга, переходят на противоположную сторону в стволе мозга на уровне двигательных ядер. Второй нейрон представлен двигательными ядрами III—VII, IX—XII пар черепных нервов. Аксоны их идут в двигательных корешках черепных нервов. Этот путь управляет осознанными движениями мышц головы.

Первый нейрон *латерального и переднего корково-спинномозговых путей* представлен гигантскими клетками Беца пятого слоя средней и верхней трети предцентральной извилины коры головного мозга. Аксоны идут через основание ножек мозга и моста в пирамиды продолговатого мозга. Волокна латерального пути переходят на противоположную сторону на границе продолговатого и спинного мозга (перекрест пирамид) и дальше идут в боковых канатиках спинного мозга. Волокна переднего пути переходят на противоположную сторону на уровне передних столбов спинного мозга (посегментарно) и дальше идут в передних канатиках спинного мозга. Второй нейрон обоих путей представлен двигательными нейронами передних рогов спинного мозга. Аксоны их идут в передних (двигательных) корешках спинномозговых нервов. Этот путь управляет осознанными движениями мышц головы и туловища.

Экстрапирамидные пути объединяют краснаядерно-спинномозговой, предцверно(вестибуло)-спинномозговой, сетчато(ретикуло)-спинномозговой, тектоспинальный пути.

Краснаядерно-спинномозговой путь (пучок Монакова) управляет автоматическими движениями и поддерживает тонус скелетных мышц. Начинается он в красных ядрах среднего мозга, аксоны идут через покрывку ножек мозга, мост и продолговатый мозг, переходят на противоположную сторону в среднем мозге и далее идут в боковых канатиках спинного мозга.

Преддверно(вестибуло)-спинномозговой путь (пучок Левенталья) способствует поддержанию тела и головы в пространстве и берет начало в вестибулярном ядре (ядро Дейтерса) продолговатого мозга, а волокна без перекреста вступают в передний канатик своей стороны спинного мозга.

Сетчато(ретикуло)-спинномозговой путь поддерживает тонус скелетных мышц и регулирует состояние спинномозговых вегетативных центров. Аксоны первого нейрона пути, лежащего в ретикулярной формации, проходят через средний и продолговатый мозг, спускаются частично по своей или противоположной стороне в передних канатиках спинного мозга.

Тектоспинальный путь передает влияние подкорковых центров зрения и слуха на тонус скелетной мускулатуры, осуществляет защитные рефлексы. Начинается в ядрах четверохолмия среднего мозга, аксоны идут через мост мозга и продолговатый мозг и переходят на противоположную сторону под водопроводом мозга, далее следуя в передние канатики спинного мозга. Вторые нейроны всех экстрапирамидных нисходящих путей представлены двигательными нейронами передних рогов спинного мозга, аксоны которых находятся в передних корешках спинномозговых нервов.

Двигательные функции у новорожденного не сформированы. В первые месяцы после рождения движения хаотичны, произвольны, так как недостаточно развиты базальные ганглии, обеспечивающие их автоматизм. Из всех ганглиев функционирует бледный шар. К 4—5 месяцам жизни созревают полосатое тело и ядра двигательных анализаторов в коре. В это время появляются простые направленные движения, хотя до двух лет они остаются неустойчивыми и нечеткими. Целенаправленные движения появляются к 3 годам. К этому времени формируется двигательный нервный центр, полная же дифференциация его заканчивается к 7—10 годам.

12.5. Вегетативная нервная система

Вегетативная нервная система осуществляет регуляцию внутренней среды организма. Основной ее функцией является сохранение гомеостаза при различных воздействиях на организм. Вегетативная нервная система называется автономной, так как в отличие от соматической не подвержена влияниям со стороны центральной нервной системы.

Вегетативная нервная система иннервирует гладкую мускулатуру внутренних органов, кровеносных сосудов и кожу, сердце и железы. К мышцам также подходят вегетативные волокна, которые не вызывают мышечного сокращения, но повышают в мышцах обмен веществ, что стимулирует их работоспособность.

Вегетативная нервная система, как и соматическая, состоит из центральных и периферических образований. Центры расположены в виде отдельных клеточных скоплений в области головного и спинного мозга. Периферическая часть включает нервные узлы и сплетения, которые отходят от этих узлов. Вегетативные узлы находятся за пределами центральной нервной системы на пути к органам, а некоторые лежат в стенках органов. В узлах происходит переключение возбуждения с нейрона, лежащего в центрах (ядрах), на нейрон, отростки которого идут к органам. Таким образом, в вегетативной нервной системе путь от мозга до иннервируемого органа всегда состоит из двух нейронов. Тело первого нейрона лежит в ядрах ствола головного мозга или в боковых рогах спинного мозга, а отросток идет к узлам, в них находится тело второго нейрона, а его отросток направляется к рабочему органу.

Вегетативная нервная система подразделяется на симпатическую и парасимпатическую. Каждая из них имеет центральную и периферическую части.

Центральная часть вегетативной нервной системы

Центры вегетативной нервной системы расположены в четырех отделах головного и спинного мозга: среднемозговом (мезэнцефальном), бульбарном, крестцовом (сакральном) и грудопоясничном (тораколюмбальном). Среднемозговой отдел находится в среднем мозге и представлен ядром глазодвигательного нерва (III пара черепных нервов). Бульбарный представлен слюноотделительным ядром лицевого нерва (VII пара) в мосте мозга, слюноотделительным ядром языкоглоточного нерва (IX пара) и ядром блуждающего нерва (X пара черепных нервов) в продолговатом мозге. Крестцовый отдел лежит в боковых рогах II—IV крестцовых сегментов спинного мозга. Грудопоясничный отдел расположен в боковых рогах VIII шейного, всех грудных и 1-й поясничных сегментов спинного мозга. Первые три отдела относятся к парасимпатической нервной системе, последний к симпатической (рис. 54).

Периферическая часть вегетативной нервной системы

Периферическая часть вегетативной нервной системы образована выходящими из головного и спинного мозга вегетативными нервами, вегетативными сплетениями и узлами, лежащими впереди от позво-

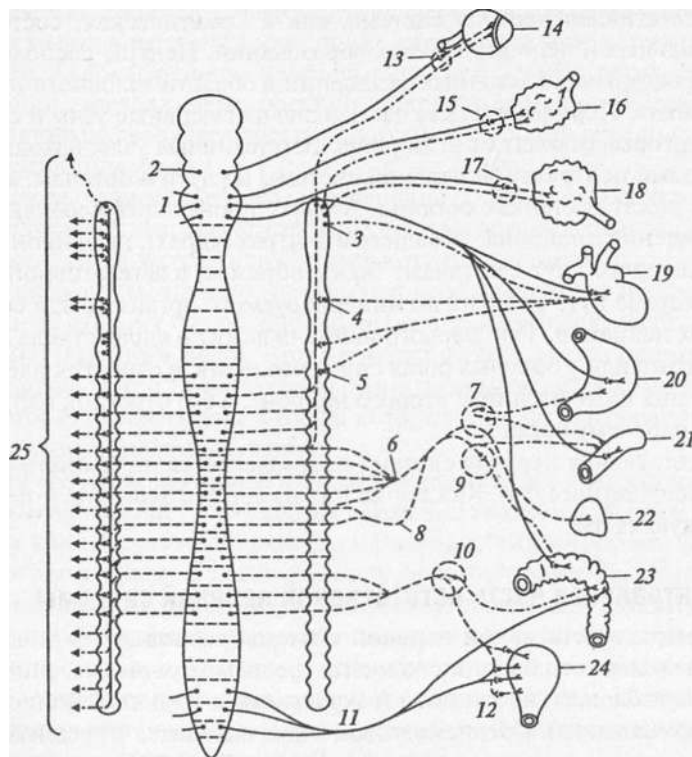


Рис. 54. Вегетативная нервная система (симпатическая часть обозначена штриховыми (преганглионарные волокна) и штрихпунктирными (постганглионарные волокна) линиями; парасимпатическая часть — сплошными (преганглионарные волокна) и штриховыми (постганглионарные волокна) линиями):

1 — продолговатый и задний мозг; 2 — средний мозг; 3 — верхний шейный узел; 4 — средний шейный узел; 5 — шейно-грудной (звездчатый) узел; 6 — большой внутренностный нерв; 7 — чревный узел; 8 — малый внутренностный нерв; 9 — верхний брыжеечный узел; 10 — нижний брыжеечный узел; 11 — тазовый внутренностный нерв; 12 — мочепузырное сплетение; 13 — ресничный узел; 14 — глаз; 15 — поднижнечелюстной узел; 16 — поднижнечелюстная железа; 17 — ушной узел; 18 — околоушная железа; 19 — сердце; 20 — желудок; 21 — тонкая кишка; 22 — надпочечник; 23 — толстая кишка; 24 — мочевого пузыря; 25 — ветви к сосудам, мышечным волокнам и железам кожи

ночника (предпозвоночные, или превертебральные) и рядом с позвоночником (околопозвоночные, или паравертебральные), а также расположенными вблизи крупных сосудов, возле органов и в их толще нервами, отходящими от этих узлов и сплетений к органам и тканям.

Периферическая часть симпатической нервной системы представлена паравертебральными и превертебральными симпатическими ганглиями и отходящими от них нервами. Околопозвоночные симпатические узлы, или паравертебральные ганглии, соединяются между собой с каждой стороны позвоночника межузловыми ветвями, образуют правый и левый симпатические стволы, расположенные по бокам от позвоночника. В каждом стволе различают 3 шейных, 10-12 грудных, 4 поясничных и 4 крестцовых узла. Аксоны нейронов боковых рогов спинного мозга вначале идут в составе передних корешков спинномозговых нервов, затем вступают в симпатический ствол (преганглионарные, белые волокна).

Одна часть волокон заканчивается синапсами на клетках узлов симпатического ствола. Аксоны этих клеток в виде постганглионарных волокон выходят из симпатического ствола в составе серых соединительных ветвей и иннервируют все органы и ткани.

Другая часть преганглионарных волокон не прерывается в узлах симпатического ствола, а проходит через них и входит в узлы симпатических сплетений брюшной полости и таза (чревное, аортальное, верхние и нижние брыжеечные, подчревное). В этих сплетениях преганглионарные волокна заканчиваются синапсами на нейронах узла, которые являются вторыми нейронами эфферентного пути симпатической иннервации внутренних органов.

Чревное сплетение — самое большое в автономной нервной системе, расположено между надпочечниками и окружает начало чревного ствола и верхней брыжеечной артерии. В состав сплетения входят большие парные чревные ганглии и непарный — верхнебрыжеечный. Постганглионарные симпатические волокна, отходящие от клеток этих ганглиев, образуют вторичное сплетение вокруг ветвей аорты и по сосудам расходятся к органам брюшной полости. Волокна иннервируют надпочечники, половые железы и поджелудочную железу, почки, желудок, печень, селезенку, тонкий и толстый кишечник до нисходящей ободочной кишки.

Нижнебрыжеечное сплетение лежит на аорте и, распространяясь по ветвям нижнебрыжеечной артерии, иннервирует нисходящую ободочную, сигмовидную и верхнюю части прямой кишки.

Подчревное сплетение окружает конец брюшной аорты. Постганглионарные волокна сплетения, распространяясь по ветвям внутренней подвздошной артерии, иннервируют нижнюю часть прямой кишки, мочевого пузыря, семявыносящий проток, предстательную железу, матку, влагалище.

Периферическая часть парасимпатической нервной системы представлена волокнами III, VII, IX и X пар черепных и II—IV — крестцовых нервов.

Главная масса парасимпатических волокон, выходящих из продолговатого мозга, покидает его в составе *блуждающего нерва*. Волокна начинаются от клеток его дорсального ядра, расположенного в треугольнике блуждающего нерва на дне ромбовидной ямки. Преганглионарные волокна распространяются на шею, в грудной и брюшной полостях тела. Они оканчиваются в экстра- и интрамуральных ганглиях щитовидной, околощитовидной и вилочковой желез, в сердце, бронхах, легких, пищеводе, желудке, кишечном тракте до селезеночного изгиба, в поджелудочной железе, печени, почках. От нейронов этих ганглиев отходят постганглионарные волокна, которые иннервируют эти органы. Внутриорганные парасимпатические ганглии сердца отдают волокна в синусно-предсердный и предсердно-желудочковый узлы сердечной мышцы. В стенках пищеварительного тракта залегают два сплетения, узлы которых образованы эффекторными парасимпатическими клетками: межмышечное — между продольными и круговыми мышцами кишечника и подслизистое — в его подслизистом слое.

Преганглионарные волокна *языкоглоточного нерва* оканчиваются в ушном узле, расположенном под овальным отверстием клиновидной кости. Постганглионарные секреторные волокна этого узла подходят к околоушной слюнной железе и обеспечивают ее секреторную функцию. Они иннервируют также слизистую оболочку щек, губ, зева и корня языка.

Преганглионарные волокна *лицевого нерва* достигают подъязычного и подчелюстного узла. Последний лежит между язычным нервом и подчелюстной слюнной железой. Постганглионарные секреторные волокна подчелюстного узла иннервируют подчелюстную и подъязычную слюнные железы. Другая часть парасимпатических волокон промежуточного нерва, отделяясь от него, достигает крылонёбного узла, расположенного в одноименной ямке. Постганглионарные волокна узла иннервируют слезную железу, слизистые железы полостей рта и носа и верхнего отдела глотки.

Преганглионарные волокна *глазодвигательного нерва* идут к ресничному узлу в задней части глазницы, латеральное зрительного нерва. Постганглионарные, эффекторные волокна иннервируют мышцу, суживающую зрачок, и ресничную мышцу глаза.

Преганглионарные волокна *крестцовых нервов* проходят в составе вентральных корешков крестцовых нервов и соматического крестцо-

вого сплетения; отделившись от него, образуют тазовые внутренностные нервы. Большинство их ветвей входит в состав подчревного сплетения и оканчивается на клетках интрамуральных ганглиев в стенках органов малого таза. Постганглионарные парасимпатические волокна иннервируют гладкие мышцы и железы нижней части кишечного тракта, мочевыделительные, внутренние и наружные половые органы.

Метасимпатическая нервная система

В стенках органов пищеварительной и мочеполовой систем залегают интрамуральные нервные сплетения. В их состав входят ганглии или отдельные нейроны и многочисленные волокна, в том числе волокна симпатической нервной системы. Нейроны интрамуральных сплетений различаются по функции. Они могут быть двигательными, чувствительными и вставочными и образовывать местные рефлекторные дуги. Благодаря этому становится возможным осуществление элементов регуляции функции данного органа без участия центральных структур. На местном уровне регулируются такие процессы, как активность гладкой мускулатуры, всасывающего и секреторного эпителия, локального кровотока и т. д. Это дало основание выделить интрамуральные нервные сплетения в третий отдел автономной нервной системы — метасимпатическую нервную систему.

Влияние симпатической и парасимпатической систем на деятельность внутренних органов

Как правило, органы и ткани иннервируются как симпатической, так и парасимпатической нервной системой. Симпатическими волокнами иннервируются все органы и ткани, парасимпатических волокон нет в гладкой мускулатуре кожи и скелетных мышцах, надпочечниках, селезенке.

На многие органы симпатические и парасимпатические нервы оказывают противоположные влияния. Например, симпатические нервы ускоряют и усиливают работу сердца, а парасимпатические — тормозят. Парасимпатический нерв вызывает сокращение кольцевой мускулатуры радужной оболочки глаза и сужение зрачка, а симпатический нерв — расширение зрачка. Однако они могут функционировать и как синергисты, т.е. давать одинаковый эффект. Так, снижение повышенного артериального давления может вызываться как снижением активности симпатической системы, так и увеличением активности парасимпатической. Некоторые органы снабжены только пара-

симпатическими волокнами (слюнные железы, железы носоглотки) или только симпатическими (печень, половые органы, жировые клетки, секреторные клетки поджелудочной железы, почти все кровеносные сосуды). Во многих органах с двойной иннервацией в покое преобладает влияние парасимпатической системы.

Биологический смысл двойной иннервации заключается в том, что это обеспечивает более надежную регуляцию деятельности органов. Симпатический отдел по своим функциям является трофическим. Он усиливает окислительные процессы, потребление питательных веществ, стимулирует дыхательную и сердечную деятельность. В целом организм приводится в состояние готовности к активным действиям. Роль парасимпатической нервной системы охраняющая: сужение зрачка при сильном свете, торможение сердечной деятельности, урежение дыхания, опорожнение полостных органов. Действие этого отдела вегетативной нервной системы способствует протеканию восстановительных процессов в организме человека.

Вегетативная нервная система в онтогенезе

В онтогенезе вегетативная нервная система претерпевает существенные изменения, меняется доля участия ее отделов в регуляции функций организма. Вегетативная нервная система новорожденных отличается незрелостью. Характерной ее особенностью в первые годы жизни ребенка являются повышенная возбудимость, непостоянство вегетативных реакций, значительная их выраженность. У детей, особенно грудного возраста, наблюдается неустойчивость показателей вегетативных функций, например частоты дыхания и пульса. Устойчивость их начинает развиваться на втором году жизни ребенка. В первые годы жизни главную роль в регуляции функций внутренних органов играет симпатический отдел вегетативной нервной системы. Парасимпатический отдел включается в рефлекторные реакции с 3-го месяца жизни. К 3 годам тонус парасимпатических нервов становится более выраженным. Однако преобладающее влияние симпатической нервной системы сохраняется до 7 лет. Отделы вегетативной нервной системы начинают функционировать по отношению к различным системам организма в разной последовательности. Так, в регуляцию функций желудочно-кишечного тракта сначала включается парасимпатическая нервная система, симпатическая же регуляция начинает действовать в период отнятия от груди. В регуляции деятельности сердца парасимпатическую нервную систему опережает симпатическая.

ВЫСШАЯ НЕРВНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ И ЕЕ ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ

Высшая нервная деятельность выделяется среди других физиологических функций тем, что она связана с явлениями психической жизни человека. В то время как низшая нервная деятельность осуществляет рефлекторную регуляцию внутреннего состояния и функционирования различных частей организма, высшая нервная деятельность обеспечивает целесообразность поведения в меняющихся условиях жизни: обучение и формирование сознания. Высшая нервная деятельность развивалась на основе физиологического механизма образования временных связей.

Рефлекторные реакции, которые могут обеспечить существование организма лишь при относительном постоянстве окружающей среды, получили название *безусловных рефлексов*. А так как условия существования организма очень сложны и изменчивы, то приспособление его к среде должно обеспечиваться при помощи другого вида реакций, которые позволили бы организму адекватно реагировать на все изменения окружающей среды. Такими реакциями являются *условные рефлексы*. Условный рефлекс представляет собой индивидуально приобретенные системные реакции человека, возникающие на основе образования в центральной нервной системе временной связи между условным раздражителем и безусловно-рефлекторным актом.

13.1. Виды условных рефлексов

Для образования условных рефлексов необходимо, чтобы: действие условного раздражителя совпадало во времени с действием раздражителя, вызывающего безусловный рефлекс; условный раздражитель был физиологически более слабым, чем безусловный; действие условного раздражителя предшествовало действию безусловного. Условный рефлекс может осуществляться только при нормальном состоянии коры головного мозга и при отсутствии посторонних раздражителей.

Условный рефлекс характеризуется следующими признаками: он имеет приспособительный характер и делает поведение особенно пластичным, приспособленным к конкретным условиям; образуется

при участии коры головного мозга; носит приобретенный характер и является индивидуальным; имеет сигнальный характер, т.е. всегда предшествует возникновению безусловного рефлекса.

Выделяют следующие группы условных рефлексов:

по подкреплению: положительные (подкрепляемые) и отрицательные (тормозные, неподкрепляемые, которые не только не вызывают соответствующей реакции, но и тормозят ее);

по биологическому значению: витальные (пищевые, оборонительные, регуляции сна), зоосоциальные (половой, родительский, территориальный), рефлексы саморазвития (исследовательский, игровой, имитационный);

по особенностям подкрепления: рефлекс первого порядка, рефлекс второго порядка и т.д.;

по качеству условного сигнала: экстероцептивные дистантные (зрительные, слуховые), экстероцептивные контактные (тактильные, вкусовые), интероцептивные (механические, температурные, осмотические; образуются медленнее, чем экстероцептивные, а ответная реакция более диффузная);

по характеру условного раздражения: естественные (образуются на естественные признаки безусловного раздражения — запах пищи) и искусственные (на любые другие условные сигналы; вырабатываются медленнее и разрушаются легче, чем естественные);

по структуре условного сигнала: условный рефлекс на простой раздражитель (звонок, свет), условный рефлекс на последовательный комплекс раздражителей, условный рефлекс на цепь раздражителей;

по соотношению во времени условного и безусловного раздражителя. совпадающие, отставленные, запаздывающие.

13.2. Механизм замыкания условного рефлекса

Структура условного рефлекса представляет собой временную связь, замыкающуюся в пределах коры между центром условного раздражителя и клетками коркового представительства безусловного рефлекса. Считается, что замыкание временной связи осуществляется вставочными нейронами коры, но механизм его выяснен недостаточно. Морфологическое объяснение предполагает, что во время образования условного рефлекса происходит рост отростков нервных клеток, устанавливающих новые межклеточные связи. Функциональное объяснение предполагает повышенную проводимость существующих синапсов. Ведущим фактором в возникновении временной связи

условного рефлекса считается изменение синтеза белка в клетке. Совместное возбуждение многих нейронов отражается на структуре РНК, в которой кодируется сигнальное раздражение. Подтверждением этого является наличие «химической памяти». Предполагают также, что след памяти закрепляется на молекулах ДНК, которая сохраняет его дольше, чем быстро синтезируемая РНК.

13.3. Условно-рефлекторная деятельность в онтогенезе

У плода выработать условный рефлекс невозможно. Даже у недоношенных детей условный рефлекс отмечается лишь в возрасте 1,5-2 месяцев. У новорожденного ребенка к концу 1-й недели жизни возникает первый условный рефлекс на время кормления. За 30 мин до кормления у ребенка обнаруживается лейкоцитоз и усиление газообмена, затем ребенок просыпается. К концу 2-й недели появляется условный сосательный рефлекс на «положение для кормления». Затем образуются условные рефлексы на обонятельные и вкусовые раздражители, позднее — на кожно-тактильные и зрительные раздражители. Условные рефлексы у новорожденных неустойчивы, вырабатываются значительно труднее, чем у детей старшего возраста. В первом полугодии жизни условные рефлексы вырабатываются быстрее, чем в период новорожденноеTM, и становятся более прочными. Условно-рефлекторная деятельность в возрасте от года до 3 лет характеризуется не только выработкой отдельных условных рефлексов, но и формированием динамических стереотипов, причем часто в более короткое время, чем у взрослых. У ребенка 2 лет вырабатывается огромное количество условных рефлексов на соотношение величины, тяжести, удаленности, окраски предметов. Этот вид условных рефлексов является основой понятий.- Системы условных связей, выработанные в это время, отличаются особой прочностью. Большинство из них сохраняет значение в течение всей жизни человека. В возрасте 3—5 лет совершенствуется условно-рефлекторная деятельность, увеличивается число динамических стереотипов. Возрастная группа 7—11 лет характеризуется быстрым упрочением условных рефлексов, их устойчивостью к внешним воздействиям. В это время при образовании рефлексов на комплекс последовательно действующих раздражителей условная реакция вырабатывается сразу на весь комплекс. В 12-18 лет существенно изменяется условно-рефлекторная деятельность подростков. В 13—15 лет ско-

рость образования условных рефлексов на непосредственные (зрительные, звуковые и тактильные) раздражители возрастает, в то время как процесс образования условных рефлексов на словесные сигналы затруднен. В 17—18 лет нормализуется высшая нервная деятельность, организм считается созревшим.

13.4. Виды и механизмы памяти

Временная нервная связь, лежащая в основе образования условного рефлекса, — это лишь частный случай хранения информации, или памяти. Память обеспечивает запечатление связей событий окружающего мира, что позволяет накапливать и использовать жизненный опыт.

Память бывает нескольких видов: сенсорная, кратковременная, промежуточная и долговременная.

Сенсорная память заключается в том, что после прекращения воздействия в клетках нервной системы сохраняются следы в течение 500 мс, а стирание следа происходит за 150 мс. Это зрительный образ при мигании, чтении, восприятии речи. На этом виде памяти основано слитное восприятие изображений в кино и на телевидении. Сенсорная память не зависит от воли человека и не может быть подвергнута сознательному контролю.

Кратковременная память имеет объем $7 \pm 2^*$. Это означает, что при однократном чтении бессмысленных слов человек повторяет их в этом объеме. Кратковременную память называют также первичной. Она заключается в мысленном повторении материала с целью запоминания и использования. Длится несколько секунд, стирается при замене материала на новый.

Промежуточная память является переходной от кратковременной к долговременной. Она длится минуты и часы, и в основе ее лежит уже изменение структурных белков.

Долговременную память делят на вторичную и третичную. Вторичная длится от нескольких минут до нескольких лет. Забывается информация при длительном неиспользовании. В третичную память входят навыки, постоянно сопровождающие человека: способность к чтению и письму, профессиональные навыки, которые практически не забываются. Механизмом кратковременной памяти, как уже отме-

* «Магическое число» Дж.А. Миллера; приблизительное число дискретных фрагментов (блоков) информации, которое может одновременно сохраняться в кратковременной памяти.

чалось, является циркуляция импульсных потоков по замкнутым кругам нейронных цепей. Это подтверждается тем, что она нарушается наркотом, сильными раздражителями и т.д. Такие воздействия на долговременную память не влияют, поскольку в ее основе лежат процессы, связанные с активностью синтеза белковых молекул в клетках коры.

Различают следующие виды долговременной памяти: образная (сохранение в памяти одного воспринятого важного объекта); условно-рефлекторная (воспроизведение двигательных реакций спустя длительное время после образования); словесно-логическая, или семантическая (память на словесные раздражители); эмоциональная (воспроизведение ранее пережитого эмоционального состояния при повторном воздействии раздражителей). Эмоциональная память является надмодальной, т.е. формируется и воспроизводится при любых воздействиях; формируется она очень быстро (обычно с первого раза) и характеризуется произвольностью запоминания и воспроизведения (пополняет подсознательную сферу человеческой психики).

Память обеспечивается функционированием целой системы мозговых структур: сенсорные корковые поля (первичный след сенсорной информации) и ассоциативные области, где синтезируется материал для образной и словесно-логической памяти. Гиппокамп участвует в переводе информации из кратковременной памяти в долговременную. Его поражение приводит к потере памяти о текущих событиях при сохранении долговременной памяти. Миндалина обеспечивает эмоциональную память, быстрое и прочное запоминание эмоционально значимых событий. Височная кора рассматривается как хранилище долговременной памяти. Лобные отделы коры участвуют в отборе информации для хранения и перевода ее в рабочую память, что необходимо для организации целенаправленного поведения. Лобные отделы оценивают значимость информации и создают оптимальный уровень активации коры для воспроизведения информации.

Возрастная динамика памяти

С возрастом механизмы памяти претерпевают значительные изменения. Сенсорная память осуществляется на ранних этапах развития. Развитие сенсорных систем способствует формированию образной памяти. На ранних этапах формируется память, в основе которой лежит механизм образования условного рефлекса. Это определяет устойчивость и прочность запоминания в раннем детстве. У детей память имеет свои особенности. Дети обычно связывают отдаленные предметы или события по случайному признаку, что приводит к ошибкам памяти. Дет-

екая память обладает фотографичностью и произвольностью. По мере созревания коры и развития речевой функции формируется словесно-логическая память, т.е. человек способен запоминать не подробности информации, а общие положения. В прочитанном тексте взрослый человек запоминает не формулировку, а содержание. Созревание корковых структур обеспечивает развитие именно этого вида памяти.

13.5. Торможение условных рефлексов

Условные рефлексы пластичны. Они могут долго сохраняться, а могут и тормозиться. Торможение условных рефлексов бывает условным и безусловным.

При **безусловном (внешнем) торможении** осуществляется торможение условно-рефлекторной деятельности коры при действии посторонних для нее раздражителей. Этот вид торможения является внешним, так как причина его возникновения лежит вне структуры рефлекса. Одним из факторов, вызывающих безусловное торможение, служит ориентировочный рефлекс на всякий неожиданный посторонний раздражитель. К видам внешнего торможения относятся гаснущий тормоз и запредельное торможение.

Гаснущий тормоз заключается в том, что неоднократное повторение вызывает ориентировочный рефлекс меньшей интенсивности. Тормоз представляет собой оборонительные безусловные рефлексы, включая болевые. Примером может быть то, что пищевой и оборонительный рефлекс существовать одновременно не могут.

Запредельное (охранительное) торможение возникает при увеличении интенсивности какого-либо раздражителя. При этом вызываемый им эффект увеличивается, но до определенного предела. Дальнейшее усиление раздражения приводит к полному исчезновению эффекта,, что ограждает клетки мозга от избыточного расходования энергии. Такой вид торможения зависит от функционального состояния нервной системы, возраста, состояния гормональной сферы. Предел выносливости клетки в отношении раздражителей разной интенсивности называется пределом ее работоспособности. Чем выше этот предел, тем легче клетка переносит действие сверхсильных раздражителей. Речь идет не только о физической, но и об информационной силе условных сигналов. Этот вид торможения имеет общие черты как с условным, так и с безусловным торможением и занимает промежуточное положение. Крайним случаем запредельного торможения является

оцепенение, возникающее под влиянием сильного раздражения. Человек может впасть в состояние ступора — полной неподвижности. Такие состояния возникают не только в результате действия физически сильного раздражителя (взрыв), но и вследствие тяжелых моральных потрясений (сообщение о болезни или смерти).

Условное (внутреннее) торможение развивается в тех случаях, когда условный раздражитель перестает подкрепляться безусловным. Такое торможение возникает не сразу, а развивается постепенно, вырабатывается по общим законам условного рефлекса и бывает таким же изменчивым и динамичным. Внутреннее торможение возникает внутри центральных нервных структур самих условных рефлексов. Основными характеристиками условного торможения является то, что оно развивается при неподкреплении раздражителей, поддается тренировке (при необходимости рефлекс может самопроизвольно восстанавливаться), обусловлено индивидуальными свойствами нервной системы (у возбудимых молодых людей вырабатывается трудно, у спокойных — достаточно легко), зависит от физиологической силы безусловного рефлекса (выработать торможение на болевой импульс труднее, чем на пищевой), зависит от прочности ранее выработанного условного рефлекса (стабильные рефлексы затормозить сложно), способно взаимодействовать с безусловным (в результате суммации эффект усиливается).

Условное торможение делится на следующие виды: угасательное, дифференцировочное, условный тормоз и запаздывающее.

Угасательное торможение развивается при отсутствии подкрепления условного сигнала безусловным. В данном случае тот же раздражитель становится сигналом отсутствия реакции. Степень и скорость выработки угасательного торможения зависят от прочности условного рефлекса, физиологической силы подкрепляющего рефлекса и частоты неподкрепления.

Дифференцировочное торможение возникает при неподкреплении раздражителей, близких к подкрепляющему сигналу. Этот вид торможения лежит в основе различения близких по своим физическим свойствам раздражений. Сначала развивается обобщение условного рефлекса (генерализация), после чего достигается специализация (выбор определенного раздражителя). Свойствами этого вида торможения являются способность к тренировке, волнообразное образование, зависимость степени торможения от силы возбуждения и трудность выработки торможения при наличии сходных раздражителей.

Условный тормоз образуется при неподкреплении комбинации из положительного условного раздражителя и индифферентного. По су-

ществу оно является разновидностью дифференцировки. Тормоз легче вырабатывается, если к слабому положительному раздражителю прибавляется сильный дополнительный. Прибавочным раздражителем может быть раздражение большой силы (сильный автомобильный гудок). Если прибавочный раздражитель имеет недостаточную силу, то он превращается в условный раздражитель второго порядка, а если он приобрел свойства условного тормоза, то, присоединяясь к любому положительному сигналу, затормаживает его.

При *запаздывающем торможении* подкрепление не отменяется, а отодвигается во времени. Подкрепляется лишь последний период действия раздражителя. Первая фаза действия условного раздражителя называется недействительной фазой, вторая — действительной. В данном случае действует не один, а два раздражителя и второй из них — это время. Этот период времени для болевого рефлекса составляет 30-60 с, для пищевого — 3 мин. Запаздывающее торможение трудно вырабатывается при сильном условном раздражителе, большой силе подкрепляющего рефлекса, упрочении совпадающих условных рефлексов и при отнесении подкрепления на 2-3 мин.

13.6. Координация рефлексов в коре головного мозга

Наряду с выработкой и торможением рефлексов в коре головного мозга имеют место и другие процессы. Это прежде всего анализ и синтез раздражений.

Анализ раздражений представляет собой разделение разных сигналов, дифференцировку различных воздействий. Анализ начинается уже в рецепторном звене, где разные рецепторы реагируют на различные раздражители. Но высшего развития эти процессы достигают в коре, так как сигналы от каждого вида рецепторов поступают в определенные группы нервных клеток. Поэтому каждому периферическому раздражению соответствует свой пространственно-временной рисунок возбуждения. Так происходит различение близких по свойствам раздражителей.

Синтез проявляется в объединении возбуждения, возникающего в различных участках коры, благодаря взаимодействию нейронов. Проявлением синтеза служит образование временной связи, которая составляет основу всякого условного рефлекса. Сложные формы синтетической деятельности коры проявляются в выработке динамиче-

ского стереотипа, который лежит в основе выработки различных привычек и автоматических действий. Динамический стереотип — это система взаимосвязанных условных рефлексов, где каждый занимает определенное место во времени и пространстве. Значение их в жизни человека достаточно велико: трудовые навыки, появление аппетита в определенное время и др. Важная роль в корковых процессах принадлежит условно-рефлекторному переключению. Суть его заключается в том, что эффект условного раздражителя зависит от обстановки, в которой он применяется. В жизни на одни и те же раздражители (одно слово, одни предметы) человек реагирует по-разному в зависимости оттого, где он находится. Благодаря «переключению» достигается более совершенное приспособление человека к постоянно изменяющейся окружающей среде.

В коре головного мозга происходят процессы иррадиации и концентрации.

Иррадиация — это распространение возбуждения и торможения из очага возбуждения. Причем происходит оно постепенно, охватывая сначала близлежащие отделы мозга, а потом более удаленные. Иррадиация бывает динамической и статической. Первая представляет собой распространение возбуждения по коре, быстро переходящее в сосредоточение в исходном участке. При статической иррадиации во всех клетках, охваченных возбуждением, наступают стойкие изменения.

Концентрация представляет собой сосредоточение возбуждения или торможения в исходном участке. Концентрация осуществляется медленнее, чем иррадиация. Как уже отмечалось, оба этих процесса характерны как для возбуждения, так и для торможения. Но иррадиация и концентрация возбудительного процесса протекают быстрее таковых тормозного.

Кроме медленного распространения (иррадиация) и сосредоточения (концентрация) нервных процессов в коре отмечается быстрое влияние возбуждения или торможения на другие области мозга — **индукция**. Она имеет следующие формы: одновременная (положительная и отрицательная), последовательная (положительная и отрицательная). Одновременная отрицательная индукция проявляется снижением активности нейронов коры головного мозга при действии сильных раздражителей. Например, при действии шумов большой силы понижается активность зрительной коры. У многих людей интенсивный шум или яркий свет понижают болевую чувствительность. При одновременной положительной индукции активность взаимодейст-

вующих систем усиливается. Так, вдыхание приятных запахов повышает активность нейронов зрительного анализатора. Последовательная индукция проявляется в усилении активности ранее заторможенного центра (последовательная положительная индукция) либо в торможении ранее возбужденного центра (последовательная отрицательная индукция).

Примером взаимодействия различных рефлекторных реакций является **доминанта**. Это временно господствующий в центральной нервной системе очаг повышенной возбудимости. Доминантный очаг притягивает к себе возбуждение других нервных центров и обладает свойствами повышенной возбудимости, стойкости возбуждения, способностью к суммированию возбуждения инерцией, т.е. способностью длительно удерживать возбуждение после окончания стимула.

Взаимодействие рефлекторных реакций в организме человека изменяется в зависимости от возраста. Например, иррадиация хорошо выражена у детей, особенно в раннем возрасте. Дети дошкольного и младшего школьного возраста при появлении красивой игрушки раскрывают рот, прыгают и смеются от удовольствия. Для детей характерно ослабление внимания. Этот процесс можно рассматривать как ослабление иррадиации и усиление индукции, совершенствуется он с возрастом. Повышенную двигательную активность школьников во время перемен после двигательного торможения в двигательной области коры больших полушарий в течение урока можно объяснить последовательной положительной индукцией. Чем моложе ребенок, тем менее устойчива доминанта и тем легче она тормозится.

У новорожденного внешнее (безусловное) торможение условных рефлексов проявляется раньше внутреннего (условного). В возрасте от 1 месяца до года формируется внутреннее торможение. Угасательное и дифференцировочное торможение зрительных и слуховых условных рефлексов удастся выработать с 3-4 месяцев. Вначале дифференцируются лишь сильно различающиеся раздражители. К 6 месяцам дифференцировочное торможение становится более точным, происходит дифференцировка близких сигналов. Признаки запаздывающего торможения появляются только с 5 месяцев. Все виды условного торможения становятся хорошо развитыми к 7-11 годам. В 13-15 лет условное торможение, особенно дифференцировочное, ослабляется. Это связано с повышенной возбудимостью центральной нервной системы: К 17—18 годам все виды торможения восстанавливаются.

13.7. Типы высшей нервной деятельности

Совокупность сложных форм деятельности коры больших полушарий и ближайших к ней подкорковых образований, обеспечивающую взаимодействие целостного организма с внешней средой, называют **высшей нервной деятельностью**.

Условно-рефлекторная деятельность зависит от индивидуальных свойств нервной системы, которые обусловлены наследственными особенностями индивидуума и его жизненным опытом. Совокупность этих свойств называют **типом высшей нервной деятельности**. В основе деления на типы положены три основных показателя. Во-первых, сила процессов возбуждения и торможения, т.е. способность нейронов коры адекватно отвечать на сильные раздражители. Во-вторых, уравновешенность процессов возбуждения и торможения, т.е. соотношение силы процессов возбуждения и торможения. При доминировании возбуждения над торможением у человека быстро образуются положительные условные рефлексы, но затрудняется выработка дифференцировочного торможения. Если превалирует торможение над возбуждением, развивается общее торможение коры. И в-третьих, подвижность процессов возбуждения и торможения, что выражается в скорости, с которой один процесс сменяется другим.

На основании этих признаков выделили четыре типа высшей нервной деятельности: 1) сильный неуравновешенный (с преобладанием возбуждения над торможением); 2) сильный уравновешенный с большой подвижностью нервных процессов (наблюдается быстрое привыкание к обстановке, имеет место активная реакция на новые раздражители); 3) сильный уравновешенный с малой подвижностью нервных процессов (на новые раздражители наблюдается незначительная реакция, для всех действий характерна медлительность); 4) слабый с недостаточным развитием возбуждения и торможения (наблюдается быстрая истощаемость организма, потеря работоспособности при необычных раздражителях, быстрота перехода в заторможенное состояние).

Приведенные типы высшей нервной деятельности совпадают с видами темперамента человека, которые были известны еще Гиппократу. Первый тип соответствует холерическому темпераменту, второй — сангвиническому, третий — флегматическому, четвертый — меланхолическому. Однако между типом нервной системы и темпераментом нет тождественности, так как в последний, кроме функциональных особенностей нервной системы, включаются оценка положения и условий жизни человека, социальные факторы окружающей среды.

Кроме того, при анализе функционального состояния нервной системы человека с учетом врожденных способностей выделяют три типа высшей нервной деятельности: мыслительный, художественный и смешанный. В основе этой классификации лежит преобладание первой или второй сигнальной системы. Первая сигнальная система проводит анализ и синтез непосредственных сигналов внешнего мира с помощью органов чувств. В результате развития общества у человека развилась новая функция мозга: восприятие словесной сигнализации, понимание значения произносимых и видимых слов, а также жестов и мимики — вторая сигнальная система. Она качественно изменила высшую нервную деятельность человека, так как появилась взаимосвязь коры с подкорковыми образованиями. Человек обозначает словами все то, что воспринимает рецепторами. Слово является «сигналом сигналов». Вторая сигнальная система социально детерминирована, т.е. возникла и развилась в результате общественно-трудовой деятельности. Без общения с людьми вторая сигнальная система не развивается. Дети, попавшие в изоляцию, забывают разговорную речь, а родившиеся глухими, не имея возможности подражать голосу окружающих, становятся немыми. Все это говорит о взаимосвязи второй сигнальной системы с первой и с социальной средой.

Художественный тип отличается более усиленной работой первой сигнальной системы. Люди этого типа пользуются чувственными восприятиями окружающего мира и воспринимают действительность целиком. *Мыслительный тип* характеризуется более усиленной работой второй сигнальной системы, выраженной способностью к абстрагированию действительности. При этом происходит анализ ситуации, ее разделяют на части, а затем уже соединяют в единое целое. *Смешанный тип* характеризуется уравновешенностью двух сигнальных систем.

13.8. Высшая нервная деятельность ребенка

Высшая нервная деятельность ребенка обладает рядом особенностей, в связи с чем предложена классификация ее типов у детей, в которой учтены взаимоотношения сигнальных систем и взаимодействия коры с подкорковыми структурами.

Сильный, оптимально возбудимый, уравновешенный, быстрый тип. Это сангвинический тип, который характеризуется быстрым образо-

ванием, угасанием и восстановлением условных рефлексов. Процессы возбуждения и торможения быстро сменяют друг друга, образуются тонкие дифференцировки. Дети отличаются хорошим поведением и живым темпераментом. Речь быстрая и громкая, отчетливая, с богатым запасом слов, сильной жестикуляцией и выразительной мимикой.

Сильный, оптимально возбудимый, уравновешенный, медленный тип. Флегматический тип, у которого условные рефлексы образуются быстро и имеют четкие тормозные реакции. Дети легко приспосабливаются к раздражителям, отличаются примерным поведением и хорошо учатся. Речь правильная, с большим словарным запасом, без эмоций, жестикуляции и мимики. В трудных ситуациях дети повышают свою активность и стараются выполнить задачу.

Сильный, повышено возбудимый, безудержный, неуравновешенный тип. Холерический тип, у которого хорошо выражена подкорковая деятельность, не всегда хорошо регулируемая корой. Условные связи образуются медленно. Дети учатся посредственно и трудно приспосабливаются к требованиям школы. Они возбудимы, эмоциональны и вспыльчивы, с необоснованными срывами. Речь развита нормально, но неровная и с колеблющимися интонациями.

Слабый, пониженно возбудимый, уравновешенный тип. Меланхолический тип отличается общей пониженной возбудимостью коры и подкорковых структур, слабой деятельностью сигнальных систем. Условные рефлексы образуются медленно. Дети быстро утомляются и впадают в тормозное состояние. Речь у них слабая и тихая, бедная словами. У таких детей легко развиваются неврозы.

Высшая нервная деятельность детей различных возрастных групп имеет свои особенности. Высшая нервная деятельность младшего школьника наиболее спокойна, все виды торможения выражены хорошо, хотя возбуждение преобладает над торможением. Мозг быстро реагирует на раздражители и обладает быстрой способностью к запоминанию. В связи с тем что в этом возрасте еще не закончено формирование структур мозга, легко возникают нарушения возбудимости и развивается быстрая утомляемость. У детей среднего школьного возраста (11-13 лет) наблюдается ослабление функциональной активности коры головного мозга. В это время речь и ответы замедляются, словарный запас обедняется. Скорость образования условных рефлексов на зрительные, слуховые и другие раздражители повышается, а на словесные замедляется. В период полового созревания возбуждение преобладает над торможением, снижается способность к диффе-

ренцировкам. Функциональное состояние головного мозга снижается за счет ухудшения кровоснабжения, легче развивается утомление. Только к концу переходного возраста функциональная деятельность коры головного мозга восстанавливается, устанавливаются четкие взаимоотношения коры и подкорковых структур.

Тип высшей нервной деятельности представляет собой совокупность врожденных особенностей и черт, приобретенных в течение жизни. Потому процесс изменения типа высшей нервной деятельности продолжается всю жизнь. Способность к перестройке типов названа пластичностью нервной системы. Чем моложе ребенок, тем легче его тип нервной системы поддается коррекции. Тип высшей нервной деятельности ребенка и взрослого может изменяться в связи с перенесенной болезнью, психическим потрясениям и другими факторами.

СТРОЕНИЕ, ФУНКЦИИ И ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ АНАЛИЗАТОРОВ

Анализатором, или *сенсорной системой*, называют часть нервной системы, состоящую из специализированных воспринимающих раздражение клеток — рецепторов, а также нервных клеток и связывающих их нервных волокон. Анализаторы представляют собой системы входа информации в мозг и анализ этой информации. Работа анализатора начинается с восприятия рецепторами внешней для мозга химической и физической энергии, трансформации ее в нервные сигналы и передачи их в мозг через цепи нейронов. Процесс передачи сенсорных сигналов сопровождается многократными их преобразованиями и завершается анализом и синтезом (опознание образа), после чего происходит выбор или разработка программы ответной реакции организма. Анализатор включает в себя рецепторный аппарат (периферический отдел анализатора); афферентные нейроны и проводящие пути (проводниковый отдел); участки коры больших полушарий мозга, воспринимающие афферентные сигналы (центральный отдел анализатора).

Выделяют следующие анализаторы: зрительный, слуховой, вестибулярный, вкусовой, обонятельный, хемосенсорный, соматосенсорный, двигательный, висцеральный. Несмотря на разное строение и выполняемую функцию, они имеют общие принципы строения:

- *Многослойность* обусловлена наличием нескольких слоев нервных клеток, первый из которых связан с рецепторами, а последний — с клетками коры. Между собой слои связаны проводящими путями. Такое строение дает возможность специализации различных слоев на переработку отдельных видов информации.
- *Многоканальность* означает наличие в каждом из слоев нервных элементов, связанных со множеством элементов следующего слоя. Наличие множества каналов обеспечивает надежность и точность анализа получаемой информации.
- *Наличие сенсорных воронок* (т.е. неодинаковое число элементов) в соседних слоях. Пример расширяющейся воронки: число нейронов в зрительной коре в несколько раз больше, чем в подкорке или

на выходе сетчатки. Пример суживающейся воронки: число палочек и колбочек в сетчатке в десятки раз больше, чем в ганглиозных клетках. Физиологический смысл суживающихся воронок заключается в уменьшении информации, передаваемой в мозг, а расширяющихся—в обеспечении более подробного и сложного анализа сигналов.

• *Дифференциация анализаторов по вертикали и горизонтали.* Дифференциация анализаторов по вертикали заключается в образовании отделов: различают периферический, проводниковый и корковый отделы. Дифференциация по горизонтали заключается в различных свойствах рецепторов, нейронов и связей между ними в пределах каждого слоя.

• *Принцип двойственной проекции* заключается в наличии первичных и вторичных проекционных зон, которые окружены ассоциативными нейронами. Этот принцип связан с многоканальностью.

• *Принцип обратной связи* обусловлен наличием в сенсорных системах восходящих и нисходящих путей.

• *Принцип фильтрации информации* определяет поступление в кору лишь наиболее важной информации.

14.1. Функции анализаторов

Анализаторы выполняют следующие функции: обнаружение сигналов, различение сигналов, передача и преобразование сигналов, кодирование поступающей информации, детектирование признаков сигналов, опознание образов.

Обнаружение сигналов. Разнообразные раздражители классифицируются прежде всего по модальности, т.е. по той форме энергии, которую они передают: механические, тепловые, световые и др. Кроме того, они делятся на адекватные и неадекватные, разница между которыми заключается в том, что их пороговая интенсивность различается в десятки раз.

Рецепторы представляют собой специализированные образования, предназначенные для преобразования энергии различных раздражителей в нервный импульс. Поэтому они отличаются от других клеток. Энергия раздражителя служит лишь стимулом к запуску процессов, которые совершаются за счет потенциальной энергии самой рецепторной клетки. Рецепторная клетка после этих преобразований обладает электрической энергией, передаваемой другим клеткам.

По характеру взаимодействия раздражителей рецепторы делят на экстеро-, интеро- и проприорецепторы. *Экстерорецепторы* воспринимают раздражители внешних агентов. К ним относятся высокоспециализированные рецепторы органов слуха, зрения, обоняния, вкуса, осязания. Для них характерна высокая специализация, т.е. высокая избирательная чувствительность к адекватному раздражителю. Обладая высокой специфичностью, они могут реагировать и на неадекватные стимулы, но очень большой силы. Поэтому принято считать экстерорецепторы мономодальными. *Интерорецепторы* воспринимают сигналы от внутренних органов. Они являются в основном полимодальными, т.е. способны реагировать на температурные, химические и механические раздражители. У полимодальных рецепторов разница в порогах раздражителей не столь ярко выражена, как у мономодальных. *Проприорецепторы* — это рецепторы опорно-двигательного аппарата. В настоящее время их относят к интерорецепторам.

Наиболее удобна классификация рецепторов в зависимости от модальности воспринимаемых ими раздражителей:

- *Механорецепторы* приспособлены к восприятию механического стимула. Они делятся на рецепторы кожи, сердечно-сосудистой системы, внутренних органов, опорно-двигательного аппарата и акустической системы. Механорецепторы представляют периферические отделы соматосенсорного, мышечного, слухового и вестибулярного анализаторов.

- *Терморецепторы* воспринимают температурные раздражители. Они объединяют терморецепторы кожи и внутренних органов, а также центральные терморецепторы. Терморецепторы делятся на холодовые и тепловые.

- *Хеморецепторы* образуют периферические отделы обонятельного и вкусового анализаторов, а также входят в состав висцерального анализатора.

- *Фоторецепторы* воспринимают световую энергию и образуют периферическую часть зрительного анализатора.

- *Болевые, или ноцицептивные, рецепторы* воспринимают болевые раздражения, но наряду со специализированными окончаниями болевые стимулы могут восприниматься и другими рецепторными клетками.

На основании чувствительности к адекватным раздражителям рецепторы делятся на первичные и вторичные.

Первичные, или первичночувствующие, рецепторы, раздражитель действует непосредственно на периферический отросток сенсорного

нейрона. Этот нейрон находится на периферии и представляет собой преобразованный в ходе эволюции биполярный нейрон с хорошо развитым дендритом и длинным аксоном, который передает возбуждение в центральную нервную систему. У позвоночных они представлены тканевыми рецепторами, терморецепторами и обонятельными клетками.

Вторичные, или вторичночувствующие, рецепторы: отличаются тем, что между окончаниями сенсорного нейрона и раздражителем находится дополнительная клетка ненервного происхождения, получившая название рецептирующей клетки. Возбуждение, возникающее в этой клетке, передается через синапс на сенсорный нейрон, т.е. сенсорный нейрон возбуждается опосредованно. Рецептирующие клетки не имеют ни центральных, ни периферических отростков, а восприятие стимула осуществляется с помощью жгутикообразных волосков. Ко вторичным рецепторам относятся волосковые клетки внутреннего уха, рецепторные клетки вкусовых луковиц и фоторецепторы глаза.

В рецепторах происходит преобразование энергии раздражителей в электрический импульс, который проводится по нервному волокну в центральную нервную систему.

В зависимости от способности изменять свою активность при длительно действующем раздражителе рецепторы делятся на быстро- и медленноадаптирующиеся, а также фазно-тонические. *Быстроадаптирующиеся, или фазные,* возбуждаются в начальный или конечный период деформации их мембран. *Медленноадаптирующиеся, или тонические,* возбуждаются в течение всего времени действия раздражителя. Импульсация сохраняется на более низком уровне по сравнению с начальным периодом. *Фазно-тонические* реагируют и на начало раздражения, и в течение всего времени его действия, но с малой амплитудой.

Различение сигналов начинается уже в рецепторах. Немецкий физиолог Э. Вебер еще в 1834 г. сформулировал следующий закон: ощущаемый прирост раздражения должен превышать раздражение, действовавшее ранее, на определенную долю. Так, ощущение давления на кожу возникало лишь при накладывании дополнительного груза: если гиря весила 100 г, то добавить надо 3 г, 200 г — 6 г и т.д. Полученная зависимость выражается формулой

$$\Delta J / J = \text{const},$$

где J — раздражитель; ΔJ — его ощущаемый прирост; const — постоянная величина.

В настоящее время используется формула (закон Вебера — Фехнера), по-иному выражающая зависимость ощущения от силы раздражения:

$$E = a \log J + b,$$

где E — величина ощущения; J — сила раздражения; a и b — постоянные величины.

Согласно этой формуле, ощущение увеличивается пропорционально логарифму интенсивности раздражения.

Различение сигналов бывает пространственное и временное. Для пространственного различения двух стимулов необходимо, чтобы между возбуждаемыми рецепторами находился хотя бы один невозбужденный рецептор. Иначе сигнал воспринимается как единое целое. Для временного различения необходимо, чтобы следующий сигнал не сливался с предыдущим и не попал в рефрактерный период.

Любой стимул имеет пороговое значение. В физиологии органов чувств за пороговое принимают такое значение стимула, вероятность восприятия которого равна 0,75, т.е. правильный ответ возникает в 3/4 случаев действия стимула. Более низкие значения, естественно, являются подпороговыми, а более высокие — надпороговыми.

Передача и преобразование сигналов. После приема сигнала и перехода энергии раздражителя в нервный импульс необходима передача и преобразование полученного сигнала. Цель этих процессов — донести до высших отделов мозга наиболее важную информацию в наиболее удобной форме.

Центральные пути передачи информации в кору бывают специфическими, неспецифическими, ассоциативными и каналами срочной передачи информации. Специфические пути оценивают физические параметры стимула и передают информацию от рецепторов одного типа. Неспецифические вследствие конвергенции и дивергенции с другими входами становятся полимодальными. Ассоциативные (таламокортикальные) оценивают биологическую значимость сигналов. Каналы срочной передачи информации передают ее без переключений. Они предназначены для преднастройке высших мозговых центров к восприятию последующей информации.

Преобразование информации в основном сводится к ее сжатию, так как только один вид информации от фоторецепторов мог бы за несколько минут насытить информационные резервы мозга. Поэтому существует несколько простых способов ограничения информации.

Сжатие афферентного канала (суживающаяся сенсорная воронка) резко уменьшает количество информации, идущей в центры. Другой способ — подавление информации о менее существенных явлениях. Для организма наименее существенным является то, что не изменяется или меняется медленно. Например, длительное давление на кожную поверхность. В этом случае нет смысла постоянно передавать в мозг информацию о состоянии рецепторов. Правильнее сообщить ему о начале и конце раздражения. Таким образом, мозг получает резко уменьшенную в объеме информацию — о состоянии лишь тех участков рецепторной поверхности, которые воспринимают резкие изменения раздражителя.

Кодирование поступающей информации. Кодирование — это преобразование информации в условную форму — код. В анализаторных системах сигналы кодируются двоичным кодом, т.е. наличием или отсутствием залпа импульсов. Уже на уровне рецепторов осуществляется первичное кодирование стимулов: переход их из формы физической или химической энергии в форму нервных импульсов. Кодируется прежде всего качество раздражителя, а затем его количественные характеристики: изменение интенсивности, временные показатели и пространственные причины. Кодирование качества достигается избирательной чувствительностью рецепторов к определенным адекватным для них раздражителям и высоким порогом раздражения — для неадекватных. Например, вкусовые рецепторы в разной мере отвечают на различные по вкусовым качествам стимулы. Существуют три вида колбочек, которые поглощают волны определенной длины. Кодирование интенсивности заключается в законе степени, согласно которому интенсивность ощущения пропорциональна раздражению, возведенному в «степень, где p меньше единицы. Пространственное кодирование определяется способностью рецептора оценивать направление воздействия. Рецептор максимально возбуждается при каком-то определенном направлении действия стимула, а при другом не возбуждается или вообще тормозится. Временное кодирование использует в качестве сигнальных признаков такие временные параметры сигналов, как частота импульсации или продолжительность межимпульсных интервалов.

Ни на одном из уровней кодирования стимул не восстанавливается в его первоначальной форме. Второй особенностью нервного кодирования является множественность и перекрытие кода.

Детектирование признаков сигналов заключается в избирательном анализе отдельных признаков раздражителя и его биологического

значения. Осуществляется он специализированными нейронами-детекторами, которые благодаря своим свойствам способны реагировать лишь на строго определенные параметры стимула.

Опознавание образов представляет собой конечную операцию анализатора. Оно заключается в классификации образа, отнесении его к тому или иному классу объектов, с которыми раньше встречался организм. Это происходит после обработки афферентного сигнала, расщепления его нейронами-детекторами на отдельные признаки и параллельного их анализа. Дальше мозг строит модели раздражителя. Оpozнание завершается принятием решения о том, с каким объектом или ситуацией встретился организм.

Взаимодействие нейронов анализаторов осуществляется с помощью двух механизмов — возбуждательного и тормозного. Возбуждательное взаимодействие происходит между элементами последовательных нервных слоев. Оно организуется следующим образом: аксон каждого нейрона, приходя в вышележащий слой, вступает в контакт с несколькими нейронами. Кроме того, дендриты (т.е. входы нейрона) имеют синапсы не с одной, а с несколькими клетками предыдущего слоя. Благодаря этому все нейроны имеют *проекционные поля* — совокупность нейронов на более высоком уровне анализатора, с которыми они взаимодействуют.

Совокупность рецепторов, импульсы от которых поступают на данный нейрон, называют его *рецептивным полем*. Рецептивные и проекционные поля часто перекрываются. Часть рецепторов, входящих в рецептивное поле данного нейрона, входит и в рецептивное поле соседней клетки, а часть нейронов, входящих в проекционное поле какого-либо рецептора, может входить и в проекционное поле соседнего рецептора. Такое сложное взаимодействие клеток приводит к образованию в анализаторе нервной сети, что повышает его чувствительность к слабым сигналам.

Тормозное взаимодействие, в отличие от возбуждательного, осуществляется между нейронами одного и того же слоя за счет вставочных тормозных нейронов. Оно заключается в том, что каждый возбужденный нейрон активирует тормозной вставочный нейрон, который, в свою очередь, подавляет импульсацию как самого возбужденного нейрона, так и соседних. Сила такого торможения тем больше, чем сильнее возбужден элемент и чем ближе к нему располагается соседняя клетка. За счет такого торможения осуществляется снижение избыточности информации, поступающей от рецепторов.

Адаптация анализаторов — это приспособление всех звеньев анализатора к длительно действующему раздражителю. Адаптация проявляется в снижении абсолютной чувствительности анализатора и в повышении его дифференциальной чувствительности к сходным раздражителям. Субъективно адаптация выражается в привыкании к действию постоянного раздражителя (прокуренное помещение, яркий свет, давление одежды).

14.2. Зрительный анализатор

Периферическим отделом зрительного анализатора является глазное яблоко. У детей оно имеет шаровидную форму, у взрослых немного вытянутую в длину. Глазное яблоко у новорожденного большое: диаметр — 17,5 мм, масса — 2,3 г. Зрительная ось проходит латеральнее, чем у взрослого. Растет глазное яблоко быстрее всего на первом году жизни, к 5 годам масса его увеличивается на 70 %, к 20 годам — в 3 раза. Глазное яблоко имеет ядро и три оболочки: наружную — фиброзную, среднюю — сосудистую и внутреннюю — сетчатку.

Ядро состоит из стекловидного тела, хрусталика и водянистой влаги (рис. 55). Эти образования также являются преломляющими средами глаза.

Хрусталик представляет собой плотное тело в виде двояковыпуклой линзы. Край хрусталика называется *экватором*. Хрусталик не имеет сосудов и нервов, прозрачный и покрыт сверху капсулой. Спереди он соприкасается с радужкой, а сзади вдается в стекловидное тело. Укрепляется хрусталик ресничным пояском, при сокращении или расслаблении ресничного тела натяжение пояса изменяется и хрусталик изменяет свою форму. Это способствует приспособлению глаза к ясному видению и называется *аккомодацией*.

Стекловидное тело заполняет пространство между сетчаткой и хрусталиком. Оно плотно прилегает к сетчатке и фиксирует хрусталик, состоит из прозрачного студенистого межклеточного вещества и не имеет сосудов.

Водянистая влага выделяется из кровеносных сосудов ресничных отростков и радужки. Она заполняет переднюю камеру глаза, расположенную между роговицей и радужкой, и заднюю камеру глаза, находящуюся между радужкой и хрусталиком. Камеры сообщаются через зрачок. Отток влаги осуществляется через венозный синус.

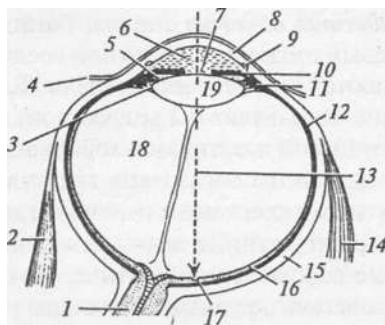


Рис. 55. Глазное яблоко:

1 — зрительный нерв; 2 — медиальная прямая мышца; 3 — ресничный пояс (циннова связка); 4 — конъюнктива; 5 — задняя камера глазного яблока; 6 — передняя камера глазного яблока; 7 — зрачок; 8 — роговица; 9 — венозный синус склеры (шлеммов канал); 10 — радужка; 11 — ресничное тело; 12 — собственно сосудистая оболочка; 13 — оптическая ось; 14 — латеральная прямая мышца; 15 — склера; 16 — сетчатка; 17 — желтое пятно; 18 — стекловидное тело; 19 — хрусталик

Фиброзная оболочка сзади (4/5) представлена белочной оболочкой (склерой), а спереди бессосудистой, прозрачной, сильно изогнутой роговицей.

Роговица состоит из плотной соединительной ткани. Спереди покрыта многослойным плоским неороговевающим эпителием, а сзади — однослойным эндотелием. Кровеносные сосуды в роговице отсутствуют. Роговица у новорожденного относительно толстая, кривизна ее в течение жизни почти не меняется.

Белочная оболочка, или **склера**, также образована плотной соединительной тканью. Но в отличие от роговицы она непрозрачна, так как в ней содержится много эластичных и коллагеновых волокон. Границей между склерой и роговицей служит ободок — **лимб роговицы**. Кроме того, на границе проходит **венозный синус**, по которому из глаза оттекает венозная кровь и лимфа. Эпителий роговицы здесь переходит в конъюнктиву. В задней части склеры в месте выхода зрительного нерва образуется решетчатая пластинка с многочисленными отверстиями. Здесь склера наиболее массивна и переходит в соединительнотканную оболочку зрительного нерва. Кровеносные сосуды проходят через склеру к сосудистой оболочке. К белочной оболочке прикрепляются четыре прямые мышцы глаза.

Сосудистая оболочка состоит из собственно сосудистой оболочки, ресничного тела и радужки.

Собственно сосудистая оболочка тонкая, богата сосудами, содержит темно-коричневый пигмент. С белочной соединяется рыхло, между ними располагаются лимфатические щели. Толщина собственно сосудистой оболочки составляет 0,2 мм, состоит она из надсосудистой пластинки, сосудистой пластинки и хориокапиллярной пластинки. Надсосудистая пластинка образована эндотелием, эластичными волокнами, пигментными клетками и нервными волокнами. Сосудистая пластинка содержит крупные вены, между которыми лежат соединительнотканые волокна и пигментные клетки. В хориокапиллярной пластинке залегают крупные капилляры синусоидного типа. Их больше всего в оболочке желтого пятна сетчатки. Благодаря особенностям строения капилляров кровь быстро переходит из артериального русла в венозное. Без резкой границы собственно сосудистая оболочка переходит в ресничное тело.

Ресничное тело имеет вид валика и вдается внутрь глазного яблока в месте перехода белочной оболочки в роговицу. От переднего края отходят около 70 ресничных отростков. Они переходят в упругие тонкие волоконца, прикрепляющиеся к капсуле хрусталика по экватору. У новорожденного хрусталик почти круглый. Особенно быстро он растет в течение первого года жизни. Волоконца, поддерживающие хрусталик, образуют *ресничный пояс*, или *циннову связку*. Внутри пояска находится водянистая влага. В ресничном теле располагаются гладкие мышечные волокна ресничной мышцы, обеспечивающей аккомодацию. Ресничное тело у новорожденного развито слабо, хотя в дальнейшем его рост и развитие идут быстро. Способность к аккомодации устанавливается к 10 годам.

Радужка имеет вид диска с отверстием посередине, стоящего позади прозрачной роговицы. Своим наружным краем она переходит в ресничное тело, а внутренним ограничивает зрачок. От количества и глубины залегания пигмента зависит ее окраска, которая бывает от светло-голубой до черной. Если пигмент полностью отсутствует (у альбиносов), то радужка имеет красноватый оттенок благодаря просвечивающимся кровеносным сосудам. У новорожденного радужка выпуклая спереди, пигмента в ней мало. К 2 годам ее толщина увеличивается и количество пигмента возрастает. Вокруг зрачка располагаются радиальные мышцы, расширяющие зрачок, и круговые мышцы, суживающие его. Таким образом, зрачок по функции является диафрагмой, регулирующей поступление света в глаз. После рождения диаметр зрачка составляет 2,0 мм, к 2 годам он достигает 2,5—3,5 мм,

т.е. размера взрослого человека. В возрасте 40—50 лет зрачок немного суживается.

Сетчатка прилежит к стекловидному телу и состоит из трех частей. Задняя часть получила название *зрительной*, в ней располагаются светочувствительные рецепторы глаза (фоторецепторы) — колбочки и палочки. На уровне ресничного тела располагается вторая часть сетчатки — *зубчатая кайма*. Передняя часть сетчатки подстилает радужку и называется *радужжиной*. Последние две части нечувствительны к свету.

Зрительная часть сетчатки состоит из 10 слоев (рис. 56). Наружный пигментный слой прилегает к сосудистой оболочке. За ним располагается слой нейроэпителия с рецепторными клетками. В фоторецепторах различают наружный сегмент, содержащий светочувствительный зрительный пигмент (родопсин в палочках и йодопсин в колбочках), и внутренний сегмент, в котором находятся митохондрии. Периферические отростки палочек и колбочек погружены в черный пигментный слой, выстилающий внутреннюю поверхность глаза. Он уменьшает отражение света внутри глаза и участвует в обмене веществ рецепторов. В сетчатке насчитывают около 7 млн колбочек и примерно 130 млн

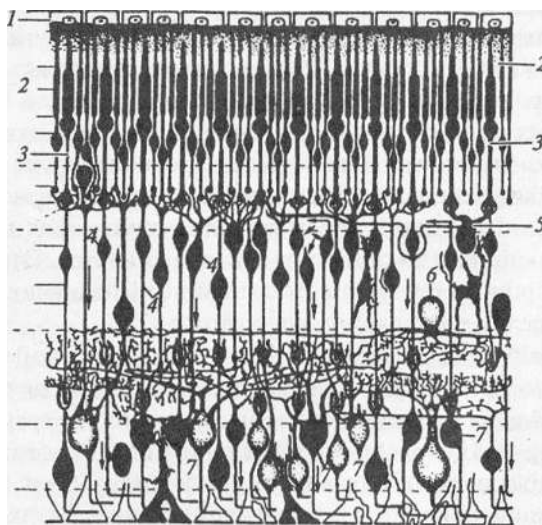


Рис. 56. Схема строения сетчатки:

1 — пигментный слой; 2 — палочки; 3 — колбочки; 4 — биполярные нейроны;
5 — горизонтальные клетки; 6 — амакриновая клетка; 7 — ганглиозные клетки

палочек. Более чувствительны к свету палочки, их называют аппаратом сумеречного зрения. Колбочки, чувствительность которых к свету в 500 раз меньше, чем палочек, являются аппаратом дневного и цветового видения. Колбочки и палочки распределены в сетчатке неравномерно. На дне глаза, напротив зрачка, находится так называемое *желтое пятно*, в центре которого есть углубление — *центральная ямка* — место наилучшего видения. Сюда фокусируется изображение при рассмотрении предмета. В центральной ямке имеются только колбочки. По направлению к периферии сетчатки количество колбочек уменьшается, а число палочек возрастает. Периферия сетчатки содержит только палочки. Недалеко от пятна сетчатки, ближе к носу, расположено *слепое пятно*. Это место выхода зрительного нерва. В этом участке нет фоторецепторов, и слепое пятно не участвует в создании зрительного образа.

Фоторецепторы контактируют с биполярными нейронами, а те, в свою очередь, — с ганглиозными клетками. Третий слой представляет собой наружную пограничную мембрану, образованную отростками клеток глии. Четвертый слой, наружный ядерный, образован внутренними сегментами рецепторов. Далее следует наружный сетчатый слой, состоящий из аксонов рецепторов и отростков биполярных и горизонтальных клеток. Шестой слой называется внутренним ядерным и содержит биполярные, горизонтальные и глиальные клетки. За ним лежит внутренний сетчатый слой из отростков биполярных и ганглиозных клеток. В восьмом (ганглиозном) слое находятся сами тела ганглиозных клеток. В девятом слое располагаются нервные волокна, являющиеся аксонами ганглиозных клеток и образующие зрительный нерв. Последним слоем является внутренняя пограничная мембрана, состоящая из отростков глиальных клеток. Отростки ганглиозных нейронов образуют зрительный нерв, являющийся проводниковым отделом зрительного анализатора.

Зрительный нерв у новорожденного тонкий (0,8 мм) и короткий. К 20 годам диаметр его увеличивается вдвое. По выходе из глаза зрительный нерв делится на две половины. Внутренняя перекрещивается и вместе с наружной половиной зрительного нерва противоположной стороны направляется к латеральному коленчатому телу, где расположен следующий нейрон, заканчивающийся на клетках зрительной зоны коры в затылочной доле полушария. Часть волокон зрительного тракта направляется к клеткам ядер верхнего двухолмия пластинки крыши среднего мозга. Эти ядра, так же как и ядра латеральных ко-

ленчатых тел, представляют собой первичные зрительные центры. От ядер верхнего двухолмия начинается тектоспинальный путь, за счет которого осуществляются рефлекторные ориентировочные рефлексы, связанные со зрением. Ядра верхнего двухолмия также имеют связи с парасимпатическим ядром глазодвигательного нерва, расположенным под дном водопровода мозга. От него начинаются волокна, входящие в состав глазодвигательного нерва, которые иннервируют сфинктер зрачка, обеспечивающий сужение зрачка при ярком свете (зрачковый рефлекс), и ресничную мышцу, осуществляющую аккомодацию глаза. Центральным отделом зрительного анализатора является затылочная доля коры полушарий переднего мозга.

Механизм образования зрительного образа

Зрительный анализатор поставляет наибольшее количество информации в организм человека. Видимым светом называются волны длиной от 300 до 800 нм. Человек воспринимает волны длиной 400-750 нм. Анализ зрительной информации начинается с фотохимических реакций в сетчатке и заканчивается в коре.

В палочках содержится пигмент родопсин (зрительный пурпур). Он представляет собой высокомолекулярное соединение, состоящее из ретиналя (альдегида витамина А) и белка опсина. При действии кванта света происходит фотохимическое превращение родопсина: ретиналь отщепляется от опсина и переходит в витамин А. При затемнении происходит обратный процесс. Родопсин по-разному чувствителен к лучам с различной длиной волны (больше всего к сине-зеленой части спектра). В колбочках находится пигмент йодопсин, структура которого близка к строению родопсина. Йодопсин поглощает в большей степени желтый свет.

Для возникновения зрительного ощущения источник света должен обладать энергией. Минимальное число квантов света, которое необходимо для возбуждения рецепторов глаза, колеблется от 8 до 47. Одна палочка может быть возбуждена 1 квантом света. Одиночные палочки и колбочки по световой чувствительности практически не различаются. Но число колбочек в центре в 100 раз меньше количества палочек в периферическом поле. Соответственно и чувствительность палочковой системы на два порядка выше колбочковой.

При переходе от темноты к свету наступает временное ослепление, но постепенно чувствительность глаза снижается (световая адаптация).

При переходе от света к темноте происходит обратное явление: человек ничего не видит из-за пониженной возбудимости фоторецепторов. Постепенно их чувствительность повышается, и человек начинает видеть (темновая адаптация). Чувствительность к видению в темноте повышается неравномерно: в первые 10 минут — в 50—80 раз, а в течение часа — во много десятков тысяч раз. В это время происходит восстановление зрительных пигментов. Йодопсин колбочек в темноте восстанавливается быстрее родопсина, поэтому первая фаза адаптации связана с колбочками. Но этот период не вызывает больших изменений чувствительности, так как чувствительность колбочкового аппарата невелика. Следующий период связан с процессом восстановления родопсина, который происходит медленно и заканчивается к концу первого часа. Он сопровождается резким повышением чувствительности палочек к свету. Так как в темноте максимально чувствительны палочки, то слабоосвещенные предметы видны лишь в том случае, если они находятся не в центре поля зрения, а когда их изображения падают на периферию сетчатки. Кроме того, в темноте осуществляется пространственная суммация вследствие того, что к одной биполярной клетке подключается большое число фоторецепторов.

Для глаза характерна контрастная чувствительность, проявляющаяся во взаимном торможении нейронов. Например, серая полоска на светлом фоне кажется темнее такой же полоски бумаги, лежащей на темном фоне. Светлый тон возбуждает большую часть нейронов сетчатки, а они оказывают торможение на клетки, активируемые сигналами от рецепторов, на которые проецируется бумажная полоска. Поэтому бумажка на светлом фоне вызывает более слабое возбуждение и кажется темной. Наиболее сильное торможение обнаруживается между близко расположенными нейронами. Это так называемый локальный контраст, проявляющийся при восприятии двух поверхностей с разной освещенностью.

Слепящая яркость — неприятное ощущение ослепления. Чем больше адаптирован глаз к темноте, тем ниже граница, которая ослепляет. Например, водителя машины ослепляют фары, при чтении нельзя использовать открытый источник света — свет должен быть рассеянным.

Латентный период возникновения зрительного образа составляет 0,1 с. Но и исчезает ощущение не сразу после прекращения действия раздражителя: оно держится еще некоторое время (если в темноте водить угольком или свечкой, то наблюдается не точка, а сплошная линия). При вращении круга с черными и белыми секторами он ка-

жется серым. Минимальная частота следования стимулов, при которой происходит слияние отдельных ощущений, называется *критической частотой слияния* (основа для кинематографии).

Ощущения, продолжающиеся после прекращения раздражения, называются *последовательными образами* (смотрим на лампу, закрываем глаза, еще некоторое время видим свет). Отрицательный последовательный образ — если долго смотреть на предмет и перевести взгляд на светлый фон, то имеет место негативное изображение. Объясняется это следующим: когда мы смотрим на освещенный предмет, активируются определенные участки нейронов, а при переводе взгляда на равномерно освещенный экран отраженный свет оказывает более сильное возбуждение на те клетки, которые не были возбуждены.

В процессе формирования зрительного образа роль движений глаза очень велика и определяется тем, что для получения зрительной информации необходимо движение изображения на сетчатке. Импульсы в зрительном нерве возникают на включение и выключение светового изображения. При непрерывном воздействии света на зрительные рецепторы импульсация в нерве быстро прекращается и зрительное ощущение исчезает (если источник света укреплен на роговице и движется вместе с глазом, то через 1-2 с глаз перестает видеть свет). Таким образом, было обнаружено, что глаз при рассматривании предмета производит неоощущаемые человеком непрерывные скачки. Вследствие этого изображение на сетчатке непрерывно смещается с одной точки на другую, раздражая все новые и новые фоторецепторы и вызывая вновь импульсацию в ганглиозных клетках. Продолжительность каждого скачка равна сотым долям секунды. Длительность интервалов между скачками 0,2-0,5 с. Это продолжительность фиксации взгляда на рассматриваемом предмете. Чем сложнее предмет, тем сложнее кривая движения глаза. Кроме скачков глаз непрерывно мелко дрожит.

Оптическая система глаза

На пути к сетчатке лучи света проходят через несколько прозрачных поверхностей: роговицу, хрусталик и стекловидное тело. Преломляющая сила оптической системы выражается в диоптриях. Одна диоптрия равна преломляющей силе линзы с фокусным расстоянием 100 см. Преломляющая сила глаза равна 59 дптр при рассматривании далеких предметов и 70 дптр при рассматривании близких предметов.

Изображение на сетчатке получается действительным, уменьшенным и обратным.

Для хорошего видения предметов надо, чтобы его изображение попало на поверхность сетчатки. Когда человек смотрит вдаль, изображение далеких предметов фокусируется на сетчатке и они видны ясно, зато близкие видны расплывчато, так как лучи собираются за сетчаткой. Видеть одновременно далекие и близкие предметы невозможно. Приспособление глаза к ясному видению называется **аккомодацией**. При этом происходит изменение кривизны хрусталика и, соответственно, его преломляющей способности. При рассматривании близких предметов хрусталик становится более выпуклым, а далеких — более плоским. Механизм аккомодации сводится к сокращению ресничных мышц, которые изменяют выпуклость хрусталика. Хрусталик заключен в капсулу, переходящую в связки, которые постоянно находятся в натянутом состоянии.

Для здорового глаза дальняя точка ясного видения лежит в бесконечности. Далекие предметы он рассматривает без аккомодации, т.е. без сокращения ресничных мышц. Ближайшая точка ясного видения находится на расстоянии 10 см от глаза. Максимальная аккомодация равна 10 дптр. С возрастом хрусталик становится менее эластичным, связки ослабевают и аккомодация становится слабой. Ближайшая точка ясного видения отодвигается, развивается старческая дальнозоркость.

Существуют две основные аномалии, связанные с измененной длиной глазного яблока.

Если продольная ось слишком длинная, то фокус будет находиться не на сетчатке, а перед ней, в стекловидном теле. В это время на сетчатке образуется круг светорассеяния. При **близорукости (миопии)** точка ясного видения находится не в бесконечности, а на довольно близком расстоянии. Для коррекции перед глазом надо поместить вогнутой линзы (рис. 57).

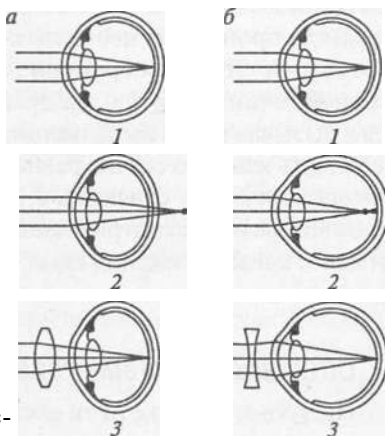


Рис. 57. Схема хода световых лучей при дальнозоркости (а) и близорукости (б):
1 — в нормальном глазу;
2 — без коррекции; 3 — с коррекцией

При *дальнозоркости (гиперметропии)* продольная ось глаза короткая и изображение остается за сетчаткой, а на ней — расплывчатое пятно. Для лучшего видения надо увеличить выпуклость хрусталика, для чего необходима двояковыпуклая линза. Такой вид дальнозоркости отличается от старческой механизмом возникновения.

Аномалией глаза является также и *астигматизм* — неодинаковое преломление лучей в разных направлениях. Это объясняется тем, что роговая оболочка глаза не является строго сферой и в разных направлениях преломляет неодинаково. Для коррекции зрения в данном случае необходимы фасеточные линзы.

Показатели восприятия пространства

Восприятие пространства характеризуют следующие показатели:

- *острота зрения* — максимальная способность различать отдельные объекты. Ее определяют по наименьшему расстоянию между двумя точками, которые глаз различает, т.е. видит отдельно. Нормальный глаз различает две точки, видимые под углом 1° . Максимальную остроту зрения имеет желтое пятно, к периферии сетчатки она уменьшается;
- наличие центрального и периферического зрения. Центральным зрением мы пользуемся, если изображение падает на желтое пятно, а периферическим — на остальные части сетчатки;
- наличие полей зрения — пространства, различимого глазом при фиксации взгляда в данной точке. Поля зрения для различных цветов неодинаковы: больше всего для черно-белых предметов, а меньше всего — для зеленого цвета;
- монокулярное и бинокулярное зрение. Оценка расстояния возможна при зрении одним глазом (монокулярное зрение) и двумя глазами (бинокулярное зрение), во втором случае она выше.

При взгляде на любой предмет у человека не возникает ощущения наличия двух предметов, хотя на сетчатке имеются два изображения. Это происходит потому, что изображения всех предметов попадают на идентичные участки сетчатки и два изображения сливаются в одно. При надавливании на глазное яблоко сбоку сразу же начинает двоиться в глазах, так как нарушается соответствие участков сетчатки.

Цветовое зрение

Существует две теории цветоощущения. Согласно трехкомпонентной теории, в сетчатке существует три вида колбочек. В основе ее лежат работы М.В. Ломоносова, в дальнейшем дополненные Т. Юнгом

и Г. Гельмгольцем. Колбочки отличаются наличием в них различных светочувствительных веществ: одно из них чувствительно к красному цвету, другое — к зеленому, третье — к фиолетовому. Любой цвет влияет на все три вида колбочек, но в разной степени. Эти возбуждения суммируются зрительными нейронами и, дойдя до коры, дают то или иное ощущение цвета. Согласно другой теории (теории К. Геринга), в колбочках сетчатки существуют три светочувствительных вещества: бело-черное, красно-зеленое, зелено-синее. Под действием света эти вещества распадаются и дают ощущение белого, красного или желтого цвета.

В настоящее время подтверждение получила трехкомпонентная теория цветового зрения. Установлено, что часть нейронов активизируется лучами любой длины, такие клетки названы доминаторами. В других же ганглиозных клетках (модуляторах) импульсы возникают лишь при освещении лучами определенной длины. Выяснено, что одни колбочки максимально поглощают красно-оранжевые лучи, другие — зеленые, третьи — синие. Трехкомпонентная теория также объясняет такие факты, как последовательные цветовые образы и цветовая слепота.

Последовательные цветовые образы возникают при длительном рассматривании окрашенных предметов, а затем фиксации взгляда на белом листе. В этом случае предмет окрашивается в дополнительные цвета. При длительном действии лучей определенной длины волны в колбочках расщепляется соответствующее светочувствительное вещество. Когда же на глаз действует белый цвет, входящие в его состав лучи той длины, которые ранее действовали на глаз, воспринимаются хуже, возникает ощущение дополнительного цвета.

Цветовая слепота, или дальтонизм, была открыта в XVIII в. физиком Дальтоном, который сам страдал этим заболеванием. Оно отмечается у 8 % мужчин и 0,5 % женщин. Это генное заболевание, связанное с отсутствием определенных генов в непарной X-хромосоме. Дальтонизм определяют с помощью цветковых таблиц, так как цветовая слепота важна для людей некоторых профессий.

Существует три разновидности цветовой слепоты: протанопия — «краснослепые», человек не воспринимает красного цвета, сине-голубые лучи кажутся ему бесцветными; дейтеранопия — «зеленослепые», человек не отличает зеленого цвета от темно-красного и голубого; тританопия — человек не воспринимает лучи синего и фиолетового цвета (встречается редко).

Все эти аномалии хорошо объясняются трехкомпонентной теорией. Каждая из них является результатом отсутствия одного из трех цвето-

воспринимающих веществ, располагающихся в колбочках. Иногда имеет место и полная цветовая слепота, развивающаяся в результате повреждения всего колбочкового аппарата. При этом человек видит все предметы черно-белыми.

Зрение в онтогенезе

Эмбриональное развитие зрительного анализатора начинается сравнительно рано — на 3-й неделе внутриутробного периода. К моменту рождения ребенка он в основном сформирован, однако совершенствование его заканчивается к 8—10 годам. Развитие сетчатки завершается к концу года. Зрительные нервные пути заканчивают формироваться к 3-4-му месяцу после рождения. Созревание и дифференцировка коркового отдела анализатора завершается лишь к 7 годам. В первые дни жизни новорожденного движения глаз не координированы, один глаз может двигаться независимо от другого. Новорожденные не могут фиксировать взгляд при рассматривании предметов. Эта способность формируется в возрасте от 5 дней до 3—5 месяцев (в конце первого месяца жизни она устойчива в течение 1—1,5 мин, а к трем месяцам — 7—10 мин) и совершенствуется в возрасте от 3 до 7 лет.

Как уже отмечалось, изображение на сетчатке получается действительным, уменьшенным и обратным. То обстоятельство, что человек видит предметы не в перевернутом, а в естественном виде, объясняется жизненным опытом и взаимодействием анализаторов. Ребенок же в первые месяцы после рождения путает верх и низ предмета. Если показать ему горящую свечу, то он, чтобы схватить пламя, протянет руку к нижнему концу свечи.

Что касается цветового зрения, то дети начинают различать желтый, зеленый и красные цвета уже с 3-месячного возраста. Распознавание цветов в столь раннем возрасте обусловлено их яркостью, а не спектральной характеристикой глаза. Полностью различать цвета дети начинают с конца 3-го года жизни. В школьном возрасте цветовая чувствительность глаза повышается.

В 1,5-2 месяца появляются мигательные рефлексy при быстром приближении предмета. Зрительные условные рефлексy вырабатываются с первых месяцев жизни ребенка, однако чем меньше возраст ребенка, тем нужно большее число сочетаний условного зрительного сигнала и безусловного раздражителя для выработки устойчивого зрительного рефлексy.

Вспомогательный аппарат органа зрения

К вспомогательному аппарату органа зрения относятся веки, слезная железа, мышцы глазного яблока, жировое тело и фасция.

Веки образуют подвижную защиту глаза и представлены полуплунными пластинками плотной волокнистой ткани, пронизанной видоизмененными жировыми железами. Последние открываются на свободном крае век и выделяют секрет. У свободного края также располагаются корневые луковицы ресниц. Глазная щель у новорожденного узкая, медиальный угол глаза закруглен. В дальнейшем она быстро увеличивается. У подростков 14—15 лет глазная щель широкая, поэтому глаз кажется большим, чем у взрослого человека. Внутренняя поверхность век выстлана конъюнктивой, продолжающейся на свободную поверхность глазного яблока и ограничивающей конъюнктивальный мешок со слезной жидкостью, которая смачивает поверхность глаза и обладает бактерицидным свойством. Внутренний край глаза содержит слезное озеро с возвышением на дне — слезным мяском. В этом месте находится слезное отверстие — начало слезного канала.

Слезная железа располагается в одноименной ямке лобной кости. Слезные выводные протоки (10-12) открываются в конъюнктивальный мешок. Слезная жидкость из мешка частично испаряется, частично стекает через слезные каналы к слезному мешку, а затем в слезно-носовый проток, открывающийся в нижний носовой ход. Слезная железа у новорожденного имеет небольшие размеры, выводные каналы очень тонкие. На первом месяце жизни ребенок плачет без слез. Слезотделение формируется лишь на втором месяце.

Глазное яблоко приводится в движение четырьмя прямыми и двумя косыми *глазными мышцами*. Мышцы глазного яблока у новорожденного развиты достаточно хорошо, кроме их сухожильной части. Поэтому движения глаз возможны сразу после рождения, но полная их координация наступает со 2-го месяца жизни.

Жировое тело заполняет пространство между стенками глазницы и глазным яблоком, являясь для него мягкой и эластичной прокладкой. У ребенка жировое тело развито слабо. У людей пожилого возраста оно уменьшается в размерах и даже атрофируется, в связи с чем глазное яблоко меньше выступает из глазницы.

Фасция отделяет жировое тело от глазного яблока и обеспечивает его подвижность.

14.3. Слуховой анализатор

Слуховой анализатор представляет собой совокупность механических, рецепторных и нервных структур, воспринимающих и анализирующих звуковые колебания. Периферический отдел слухового анализатора представлен слуховым органом, состоящим из наружного, среднего и внутреннего уха (рис. 58).

Наружное ухо состоит из ушной раковины и наружного слухового прохода.

Основу **ушной раковины** составляет эластичный хрящ, дополненный кожной складкой — мочкой, заполненной жировой тканью. Ушная раковина у новорожденного уплощена, хрящ ее мягкий, кожа тонкая, мочка имеет небольшие размеры. Наиболее быстро ушная раковина растет в течение первых двух лет и после 10 лет. В длину она растет быстрее, чем в ширину. Свободный край раковины завернут внутрь в форме завитка, а с ее дна поднимается противозавиток. Медиальнее последнего располагается полость раковины, в глубине которой находится отверстие наружного слухового прохода. Спереди от него располагается козелок, сзади — противокозелок.

Наружный слуховой проход имеет длину 24 мм и оканчивается барабанной перепонкой. Первая треть слухового прохода является хрящевым продолжением раковины, остальные две трети костные и располагаются в пирамиде височной кости. Наружный слуховой проход

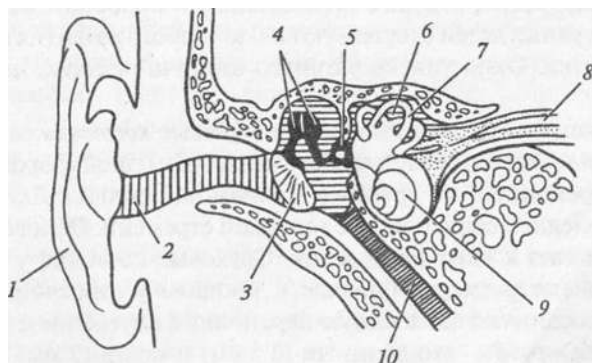


Рис. 58. Орган слуха:

1 — ушная раковина; 2 — наружный слуховой проход; 3 — барабанная перепонка; 4 — молоточек и наковальня; 5 — стремя; 6 — вестибулярный нерв; 7 — полукружные каналы; 8 — слуховая улитка; 9 — улитка; 10 — слуховая труба

у новорожденного узкий и длинный (15 мм), круто изогнут, имеет сужение, медиальный и латеральный отделы его расширены. Стенки наружного слухового прохода хрящевые, за исключением барабанного кольца. Длина слухового прохода у ребенка 1 года составляет 20 мм, а 5 лет — 22 мм. Слуховой проход выстлан кожей с тонкими волокнами и видоизмененными потовыми железами, выделяющими ушную серу. Все это защищает барабанную перепонку от неблагоприятных воздействий внешней среды. *Барабанная перепонка* отделяет наружное ухо от среднего. Она состоит из коллагеновых волокон, снаружи покрыта эпидермисом, а внутри — слизистой оболочкой. Барабанная перепонка у новорожденного хорошо развита. Ее высота равна 9 мм, ширина — 8 мм, как у взрослого человека, и образует угол в 35-40°.

Среднее ухо состоит из барабанной полости, слуховых косточек и слуховой трубы.

На передней стенке *барабанной полости* располагается отверстие слуховой трубы, через которое она заполняется воздухом. На задней стенке полости открываются ячейки сосцевидного отростка, а на медиальной размещаются окно преддверия и окно улитки, которые ведут во внутреннее ухо. Барабанная полость у новорожденного по размерам такая же, как у взрослого. Слизистая оболочка утолщена, и поэтому барабанная полость заполнена жидкостью. С началом дыхания она поступает через слуховую трубу в глотку и проглатывается. Стенки барабанной полости тонкие, особенно верхняя. Задняя стенка имеет широкое отверстие, ведущее в сосцевидную полость. Сосцевидные ячейки у грудных детей отсутствуют из-за слабого развития сосцевидного отростка. Окно улитки затянато вторичной барабанной перепонкой.

В среднем ухе располагаются три *слуховые косточки*: молоточек, наковальня и стремя. Молоточек соединяется с одной стороны с барабанной перепонкой, а с другой — с телом наковальни. Длинный отросток последней сочленяется с головкой стремени. Основание стремени прилегает к окну преддверия. Слуховые косточки у новорожденного имеют размеры, близкие к таковым у взрослого. Все три косточки соединяют барабанную перепонку с внутренним ухом.

Слуховая труба — это длинный (3,5 см) и узкий (2 мм) хрящевой канал, который переходит в костный со стороны пирамиды. Труба служит для выравнивания давления воздуха на барабанную перепонку. Отверстие трубы в глотке находится в спавшемся состоянии и воздух в барабанную полость поступает лишь при глотании или зевании.

Слуховая труба у новорожденного прямая, широкая и короткая, длиной 17—18 мм. В течение первого года жизни она растет медленно (20 мм), на втором году быстрее (30 мм). В 5 лет длина ее составляет 35 мм, у взрослого человека — 35—38 мм. Просвет слуховой трубы суживается от 2,5 мм в 6 месяцев до 2 мм в 2 года и 1—2 мм в 6 лет.

Внутреннее ухо, или **лабиринт**, имеет двойные стенки: перепончатый лабиринт вставлен в костный. Между ними находится прозрачная жидкость — перилимфа, а внутри перепончатого — эндолимфа.

Костный лабиринт состоит из преддверия, улитки и трех полукружных каналов. *Преддверие* представляет собой овальную полость, соединяющуюся с барабанной полостью с помощью перегородки с двумя окнами: овальным (окно преддверия) и круглым (окно улитки). В преддверие открываются отверстия трех полукружных каналов и спиральный канал улитки. Строение *полукружных каналов* будет рассмотрено при описании вестибулярного анализатора. *Костная улитка* представляет собой спиральный канал, имеющий два с половиной оборота вокруг стержня улитки. От стержня отходит костная спиральная пластинка, не доходящая до наружной стенки канала. От свободного конца спиральной пластинки до противоположной стенки улитки натянуты две мембраны — спиральная и вестибулярная, которые ограничивают улитковый проток. Улитковый проток делит улитку на две части, или лестницы. Верхняя часть, или лестница преддверия, начинается от овального окна преддверия и идет до вершины улитки, где через маленькое отверстие сообщается с нижним каналом, или барабанной лестницей. Она располагается от верхушки улитки до круглого окна улитки. Вестибулярная и барабанная лестницы заполнены перилимфой, а просвет улиткового протока — эндолимфой. Внутреннее ухо у новорожденного развито хорошо, его размеры близки к таковым у взрослого человека. Костные стенки полукружных каналов тонкие, постепенно утолщаются за счет окостенения в пирамиде височной кости.

На спиральной мембране лежит спиральный орган, состоящий из опорных и рецепторных клеток. На опорных клетках цилиндрической формы лежат рецепторные волосковые клетки, которые имеют на своей верхней части выросты, представленные крупными микроворсинками (стереоцилиями). Волосковые клетки бывают наружными, располагающимися в три ряда, и внутренними, образующими только один ряд. Между наружными и внутренними волосковыми клетками лежит кортиев туннель, выстланный столбчатыми клетками.

Реснички наружных и внутренних волосковых клеток соприкасаются с покровной (текториальной) мембраной. Эта мембрана представляет собой однородную желеобразную массу, прикрепленную к клеткам эпителия. Спиральная мембрана неодинакова по ширине: у человека вблизи овального окна ее ширина составляет 0,04 мм, а затем по направлению к вершине улитки, постепенно расширяясь, она достигает в конце 0,5 мм. В базальной части спирального органа располагаются рецепторные клетки, воспринимающие более высокие частоты, а в апикальной части (на вершине улитки) — клетки, воспринимающие только низкие частоты.

Базальные части рецепторных клеток контактируют с нервными волокнами, которые проходят в базальной мембране, а затем выходят в канал спиральной пластинки. Далее они идут к нейронам спирального ганглия, лежащего в костной улитке, где и начинается проводниковый отдел слухового анализатора. Аксоны нейронов спирального узла образуют волокна слухового нерва, который входит в мозг между нижними ножками мозжечка и мостом и направляется в покрывку моста, где имеет место первый перекрест волокон и образуется латеральная петля. Часть ее волокон оканчивается на клетках нижнего двухолмия, где находится первичный слуховой центр. Другие волокна латеральной петли в составе ручки нижнего двухолмия подходят к медиальному коленчатому телу. Отростки клеток последнего образуют слуховую лучистость, оканчивающуюся в коре верхней височной извилины (корковый отдел слухового анализатора).

Механизм образования звука

Кортиев орган, расположенный на основной мембране, содержит рецепторы, которые превращают механические колебания в электрические потенциалы, возбуждающие волокна слухового нерва. При действии звука основная мембрана начинает колебаться, волоски рецепторных клеток деформируются, что вызывает генерацию электрических потенциалов, которые через синапсы достигают волокон слухового нерва. Частота этих потенциалов соответствует частоте звуков, а амплитуда зависит от интенсивности звука.

В результате возникновения электрических потенциалов происходит возбуждение волокон слухового нерва, для которых характерна спонтанная активность даже в тишине (100 имп./с). При звуке частота импульсации в волокнах нарастает в течение всего времени действия

раздражителя. Для каждого волокна нерва существует оптимальная частота звука, которая дает наибольшую частоту разрядов и минимальный порог реакции. Эта оптимальная частота определяется местом на основной мембране, где расположены рецепторы, связанные с данным волокном. Таким образом, для волокон слухового нерва характерна частотная избирательность, обусловленная возбуждением разных клеток спирального органа. При повреждении спирального органа у основания выпадают высокие тона, у вершины — низкие тона. Разрушение среднего завитка приводит к выпадению тонов средней частоты диапазона.

Существует два механизма различения высоты тона: пространственное и временное кодирование. Пространственное кодирование основано на неодинаковом расположении возбужденных рецепторных клеток на основной мембране. При низких и средних тонах осуществляется и временное кодирование. Информация в этом случае передается в определенные группы волокон слухового нерва, частота соответствует частоте воспринимаемых улиткой звуковых колебаний.

Для всех слуховых нейронов характерно наличие частотно-пороговых показателей. Эти показатели отражают зависимость порогового звука, необходимого для возбуждения клетки, от его частоты. В обе стороны от оптимальной частоты порог реакции нейрона возрастает, т.е. нейрон оказывается настроенным на звуки лишь определенной частоты.

Все это подтвердило гипотезу Г. Гельмгольца (1863) о механизме различения в кортиевом органе звуков по их высоте. Согласно этой гипотезе, поперечные волокна основной мембраны короткие в ее узкой части — у основания улитки и в 3-4 раза длиннее в ее широкой части — у вершины. Они настроены как струны музыкальных инструментов. Колебание отдельных групп волокон вызывает на соответствующих участках основной мембраны раздражение соответствующих рецепторных клеток. Эти предположения Г. Гельмгольца подтвердились и были частично модифицированы и развиты в работах американского физиолога Д. Бекеши (1968).

Сила звука кодируется числом возбужденных нейронов. При слабых раздражителях в реакцию вовлекается лишь небольшое число наиболее чувствительных нейронов, а при усилении звука возбуждается все больше дополнительных нейронов. Это связано с тем, что нейроны слухового анализатора резко отличаются друг от друга по порогу возбуждения. Порог различен у внутренних и наружных клеток

(для внутренних клеток он значительно выше), поэтому в зависимости от силы звука изменяется соотношение числа возбужденных наружных и внутренних клеток.

Человек воспринимает звуки с частотой от 16 до 20 000 Гц. Этот диапазон соответствует 10-11 октавам. Границы слуха зависят от возраста: чем человек старше, тем чаще он не слышит высоких тонов. Различение частоты звуков характеризуется той минимальной разницей по частоте двух звуков, которую человек улавливает. Человек способен заметить разницу в 1-2 Гц.

Абсолютная слуховая чувствительность — это минимальная сила звука, слышимого человеком в половине случаев его звучания. В области от 1000 до 4000 Гц слух человека обладает максимальной чувствительностью. В этой зоне лежат и речевые поля. Верхний предел слышимости возникает, когда увеличение силы звука неизменной частоты вызывает неприятное чувство давления и боли в ухе. Единицей громкости звука является бел. В быту обычно используют в качестве единицы громкости децибел, т.е. 0,1 бела. Максимальный уровень громкости, когда звук вызывает боль, равен 130-140 дБ над порогом слышимости.

Если на ухо долго действует тот или иной звук, то чувствительность слуха падает, т.е. наступает адаптация. Механизм адаптации связан с сокращением мышц, идущих к барабанной перепонке и стремени (при их сокращении изменяется интенсивность звуковой энергии, передающейся на улитку), и с нисходящим влиянием ретикулярной формации среднего мозга.

Слуховой анализатор обладает двумя симметричными половинами (бинауральный слух), т.е. для человека характерен пространственный слух — способность определять положение источника звука в пространстве. Острота такого слуха велика. Человек может определить расположение источника звука с точностью до 1°. Это связано с тем, что, если источник звука находится в стороне от средней линии головы, звуковая волна приходит на одно ухо раньше и с большей силой, чем на другое. Кроме того, на уровне задних холмов четверохолмия найдены нейроны, реагирующие лишь на определенное направление движения источника звука в пространстве.

Слух в онтогенезе

Несмотря на раннее развитие слухового анализатора, орган слуха у новорожденного еще не вполне сформирован. У него имеет место от-

носительная глухота, которая связана с особенностями строения уха. Полость среднего уха у новорожденных заполнена амниотической жидкостью, что затрудняет колебание слуховых косточек. Амниотическая жидкость постепенно рассасывается, и в полость уха из носоглотки через евстахиеву трубу проникает воздух.

Новорожденный реагирует на громкие звуки вздрагиванием, прекращением плача, изменением дыхания. Вполне отчетливым слух у детей становится к концу 2-го — началу 3-го месяца. На 2-м месяце жизни ребенок дифференцирует качественно различные звуки, в 3—4 месяца различает высоту в пределах от 1 до 4 октав, в 4—5 месяцев звуки становятся условными раздражителями, хотя условные пищевые и оборонительные рефлексы на звуковые раздражители вырабатываются уже с 3-5-недельного возраста. К 1-2 годам дети дифференцируют звуки, разница между которыми составляет 1 тон, а к 4 годам — даже $3/4$ и $1/2$ тона.

Острота слуха определяется наименьшей силой звука, которая может вызвать звуковое ощущение (порог слышимости). У взрослого человека порог слышимости лежит в пределах 10-12 дБ, у детей 6-9 лет — 17-24 дБ, 10-12-лет — 14-19 дБ. Наибольшая острота звука достигается к среднему и старшему школьному возрасту. Низкие тоны дети воспринимают лучше, чем высокие. В развитии слуха у детей большое значение имеет общение со взрослыми. Развивает слух у детей слушание музыки, обучение игре на музыкальных инструментах.

14.4. Вестибулярный анализатор

Периферический отдел вестибулярного анализатора состоит из двух частей: преддверия и полукружных каналов.

В костном *преддверии* находятся два расширения перепончатого лабиринта: эллиптический мешочек (маточка) и сферический мешочек. Последний лежит ближе к улитке и сообщается с перепончатым улитковым протоком. В маточку открываются отверстия трех перепончатых *полукружных каналов* (переднего, заднего и латерального), располагающихся взаимно перпендикулярно. Передний лежит во фронтальной плоскости, задний — в сагиттальной, латеральный — в горизонтальной плоскости. Один конец каждого полукружного канала расширен в виде ампулы. В мешочках и ампулах располагается рецепторный аппарат, состоящий из скоплений чувствительных волосковых клеток. В мешочках эти клетки образуют так называемые

пятна, ориентированные в горизонтальном и вертикальном направлении. На поверхности чувствительных волосковых клеток располагается студенистая отолитовая мембрана, в которой находятся кристаллы углекислого кальция — отолиты, или статолиты. Волоски рецепторных клеток погружены в отолитовую мембрану. В ампулах полукружных каналов рецепторные клетки располагаются на вершинах складок, получивших название ампулярных гребешков. На клетках гребешков располагается желатиноподобный прозрачный купол (рис. 59).

При любых изменениях положения головы рецепторные волосковые клетки улавливают движения студенистой отолитовой мембраны или желатиноподобного купола. Чувствительные клетки пятен воспринимают линейные ускорения, земное притяжение, вибрационные колебания, а клетки ампулярных гребешков — вращательные движения головы. Возникшее в рецепторных волосковых клетках пятен и гребешков возбуждение передается нервным клеткам преддверного узла, лежащего на дне внутреннего слухового канала. Здесь начинается *проводниковый отдел* вестибулярного анализатора.

Аксоны клеток преддверного узла образуют преддверную часть VIII черепно-мозгового нерва, который выходит в полость черепа через внутренний слуховой проход. Волокна подходят к вестибулярным ядрам, расположенным на дне ромбовидной ямки продолговатого

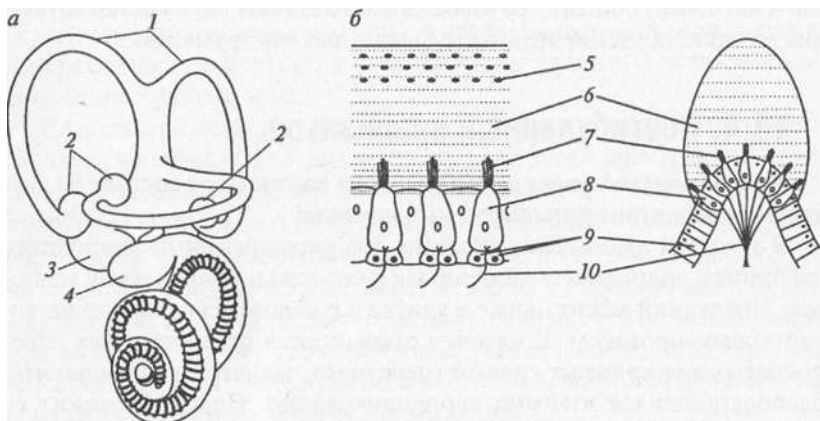


Рис. 59. Строение вестибулярного аппарата (а) и вестибулярные рецепторы (б):

1 — полукружные каналы; 2 — ампулы; 3 — эллиптический мешочек (маточка); 4 — сферический мешочек; 5 — отолиты; 6 — студенистая масса; 7 — волоски; 8 — волосковые клетки; 9 — опорные клетки; 10 — волокна вестибулярного аппарата

мозга. Часть аксонов клеток вестибулярных ядер идет к ядрам шатра мозжечка через его нижнюю ножку, другая часть волокон, перекрещиваясь, идет в таламус, откуда импульсы поступают к коре теменной и височной долей переднего мозга, где и находится *центральный отдел* вестибулярного анализатора.

Нейроны вестибулярных ядер осуществляют синтез информации от разных источников.

При сильных нагрузках на вестибулярный аппарат возникает патологический симптомокомплекс — болезнь движения (морская болезнь). Она проявляется в учащении, а затем замедлении сердечного ритма, сужении, а затем расширении сосудов, усилении сокращения желудка, головокружении и тошноте. Эти реакции возникают в результате повышения чувствительности вестибулярного аппарата и его нервных центров. Склонность к болезни движения может быть устранена тренировкой (качели) и применением лекарственных средств.

Вестибулярный аппарат хорошо приспосабливается к условиям невесомости (на 5-е сутки возвращается к норме). Чувствительность его у здорового человека довольно велика: отолитовый аппарат воспринимает ускорение примерно 2 см/с^2 . Порог различения наклона в сторону — 1° , а вперед и назад — 2° .

Развитие вестибулярного анализатора в онтогенезе

Вестибулярный аппарат созревает у детей раньше, чем другие анализаторы, и у 6-месячного плода он развит почти также, как у взрослого. Возбудимость его существует с рождения и тренируется у ребенка при его укачивании. Новорожденный может определить положение тела во внешней среде. У детей вестибулярный аппарат более возбудим, чем у взрослых, возбудимость его возвращается к норме у девочек к 10-11 годам, у мальчиков — к 12—14 годам. При регулярных занятиях спортом адаптация наступает на 2-3 года раньше.

14.5. Вкусовой анализатор

Периферический отдел вкусового анализатора расположен в слизистой оболочке ротовой полости и представлен вкусовыми рецепторными клетками. Они собраны во вкусовые почки, находящиеся в сосочках на поверхности языка. В слизистой оболочке мягкого нёба, миндалин, задней стенки глотки, надгортаннике располагаются оди-

ночные вкусовые почки. Каждая почка представляет собой овальное образование, занимающее всю толщину эпителия и открывающееся на его поверхность вкусовой порой (рис. 60). Почка имеет около 70 мкм в высоту, 40 мкм в диаметре и образована 40—60 удлинненными клетками. Во вкусовую почку входят три вида клеток: рецепторные, опорные и базальные. Первые два вида клеток занимают всю длину вкусовой почки, выполняют рецепторную функцию и живут всего около 10 дней. Восстанавливаются они за счет митотического деления базальных клеток. Человек различает четыре основных вкуса (сладкий, соленый, горький, кислый) и несколько дополнительных (металлический, щелочной и др.). Рецепция возможна лишь при растворении веществ, проникновении их во вкусовую пору и достижении апикальной мембраны рецепторных клеток.

Проводниковый отдел вкусового анализатора представлен языкоглоточным, лицевым, блуждающим и тройничным нервами. Афферентные волокна от передних двух третей языка проходят в составе лицевого нерва, от задней трети языка — в составе языкоглоточного нерва, задней стенки ротовой полости и глотки — в составе блуждающего нерва. Волокна всех нервов, передающих вкусовую информацию, заканчиваются в ядре одиночного пути в продолговатом мозге. Отсюда информация идет через дорсальную часть моста к вентральным ядрам таламуса. От таламуса часть импульсов идет в постцентральную извилину коры переднего мозга, где и происходит различение вкуса. Другая

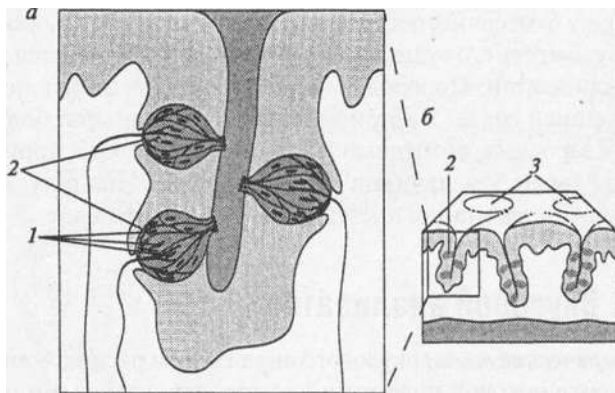


Рис. 60. Орган вкуса (Карлсон, 1994):

a — вкусовые почки в увеличении; *б* — поверхность языка;
1 — вкусовые рецепторы; *2* — вкусовые почки; *3* — сосочки

часть волокон от таламуса направляется в лимбическую систему, обеспечивающую мотивацию вкуса, участие в нем процессов памяти, приобретение вкусовых предпочтений. По волокнам тройничного нерва с поверхности языка передается тактильная, температурная и болевая чувствительность, которая дополняет информацию, поступающую из ротовой полости.

Механизм образования вкуса

Вкус ощущается теми участками языка, где находятся сосочки, поэтому при действии каких-либо веществ на середину языка вкусовых ощущений не возникает. Имеется четыре вида вкусовых сосочков: нитевидные, грибовидные, желобоватые и листовидные, их верхние и боковые поверхности покрыты вкусовыми почками (см. «Строение, функции и возрастные особенности пищеварительной системы»). Для того чтобы вещество могло подействовать на вкусовой рецептор, необходимо растворить его в жидкости. В обычных условиях таким растворителем является слюна. Если фильтровальной бумагой хорошо просушить язык и на высушенный участок положить кусочек сахара, то человек не будет ощущать сладкого вкуса до тех пор, пока сахар не будет смочен слюной.

Для восприятия вкусового ощущения важное значение имеет температура. Горячая и холодная пища понижает вкусовые ощущения. Горячий сладкий чай кажется совсем безвкусным, и только по мере остывания он становится все более сладким. Если взять в рот кусочек сахара и запить его холодной водой, то сладкого также почти не ощущается. Поэтому пробу вкусовых качеств пищи производят только при определенной температуре. Вкус пищи становится наиболее острым при температуре 24 °С. Именно при такой температуре специалисты оценивают вкусовые качества различных сортов вин и сыра.

Вкусовые рецепторы имеют большое значение в жизни человека. С их помощью происходит опробование пищи. При попадании в рот испорченных продуктов они рефлекторно удаляются изо рта выплевыванием, и наоборот, вкусные продукты вызывают ряд явлений, которые способствуют нормальному пищеварению.

Определение вкусовых порогов показало, что пороги вкусового раздражения для разных веществ различны. Так, горечь хинина обнаруживается при его разведении в миллион раз большем, чем разведение сахара до минимальной его концентрации, дающей ощущение

сладкого. На примере кислого и горького вкуса выявлена такая закономерность: эффективность действия вещества тем больше, чем выше его молекулярная масса. Порог вкусовой чувствительности у человека зависит от физиологического состояния и может понижаться до полной «вкусовой слепоты». При изменении вкусовой чувствительности возможны две ее оценки: во-первых, возникновение неопределенного вкусового ощущения, отличающегося от вкуса дистиллированной воды, и, во-вторых, возникновение определенного вкусового ощущения.

При действии вкусовых веществ наблюдается адаптация, зависящая от концентрации вещества. Адаптация к сладкому и соленому развивается быстрее, чем к горькому и кислому. Обнаружена и перекрестная адаптация, т.е. изменение чувствительности к одному веществу при действии другого. Например, адаптация к горькому повышает чувствительность к кислому и соленому, адаптация к сладкому обостряет восприятие всех других вкусовых ощущений.

Для органа вкуса характерны следующие явления:

- адаптация, когда после соленого следующее блюдо кажется пресным;
- последовательный контраст: сладкое повышает чувствительность к кислому, соленое — к сладкому, а горечи обладают стимулирующим вкусом действием;
- слияние ощущений, возникающее при наличии двух вкусовых веществ: кислое и сладкое создают специфический кисло-сладкий вкус некоторых сортов яблок;
- компенсация: соленое и кислое взаимно уничтожают друг друга.

Профессиональная тренировка обуславливает обострение всех видов вкуса, но у работников кондитерской фабрики значительно снижается чувствительность к сладкому, вероятно, в результате избыточного потребления сахара.

Мы уже знаем, что все вкусовые ощущения возникают в результате смешения четырех вкусов: кислого, горького, сладкого и соленого, а также их взаимодействия с тактильными, болевыми и обонятельными ощущениями. Этим объясняется такой вкус, как «едкий», связанный с раздражением болевых рецепторов полости рта, «острый», зависящий от примеси обонятельных ощущений, «кисловатый», возникающий при вяжущем действии дубильных веществ тактильной модальности.

Существует зависимость между строением вещества и его вкусом. Так, соленым вкусом обладают все соли, хотя с разным привкусом; кислым — все кислоты, неорганические и органические, имеющие свободные водородные ионы. Однако некоторые кислоты не подчи-

няются этому правилу: например, салициловая кислота сладкая, пикриновая — горькая. Сладкий же вкус имеют не только сахара, но и многие вещества разной химической природы, которые содержат или не содержат дульциногенные (создающие сладость) группы. Еще менее ясна химическая основа горького вкуса, который имеют основания, алкалоиды, амиды, сульфиды, йодистые соединения и другие вещества.

Вкус в онтогенезе

Вкусовые луковицы созревают на 3-м месяце внутриутробной жизни. В поздние сроки внутриутробного развития плод реагирует мимическими движениями на вкусовые вещества. Это наблюдается у недоношенных детей. Новорожденные различают сладкое, соленое и горькое. Сладкие вещества вызывают сосательные движения, оказывают успокаивающее действие. На горькие и соленые вещества дети реагируют отрицательно: общим возбуждением, закрыванием глаз, искривлением рта, выпячиванием губ и языка. Порог вкусовой чувствительности у новорожденных значительно выше, чем у взрослых. Уже в 3-месячном возрасте наблюдается способность дифференцировать концентрацию вкусовых раздражителей.

Особенно хорошо вызываются у детей врожденные двигательные рефлексы при действии растворов, дающих ощущение сладкого и горького. Латентный период этих двигательных рефлексов через 1—3 дня после рождения — 2,3 с, к 9-10 годам он доходит до 0,3 с.

С первого месяца жизни условный сосательный рефлекс легче всего образуется на сладкие растворы, а с 1,5 месяца можно выработать условный мигательный рефлекс на воду. Уже в первые месяцы жизни у детей образуются дифференцировочные тормозные условные рефлексы на вкусовые раздражения. С 2 до 6 лет вкусовая чувствительность повышается, у школьников она мало отличается от таковой у взрослых, к старости уменьшается. С возрастом в нормальных гигиенических условиях вкус тренируется и улучшается. Нарушение питания и болезни понижают вкусовые ощущения у детей.

14.6. Обонятельный анализатор

Периферическим отделом этого анализатора является обонятельный нейрозпителый. Он имеет желтоватый цвет и занимает площадь 2,5—5 см² в верхней носовой раковине и на носовой перегородке. Слизистая оболочка в этих областях утолщена и представлена ре-

цепторными и опорными клетками. Обонятельные рецепторы в апикальной части имеют длинный тонкий дендрит, заканчивающийся булавовидным утолщением. От утолщения отходят многочисленные реснички, погруженные в слизь. Слизь выделяется опорными клетками и боуменовыми железами, расположенными под эпителиальными клетками. В базальной части клетки находится длинный аксон, аксоны соседних клеток образуют обонятельные волокна (рис. 61). Срок жизни обонятельных рецепторов 60 дней, после чего они заменяются за счет деления клеток обонятельной выстилки. Закладка обонятельных клеток происходит на 11-й неделе внутриутробной жизни, и к 8-му месяцу они уже полностью сформированы. Рецепторы обоняния могут воспринимать раздражение сразу же после рождения. У новорожденных реакция на запах ослабевает быстрее, чем у взрослого, вследствие более быстрой адаптации обонятельных рецепторов. Начиная со 2-го месяца у ребенка можно выработать условный рефлекс на запах, но стойким он становится лишь к 4-му месяцу. В это же время можно выработать дифференцировку.

Проводниковый отдел обонятельного анализатора представлен обонятельным нервом, волокна которого проходят через отверстия ре-

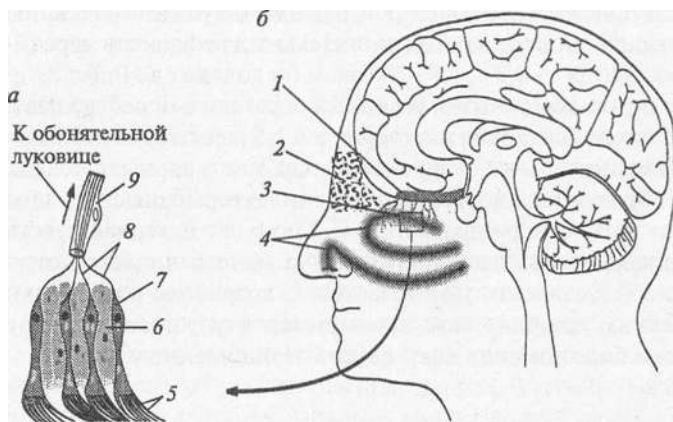


Рис. 61. Орган обоняния (Карлсон, 1994):

а — строение обонятельного эпителия; *б* — схема проведения обонятельного нервного импульса; 1 — обонятельная луковица; 2 — ситовидная пластина; 3 — обонятельный эпителий; 4 — кости носовой перегородки; 5 — реснички обонятельной рецепторной клетки; 6 — поддерживающая клетка; 7 — обонятельная рецепторная клетка; 8 — аксоны; 9 — миелиновая оболочка

щетчатой кости в полость черепа, где они заканчиваются на клетках обонятельной луковицы.

Центральный отдел обонятельного анализатора начинается в обонятельной луковице. Она имеет пять концентрически расположенных слоев: первый слой образуют отростки обонятельных рецепторов; во втором слое происходит синаптический контакт обонятельных волокон с отростками нейронов следующего порядка; третий слой — наружный сетевидный; четвертый слой — внутренний сетевидный (содержит самые крупные клетки — митральные (второй нейрон), аксоны которых формируют обонятельный тракт); пятый слой образуют клетки-зерна, на которых оканчиваются приходящие из центра эфферентные волокна. Эти клетки контролируют активность митральных клеток.

Отходящий от обонятельной луковицы обонятельный тракт передает обонятельные сигналы в другие области мозга, заканчиваясь латеральными и медиальными обонятельными клетками. Через латеральную полосу импульсы попадают в древнюю кору, где лежит третий нейрон, а затем в миндалину. Волокна медиальной полосы заканчиваются в старой коре и в бороздах мозолистого тела. Высшим интегративным центром обонятельной системы является лобная область коры. Обонятельные центры имеют многочисленные связи с лимбической системой, ядрами тройничного, лицевого и подъязычного нервов продолговатого мозга, отчего возникают ответные реакции в виде гримас, отдергивания головы, покраснения кожи лица, слюноотделения. Обонятельные ощущения влияют на формирование влечений и определяют эмоциональное состояние и поведение человека.

Адаптация в обонятельном анализаторе происходит медленно (до 1 мин) и зависит от скорости потока воздуха и концентрации пахучего вещества. Обоняние — исключительно острое и тонкое чувство. Человек ощущает запах вещества при самом незначительном его содержании в воздухе, даже тогда, когда ни химический, ни спектральный анализ не может его обнаружить. Чувствительность обонятельного анализатора велика: первая обонятельная рецепторная клетка может быть возбуждена одной молекулой пахучего вещества. Если в 1 л воздуха содержится всего одна миллионная часть грамма эфира, человек уже ощущает его запах. Еще более чувствителен орган обоняния к запаху сероводорода, наличие которого в 1 л воздуха в количестве одной миллиардной грамма вызывает ощущение запаха. Запах мускуса ощущается при его концентрации в количестве одной десятиллионной грамма в 1 л воздуха.

Каждый обонятельный рецептор отвечает не на один, а на многие пахучие вещества, однако отдает предпочтение некоторым из них, т.е. рецепторы обладают различной настройкой на разные группы веществ. На этом основано кодирование запахов и их опознание в центрах обонятельного анализатора.

Нюхание одних пахучих веществ, таких как, например, ванилин, дает только ощущение запаха, многих других, кроме того, вызывает вкусовые, тактильные, температурные и даже болевые ощущения. Так, наряду с запахом хлороформа возникает ощущение сладкого, ментола — холода, формальдегида — «покалывания» в носу и т.д. Поэтому различают вещества чисто ольфактивные, сигналы о действии которых поступают по обонятельному нерву, и вещества смешанного действия, раздражающие в верхних дыхательных путях и ротовой полости также и другие рецепторы, которые иннервируются тройничным нервом.

Классификация запахов чрезвычайно затрудняется в связи с их многообразием, отражающим множественность обонятельных ощущений, вызываемых различными пахучими веществами. Одна из распространенных систем классификации запахов исходит из близости ощущений, вызываемых родственными источниками пахучих веществ, и включает 9 классов: эфирные, ароматические, бальзамические, амбро-мускусные, чесночные, пригорелые, каприловые, противные и тошнотворные. Предпринимались попытки классифицировать запахи исходя из того, что их разнообразие есть результат комбинаций небольшого числа основных запахов, например цветочного, кислого, горелого и каприлового, но эта теория не получила достаточного распространения.

У здорового человека роль обонятельного анализатора сравнительно невелика. Однако в некоторых случаях она получает специальное профессиональное развитие, например у парфюмеров и дегустаторов. Велика его роль в дистантном получении информации людьми, потерявшими зрение и слух. Значение обоняния у здорового человека выявляется при его временном выключении, как это бывает при насморке. При этом человек в значительной степени теряет способность определять вкус пищевых веществ, хотя вкусовые рецепторы не повреждены.

Обоняние в онтогенезе

Закладка обонятельных клеток происходит на 11-й неделе внутриутробной жизни, и к 8-му месяцу они уже полностью сформированы. Рецепторы обоняния могут воспринимать раздражение сразу же после рождения. У новорожденного реакция на запах ослабевает быст-

рее, чем у взрослого, вследствие более быстрой адаптации обонятельных рецепторов. Начиная со 2-го месяца у ребенка можно выработать условный рефлекс на запах, но стойким он становится лишь к 4-му месяцу. В это же время можно выработать дифференцировку.

Острота обоняния у новорожденных в 20—100 раз ниже, чем у взрослых. Различение обонятельных раздражителей наблюдается на 2—3-м месяце постнатальной жизни и хорошо выражено на 4-м. В это время ребенок уже отличает приятные запахи от неприятных. Обонятельный анализатор быстро созревает и функционально готов к 6 годам. У дошкольников и школьников обоняние развито лучше, чем у взрослого. Острота обоняния достигает максимума в период полового созревания, а затем постепенно снижается. Порог различения запахов с возрастом повышается. Систематические упражнения значительно обостряют обоняние, воспаление слизистой оболочки носа и курение — снижают. Иногда возникают влечения к определенным запахам. У детей резкие запахи могут вызывать чувство эйфории и приводить к развитию пагубных привычек (токсикомания). Утрата обоняния называется anosmией. Она может быть временной (при насморке) или постоянной (при травме).

14.7. Хемосенсорный анализатор

Хеморецепция — один из древнейших видов чувствительности. Она представляет собой восприятие химических стимулов из окружающей среды. Химическую чувствительность разделяют на общую химическую чувствительность, вкус и обоняние.

Обонятельные хеморецепторы обладают очень высокой чувствительностью и специфичностью, способны к возбуждению даже при контакте с несколькими молекулами веществ, являются дистантными.

Вкусовые хеморецепторы контактные, являются рецепторами средней чувствительности и возбуждаются небольшим количеством растворенных веществ.

Рецепторы *общего химического чувства* представляют собой малочувствительные и малоспецифичные рецепторные окончания, раздражение которых вызывает защитные реакции. Они располагаются в кровеносных сосудах, стенке пищеварительного тракта и других внутренних органах.

Хеморецепция представляет человеку информацию об окружающей среде, пище, наличии токсических веществ, влияет на его эмоциональное состояние и поведение.

14.8. Соматосенсорный анализатор

Тело человека покрывает кожный покров ($1,6 \text{ м}^2$). Это рецепторная поверхность, обеспечивающая осязательную, температурную и болевую чувствительность. Благодаря наличию рогового (кератинового) слоя на поверхности эпителия кожа выполняет защитную функцию, препятствуя проникновению вредных веществ и микроорганизмов. Кожа защищает организм от излишнего испарения влаги, участвует в водно-солевом обмене, дыхании и терморегуляции. Находящиеся в коже меланоциты вырабатывают пигмент, защищающий организм от вредного воздействия ультрафиолетовых лучей.

Кожа состоит из эпидермиса, дермы, или собственно кожи (образованной плотной соединительной тканью), и подкожной жировой клетчатки (рис. 62).

Поверхность *эпидермиса* покрыта неровностями — гребешками, которые появляются на 3-4-м месяце внутриутробного развития и образуют индивидуальный рисунок на поверхности пальцев и ладоней. Эпидермис состоит из многослойного ороговевающего эпителия, наружные слои которого постоянно слущиваются. Эпителий образован несколькими слоями клеток — кератиноцитов. Базальный слой является самым глубоким в коже, его клетки митотически делятся и образуют шиповатый слой, а затем зернистый и блестящий. По

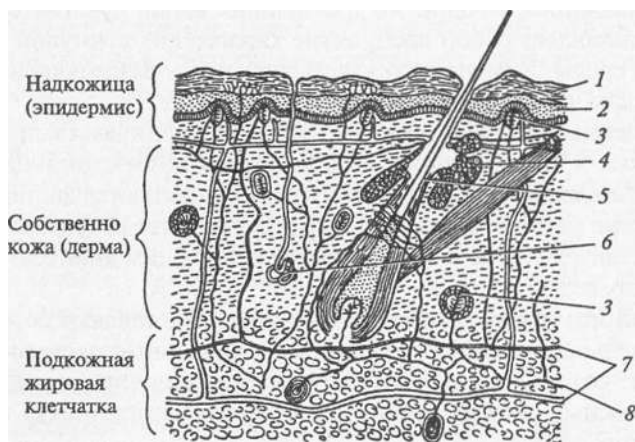


Рис. 62. Строение кожи:

- 1 — роговой слой; 2 — эпидермис; 3 — нервные окончания; 4 — сальная железа;
5 — волос; 6 — потовая железа; 7 — кожные сосуды; 8 — нервные волокна

мере удаления от базального слоя в клетках накапливаются вещества — предшественники кератина: кератогиалин — в зернистом слое и эладин — в блестящем.

Самым поверхностным слоем является роговой, образованный отмершими кератиноцитами и представляющий роговые чешуи, состоящие из белка кератина. Толщина эпителия колеблется от 0,5 мм на веках до 5 мм на спине. В кожном эпителии кроме кератиноцитов содержатся меланоциты, клетки Лангерганса и клетки Меркеля. В меланоцитах находятся гранулы пигмента меланина, переходящие в эпителиальные клетки, придающие им определенную окраску и защищающие организм от чрезмерных ультрафиолетовых воздействий. Клетки Лангерганса являются макрофагами, а клетки Меркеля выполняют механорецепторную функцию.

Под эпидермисом залегает *собственно кожа*, образованная волокнистой соединительной тканью с коллагеновыми и эластичными волокнами. В ней различают сосочковый и сетчатый слои. Сосочковый слой образует выступы в сторону эпидермиса. В собственно коже заложена густая капиллярная сеть, обеспечивающая питание эпидермиса. Сосочки отсутствуют в местах наибольшей чувствительности: ладонях и подошвах. Сетчатый слой состоит из плотной неоформленной соединительной ткани, переходящей без резкой границы в *подкожную жировую клетчатку*. Последняя соединяет кожу с нижележащими фасциями. Клетчатка состоит из коллагеновых волокон, между которыми находятся жировые дольки. Подкожный жировой слой отсутствует на веках и кончике носа, хорошо выражен на стопах и ягодицах. В местах, где кожа подвергается постоянному трению, образуются подкожные синовиальные сумки (области надколенника и локтевого сустава).

Железы кожи по характеру выделяемого секрета делятся на потовые и сальные. Последние лежат в поверхностных слоях собственно кожи. Их много на голове и лице и нет на ладонях и подошвах. Сальные железы располагаются с той стороны, куда наклонен волос, а протоки открываются в волосные фолликулы. Железы выделяют кожное сало, служащее смазкой кожи и волос и препятствующее развитию микроорганизмов. Потовые железы подразделяются на апокриновые и мерокриновые. Секреторный отдел потовой железы свернут в виде клубочка и залегает в глубоком слое собственно кожи. Вокруг секреторного отдела располагаются микроэпителиальные клетки, которые, сокращаясь, выдавливают секрет в выводной проток. Проток имеет спиральный ход и пронизывает эпидермис. Это мерокриновые железы,

больше всего их в коже ладоней и подошв. Апокриновые потовые железы располагаются в коже подмышечных впадин, лобка и молочных желез, их протоки открываются в волосяные фолликулы.

Производными кожи являются волосы и ногти.

Волосы — роговые придатки кожи, отсутствуют они на ладонях и подошвах. Волос состоит из мозгового и коркового вещества, а также кутикулы. Мозговое вещество расположено в центре и образовано мягким кератином. Корковое вещество состоит из твердого кератина. Кутикула образована тонкими чешуйками, направленными вверх, которые соединяются с чешуйками волосяного влагалища, направленными вниз. Благодаря этому сцеплению происходит фиксация волоса. Волосяной фолликул окружен сверху соединительнотканной сумкой. К сумке прикрепляются гладкие мышцы, поднимающие волос. При их сокращении секрет сальных желез, расположенных между мышцей и волосяной сумкой, выдавливается в волосяное влагалище, а затем на поверхность кожи.

Ноготь представляет собой видоизмененный роговой слой эпидермиса. Ноготь лежит на ногтевом ложе. Вдоль каждой стороны кожа образует латеральный ногтевой желобок, а у проксимальной его границы срастается с ногтем и образует эпонихий. Под ногтевым ложем дерма имеет бороздки и большое количество кровеносных сосудов, которые придают ногтю розовый цвет.

В коже располагается большое количество рецепторов (температурные, тактильные, болевые), т.е. она обладает соматической чувствительностью. В зависимости от наличия или отсутствия вокруг рецепторов дополнительных структур они подразделяются на инкапсулированные и неинкапсулированные, или свободные.

Неинкапсулированные рецепторы представляют собой разветвления нервных волокон, лишенных миелина и располагающихся в глубоких слоях эпидермиса. Такие окончания воспринимают механические стимулы, а также отвечают на нагревание, охлаждение и болевые воздействия.

Инкапсулированные нервные окончания представляют собой специализированные образования для восприятия определенного вида стимула. Они являются окончаниями более толстых миелиновых волокон и представлены тельцами Фатера — Пачини, дисками Меркеля, тельцами Мейсснера, тельцами Руффини и колбами Краузе.

Тельца Фатера — Пачини — самые крупные инкапсулированные нервные окончания. Они располагаются в глубоких слоях дермы, соединительнотканнх оболочках мышц, надкостнице и брыжейках.

В клетку проникает миелинизированное нервное волокно, теряет миелин, проходит внутреннюю колбу и идет к наружной колбе, образованной шванновскими клетками и коллагеновыми волокнами. Снаружи тельце покрыто соединительнотканной капсулой, которая переходит в афферентное волокно. Эти окончания чувствительны к прикосновению, давлению и быстрой вибрации, благодаря чему происходит восприятие фактуры предмета.

Диски Меркеля лежат более поверхностно под эпителием и чувствительны к прикосновению и давлению.

Тельца Мейснера находятся около сосочков дермы, наиболее многочисленны в коже ладоней, подошв, губ, век. Они представляют собой овальные образования длиной 100 мкм и располагаются перпендикулярно поверхности эпителия. Тельца образованы шванновскими клетками (миелинизированное волокно подходит к нему, теряя миелин) и девятью веточками располагаются между клетками. Сверху покрыты соединительнотканной капсулой и с помощью коллагеновых волокон крепятся к нижней границе эпителия, наиболее чувствительны к легким прикосновениям и вибрации.

Тельца Руффини лежат в глубоких слоях дермы, наиболее многочисленны на подошве и представляют собой овальные тельца размером 1 x 0,1 мм.

Колбы Краузе расположены в поверхностных слоях дермы, конъюнктиве глаза, языке, наружных половых органах.

Нервные импульсы от рецепторов кожи по спинномозговым нервам достигают спинальных ганглиев, а затем через задние корешки поступают в спинной мозг. Поступившая в спинной мозг информация или участвует в местных рефлекссах, дуги которых замыкаются на уровне спинного мозга, или передается по восходящим путям (тонкому и клиновидному пучкам, спиноталамическому пути и тройничной петле).

Тонкий пучок несет импульсы от тела ниже V грудного сегмента, а *клиновидный пучок* — от верхней части туловища и рук. Эти пути образованы аксонами чувствительных нейронов, тела которых лежат в спинальных ганглиях, а дендриты образуют рецепторы в коже, мышцах и сухожилиях. Аксоны этих путей заканчиваются на нейронах тонкого и клиновидного ядер. Отростки ядер совершают перекрест на уровне продолговатого мозга и идут по двум направлениям. Одна часть в составе нижних ножек мозжечка оканчивается в коре мозжечка, другая образует медиальную петлю, или мениск. Медиальная петля идет через продолговатый мозг, покрывку моста и среднего мозга и заканчивается в латеральных и вентральных ядрах таламуса.

Волокна нейронов таламуса проходят в составе таламической лучистости к центральным областям коры большого мозга.

Спиналоталамический путь проводит возбуждение от болевых и температурных рецепторов. Тела чувствительных нейронов также залегают в спинальных ганглиях. Центральные отростки входят в спинной мозг в составе задних корешков, где и оканчиваются на телах вставочных нейронов задних рогов. Аксоны этих нейронов образуют спиналоталамический путь, оканчивающийся на клетках вентрального ядра таламуса. Волокна таламуса идут в составе таламической лучистости к коре, где оканчиваются в постцентральной области.

Тройничная петля передает импульсы от механо-, термо- и болевых рецепторов головы. Чувствительные нейроны лежат в тройничном узле. Центральные отростки нейронов этого узла идут в составе тройничного нерва в мост, где Т-образно делятся на восходящие и нисходящие ветви. Эти ветви оканчиваются на нейронах сенсорного ядра в покрывке моста и нейронах спинального ядра в продолговатом мозге. Центральные отростки этих ядер перекрещиваются в верхней части моста и тройничной петлей идут по покрывке среднего мозга до вентрального ядра таламуса. Его отростки в составе таламической лучистости направляются к нижней части постцентральной извилины коры мозга. Центральный отдел соматосенсорного анализатора локализуется в постцентральной извилине.

Кожная чувствительность

Рецепторная поверхность кожи равна $1,5-2 \text{ м}^2$. Существует довольно много теорий кожной чувствительности. Наиболее распространенная говорит о наличии специфических рецепторов для трех основных видов кожной чувствительности: тактильной, температурной и болевой. Согласно этой теории, в основе разного характера кожных ощущений лежат различия импульсов и афферентных волокон, возбуждающихся при различных видах кожных раздражений. По скорости адаптации кожные рецепторы делятся на быстро- и медленноадаптирующиеся. Наиболее быстро адаптируются *тактильные рецепторы*, расположенные в волосяных сумках, а также тельца Гольджи. Адаптацию обеспечивает капсула, так как она проводит быстрые и гасит медленные изменения давления. Благодаря этой адаптации мы перестаем ощущать давление одежды и т.д.

В коже человека насчитывается примерно 500 000 тактильных рецепторов. Порог возбудимости в разных участках тела различен.

Наибольшей возбудимостью отличаются рецепторы кожи носа, кончиков пальцев и слизистой оболочки губ, наименьшей — кожи живота и паховой области. Одновременный пространственный порог (наименьшее расстояние между рецепторами, при котором одновременное раздражение кожи вызывает два ощущения) наименьший у тактильных рецепторов и наибольший — у болевых. Способность человека разделять воспринимать прикосновение к различным точкам кожи отличается в разных ее участках. На слизистой оболочке языка этот порог составляет 0,5 мм, а на спине — 6 мм. У тактильных рецепторов также наименьший временной порог — интервал времени между двумя последовательными раздражениями, при котором вызываются два отдельных ощущения. Кожа человека богата не только механорецепторами разного вида, но и рецепторами иного рода модальностей. Поэтому осязательные ощущения, включающие сигналы от механорецепторов разного типа в сочетании с сигналами от других кожных рецепторов, оказываются весьма информативными, о чем свидетельствует «тактильная речь» слепоглухонемых.

Терморецепторы располагаются в коже, на роговице глаза, в слизистых оболочках, центральной нервной системе (в гипоталамусе). Они делятся на специфические и неспецифические. Первые возбуждаются лишь температурными воздействиями, вторые отвечают также и на механическое раздражение. Терморецепторы представлены тепловыми рецепторами (тельца Руффини), расположенными на глубине 0,3 мм, и Холодовыми рецепторами (колбы Краузе), находящимися на глубине 0,17 мм. Так как последние расположены ближе к поверхности тела, то могут возбуждаться и теплом при температуре больше 45 °С (ощущение холода при погружении в горячую ванну). Большинство терморецепторов обладает фоновой активностью и реагирует повышением частоты импульсов на изменение температуры. Для этого достаточно изменения в 0,2 °С. Постоянная частота импульсации у тепловых рецепторов наблюдается в диапазоне 20—50 °С, а у холодových — 10-40 °С. Наиболее важным фактором, влияющим на активность терморецепторов, является не изменение температуры, а ее абсолютное значение.

Болевая кожная чувствительность особенно важна, так как свидетельствует об опасности в самом организме и вне его. До сих пор не решен вопрос о наличии специфических **болевых рецепторов** и адекватных им раздражений. Существуют две гипотезы возникновения болевого раздражения. Первая говорит о существовании специфических болевых рецепторов (свободных нервных окончаний) с высоким

порогом раздражения, согласно второй — специфических болевых рецепторов не существует и боль возникает при сверхсильном раздражении любых рецепторов.

Первую теорию подтверждает, например, наличие боли при касании роговицы, не имеющей кроме свободных нервных окончаний другого рецепторного аппарата. Другим фактом является наблюдение за восстановлением иннервации кожи после перерезки нерва, когда прорастающие первые свободные нервные окончания обуславливают грубую болевую протопатическую чувствительность, которая по мере формирования тактильных и температурных рецепторов сменяется тонкой чувствительностью.

В проведении ноцицептивных сигналов участвуют быстро проводящие миелинизированные волокна группы А со скоростью проведения 20-30 м/с, а также медленно проводящие немиелинизированные волокна группы С с малой скоростью проведения — 0,5—2,0 м/с. Однако даже проводимые волокнами группы А ноцицептивные сигналы дают болевое ощущение позже тактильного. В соответствии с этим отмечается двойное ощущение боли: вначале четкое по локализации и короткое, а потом — длительное и сильное. При ударе ребром ладони по краю стола только после ощущения удара начинает медленно нарастать боль. Причиной боли считают нарушение метаболизма клетки и изменение рН, что возникает при токсическом влиянии на дыхательные ферменты при прямых механических и термических воздействиях, повреждении клеточных мембран и капилляров.

Адаптация болевых рецепторов возможна (игла в коже), но важной их особенностью является отсутствие ощутимой адаптации. Болевые раздражения сопровождаются рядом вегетативных реакций: повышением мышечного тонуса, частоты сердечных сокращений и дыхания, кровяного давления.

Болевые воздействия на кожу человек локализует достаточно точно. При заболеваниях внутренних органов могут возникать отраженные боли, проецирующиеся в определенные части кожной поверхности (при стенокардии — боли в левой лопатке и руке). Наблюдаются и обратные процессы: при воздействии на активные точки кожи включается цепь вегетативных рефлексов, что используется при рефлексотерапии.

Для уменьшения боли используется множество лекарственных средств. По локализации действия они делятся на местные и общие. Местнодействующие средства (новокаин) блокируют возникновение

и проведение болевых сигналов от рецепторов в спинной мозг. Лекарственные средства общего действия (эфир) снижают ощущение боли, блокируя передачу импульсов между нейронами коры и ретикулярной формации. В настоящее время широко применяются нейропептиды (вазопрессин, окситоцин), которые изменяют активность передачи в синапсах, т.е. между первым и вторым сенсорными нейронами.

Соматосенсорный анализатор в онтогенезе

Новорожденные дети уже имеют высокую тактильную чувствительность. Она максимальна в области рта, глаз, лба, ладоней и подошв ног. Кожа предплечья и голени отличается меньшей чувствительностью, еще менее чувствительна кожа плеч, живота, спины и бедер. Это соответствует степени чувствительности взрослого человека. Однако точная локализация раздражений в течение первого года жизни отсутствует, так как в этом возрасте в коже сравнительно мало свободных нервных окончаний, недоразвиты проводящие пути и зона кожно-мышечной чувствительности в коре больших полушарий. С возрастом возбудимость тактильных рецепторов повышается и достигает максимума к 17—27 годам. Умственное утомление приводит к резкому снижению тактильной чувствительности кожи. Например, после пяти образовательных уроков у школьников она может уменьшиться в 2 раза.

На холод и тепло новорожденные реагируют со значительно большим латентным периодом, чем взрослые. Реакция на холод сильнее, чем на тепло. Наиболее чувствительна к теплу кожа лица.

Ощущение боли имеется у новорожденных, но без точной локализации. На повреждающие раздражения кожи, вызывающие боль (укол булавкой), новорожденные реагируют движениями уже на 1—2-й день после рождения, но слабо и с большим латентным периодом. Кожа лица наиболее чувствительна к болевым раздражениям, латентный период в данном случае такой же, как у взрослого человека.

Реакция новорожденного на действие электрического тока значительно слабее, чем у старших детей. При этом они реагируют лишь на такую силу тока, которая невыносима для взрослых. Это объясняется недоразвитием центростремительных путей и большой сопротивляемостью кожи. Локализация боли, вызванная раздражением рецепторов внутренних органов, отсутствует даже у детей 2—3 лет.

Точная локализация всех раздражений кожи в первый год жизни отсутствует. К концу первого года жизни дети легко различают механические и термические раздражения кожи.

14.9. Двигательный анализатор

Периферический отдел. Мышечные веретена служат для определения степени растяжения мышцы. Они представлены образованиями веретеновидной формы, которые заключены в растяжимую соединительнотканную капсулу. Веретена располагаются в мышце продольно и образованы несколькими интрафузальными волокнами, которые бывают цепочечными и ядерными. В цепочечных волокнах в центральной части ядра располагаются цепочкой, в ядерных — образуют ядерные скопления. Эти волокна длиннее и толще. Интрафузальные волокна иннервируются афферентными нервными волокнами, которые подходят к центральной части интрафузального волокна и по спирали обвивают его. Это первичное окончание. По бокам от первичных находятся более тонкие вторичные окончания. Первичное окончание реагирует на степень и скорость растяжения мышцы, а вторичное — на степень растяжения и изменения положения мышцы.

Сухожильные рецепторы Гольджи располагаются не в мышцах, а в местах соединения мышц с сухожилиями. Они покрыты капсулой и иннервируются толстыми миелиновыми волокнами. Рецепторы активируются при сдавливании их волокнами сухожилия, когда мышечные веретена неактивны.

Проводниковый отдел. Информация от рецепторов мышц поступает в спинной мозг на мотонейроны передних рогов, другая ее часть переключается на вставочные нейроны и поступает выше по тонкому и клиновидному пучку (см. Проводящие пути головного и спинного мозга) и по заднему и переднему спинномозжечковым путям. Спинномозжечковые пути проводят возбуждение от проприорецепторов. Чувствительные нейроны расположены в спинальных ганглиях, а вставочные — в задних рогах спинного мозга. Аксоны вставочных нейронов остаются на той же стороне спинного мозга и образуют задний путь, а образующие передний путь переходят на противоположную сторону в боковой канатик. Задний путь по нижним ножкам мозжечка, а передний — по верхним входят в мозжечок и оканчиваются на клетках коры мозжечка. Эти пути осуществляют интеграцию информации от мышечных и суставных рецепторов и обеспечивают работу нижних конечностей стоя и при движении.

Центральный отдел двигательного анализатора располагается аналогично соматосенсорному в постцентральной извилине коры больших полушарий.

Проприорецепция в онтогенезе

Возбудимость propriоцепторов увеличивается с возрастом: наименьшая — у младших школьников, наибольшая — у старших. Ее повышение наблюдается также у школьников на уроках труда, физической культуры, занятиях в спортивных залах, наименьшая возбудимость отмечается на общеобразовательных уроках, во время подготовки к занятиям. Возбудимость propriоцепторов повышается в первой половине дня и снижается во второй. У старших школьников умственная деятельность (30-минутное чтение художественной литературы) повышает возбудимость propriоцепторов, а это, в свою очередь, приводит к последующему возрастанию умственной активности, т.е. работоспособности.

14.10. Висцеральный анализатор

Периферический отдел висцерального анализатора составляют интерорецепторы. Раздражение их происходит в результате изменений химического состава крови и содержимого пищеварительного канала, колебаний кровяного давления, растяжения и сжатия бронхов и легких при вдохе и выдохе, растяжения мочевого и желчного пузырей, сокращения мускулатуры пищеварительного тракта. К интерорецепторам висцерального анализатора относятся хемо- и механорецепторы. Первая группа рецепторов представлена хеморецепторами:

- пищеварительного тракта (например, хеморецепторы двенадцатиперстной кишки при раздражении соляной кислотой желудочного сока вызывают рефлекс замыкания пилорического сфинктера, регулирующего переход пищи из желудка);
- системы кровообращения (каротидный клубочек, хеморецепторы интимы сосудов, аорты, периферических артерий и вен);
- дыхательной системы (при повышении концентрации углекислого газа их возбуждение вызывает рефлекторную одышку);
- выделительной системы и половых органов;
- скелетной мускулатуры, желез внутренней секреции, костного мозга, лимфатической системы.

Вторую группу висцеральных рецепторов составляют механорецепторы:

- сосудистой системы (барорецепторы каротидного синуса и аорты, обуславливающие депрессорный рефлекс, и барорецепторы в области полых вен, вызывающие прессорный эффект). Благодаря этим реф-

лексам поддерживается постоянство артериального давления. В сосудах практически всех органов имеются механорецепторы, дающие начало рефлексам кровообращения и дыхания;

- альвеол легких, посылающие по блуждающим нервам сигналы о растяжении и спадении легких, обеспечивая регуляцию чередования вдоха и выдоха, в этих рефlekсах участвуют также механорецепторы плевры и бронхов;

- пищеварительного аппарата, посылающие сигналы, необходимые для организации перистальтики и перехода пищи из отдела в отдел. Кроме того, эти рецепторы дают начало рефлексам на другие системы органов: торможение сердечных сокращений при ударе по кишечнику;

- мочевого пузыря, вызывающие рефлекс запирания уретры, а также рефлекторное изменение деятельности почек, уровня кровяного давления и частоты дыхания;

- половой системы, изменяющие кровообращение, дыхание и другие функции организма.

Проводниковый отдел висцерального анализатора представлен блуждающим, чревным и тазовым нервами. Блуждающий нерв передает афферентные влияния в центральную нервную систему от всех органов грудной и брюшной полости, чревный нерв — от желудка, брыжейки, тонкого кишечника, тазовый — от органов малого таза. Импульсы от интерорецепторов проходят по задним и вентролатеральным столбам спинного мозга.

Центральный отдел. Интероцептивная информация поступает в ряд структур ствола мозга и подкорковые образования. Так, в хвостатое ядро поступают сигналы от мочевого пузыря, в таламус — от многих органов брюшной полости. В гипоталамусе имеются проекции чревного и блуждающих нервов. В мозжечке обнаружены нейроны, реагирующие на раздражение чревного нерва. Кортиковым отделом висцерального анализатора являются сигмовидная извилина, лимбическая кора и сенсомоторные зоны.

Возбуждение интерорецепторов одних органов (прямой кишки, мочевого пузыря) приводит к возникновению четких, локализованных ощущений. В то же время возбуждение интерорецепторов других органов (сердца, сосудов, печени, почек, селезенки) не вызывает ясных осознанных ощущений, т.е. сигналы имеют подпороговое значение. И.М. Сеченов называл их «темными, смутными» ощущениями. Только при выраженном патологическом процессе в том или ином внутреннем органе эти сигналы доходят до сознания и сопровождаются болевыми ощущениями.

Изменение состояния внутренних органов, которое фиксируется висцеральным анализатором, даже если оно не осознается, значительно влияет на поведение, настроение и самочувствие человека. Это связано с тем, что интероцептивные сигналы доходят до разных уровней центральной нервной системы вплоть до коры большого мозга, что может приводить к изменениям активности многих нервных центров, выработке новых условных рефлексов.

Висцеральный анализатор в онтогенезе

У детей до среднего школьного возраста значение висцерального анализатора очень велико. С развитием психики влияние раздражения интерорецепторов на поведение ребенка постепенно уменьшается. По мере формирования психических функций главная роль начинает принадлежать раздражениям органов чувств, вызывающих двигательные рефлексы скелетных мышц. Слова, соответствующие непосредственным условным раздражителям мышечной работы, тем больше влияют на работу внутренних органов, чем моложе ребенок.

14.11. Взаимодействие анализаторов

При изучении анализаторных систем возникает вопрос, насколько достоверно отражают реальную действительность наши ощущения с помощью органов чувств. В 1840 г. И. Мюллер предположил, что органы чувств не могут служить нам для истинного познания окружающего мира, так как всякое раздражение вызывает в организме человека процессы, свойственные воспринимающему органу и не зависящие от свойств раздражителя. Данный вывод был сделан на основании того, что и адекватные, и неадекватные раздражения какого-либо органа чувств вызывают одно и то же ощущение. Например: удар по глазу — ощущение света, электрическое раздражение языка сопровождается вкусовым ощущением. На этом основании был выдвинут закон специфической энергии: характер реакции рецептора не зависит от особенностей раздражителя, а определяется заложенной в самом организме энергией. Согласно этому, мы не в состоянии создать представление о свойствах окружающего мира на основании ощущений. Основоположник физиологической оптики Г. Гельмгольц, исследовав оптическую систему глаза, открыл аберрацию, астигматизм, мутность преломляющих сред и в результате пришел к выводу, что зрительные ощущения не могут передавать действительную картину окружающего мира и что мы видим не истинные предметы, а их символы, иероглифы.

В настоящее время доказано, что в центральных мозговых отделах под контролем двигательной практики происходит перестройка сигналов от рецепторов, которая формирует правильные образы. Кроме того, формированию реальной картины окружающего мира способствует такое явление, как взаимодействие анализаторов. В 1904 г. академик И.П. Павлов на заседании научного общества впервые продемонстрировал явление усиления звукового восприятия под действием света. Перед аудиторией помещался экран, периодически освещавшийся и затемнявшийся. Во время освещения звучавший камертон слышался более громко, чем во время затемнения экрана. Музыкантами отмечен факт усиления громкости звука при освещении, поэтому для лучшего восприятия музыки в концертных залах обычно не гасят свет. Благодаря совместной деятельности анализаторов расширяется восприятие окружающего мира.

Анализаторы тесно взаимодействуют между собой на нескольких уровнях: спинальном, ретикулярном и таламокортикальном. Особенно широка интеграция сигналов в нейронах ретикулярной формации. В коре происходит интеграция сигналов высшего порядка, и в результате этого корковые нейроны приобретают способность к сложной комбинации сигналов. Это в особенности характерно для клеток ассоциативных и двигательных зон, так как пирамидные нейроны являются конечным отделом нескольких анализаторов. Особенно важны для межсенсорного синтеза лобные доли коры: при их поражении у людей затрудняется формирование сложных комплексных образов.

Взаимодействие анализаторов проявляется и в соощущениях. Например, всем известно ощущение холода, «бегающих мурашек» по коже от скрежета ножом по стеклу. В этом случае на человека действует звуковой раздражитель — скрежет, он его слышит, но одновременно возникает ощущение холода — оно является соощущением. У некоторых музыкантов музыкальные звуки вызывают различные окрашенные, цветовые ощущения. Это дает им возможность обозначить различным цветом характер тех или иных звуков. Одни и те же звуки у разных людей окрашиваются в свой цвет. Есть люди, у которых при действии световых раздражителей возникают слуховые ощущения. Взаимодействие проявляется и во взаимном повышении или понижении их возбудимости. Например, обтирание кожи холодной водой повышает зрение в сумерках, а теплой — понижает.

Взаимосвязь анализаторов обусловлена переходом возбуждения с центростремительных путей одного анализатора на пути другого. Так, в области четверохолмия возможна иррадиация возбуждения со зритель-

ных путей на слуховые, и наоборот. Взаимосвязь анализаторов очень важна в тех случаях, когда человек лишается того или иного вида чувствительности. У слепых отсутствие зрения компенсируется обострением осязания и слуха. Точечная азбука дает возможность овладеть письменной речью благодаря осязаемой выпуклости точек. Слепоглухонемые, пользуясь обонянием, могут сосчитать количество людей в комнате и т.д. Это объясняется тем, что сенсорные зоны в коре больших полушарий функционируют совместно. Так, у слепых, благодаря постоянной тренировке, совершенствуются нервные связи между слуховой и кожно-мышечными зонами. У слепоглухонемых особенно развиты связи между проприорецепторами и центрами органов осязания и вкуса. У глухих и глухонемых взаимосвязаны зоны зрительной и кожно-мышечной чувствительности. Одновременное функционирование разных сенсорных зон коры больших полушарий осуществляет взаимный контроль органов чувств (посредством осязания контролируется зрение и т.д.).

Литература

Анатомия, физиология и психология человека. Краткий иллюстрированный справочник / под ред. А.С. Батуева. СПб.: Питер, 2003.

Безруких М.М. Возрастная физиология: Физиология развития ребенка / М.М. Безруких [и др.]. М.: Академия, 2002.

Безруких М.М. Хрестоматия по возрастной физиологии / М.М. Безруких [и др.]. М.: Академия, 2002.

Ворсина Г.Л. Основы валеологии и школьной гигиены / Г.Л. Ворсина, В.Н. Калюнов. Мн.: Тесей, 2005.

Жилое Ю.Д. Основы медико-биологических знаний. Возрастная физиология. ЗОЖ. ОБЖ / Ю.Д. Жилое. М.: Высшая школа, 2001.

Обреимова Н.И. Основы анатомии, физиологии и гигиены детей и подростков / Н.И. Обреимова, А.С. Петрухин. М.: Академия, 2000.

Рохлов В.С. Практикум по анатомии и физиологии человека / В.С. Рохлов. М.: Академия, 1999.

Санеускі М.К. Узроставая фізіялогія і школьная гігіена / М.К. Санеускі, П.Я. Хоміч. Мн.: Універсітэцкае, 1998.

Сапин М.Р. Анатомия и физиология детей и подростков / М.Р. Сапин, З.Г. Брыксина. М.: Академия, 2000.

Сапин М.Р. Анатомия и физиология человека (с возрастными особенностями детского организма) / М.Р. Сапин, В.И. Сивоглазов. М.: Академия, 1999.

Соковня-Семенова И.И. Основы физиологии и гигиены детей и подростков / И.И. Соковня-Семенова. М.: Академия, 1999.

Сушко Г.Г. Возрастная физиология и школьная гигиена / Г.Г. Сушко. Витебск : УО «ВГУ им. П.М. Машерова», 2003.

Федюкович Н.И. Анатомия и физиология человека / Н.И. Федюкович. Ростов н/Д: Феникс, 2005.

Хрипкова А.Г. Возрастная физиология и школьная гигиена / А.Г. Хрипкова [и др.]. М.: Просвещение, 1990.

Указатель анатомических и физиологических терминов*

Абсолютная мышечная сила 133

авитаминоз 196

автосинтетическая фаза 41

агглютинация 61

агглютинины 61

агглютиногены 61

агонисты 118

адвентиция 156, 242

аденогипофиз 287

адипоциты 51

адреналин 294

адренархе 240

азотистый баланс 183

аккомодация 366, 374

акросома 227

акселерация 236

аксон 70

алкалоз 58

альбумины 56, 177

альвеолы 110, 147

альдостерон 293

амилаза 164

аминокислоты 182

 заменяемые 182

 незаменимые 182

анаболизм 182

анастомоз 243

анафаза 43

андрогены 293

анемия 60, 192

антагонисты 118

антефлексия 230

антигены 272, 278

антитела 272, 278

антитоксины 278

антропогенез 10

аорта 254

апоневроз 117

апоптоз 41

аппарат «искусственная почка» 218

аппараты органов 74

аппендикс 179

артериальный проток 264

артерии 242

артериолы 243

ассоциативные зоны 322

астигматизм 375

атлант 89

атрофия мышц 135

аутолитическое пищеварение 154

аутофагия 38

ацидоз 58

Базофилы 64

барабанная перепонка 380

барабанная полость 380

безусловные рефлексы 345

белки 45, 182

 неполноценные 183

 полноценные 183

белковый индекс 56

бифуркация 144

бледный шар 322

близорукость 374

большой круг кровообращения 245

боталлов проток 264

брадикардия 251

бронхиальное дерево 145

бронхиолы 145

брюшина 156

буферная система 58

Вазопрессин 289

вентральный 31

венулы 244

вены 244, 259

вертлужная впадина 97

верхнее двухолмие 312

витаминоподобные вещества 204

витамины 196, 282

включения 39

вкусовые почки 387

вкусовые сосочки 387

внеутробный период 77

внутреннее ухо 381

внутренний фактор Касла 169

внутриутробный период 77

водный баланс 187

водородный показатель 57

* Включены базовые термины и термины, поиск которых по оглавлению затруднен. Даны ссылки только на те страницы, на которых раскрыта суть понятия (обычно — определение).

- водянистая влага 366
волокна
 ассоциативные 324
 белые (быстрые) 120
 комиссуральные 324
 красные (медленные) 119
 проекционные 324
 промежуточные 120
 Пуркинье 251
ворота яичника 228
вторичная моча 216
- Гаверсов канал 54
гайморова пазуха 109
гаснущий тормоз 350
гастрексин 170
гаустры 179
гематокритное число 55
гемоглобин 59
 фетальный 59
гемодинамика 264
гемолиз 61
гемостаз
 коагуляционный 66
 сосудисто-тромбоцитарный 65
гемофилия 66
гепарин 66
гиалоплазма 34
гидрокортизон 293
гипервитаминоз 196
гиперметропия 375
гипертермия 208
гипертонические растворы 57
гипертрофия мышц 135
гиповитаминоз 196
гипоталамус 313
гипотермия 208
гипотонические растворы 57
гипофиз 287
гиппокамп 320
гистогенез 47
глабелла 104
гликоген 177, 185
глобулины 56
глюкагон 176, 297
глюкокортикоиды 293
голосовой аппарат 144
горизонтальная плоскость 30
гормон(-ы) 282
 адренокортикотропный 289
 антидиуретический 314
 гонадотропные 289
 лютеинизирующий 235
 тиреотропный 289
 тканевые 282
 гипофиза тропные 235
 фолликулостимулирующий 235
граафов пузырек 229, 233
групповые лимфоидные узелки 276
гуморальная регуляция 74
- Давление
 диастолическое 264
 онкотическое 56
 осмотическое 57
 систолическое 264
дальнозоркость 375
дальтонизм 376
дендрит 70
дерма 396
дефекация 181
диакинез 44
диартрозы 83, 84
диастола 251
диафиз 82
диктиосомы 37
диплонема 44
диски Меркеля 399
дистальный 31
дифференцировка 47
диффузная нейроэндокринная система 284
доминанта 354
дорсальный 31
дыхательный объем 148
дыхательный центр 151
дыхательный цикл 140
- Евстахиева труба 166
Е-клетки 273
- Жгутики 39
железа(-ы)
 бартолиновы 232
 бульбоуретральная (куперова) 226
 вилочковая 270
 зобная 270
 преддверия 232
 предстательная 226
 экзокринные 285
 эндокринные 285

- желтое пятно 370
желтое тело беременности 229, 233
желчь 177, 178
жизненная емкость легких 149
жироподобные вещества 184
Запирательное отверстие 97
запястья 96
зев 159
зигонема 44
зрительный бугор 312
зубчатое ядро 310
Изотермия 208
изотонические растворы 57
иммунитет 271, 277, 279
иммуноглобулины 274
иммунологическая толерантность 271
индукция 353
инсулин 176, 297
интерлейкины 274
интерорецепторы 361
интерфаза 41
интерферон 274
интрамуральные нервные сплетения 343
иррадиация 353
Йодопсин 371
Каменистая часть 108
капилляры 244
капсулы Боумена — Шумлянського 215
карбегемоглобин 59
карбогидразы 154
карбоксигемоглобин 59
кардиальное отверстие 167
кариолема 39
катаболизм 182
каудальный 31
квасивитамины 205
кислотно-щелочное равновесие 57
кифоз 92
клапан
 митральный 251
 полулунный 251
 створчатый 251
клетка 32
клетки Лейдига 225
клеточный центр 35
клеточный цикл 41
клитор 232
колбочки 369
колбы Краузе 399
кольцо Пирогова — Вальдейера 159, 270
комплекс Гольджи 37
концентрация 353
копчик 90
корково-ядерный путь 337
кортизол 293
костная улитка 381
костный лабиринт 381
костный мозг 81
коэффициент утилизации 150
краниальный 31
красное ядро 312
крестец 90
крыша мозга 112, 312
Лабиринт 381
латеральное коленчатое тело 313
латеральный 31
легочная плевро 147
лейкопения 63
лейкоцитарная формула 64
лейкоцитоз 63
лейкоциты 63
лептонема 44
либерины 284
лизосомы 37
лизосим 164
лимфа 266
лимфатические капилляры 266
лимфатические сосуды 268
лимфатические узлы 268, 277
лимфоидные бляшки 270
лимфокины 274
лимфоциты 64, 271
липазы 154
липиды 46, 184
липоиды 184
лонный симфиз 99
лордоз 92
лютеотропин 289
Макроглия 69
макроэлементы 188
малокровие 60
малый круг кровообращения 245
мальтаза 164
медиальное коленчатое тело 313
медиальный 31
медиаторы 281
мейоз 43

- меланин 52
меланоцитотропин 289
мелатонин 296
менархе 237
менструальный цикл 234
метафаза 43
метафиз 82
мечевидный отросток 92
микроглия 69
микротрубочки 34
микрофиламенты 35
микроэлементы 191
миндалевидное тело 323
миндалина(-ы) 159, 276, 320
минералокортикоиды 293
миокард 249
миометрий 231
миопия 374
миофибриллы 67
митоз 42
митохондрия 36
мозолистое тело 315
моноциты 64
моторные зоны 321
мошонка 227
муцин 164
мышечные веретена 404
мышца(-ы)
 инспираторная 140
 круговые 118
 ловкие 120
 перистые 118
 работа динамическая 134
 работа статическая 134
 сильные 120
 синергические 118
 физиологическое поперечное сечение 133
 экспираторная 140
Надбугорная область 314
надкостница 81
напряжение газа в жидкости 150
насыщенные жирные кислоты 184
нёбо
 мягкое 158
 твёрдое 158
нейрогипофиз 287
нейроглия 69
нейрогормоны 234
нейромедиаторы 72
нейрон 69
нейроны
 афферентные (чувствительные, рецепторные) 73
 вставочные 73
 эфферентные (двигательные, секреторные) 73
нейропептиды 284
нейтрофилы 63
некроз 41
ненасыщенные жирные кислоты 184
нервная регуляция 74
нервные волокна
 безмякотные (безмиелиновые) 72
 мякотные (миелиновые) 72
неспецифические гуморальные факторы защиты 278
неспецифические клеточные защитные механизмы 279
нефрон 215
нижнебрыжеечное сплетение 341
нижнее двуххолмие 312
нижняя раковина 110
ножки мозга 311
норадреналин 294
нуклеиновые кислоты 46
нуклеоплазма 40
Обонятельная луковица 393
обонятельный нейроэпителлий 391
общая емкость легких 149
общий обмен 206
объем крови минутный 252
объемная скорость кровотока 266
овогенез 229, 233
овуляция 229
ограда 322
одиночные лимфоидные узелки 270, 276
оксигемоглобин 59
окситоцин 290, 314
олива 307
онтогенез 10, 75
оогония 233
орган 73
органеллы 34
органогенез 47
органойды 34
основание черепа 112
основной обмен 206

- остаточный объем 149
- остеобласты 53
- остеокласты 53
- остеон 53
- остеоциты 53
- островки Лангерганса 176
- отолиты 386
- Пазухи воздухоносные 104
- палочки 369
- парасимпатическая нервная система 342
- паратгормон 291
- парциальное давление газа 149
- пахинема 44
- пейеровы бляшки 270
- пепсин 170
- пепсиноген 170
- первичная моча 216
- перикард 249
- перилимфа 381
- периметрий 232
- перинуклеарное пространство 40
- пероксисомы 38
- петля Генле 215
- пирамида(-ы) 108, 307
- пищевая гликемия 186
- плазма 56
- плазмин 66
- плазмолемма 33
- плацента 235
- плюсна 101
- пневмоторакс 147
- подкожная жировая клетчатка 397
- подчревное сплетение 341
- полирибосомы 35
- полисомы 35
- полосатое тело 322
- полость плевральная 147
- полукружные каналы 381, 385
- полусустав 83
- посткапилляры 244
- постсинтетическая фаза 41
- потенциал действия 70
- потенциал покоя 70
- почечные пирамиды 214
- преддверие влагалища 232
- предплюсна 101
- предсердно-желудочковый узел 251
- прекапилляр 243
- пресинтетическая фаза 41
- привратник 167
- придаток яичка 224
- прикус 163
- пробовидное ядро 310
- проводящая система сердца 250
- прогестерон 293
- проекционные поля 365
- проксимальный 31
- пролактин 289
- пролептонома 44
- промежуточные филаменты 35
- проприорецепторы 361
- простата 226
- протеазы 154
- протромбин 177
- профаза 43
- пубархе 237, 240
- пубертатный период 239, 241
- пупочный канатик 263
- путь(-и)
 - Говерса 336
 - красноядерно-спинномозговой 337
 - латеральный корково-спинномозговой 337
 - латеральный спиноталамический 336
 - передний корково-спинномозговой 337
 - передний спиноталамический 336
 - пирамидные 337
 - преддверно(вестибуло)-спинномозговой 337
 - сетчато(ретикуло)-спинномозговой 338
 - тектоспинальный 338
 - Флексига 336
 - экстрапирамидные 337
- пучок(-и)
 - Бурдаха 336
 - Гиса 251
 - Голля 336
 - Левенталья 337
 - Монакова 337
- пясть 96
- Радужка 368
- резервный объем вдоха 149
- резервный объем выдоха 149
- резус-фактор 62
- ренин 213
- репликация 41

- реснички 39
ресничное тело 368
ресничный пояс 368
ретикулярная формация 308
рецептивное поле 365
рибосомы 35
рилизинг-гормоны 234
рилизинг-факторы 284
роговица 367
родничок 112
родопсин 371
ромбовидная ямка 311
- Сагиттальная плоскость 30
сахарный диабет 186
семенные канальцы 225
семенные пузырьки 226
семявыносящий проток 225
семяизвергающий проток 225
сенсорные зоны 321
сердечный круг 246
сердечный цикл 251
серповидная связка 177
серый бугор 314
сетчатка 369
сильвиев водопровод 311
симбионтное пищеварение 154
симпатическая нервная система 341
симфиз 83
синапсы 71
синартрозы 83
синдесмоз 83
синовиальные влагалища 121
синовиальные сумки 121
синовия 85
синостоз 84
синтетическая фаза 41
синусно-предсердный узел 251
синусы 104
синхондроз 84
системы органов 74
систола 251
систолический объем сердца 252
склеивание 61
склера 367
сколиоз 92
скорлупа 322
скорость оседания эритроцитов 61
слепое пятно 370
слуховая труба 380
слуховые косточки 380
- собственно жиры 184
собственно кожа 396
собственное пищеварение 154
соединительная ткань 49
сокращение мышц
 изометрическое 133
 концентрическое 133
 эксцентрическое 133
сосудистый клубочек 215
соустья 243
сошник 110
СОЭ 61
сперматогенез 227
сперматозоиды 224, 227
специфическая иммунная система 277
спинномозговые нервы 301, 332
спиральный орган 381
средостение 225
статистика 284
статолиты 386
стекловидное тело 366
сустав 83
сухожилие 116
сухожильные рецепторы Гольджи 404
сфинктеры 118
- Таламус 312
тахикардия 251
телархе 237, 240
телосложение
 брахиморфное 79
 долихоморфное 79
 мезоморфное 79
телофаза 43
тельца Мейсснера 399
тельца Руффини 399
тельца Фатера — Пачини 398
тестостерон 295
тетрайодтиронин 290
тимус 270, 275
тиреокальцитонин 290
тироксин 290
Т-киллеры 273
тоны сердца 252
торможение
 безусловное (внешнее) 350
 дифференцировочное 351
 запоздывающее 352
 запредельное (охранительное) 350
 угасательное 351
 условное (внутреннее) 351

- трабекулы 54
- трийодтиронин 290
- триместр 75
- трипсин 172, 176
- трипсиноген 172
- тромбин 66
- тромбопения 65
- тромбопластина 65
- тромбоцитоз 65
- тромбоциты 65
- T-супрессоры 273
- турецкое седло 107
- Углеводы 46
- уздечка языка 159
- условные рефлексы 345
- условное торможение 351
- утомление 134
- Фагоцитоз 279
- фасция 120
- ферменты 164, 282
- феромоны 282
- фетальная фаза 75
- фибриноген 56, 177
- фибринолиз 66
- фибринолизин 66
- фибробласты 50
- физиологические растворы 57
- физическая терморегуляция 209
- филогенез 10
- фолликулотропин 289
- фолликулы 228
- форменные элементы крови 55
- фоторецепторы 369
- фронтальная плоскость 30
- Хвостатое ядро 322
- хеморецепция 395
- химическая терморегуляция 209
- химозин 168
- химотрипсин 176
- химус 169
- хоаны 142
- хондроциты 52
- хроматин 40
- хрусталик 366
- хрящи
 - волокнистые 53
 - гиалиновые 52
 - эластические 53
- Цветовая слепота 376
- центриоли 35
- центросфера 35
- цинноа связка 368
- цитокинез 43
- цитокины 274
- цитоплазма 34
- цитоскелет 34
- Червеобразный отросток 179
- череп
 - висцеральный 103
 - лицевой 103
 - мозговой 103
- черепные нервы 329
- черная субстанция 311
- четверохолмие 312
- чечевицеобразное ядро 322
- чревное сплетение 341
- Шаровидное ядро 310
- Экстерорецепторы 361
- электрокардиография 253
- электроэнцефалограмма 324
- эмбриональная фаза 75
- эндокард 251
- эндокринология 285
- эндо лимфа 381
- эндометрий 231
- эндоплазматическая сеть 36
- эндоплазматический ретикулум 36
- эндорфины 282
- энтерокиназа 172
- эозинофилы 64
- эпикард 249
- эпистрофей 89
- эпиталамус 314
- эпителиальная ткань 47
- эпифиз 82
- эритропения 58
- эритропоэтин 213
- эритроцитоз 58
- эритроциты 58
- эстрогены 293
- Ядро 39
- ядро шатра 310
- ядрышки 40
- яичник 228
- яйцеклетка 233
- ярменная вырезка 92