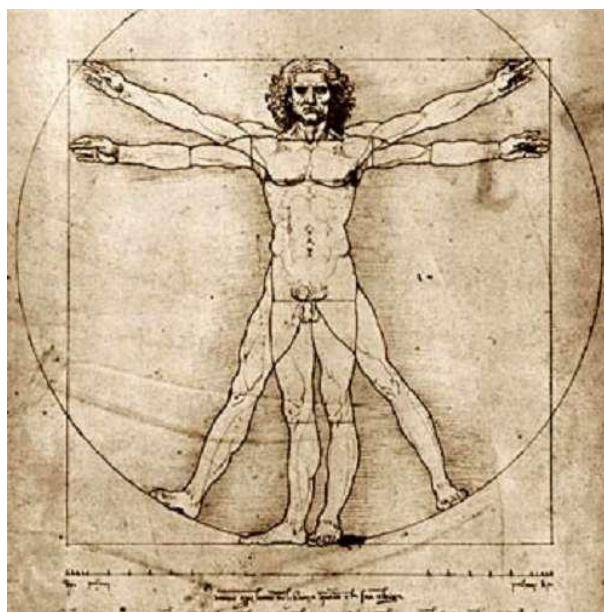


федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Приволжский исследовательский медицинский университет»
Министерства здравоохранения Российской Федерации

ВОЗРАСТНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ

*Основные понятия возрастной физиологии и периодизации,
закономерности развития опорно-двигательной и висцеральных
систем детского организма*

Учебное пособие



Часть 1

Нижний Новгород
2020

УДК 612(075)
ББК 28.707.3я73
К17

Калюжный Е.А.

Возрастная физиология: Учебное пособие. В 2-х частях: / Е.А. Калюжный. Ч.1. Основные понятия возрастной физиологии и периодизации, закономерности развития опорно-двигательной и висцеральных систем детского организма. - Н.Новгород: Изд-во ПИМУ Минздрава России, 2020. – 174 с.: ил.

ISBN..... (Ч.1)

ISBN.....

Рецензенты:

д.б.н., доцент, заведующий кафедрой физиологии и анатомии ИББМ ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» А.В. Дерюгина;

д.м.н., профессор, заведующий кафедрой патологической физиологии ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет»

Министерства здравоохранения Российской Федерации Т.Е. Потемина.

Рекомендовано к изданию ЦМС ПИМУ

В учебном пособии рассмотрены основные разделы дисциплины «Возрастная физиология». Основное внимание уделено строению и функционированию организма в различные возрастные периоды онтогенеза. Изложены основные понятия возрастной физиологии и периодизации, отражены вопросы строения и функции сердечно-сосудистой, респираторной, опорно-двигательной, пищеварительной систем, а также особенности эндокринной и выделительной систем. Рассмотрены закономерности обмена веществ и гигиены питания в разные возрастные периоды. Учебный материал направлен на формирование у учащихся естественно-научного мышления, изложен доступным для школьников языком, иллюстрирован рисунками, таблицами, что облегчает усвоение учебного материала.

Учебное пособие предназначено для учащихся и преподавателей центров дополнительного образования «Дом научной коллаборации», участникам научного общества учащихся и всем интересующимся вопросами строения и функционирования организма человека на разных возрастных этапах.

© Калюжный Е.А., 2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

ОГЛАВЛЕНИЕ	3
Тема 1. ПОНЯТИЕ О ВОЗРАСТНОЙ НОРМАЛЬНОЙ ФИЗИОЛОГИИ. ВОЗРАСТНАЯ ПЕРИОДИЗАЦИЯ	4
1.1. Возрастная нормальная физиология в системе образования	4
1.2. Взаимосвязь возрастной физиологии с другими науками	7
1.3. Теоретические и прикладные задачи возрастной физиологии	8
1.4. Возрастная периодизация развития	10
Тема 2. ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА КАК ЦЕЛОСТНАЯ СИСТЕМА	21
2.1. Клеточный уровень организации жизни	21
2.2. Органно-тканевый уровень организации жизни	30
2.3. Организм как саморегулирующаяся система. Гомеостаз	40
2.4. Терморегуляция	43
Тема 3. ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНЫЙ АППАРАТ	47
3.1. Костно-суставная система	48
3.2. Осанка и профилактика ее нарушений	56
3.3. Мышечная система	59
Тема 4. КРОВЬ и СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТАЯ СИСТЕМА	66
4.1. Состав и функции крови	66
4.2. Строение и функции сердечно-сосудистой системы	72
4.3. Сосудистая система	75
4.4. Строение и функции лимфатической системы	82
Тема 5. СТРОЕНИЕ, ФУНКЦИИ и ГИГИЕНА ОРГАНОВ ДЫХАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ	84
5.1. Дыхание, его значение для организма	84
5.2. Органы дыхания, их строение и функция	86
5.3. Развитие органов дыхания и их функции в онтогенезе	93
5.4. Физиологическая оценка дыхательной системы	98
Тема 6. СТРОЕНИЕ, ФУНКЦИИ и ГИГИЕНА ОРГАНОВ ПИЩЕВАРЕНИЯ	103
6.1. Значение пищеварения	103
6.2. Строение и функции отделов пищеварительного тракта	108
6.3. Рацион и режим питания	116
6.4. Влияние девиаций поведения на органы пищеварения	120
Тема 7. ОБМЕН ВЕЩЕСТВ и ПИТАНИЕ	121
7.1. Характеристика и виды обменных процессов в организме	121
7.2. Принципы рационального питания	123
7.3. Потребность в пищевых веществах и возрастные периоды	124
7.4. Особенности питания в различные возрастные периоды	143
Тема 8. АНАТОМО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЭНДОКРИННОЙ СИСТЕМЫ	148
8.1. Гормональная регуляция функций организма	148
8.2. Строение, функции желез внутренней секреции	153
Тема 9. ВЫДЕЛИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА	162
9.1. Органы выделения	162
9.2. Строение и функция мочевыделительной системы	164
9.3. Профилактика заболеваний мочевыделительной системы	171
ЛИТЕРАТУРА	172

Тема 1. ПОНЯТИЕ О ВОЗРАСТНОЙ НОРМАЛЬНОЙ ФИЗИОЛОГИИ. ВОЗРАСТНАЯ ПЕРИОДИЗАЦИЯ

1.1. Возрастная анатомия, физиология в системе образования

Федеральный государственный образовательный стандарт общего образования среди других важных задач подготовки будущих студентов выделяет создание условий для полноценного обучения и воспитания детей и подростков, комфортной и безопасной среды в образовательном учреждении, использования здоровьесберегающих технологий.

Для выполнения этих задач необходимы знания: о законах функционирования высшей нервной деятельности человека, особенностях строения и жизнедеятельности организма в разные периоды развития, о правилах здорового образа жизни, умение учитывать в процессе воспитания и образования возрастные и индивидуальные особенности ребенка и подростка, умение учитывать при организации учебно-воспитательного процесса гигиенические нормы организации труда и отдыха школьников.

На формирование этих знаний и умений ориентировано содержание дисциплины естественно-научного цикла базовой части ФГОС ООО.

Возрастная анатомия и физиология – науки, изучающие организм человека в процессе онтогенеза, при этом морфологические (структурные) аспекты изучения являются предметом изучения анатомии, а аспекты жизнедеятельности развивающегося организма составляют предмет изучения возрастной физиологии.

Анатомия человека – наука о формах и строении, происхождении и развитии человеческого организма, его систем и органов, включая их микроскопическое и ультрамикроскопическое строение. Возрастная анатомия рассматривает строение тела человека, его органов в различные периоды жизни, начиная с внутриутробного периода и до старческого возраста, исследует особенности организма в условиях влияния внешней среды.

Нормальная физиология человека изучает функции живого организма, его органов и систем, клеток и межклеточные взаимодействия, процессы их жизнедеятельности, функциональные взаимосвязи в теле человека в различные его возрастные периоды и в условиях изменяющейся внешней среды.

Следует отметить, что функции организма человека невозможно понять без знания его анатомии и, соответственно, нельзя представить себе закономерности строения человека без изучения функций. Однако сохранение и укрепление здоровья, несмотря на их большое значение, недостаточны для детей и подростков. Для них самое главное – благоприятное развитие. Поэтому любой фактор среды обучения и воспитания оценивается по

его влиянию на развитие ребенка с точки зрения гигиены детей и подростков.

Гигиена детей и подростков – это раздел профилактической медицины, изучающий условия среды обитания и деятельности детей, а также влияние этих условий на здоровье и функциональное состояние растущего организма и разрабатывающая научные основы и практические меры, направленные на сохранение и укрепление здоровья, поддержку оптимального уровня функций и благоприятного развития организма детей и подростков.

Задача гигиены детей и подростков, как и гигиены вообще, в конечном счете сводится к нормированию внешней среды, т.е. к установлению норм и их последующему осуществлению.

Критериями гигиенической оценки факторов среды служат характер ответных реакций организма на воздействие этих факторов, степень соответствия или несоответствия этих реакций их нормальному течению. Исследования в области возрастной анатомии и физиологии «вооружают» гигиену детей и подростков способом определения этого соответствия, т.е. определения ее «нормальности», понимая под нормой как оптимальную реакцию, так и допустимые отклонения от нее, в пределах которых физиологическая реакция сохраняет нормальный характер.

Основная особенность детей и подростков заключается в том, что, в отличие от взрослых, их организм не достиг еще полной зрелости, а находится в процессе роста и развития, и поэтому в большей степени подвержен влиянию как благоприятных, так и неблагоприятных воздействий.

Внешние воздействия сказываются не только на функциональном состоянии в настоящий момент, но и влияют на его развитие и дальнейшее существование. Здоровье взрослого населения в значительной степени определяется здоровьем детей, так как многие формы патологии формируются в детстве.

Изучение в совокупности перечисленных наук позволяет получить знания о строении организма, его органах и системах; об особенностях их функционирования и регуляции на каждом возрастном этапе; о механизмах адаптации к внешней среде; о влиянии внешних воздействий на формирование и развитие; о нормах гигиенических требований организации учебно-воспитательного процесса, т.е. о тех физиологических и гигиенических условиях, которые лежат в основе физического и психического развития и обучения.

Очевидно, что без знания закономерностей развития детского организма, возрастных особенностей строения и регуляции его систем, их функционирования и адаптационных возможностей невозможно сохранить и реализовать заложенные в каждом ребенке возможности, обеспечить ему «счастливый билет в будущее».

Изучение дисциплины «Возрастная нормальная физиология» ориентировано на формирование следующих наиболее актуальных компетенций:

- готовность использовать методы естественного образования и самовоспитания для повышения адаптационных резервов организма и укрепления здоровья (общекультурная компетенция);
- владение научными знаниями о строении и функциях организма в процессе его развития (общепрофессиональная компетенция);
- готовность к обеспечению охраны жизни и здоровья обучающихся в учебно-воспитательном процессе и внеурочной деятельности (профессиональная компетенция);
- способность выявлять отклонения от функционального состояния и нормальной жизнедеятельности обучающихся (специальная компетенция).

В результате изучения дисциплины учащийся должен:

Знать: - общие закономерности и возрастные особенности функционирования основных систем организма ребенка;

- возрастную периодизацию и закономерности роста и развития детского организма;
- влияние наследственности и среды на развитие ребенка;
- критерии определения биологического возраста;
- критические и сенситивные периоды развития ребенка;
- строение, функциональное значение, возрастные особенности сенсорных, моторных и висцеральных систем;
- психофизиологические аспекты поведения ребенка, становление коммуникативного поведения и речи;
- критерии готовности к обучению в школе.

Уметь: - использовать полученные теоретические и практические навыки для организации научно-методической, социально-педагогической и преподавательской деятельности;

- строить образовательный процесс с использованием современных здоровьесберегающих технологий.

Владеть: - методиками и навыками комплексной диагностики уровня функционального развития ребенка и его готовности к обучению;

- методикой антропометрических исследований по оценке физического развития и типа телосложения;
- методами определения основных внешних показателей деятельности физиологических систем (сердечно-сосудистой, дыхательной, зрительной и др.) и их возрастные особенности;
- методами комплексной диагностики уровня функционального развития учащегося и готовности к обучению (школьной зрелости);
- навыками определения показателей высших психических функций и индивидуально-типологических свойств личности (объема памяти, внимания, работоспособности, типа ВНД и темперамента и других типологических свойств).

1.2. Взаимосвязь возрастной физиологии с другими науками

Раздел физиологической науки, изучающий биологические закономерности и механизмы роста и развития детей и подростков, называется **возрастной физиологией**. Развитие многоклеточного организма (а организм человека состоит из нескольких миллиардов клеток) начинается в момент оплодотворения. Весь жизненный цикл организма – от зачатия до смерти – называется **индивидуальное развитие**, или **онтогенез**.

Закономерности и особенности жизнедеятельности организма на ранних этапах онтогенеза традиционно являются **предметом** исследования возрастной физиологии или физиологии развития ребенка, которая концентрирует свой интерес на тех этапах, которые представляют наибольший интерес для воспитателя, педагога, школьного психолога: от рождения до морфофункционального и психосоциального созревания. Более ранние этапы, относящиеся к внутриутробному развитию, исследует наука **эмбриология**. Более поздние этапы, от достижения зрелости до старости, изучают **нормальная физиология** и **геронтология**.

Человек в своем развитии подчиняется всем основным законам, установленным Природой для любого развивающегося многоклеточного организма, и поэтому физиология развития представляет собой один из разделов гораздо более широкой области знания – **биологии развития**. В то же время в динамике роста, развития и созревания человека имеется немало специфических, особенных черт, присущих только виду *Homo sapiens* (Человек разумный). В этой плоскости физиология развития теснейшим образом переплетается с наукой **антропологией**, в задачи которой входит всестороннее изучение человека.

Человек всегда живет в конкретных условиях окружающей среды, с которой он взаимодействует. Непрерывное взаимодействие и приспособление к среде обитания, т.е. адаптация – общий закон существования живого. Человек научился не только приспосабливаться к среде, но и изменять окружающий его мир в необходимом направлении. Однако это не избавило его от воздействия факторов окружающей среды, причем на разных этапах возрастного развития, а именно: набор, сила действия и результат воздействия этих факторов могут быть различны. Это определяет связь физиологии с **экологической физиологией**, которая изучает воздействие на живой организм разнообразных факторов внешней среды и способы приспособления организма к действию этих факторов.

И, наконец, физиология развития представляет собой естественно-научную основу **педагогики**. При этом физиология развития неразрывно связана с психологией развития, поскольку для каждого человека его биологическое и личностное составляют единое целое. Недаром любое биологическое повреждение (болезнь, травма, генетические нарушения и т.п.) неминуемо сказывается на развитии личности. Педагог должен одинаково хорошо ориентироваться в проблемах возрастной психологии и физиологии разви-

тия: только в этом случае его деятельность принесет реальную пользу его ученикам.

1.3. Теоретические и прикладные задачи возрастной физиологии

Любая наука может развиваться только в том случае, если она ищет ответы на важные вопросы, от решения которых зависит наше понимание мира и способы нашего воздействия на него. Первая категория представляет собой теоретические, а вторая – прикладные задачи науки.

Главной *теоретической задачей физиологии развития* является выяснение основных закономерностей возрастного развития. За сто с лишним лет, в течение которых формируется эта наука, были открыты многие законы, по которым растет и развивается организм от зачатия до биологического созревания. Под биологическим созреванием человека следует понимать достижение такого уровня морфологического, физиологического, личностного и социального развития, когда индивид способен произвести здоровое жизнеспособное потомство и обеспечить его нормальное развитие. Следует специально подчеркнуть, что в понятие биологического созревания наряду с чисто биологическими (морфологическими и физиологическими) критериями включены психологические и социальные критерии развития.

Знание основных закономерностей возрастного развития позволяет подойти к решению двух *практических задач педагогики и педиатрии*.

Первая из них – оценка так называемой «возрастной нормы». Действительно, и для врача, и для педагога очень важно понимать, нормально ли развит ребенок, с которым ему предстоит работать. Любое существенное отклонение в темпах развития означает, что к такому ребенку необходимо применять специальные, нестандартные приемы воспитания или лечения. Поэтому установление параметров возрастной нормы – одна из важнейших прикладных задач физиологии развития, решаемых уже многие десятилетия. По ходу решения этой задачи были выявлены многие феномены, в частности, то обстоятельство, что темпы роста и развития детей зависят от большого количества известных и неизвестных факторов.

Так было убедительно доказано, что тяжелые социально-экономические ситуации (войны, революции, стихийные бедствия) крайне негативно сказываются на динамике возрастного развития детского населения. Напротив, благоприятное социально-экономическое положение общества способствует нормализации процессов роста и развития. Однако существуют и не вполне ясные науке обстоятельства, влияющие на темпы биологического развития. Так, явление акселерации роста и развития, которое наблюдалось почти 100 лет в странах Европы и Нового Света, прекратилось так же неожиданно, как и началось, причем его причины так и остались до конца не разгаданными.

Другой ряд фактов позволил установить, что темп развития и конечный уровень развития многих свойств вовсе не всегда коррелируют между собой. Нередко замедленное развитие приводит к тому, что человек, хотя и позже

сверстников, достигает необычайно высокого уровня развития той или иной своей способности. И напротив, ускоренное развитие порой заканчивается слишком рано, и человек, подававший большие надежды в ранние годы, так и не достигает больших высот в зрелом возрасте. Об этом, в частности, свидетельствуют биографии многих «вундеркиндов». Между тем выраженные отклонения в темпах роста и развития наблюдаются гораздо реже, чем небольшие отклонения, проявляющиеся в умеренном отставании или опережении. Как к ним относиться? Ответ на этот вопрос призвана дать физиология развития, которая как раз и должна вырабатывать критерии, по которым практические работники смогут судить о том, насколько существенны выявленные отклонения от нормы, и нужно ли что-либо предпринимать для устранения или смягчения их последствий.

Другой вопрос, имеющий важное значение для практики, – определение временных границ возрастных периодов, или возрастная периодизация онтогенеза. Одни ученые считают, что развитие ребенка протекает непрерывно, и поэтому говорить о каких-либо его этапах, или периодах, бессмысленно. Так полагает, в частности, британская школа антропологов, среди которых немало выдающихся ученых, чьи труды лежат в основе физиологии развития, – Таннер, Харрисон и другие. Напротив, российская научная школа, ведущая свою историю от Н.П.Гундобина, В.В.Бунака, П.К.Анохина и А.А.Маркосяна, считает вопрос о периодах онтогенеза одним из узловых и посвящает этой проблеме большое число исследований, научных конференций, дискуссий, публикаций. Представления о гетерохронности развития и неравномерности онтогенетического процесса, о чем речь более конкретно пойдет ниже, лежат в основе различных моделей периодизации онтогенеза, каждая из которых имеет свои достоинства и недостатки. Между тем для решения практических задач выбор одной из указанных моделей крайне актуален, поскольку от этого зависит, например, ответ на вопрос, в каком возрасте можно начинать систематическое обучение в школе.

К проблеме возрастной периодизации непосредственно примыкает задача выявления сенситивных и критических периодов развития. Уже достаточно хорошо известно, что некоторые свойства организма особенно зависимы от внешних воздействий на определенных этапах своего формирования. Ясно, сколь большое значение эта информация может иметь для педагогов. Поэтому выявление такого рода сенситивных, т.е. наиболее чувствительных к внешнему воздействию, периодов – весьма важная задача физиологии развития.

В последние годы появились новые импульсы для развития конституционального направления антропологических, физиологических, биохимических и психологических исследований возрастного развития.

В определенной мере это связано с высоким уровнем развития современного спорта: высшее спортивное мастерство требует стопроцентного использования задатков спортсмена, а подготовка каждого чемпиона стоит колоссальных средств, поэтому спортивные менеджеры и тренеры хотят уже на самых ранних этапах знать, насколько перспективен тот или иной начинаю-

щий спортсмен. Учитывая, что спортом теперь дети начинают заниматься в возрасте 4-6 лет, можно представить себе, сколь велика роль физиологии развития в правильной организации спортивной подготовки будущих чемпионов, да и просто здоровых граждан. Именно поэтому многие исследователи заняты изучением индивидуально-типологических особенностей роста и развития. Эти же аспекты в последнее время привлекают все большее внимание школьных педагогов, что связано с расширением специализации школьного образования.

Выявление одаренных детей, их гармоничное развитие и воспитание – перспективное направление психолого-педагогических исследований и педагогической практики, базирующееся на достаточно строгих физиологических закономерностях.

1.4. Возрастная периодизация развития

Развитие представляет собой непрерывный процесс, однако каждый ребенок проходит через определенные, общие для всех фазы – **возрастные периоды**. Каждому периоду свойственны анатомо-физиологические особенности, исходя из которых следует решать вопросы организации воспитания, развития и обучения детей и подростков.

Существует различный подход к выделению периодов онтогенеза. Большинство схем в общих чертах похоже, часто в них используются одинаковые названия периодов, возрастные пределы которых также нередко совпадают.

Отличия же связаны с тем, какому аспекту развития человека уделяется большее внимание и насколько удачно удастся отразить в схеме комплексность подхода к развитию человека.

Наиболее широкое признание в отечественной антропологии нашла схема возрастной периодизации, представленная в табл. 1. (цит. по: «Морфология человека» под ред. В.П.Чтецова, Б.А.Никитюка. – М., 1990).

Таблица 1

Возрастная периодизация, принятая на VII Всесоюзной конференции по проблемам возрастной морфологии, физиологии и биохимии (1965 г.)[5]

Период	Возраст
1.Внутриутробный эмбриональный плодный	0-8 нед 9 нед - 9 мес
2. Новорожденный	1-10 дней
3. Грудной возраст	10 дней - 1 год
4. Раннее детство	1-3 года
5. Первое детство	4-7 лет
6. Второе детство	8-12 лет (мальчики) 8-11 лет (девочки)

7. Подростковый возраст	13-16 лет (мальчики) 12-15 лет (девочки)
8. Юношеский возраст	17-21 год (юноши) 16-20 лет (девушки)
9. Зрелый возраст 1-й период 2-й период	22-35 (мужчины) 21-35 (женщины) 36-60 (мужчины) 36-55 (женщины)
10. Пожилой возраст	61-74 года (мужчины) 56-74 года (женщины)
11. Старческий возраст	75-90 лет (мужчины и женщины)
12. Долгожители	90 лет и старше

В отечественной педиатрии и гигиене широкое применение нашла несколько видоизмененная схема, предложенная в 1906 г. Н.П.Гундобиным. В ее основу положены некоторые биологические особенности растущего организма. Согласно этой схеме выделяют шесть периодов детства:

I. Период внутриутробного развития («утробное детство»):

1. Фаза эмбрионального развития.
2. Фаза плацентарного развития (плода).

II. Период новорожденности (до отпадения пуповины).

III. Период вскармливания грудью (грудной или младший ясельный возраст).

IV. Период молочных зубов:

1. Преддошкольный возраст.
2. Дошкольный возраст.

V. Период отрочества (младший школьный возраст).

VI. Период полового созревания (старший школьный возраст).

Для организации ухода за детьми и их воспитания используется такое выделение периодов, которое на основании возрастных особенностей развития позволяет подразделить потребности детей. Поэтому в *практической организации образования и здравоохранения* наибольшее распространение получило следующее деление:

- период новорожденности (в разных вариантах периодизации с рождения до 10, 14 или 28 дней);
- грудной или младенческий возраст (до года);
- преддошкольный или ясельный возраст (от 1 до 3 лет);
- дошкольный возраст (от 3 до 7 лет);
- младший, средний и старший школьный возраст (соответственно 7-10, 11-14, 15-18 лет).

Очевидно, что такое деление не противоречит принятой в антропологической морфологии, возрастной физиологии и педиатрии схеме. Соответственно ему происходит комплектация групп в детских дошкольных учреждениях, которые организуются в нашей стране для детей в возрасте от раннего

дошкольного до семи лет, и подразделение школьного обучения на начальную, среднюю и старшую школу.

Характеристика отдельных периодов развития

Период внутриутробного развития в среднем продолжается 280 дней, что соответствует 10 лунным месяцам, за которые происходит формирование нового организма.

Объединение ядра сперматозоида с ядром яйцеклетки приводит к образованию в одноклеточном организме (зиготе) характерного для человека диплоидного набора хромосом (46). Пол будущего ребенка определяется комбинацией хромосом в зиготе и зависит от половых хромосом отца. Если яйцеклетка оплодотворена сперматозоидом с половой хромосомой X, то в образующемся диплоидном наборе хромосом появляется две X-хромосомы, присущие женскому организму. При оплодотворении сперматозоидом с половой хромосомой Y в зиготе образуется комбинация половых хромосом XY, характерная для мужского организма.

В течение первых 8 недель (*эмбриональная фаза развития*) происходит закладка органов и систем ребенка. Она происходит в три этапа:

- 1) дробление яйцеклетки;
- 2) гастрюляция;
- 3) нейруляция или органогенез.

Дробление яйцеклетки начинается вслед за процессом оплодотворения, и с этого момента развивающийся организм называют *эмбрионом*. Зигота делится сначала на две клетки, затем каждая из них делится также на две и т.д. При этом увеличивается лишь число клеток, но их размеры уменьшаются. Именно поэтому этот процесс и называется дроблением. В результате образуется шаровидная масса клеток, затем внутри ее образуется полость и к 5-7-му дню развития эмбрион превращается в полый шар (бластулу). На 8-10-й день эмбрион внедряется в стенку матки. К этому моменту однослойные стенки полого шара путем впячивания образуют двуслойную мешкообразную структуру, которую называют гастролой (от греч. гастер – желудок), а этот период развития – *гастрюляцией*. Между внутренней оболочкой гастрюлы, энтодермой и ее внешней оболочкой эктодермой, образуется третий промежуточный слой клеток – *мезодерма*. Эти три *зародышевые листка* дают в последующем развитию начало всем органам нашего организма. Появление между клетками эмбриона структурных и функциональных различий называют дифференцировкой, а этап с 4-й по 7-ю неделю, когда идет закладка и формирование органов, – *нейруляцией*, или *органогенезом*. Из эктодермы образуются отдельные структуры кожи, нервная система и органы чувств; энтодерма дает начало части слизистой оболочки кишечника, легким, печени, поджелудочной железе; из мезодермы формируются опорно-двигательный аппарат, кровеносная система, некоторые ткани и клетки других систем. Та-

ким образом, организм человека в общих чертах оформляется уже к концу 8-й недели внутриутробного развития.

В этот период особенно опасно действие различных вредоносных физических факторов (механических, термических, ионизирующей радиации), химических (недостаток витаминов, микроэлементов, гормональные нарушения, кислородная недостаточность, различные яды), биологических (вирусы, бактерии, простейшие). Их воздействие на формирующийся плод через организм матери может привести к развитию тяжелых пороков, в некоторых случаях – к гибели и отторжению эмбриона.

Процесс дифференцировки клеток эмбриона идет параллельно с его внедрением в слизистую матки. Из части клеток эмбриона образуется *зародыш*, а другая часть идет на образование структур, участвующих в питании зародыша и в его механической защите. Первое время после имплантации зародыша в слизистую оболочку матки его питание осуществляется за счет ферментативного расщепления окружающих его клеток слизистой, а затем образуется специальный орган питания – плацента. *Фаза плацентарного развития* начинается с третьего лунного месяца. В этой фазе хотя и устанавливается обособленное от матери кровообращение, питание плода происходит за счет поступления необходимых веществ из материнского организма. С момента образования плаценты (8-12-я неделя беременности) зародыш называют *плодом*. Связь плода с плацентой осуществляется с помощью толстой трубки, заполненной кровеносными сосудами, – пуповины. Все необходимые для жизни и развития вещества плод теперь получает из крови матери через плаценту и пуповину. По-прежнему быстро увеличиваются длина и масса плода: если в возрасте пяти месяцев он достигает 300 г, то к концу восьмого лунного месяца – 1700 г. Особенно большое нарастание массы (в основном за счет подкожной жировой клетчатки) происходит в 9-й и 10-й лунные месяцы, в течение которых масса плода увеличивается до 3200-3500 г, а размеры до 50-52 см.

С окончанием перинатального развития наступают роды, которые продолжаются в среднем 12-14 ч. На первом этапе родов, благодаря сильнейшим сокращениям мышц матки, плод продвигается вниз к шейке матки, затем после расширения шейки матки плод проходит через нее и выталкивается через влагалище наружу. Так происходит появление на свет новорожденного, который через пуповину еще связан с организмом матери. После перевязки и перерезывания пуповины ребенок отделяется от матери и делает первый вдох. Заканчиваются роды через 10-15 мин после рождения ребенка с выходом из матки последа, состоящего из плаценты и плодных оболочек.

Развитие плода в большой степени зависит от состояния плаценты. Через нормально функционирующую плаценту плод получает от матери кислород и все необходимые вещества. При различных повреждениях плацента становится проницаемой для микробов, вирусов и химических веществ, которые могут привести к заболеванию плода, нарушить его развитие, вызвать преждевременные роды. Повреждение нервной системы плода может быть вызвано заболеваниями матери, а также хроническим отравлением под воз-

действием профессиональных или экологически вредных факторов, алкоголизма или наркомании, иммунологической несовместимости матери и плода (например, конфликтом по резус-фактору). Нарушение кровообращения в плаценте может привести к хроническому кислородному голоданию плода, задержке его развития. Для благополучного развития плода очень важно обеспечить беременной женщине хорошие гигиенические условия и полноценное медицинское наблюдение.

Период новорожденности (неонатальный) начинается с момента рождения и продолжается около 10 дней. Особенности его течения во многом зависят от степени развития новорожденного. Достаточная зрелость плода и его способность адаптироваться к новым условиям жизни в значительной мере обусловлены течением беременности.

В период новорожденности происходит перестройка организма ребенка в новой для него внешней среде. С первым вдохом начинают функционировать органы дыхания, изменяется русло кровообращения («включается» малый круг кровообращения). Начинает работать желудочно-кишечный тракт, ребенок приспосабливается к новым условиям питания. Поскольку в его центральной нервной системе преобладают процессы торможения, он почти непрерывно спит. Для всех основных систем новорожденного характерно состояние «неустойчивого равновесия», поэтому даже небольшие изменения окружающих ребенка условий могут привести к серьезным сдвигам в состоянии здоровья.

Для зрелого доношенного ребенка характерны следующие средние показатели физического развития: масса тела – 3300 г для девочек и 3500 г – для мальчиков, длина – 50-52 см, окружность головки – 35 см, груди – 34 см. Такой ребенок громко кричит, у него отмечаются активные движения, ярко выраженный мышечный тонус, особенно в мышцах-сгибателях, определяются физиологические рефлексy.

Важным показателем морфофункциональной зрелости и состояния новорожденного является его адаптация к внеутробным условиям существования. Она оценивается по десятибалльной шкале, получившей название *шкалы Апгар*, в течение первой минуты после рождения и повторно через пять минут. Оценке подлежат пять основных признаков: цвет кожных покровов, наличие и характер дыхания, частота пульса, выраженность мышечного тонуса, рефлекс чихания на раздражение катетером носовых ходов. В зависимости от выраженности каждой функции ставят оценку в баллах (0, 1 или 2), полученные баллы суммируются. Оценка 7 баллов и выше по шкале Апгар указывает на хороший прогноз как в отношении жизнеспособности новорожденного, так и его нервно-психического развития. Низкие оценки, особенно ниже 5 баллов, относят к факторам риска в отношении смертности и развития неврологических нарушений.

В период новорожденности могут проявиться слабые стороны организма ребенка (незрелость органов и систем, обусловленная неблагоприятным внутриутробным развитием: трудности приспособления к внеутробному кро-

вообращению, дыханию, самостоятельному пищеварению; нарушения теплообмена, часто выраженные у недоношенных или переносенных детей), несовместимость матери и плода по резус-фактору, дефекты развития, некоторые наследственные заболевания.

Период младенчества, или грудной период, продолжается до 1 года. В этот период очень важную роль играет своевременное становление двигательных навыков. Движения, развивающиеся в результате созревания мозга, в свою очередь, оказывают влияние на физиологические процессы, происходящие в нервной системе, и способствуют ее созреванию к развитию.

Грудные дети, особенно в первые месяцы жизни, не могут длительно бодрствовать. Активное состояние нервной системы быстро сменяется торможением, которое вызывает сон.

На первом году жизни у ребенка начинает формироваться речь — она становится важным показателем его нервно-психического развития. Недифференцированные звуки — гуление — постепенно сменяются лепетом — отдельными слогами. К концу года здоровый ребенок довольно хорошо понимает речь взрослых, сам произносит 5-10 простых слов.

У грудных детей идет энергичный рост и окостенение скелета, образуются шейный и поясничный изгибы позвоночника. Ребенок к 2 месяцам удерживает голову в вертикальном положении, к 3 — поднимает ее и верхнюю часть туловища, лежа на животе и опираясь на предплечья, к 6-7 месяцам самостоятельно садится и устойчиво сидит. К концу первого года, при благополучном развитии, ребенок хорошо стоит на ножках, самостоятельно ходит, однако движения его еще недостаточно координированы. Как правило, около 6 месяцев появляются первые молочные зубы (к концу года их количество увеличивается до 8).

Значительная интенсивность обменных процессов в сочетании с выраженной функциональной незрелостью и неустойчивостью регуляции различных органов и систем, и прежде всего органов пищеварения, аппарата дыхания и нервной системы, обуславливает уязвимость детского организма на протяжении этого периода развития.

Оптимальное развитие грудного ребенка, хорошая сопротивляемость организма инфекциям и другим неблагоприятным воздействиям окружающей среды возможны только при правильном уходе за ребенком, полноценном питании, создании благоприятных условий для развития. Быстрый рост и увеличение массы тела в грудном возрасте требуют относительно большего, по сравнению с детьми старшего возраста и взрослыми, поступления питательных веществ и кислорода. Однако ограниченные возможности пищеварения в этом возрасте вызывают необходимость особого рациона и режима вскармливания.

Период молочных зубов разделяют на период раннего детства или дошкольный, или старший ясельный возраст, — с года до трех лет и дошкольный возраст, или период первого детства, — с трех до семи лет.

В период раннего детства, по сравнению с грудным, скорость увеличения размеров организма замедляется. Прибавка роста составляет 8-10 см в год, веса — 4-6 кг в год. Продолжается прорезывание молочных зубов — к двум с половиной годам их должно быть 20. Интенсивно формируется костно-мышечная система, быстро развиваются нервная система и органы чувств. Заметно улучшается координация движений, дети начинают самостоятельно ходить, бегать, лазать. Быстро созревает нервная система, ребенок овладевает речью (запас слов увеличивается до 200-300, появляется фразовая речь). Развитие физических движений и речи позволяет ребенку более активно взаимодействовать с окружающим миром, что, в свою очередь, стимулирует его дальнейшее развитие. Условно-рефлекторные связи, выработанные в первые годы жизни, закрепляются особенно прочно и сохраняют свое значение в течение всей последующей жизни человека. В период раннего детства возрастает необходимость в продуманной и планомерной воспитательной работе с детьми.

Организм ребенка раннего возраста по-прежнему отличается высокой уязвимостью, его ткани еще очень нежны и легко ранимы. Функциональные возможности систем пищеварения и дыхания у детей до трех лет совершенствуются, но в ограниченных пределах, поэтому необходимы определенные ограничения в питании и предупреждение влияния неблагоприятных климатических факторов. Сохраняется высокая подверженность заболеваниям, однако в связи с повышением адаптивных возможностей организма протекают они в основном легче, чем у детей первого года жизни.

В дошкольном возрасте (периоде первого детства) энергия роста значительно ослабевает (ежегодная прибавка роста 5-8 см, веса — около 2 кг). Продолжается развитие скелета, увеличивается объем активных движений в крупных суставах. Мышечная система заметно укрепляется, нарастает масса более крупных мышц. Благодаря дальнейшему развитию мышечной ткани и нервной регуляции значительно улучшается координация крупных и мелких движений: дети овладевают умениями быстро бегать, прыгать, свободно ходить по ступеням, выполнять разнообразные инструкции, рисовать, лепить, вырезать из бумаги, играть на простых музыкальных инструментах. Они становятся особенно подвижными, много бегают, стараются вникать в занятия окружающих их взрослых и детей более старшего возраста. Однако увеличивающиеся физические нагрузки, при относительной слабости скелета, могут привести к нарушениям осанки. Отсутствие должных навыков поведения при повышенной подвижности у дошкольников часто приводит к травмам. Организация профилактики травматизма и нарушений осанки у детей этого возраста важна как в детских садах, так и в домашних условиях.

В дошкольном возрасте заметно повышаются устойчивость нервной системы к нагрузке и способность к концентрации внимания. В сочетании с высокой пластичностью нервной системы это значительно облегчает целенаправленное обучение ребенка. Совершенствуется речь, она начинает играть

ведущую роль в организации поведения ребенка. Дети 3-5 лет еще слабо владеют речевой моторикой, им нередко свойственны недостатки звукопроизношения, которые при правильном обучении с возрастом проходят. Умственному и речевому развитию способствуют общение детей со взрослыми и старшими детьми, совместные игры и занятия, разучивание стихов и песен, прослушивание сказок.

В дошкольном возрасте начинается смена молочных зубов на постоянные. Пища дошкольников мало отличается от пищи взрослых. Устойчивость организма к заболеваниям повышается, протекают они, как правило, легче, чем в раннем возрасте, реже встречаются осложнения.

В старшем дошкольном возрасте (на шестом-седьмом году жизни) наступает период интенсивного роста детского организма — первый ростовой скачок. Как правило, созревание регулирующих систем и сердечно-сосудистой системы отстает от бурного роста костно-мышечной системы. Устойчивость ребенка к нагрузке снижается, этот фактор необходимо учитывать при организации его жизни.

В последние годы широкое распространение получило обучение детей в школе с шестилетнего возраста. Однако при организации гигиенического режима обучения, необходимого им, нельзя забывать, что физиологические потребности шестилетних детей соответствуют дошкольному возрастному периоду.

Младший школьный возраст, или период второго детства, длится у мальчиков с 8 до 12 лет, у девочек — с 8 до 11 лет. Начало этого периода отличается относительной сбалансированностью регуляторных процессов и всех жизнеобеспечивающих функций организма. В конце его отмечается нарастание рассогласованности регуляторных процессов, отражающееся в биоэлектрической активности мозга, в повышенной возбудимости и утомляемости, нередко — в снижении успешности в учебе. Эти изменения означают начало гормональной перестройки организма. Выявляются половые различия в размерах и форме тела, а также начинается усиленный рост тела в длину. Темпы роста у девочек выше, чем у мальчиков, так как половое созревание у девочек начинается в среднем на два года раньше. Усиление секреции половых гормонов обуславливает развитие вторичных половых признаков. Последовательность их появления относительно постоянна. У девочек вначале формируются молочные железы, затем появляются волосы на лобке, потом — в подмышечных впадинах. Матка и влагалище развиваются одновременно с формированием молочных желез. У мальчиков в этот период процесс полового созревания выражен в меньшей степени. Лишь к концу периода у них начинается ускоренный рост яичек, мошонки, а затем полового члена.

Подростковый период называется также *периодом полового созревания*, или *пубертатным периодом*. Он продолжается у мальчиков с 13 до 16 лет, у девочек — с 12 до 15 лет. В это время наблюдается дальнейшее увеличение скорости роста — *пубертатный, или второй ростовой, скачок*, который каса-

ется всех размеров тела. Наибольшие прибавки в длине тела у девочек отмечаются между 11 и 12 годами, по массе тела – между 12 и 13 годами. У мальчиков прибавка в длине наблюдается между 13 и 14 годами, а прибавка в массе тела – между 14 и 15 годами. Особенно велика скорость роста длины тела у мальчиков, в результате чего в 13,5-14 лет они обгоняют девочек по длине тела. В связи с повышением активности гипоталамо-гипофизарной системы формируются вторичные половые признаки. У девочек продолжается развитие молочных желез, наблюдается рост волос на лобке и в подмышечных впадинах. Наиболее четким показателем полового созревания женского организма является первая менструация.

В подростковый период интенсивно происходит половое созревание мальчиков. К 13 годам у них происходит изменение (мутация) голоса и появляются волосы на лобке, а в 14 лет появляются волосы в подмышечных впадинах. В 14-15 лет у мальчиков появляются первые поллюции (непроизвольные извержения спермы). По сравнению с девочками у мальчиков пубертатный скачок роста выражен сильнее, а пубертатный период более продолжителен.

Юношеский возраст продолжается у юношей от 18 до 21 года, а у девушек – от 17 до 20 лет. В этот период в основном заканчиваются процессы роста и формирования организма, все основные размерные признаки тела достигают дефинитивной (окончательной) величины.

К началу юношеского возраста и на первых его этапах продолжают морфологические и функциональные преобразования опорно-двигательного аппарата. Тем не менее, к 18 годам полностью завершается формирование скелета и мышечной системы и они достигают уровня зрелости. Вместе с тем, ростовые процессы и наращивание функциональных резервов продолжают до 25 лет. Эти преобразования тесно связаны с изменениями функций эндокринной и нервной систем и их взаимоотношений. В отличие от предыдущего подросткового возраста, когда имело место преобладание гормональных влияний над нервными в механизмах регуляции функций опорно-двигательного аппарата, в юношеском периоде устанавливаются новые взаимоотношения между этими сферами – происходит их гармонизация и стабилизация, что создает условия для оптимизации регуляторных процессов.

В юношеском возрасте завершается формирование половой системы, созревание репродуктивной функции (способности воспроизводить потомство). Окончательно устанавливаются овуляторные циклы у девушек, ритмичность секреции тестостерона и выработка зрелой спермы у юношей.

Важной особенностью этого этапа является также формирование нового уровня психофизиологической сферы, отягощенной доминирующей гиперсексуальностью, которая определяет вектор полоролевого и полового поведения подростка. В период полового созревания меняется телесность и психосексуальная сфера подростка, усложняющая его адаптацию к окружающей среде. Это физиологически наиболее уязвимый (критический) период. Юно-

шеский возраст, являясь переходным к зрелости, несет в себе в полной мере черты предыдущего, хотя в физиологическом плане является менее экстремальным, чем подростковый. По-прежнему гиперсексуальность остается доминирующей чертой. В этом периоде, особенно к его завершению, половое созревание достигает пика. Одновременно в регуляторных процессах усиливается тенденция к установлению баланса взаимоотношений нервной и гормональной систем и его стабилизации.

В основе умственного развития лежат как биологические, так и социальные факторы. Однако, доля вклада биологического и социального в процессы развития индивидуального разума различна: на ранних этапах онтогенеза преобладает значимость биологических факторов, затем их участие уравнивается. По мере взросления индивидуума, роль социальных факторов начинает преобладать. Учитывая это, необходимо дать характеристику развития биологической основы в процессе становления мышления, т.е. развитие нервной системы. Раньше всего в онтогенезе созревают периферические отделы нервной системы и мозговые структуры, обеспечивающие регуляцию жизненно важных функций: движения, дыхания, пищеварения, выделения. Уже к периоду младшего школьного возраста многие стволые структуры мозга (спинной, продолговатый, средний, промежуточный мозг – а также мозжечок), несущие врожденные программы регуляции жизнедеятельности, за исключением гипоталамуса, достигают достаточной зрелости. Это же касается жестких (врожденных) программ коры больших полушарий. Все гибкие структуры, ответственные за приобретаемые в онтогенезе формы поведения и мыслительные процессы, продолжают интенсивно развиваться в младшем школьном возрасте и в подростковом периоде (периоде полового созревания). В раннем юношеском возрасте (15-17 лет) практически созревают все структуры нервной системы, определяющие восприятие, переработку и хранение поступающей информации. Это касается как периферической, так и центральной нервной системы. В результате устанавливаются гармоничные возбuditельно-тормозные взаимоотношения коры и подкорковых стволых отделов мозга, которые достигают совершенства по завершении этого периода. Вместе с тем, созревание гибких (ассоциативных) структур лобных отделов коры больших полушарий, обеспечивающих формирование сложных эмоций, сознания и самосознания, хотя и достигает достаточно высокого уровня, окончательно завершается лишь к концу юношеского возраста. Следовательно, представители юношеского возраста практически имеют достаточно развитую биологическую основу, создающую условия для формирования высших человеческих (мыслительных) функций: восприятия, внимания, мотиваций, эмоций, памяти, членораздельной речи.

Зрелый, пожилой, старческий возраст. В *зрелом возрасте* форма и строение тела, функции отдельных органов изменяются мало. Между 30 и 50 годами длина тела остается постоянной, а потом начинает уменьшаться. В пожилом и старческом возрасте происходят постепенные инволютивные изменения всех органов. Следует особо подчеркнуть, что активный образ жизни

ни, рациональное питание, регулярные занятия физической культурой замедляют процессы старения.

В заключение следует отметить, что всякая возрастная периодизация условна, но она необходима для учета меняющихся в процессе онтогенеза физиологических и морфологических свойств организма детей и подростков, для разработки научно обоснованной системы охраны их здоровья, для создания таких приемов воспитания и обучения, которые были бы адекватны каждой возрастной ступени и способствовали оптимальному развитию физических и психических возможностей детей и подростков. Не следует также забывать, что календарный (паспортный) возраст детей и подростков не всегда соответствует их биологической зрелости, возможны и задержка биологического развития, и его ускорение.

Особенности роста в различные возрастные периоды

На разных этапах онтогенеза показатели роста меняются с различной скоростью, что свидетельствует о различной интенсивности процессов физического развития. Это относится и к внутриутробному периоду развития. В первые два месяца внутриутробного развития скорость роста длины тела не очень велика – на этом этапе наиболее интенсивно идут процессы закладки основных систем органов. В дальнейшем происходит интенсивное формирование их структур. Скорость роста и увеличение массы достигают своих максимальных показателей: для показателей роста в первые четыре месяца внутриутробного развития, для показателей массы – к 34 неделе внутриутробного развития. По мере роста плода число делящихся клеток во всех тканях уменьшается, и принято считать, что после 6-го месяца внутриутробного развития практически не происходит образования новых мышечных и нервных клеток. К моменту рождения скорость роста плода несколько замедляется.

В первые месяцы после рождения скорость роста снова увеличивается, что обусловлено преимущественно развитием и увеличением уже существующих клеток, а не образованием новых. При этом темпы роста тела в длину и изменение массы тела в разные периоды жизни меняются с различной интенсивностью, причем наиболее интенсивно изменение длины и массы тела происходит на первом году жизни. При рождении рост ребенка равен 50 см, и к концу первого года жизни он увеличивается в среднем на 50% и достигает 75-80 см, а масса тела утраивается. Этот этап жизни часто называют периодом первого вытягивания. Затем темпы развития несколько снижаются и наступает период так называемого округления (в среднем от 1 до 3 лет). Новый скачок роста наблюдается в 5-7 лет – период второго вытягивания. Годовой прирост длины тела в это время может составить 7-10 см. С 7 до 11 лет рост тела в длину замедляется – это второй период округления. И наконец, возрастание темпов физического развития в период полового созревания – третий период вытягивания (с 11-12 до 15-16 лет). В последующие годы

темпы роста снижаются и рост у женщин останавливается приблизительно к 18-22 годам, а у мужчин к 20-25 годам.

Одновременно с ростом тела в длину происходит изменение его пропорций. У новорожденного ребенка голова составляет около половины своего окончательного размера, скорость ее дальнейшего роста ниже скорости роста туловища и конечностей. До 5-7-летнего возраста скорость роста рук, ног и туловища различна: вначале быстрее растут руки, затем – ноги, потом – туловище. В младшем школьном возрасте от 7 до 10 лет рост идет медленнее. Если раньше быстрее росли руки и ноги, то теперь лидером становится туловище. Оно растет равномерно, так что пропорции тела не нарушаются. В подростковом возрасте руки растут так интенсивно, что организм не успевает приспособиться к их новым размерам, отсюда некоторая неуклюжесть и размашистость движений. После этого начинают расти ноги. Только когда они достигнут своего окончательного размера, включается в рост туловище. Сначала оно растет в высоту, а уже затем начинается рост в ширину. В этот период окончательно формируется телосложение человека.

Если сравнить части тела новорожденного и взрослого человека, то окажется, что размер головы вырос всего в два раза, размеры туловища и рук стали больше в три раза, длина же ног увеличилась в пять раз.

До начала периода полового созревания отличия в пропорциях тела между мальчиками и девочками отсутствуют. В период полового созревания у юношей конечности становятся длиннее, туловище короче, таз уже, чем у девушек. Половое созревание девочек наступает на 1-3 года раньше, чем у мальчиков, в связи с этим девочки 11-13 лет чаще имеют более высокий рост, чем мальчики того же возраста. К 14-15 годам мальчики догоняют, а затем и перегоняют девочек по этому показателю, хотя продолжают отставать в физическом развитии в целом.

Общая масса тела складывается из ряда компонентов: массы скелета, мускулатуры, жировой клетчатки, внутренних органов и кожи. У взрослых мужчин средняя масса тела 52-75 кг, у женщин – 47-70 кг. После 60 лет масса тела, как правило, начинает постепенно уменьшаться, главным образом в результате атрофических изменений в тканях и уменьшения содержания в них воды. В пожилом и старческом возрасте прослеживаются характерные изменения не только размеров и массы тела, но и его строения; эти изменения изучает специальная наука *геронтология* (*gerontas* – старик).

Тема 2.

ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА КАК ЦЕЛОСТНАЯ СИСТЕМА

2.1. Клеточный уровень организации жизни

Человеческий организм, как и все живые организмы на Земле, обладает молекулярной, клеточной, тканевой, органной структурностью и объединя-

ется в сообщества. Все эти структуры организованы в пространстве и во времени. Подход к их изучению возможен через основные уровни организации живой материи:

- на *молекулярном* уровне изучению подлежат химические и биохимические процессы, лежащие в основе жизнедеятельности организма;

- на *субклеточном* уровне изучаются «органы» живой клетки, или органоиды, позволяющие живой клетке быть относительно самостоятельной структурой;

- на *клеточном* уровне изучению подлежат многообразие и законы жизнедеятельности живых клеток, из которых состоят как простейшие, так и высокоорганизованные организмы;

- на *органно-тканевом* уровне объектом изучения становятся объединения клеток в ткани и органы, приспособленные к выполнению определенных функций и соответственно подчиняющиеся другим законам — законам функционирования многоклеточных структур, объединенных общей задачей;

- на *организменном* уровне внимание обращено к целостному организму, состоящему из систем органов, объединенных общей задачей — обеспечением собственного существования в постоянно изменяющихся внешних условиях;

- на *популяционно-видовом* уровне, который является надорганизменным, т.е. охватывает не одну особь, а целую группу, изучаются закономерности существования и продолжения во времени биологического вида, в том числе и вида *Homo sapiens*;

- на *биоценотическом, биогеоценотическом и биосферном* уровнях современная биология решает глобальные проблемы существования живых организмов, в том числе человеческой цивилизации, в совокупности всех отношений с окружающей средой и другими популяциями организмов.

Клетка является структурной единицей всех живых организмов. Она обладает всеми признаками целостного организма: растет, размножается, обменивается с окружающей средой веществами и энергией, реагирует на внешние раздражители. Известны одноклеточные организмы, состоящие из единственной клетки, которая существует автономно, и многоклеточные, в которых функции отдельных клеток специализированы. Мелкие организмы могут состоять всего лишь из сотен клеток. Организм человека включает в себя 10^{14} клеток. Типичные размеры растительных и животных клеток составляют от 5 до 20 мкм, при этом между размерами организмов и размерами их клеток прямой зависимости обычно нет.

Практически все ткани многоклеточных организмов состоят из клеток. Есть и исключения: некоторые простые организмы (например, слизевики) состоят из неразделенной перегородками клеточной массы со множеством ядер. Ряд структур организма (раковины, жемчужины, минеральная основа костей) образованы не клетками, а продуктами их секреции.

Независимо от того, представляет ли собой клетка отдельный организм или составляет лишь его часть, она наделена набором признаков и свойств, общим для всех клеток. Изучением клеток занимается наука *цитология*.

Исключением являются вирусы, представляющие собой промежуточную форму между живой и неживой природой и не имеющие клеточной структуры. Каждая вирусная частица состоит из информационного материала, зафиксированного в РНК или ДНК, заключенного в белковую оболочку, живет и размножается путем проникновения в живую клетку и использования ее резервов для собственного размножения.

Взаимодействие клеток между собой обеспечивает надежное функционирование органа физиологической системы и организма в целом, представляющего собой единую функциональную систему.

Появление термина «клетка» связано с именем английского биолога Роберта Гука (1665 г.). К концу XIX в. в биологии сложилась клеточная теория строения живых организмов. Ее основные положения сохраняют свое естественно-научное значение до настоящего времени:

- клетка – основная единица строения и развития живых организмов;
- клетки всех организмов сходны по своему строению, химическому составу, основным проявлениям жизнедеятельности;
- каждая новая клетка образуется в результате деления исходной (материнской) клетки;
- в многоклеточных организмах клетки специализированы по выполняемой ими функции и образуют ткани. Из тканей состоят органы, которые тесно связаны между собой и подчинены системам регуляции.

Биохимия клетки. В живых организмах наиболее распространены элементы, входящие в так называемые органические соединения: углерод, водород, кислород и азот, которые составляют около 98% массы клеток. Кроме четырех основных элементов в клетке содержатся железо, калий, натрий, кальций, магний, хлор, фосфор и сера. Их количество измеряется десятками и сотыми долями процентов. Эти элементы названы *макроэлементами* в отличие от *микроэлементов* (цинк, медь, йод, фтор, кобальт, марганец и др.), которые находятся в клетке в значительно меньших количествах, но также необходимы для ее жизнедеятельности.

Химические элементы входят в состав неорганических и органических соединений. К *неорганическим соединениям* относятся вода, минеральные соли, диоксид углерода, кислоты и основания. *Органические соединения* — это белки, нуклеиновые кислоты, углеводы и липиды. Вода — самое распространенное соединение в живых организмах. В среднем она составляет около 60% массы тела человека. Исключительно важная роль воды в обеспечении процессов жизнедеятельности обусловлена ее физико-химическими свойствами. Полярность молекул и способность образовывать водородные связи делают воду хорошим растворителем для огромного количества веществ. Большинство химических реакций, протекающих в клетке, может происходить только в водном растворе, кроме того, молекулы воды сами являются участниками многих жизненно важных реакций.

Клеточная мембрана. Клетка (рис.2.1.) как живая система нуждается в поддержании определенных внутренних условий: концентрации различных веществ, температуры внутри клетки и др. Одни из этих параметров поддерживаются на неизменном уровне, так как их изменение приведет к гибели клетки, другие играют меньшее значение для сохранения ее жизнедеятельности.

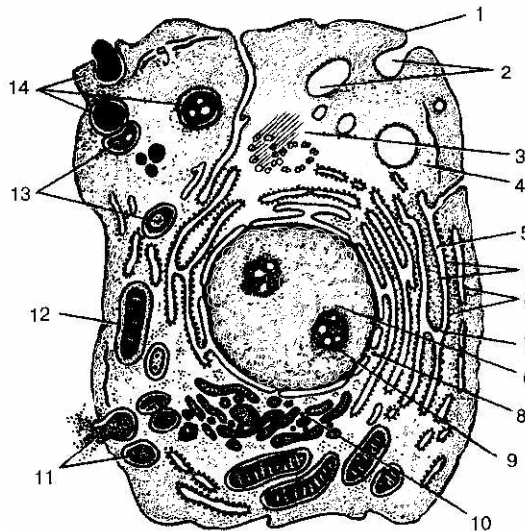


Рис. 2.1. Структура животной клетки[4]

1 – плазматическая мембрана; 2 – пиноцитозные пузырьки;
3 – клеточный центр; 4 – цитоплазма; 5,7 – эндоплазматическая сеть
(а – мембраны эндоплазматической сети, б – рибосомы);
6 – ядро; 8 – ядерные поры; 9 – ядрышко; 10 – аппарат Гольджи;
11 – секреторные вакуоли; 12 – митохондрии; 13 – лизосомы;
14 – три последовательные стадии фагоцитоза.

Для того чтобы поддерживать необходимую концентрацию веществ, клетка должна быть физически отделена от своего окружения. Вместе с тем жизнедеятельность организма требует интенсивного обмена веществ между внутренней и внешней средой каждой клетки. Роль барьера между клетками играет **клеточная мембрана** (рис.2.2).

Мембраны также ограничивают внутренние структуры клетки — *органеллы* (органеллы) – от цитоплазмы. Однако это не просто разделительные барьеры. Клеточные мембраны сами по себе являются важнейшим органом клетки, обеспечивающим не только ее структуру, но и многие функции. Помимо разделения клеток между собой и отграничения от внешней среды мембраны объединяют клетки в ткани, регулируют обмен между клеткой и внешней средой, сами являются местом протекания многих биохимических реакций, служат передатчиками информации между клетками.

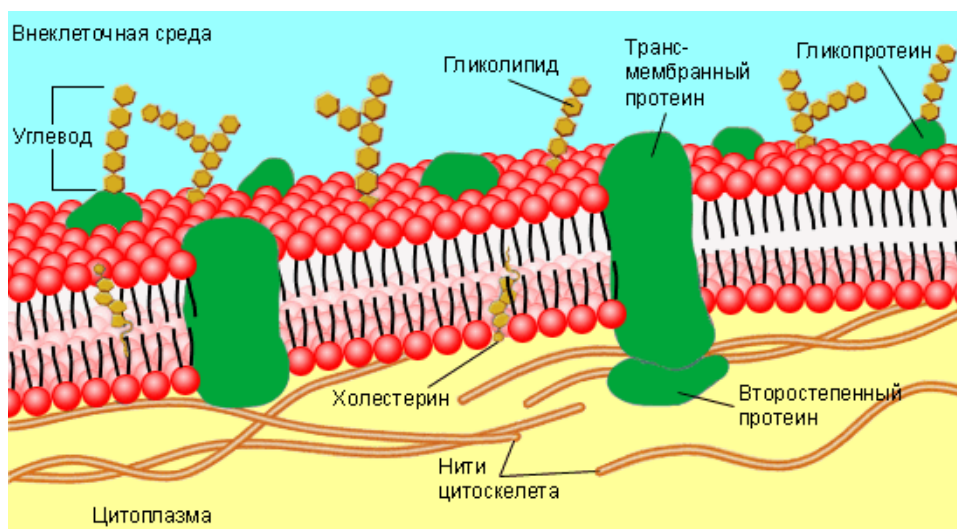


Рис.2.2. Строение мембраны[4]

По современным данным, плазматические мембраны – это липопротеиновые структуры (липопротеины – соединения белковых и жировых молекул). Липиды (жиры) спонтанно образуют двойной слой, а мембранные белки «плавают» в нем, словно острова в океане. В мембранах присутствуют несколько тысяч различных белков: структурные, переносчики, ферменты и др. Кроме того, между белковыми молекулами имеются поры, сквозь которые могут проходить некоторые вещества. К поверхности мембраны подсоединены специальные гликозильные группы, которые участвуют в процессе распознавания клеток при образовании тканей.

Разные типы мембран отличаются по своей толщине (обычно она составляет от 5 до 10 нм). По консистенции мембраны напоминают оливковое масло. Важнейшее свойство клеточной мембраны – *полупроницаемость*, т.е. способность пропускать только определенные вещества. Прохождение различных веществ через плазматическую мембрану необходимо для доставки питательных веществ и кислорода в клетку, вывода токсичных отходов, создания разницы концентрации отдельных микроэлементов для поддержания нервной и мышечной активности. Существуют следующие типы транспорта веществ через мембрану:

- диффузия (газы, жирорастворимые молекулы проникают прямо через плазматическую мембрану); при облегченной диффузии растворимое в воде вещество проходит через мембрану по особому каналу, создаваемому какой-либо специфической молекулой;
- осмос (диффузия воды через полупроницаемые мембраны в сторону более низкой концентрации ионов);
- активный транспорт (перенос молекул из области с меньшей концентрацией в область с большей, например, посредством специальных транспортных белков, требует затраты энергии АТФ);
- при эндоцитозе мембрана образует втягивания, которые затем трансформируются в пузырьки или вакуоли. Различают фагоцитоз – поглощение

твердых частиц (например, лейкоцитами крови) и пиноцитоз — поглощение жидкостей (рис.2.3);

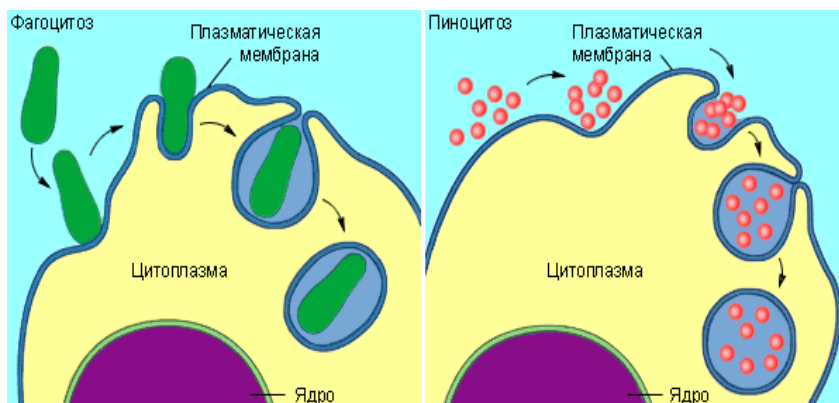


Рис.2.3. Эндоцитоз[4]

- экзоцитоз — процесс, обратный эндоцитозу; посредством него из клеток выводятся переварившиеся остатки твердых частиц и жидкий секрет (рис.2.4).

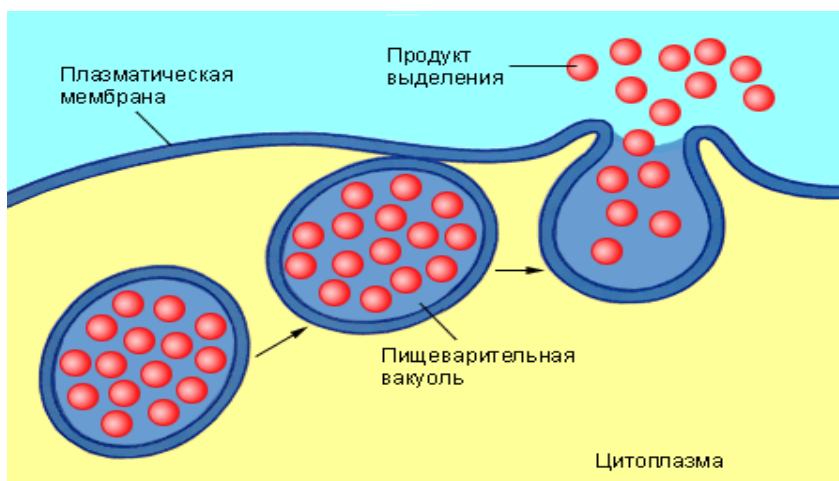


Рис.2.4. Экзоцитоз[4]

Диффузия и осмос не требуют дополнительной энергии; активный транспорт, эндоцитоз и экзоцитоз нуждаются в обеспечении энергией, которую клетка получает при расщеплении усвоенных ею питательных веществ.

Регуляция прохождения различных веществ через плазматическую мембрану является одной из ее важнейших функций. В зависимости от внешних условий структура мембраны может изменяться: она может становиться более жидкой, активной и проницаемой. Регулятором проницаемости мембран является жироподобное вещество холестерол.

Ядро имеется во всех клетках человеческого организма, за исключением эритроцитов. Как правило, клетка содержит только одно ядро, однако есть и исключения — например, клетки поперечнополосатых мышц содержат множество ядер. Ядро обычно принимает форму шара или яйца; по размерам (10-20 мкм) оно является самым крупным из органоидов (рис.2.5).

Ядро отграничено от цитоплазмы *ядерной оболочкой*, состоящей из двух мембран: наружной и внутренней, аналогичных клеточной мембране. Между ними находится узкое пространство, заполненное полужидким веществом. Через множество пор в ядерной оболочке осуществляется обмен веществ между ядром и цитоплазмой. Внешняя мембрана усеяна рибосомами – органоидами, синтезирующими белок.

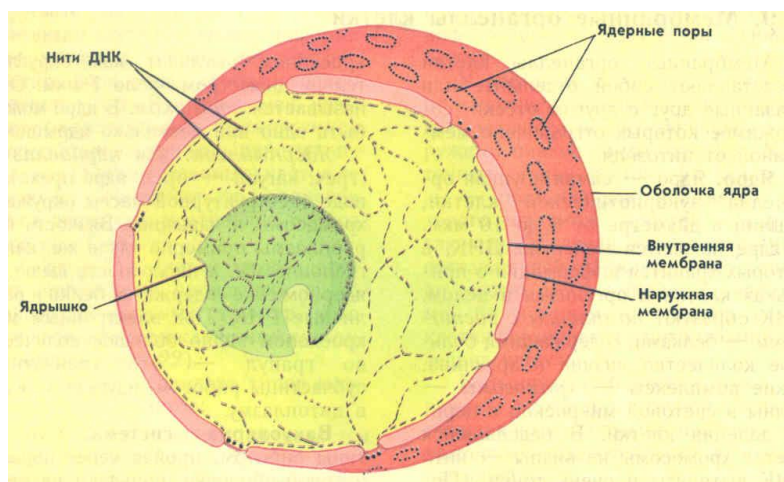


Рис.2.5. Ядро клетки[4]

Под ядерной оболочкой находится *кариоплазма* (ядерный сок), в которую поступают вещества из цитоплазмы. Кариоплазма содержит *хромосомы* (продолговатые структуры, содержащие ДНК, в которых «записана» информация о строении белков, специфичных для данной клетки, - наследственная или генетическая информация) и *ядрышки* (округлые структуры внутри ядра, в которых происходит формирование рибосом). Совокупность хромосом, содержащихся в ядре, называют *хромосомным набором*. Число хромосом в соматических клетках четное - диплоидное (у человека это 44 аутосомы и 2 половые хромосомы, определяющие половую принадлежность), половые клетки, участвующие в оплодотворении, несут половинный набор (у человека 22 аутосомы и 1 половая хромосома) (рис.2.6)

Важнейшей функцией ядра является сохранение генетической информации. При делении клетки ядро также делится надвое, а находящаяся в нем ДНК копируется (реплицируется). Благодаря этому у всех дочерних клеток также имеются ядра, содержащие информацию материнских клеток.

Цитоплазма представляет собой водянистое вещество – цитозоль (90% воды), в котором располагаются различные органоиды, а также питательные вещества (в виде истинных и коллоидных растворов) и нерастворимые отходы метаболических процессов. В цитозоле протекают гликолиз, синтез жирных кислот, нуклеиновых кислот и других веществ.



Рис.2.6. Хромосомный набор человека[1,4]:

А – женщины; Б – мужчины.

Цитоплазма является динамической структурой: органоиды движутся, иногда заметен циклоз – активное движение, в которое вовлекается вся цитоплазма.

Клеточные структуры (органоиды, или органеллы) представляют собой «внутренние органы» клетки. Они обеспечивают процессы жизнедеятельности клетки, выработку клеткой определенных веществ (секрета, гормонов, ферментов), от их жизнедеятельности зависит общая активность тканей организма, способность выполнять специфические для данной ткани функции. Структуры клетки, как и сама клетка, проходят свои жизненные циклы: рождаются (создаются путем воспроизводства), активно функционируют, стареют и разрушаются. Большинство клеток организма способно восстанавливаться на субклеточном уровне за счет воспроизводства и обновления входящих в ее структуру органоидов.

Размножение клеток. Все клетки появляются путем деления родительских клеток. Большинству клеток свойствен клеточный цикл, состоящий из двух основных стадий: интерфазы и митоза. На этапе **интерфазы** клетка увеличивает свою массу. Некоторые клетки (например, нервные клетки мозга) навсегда остаются в этой стадии, у других же через несколько часов или дней жизни удваивается хромосомная ДНК. Когда масса клетки увеличивается в два раза, начинается **митоз** (рис.2.7).

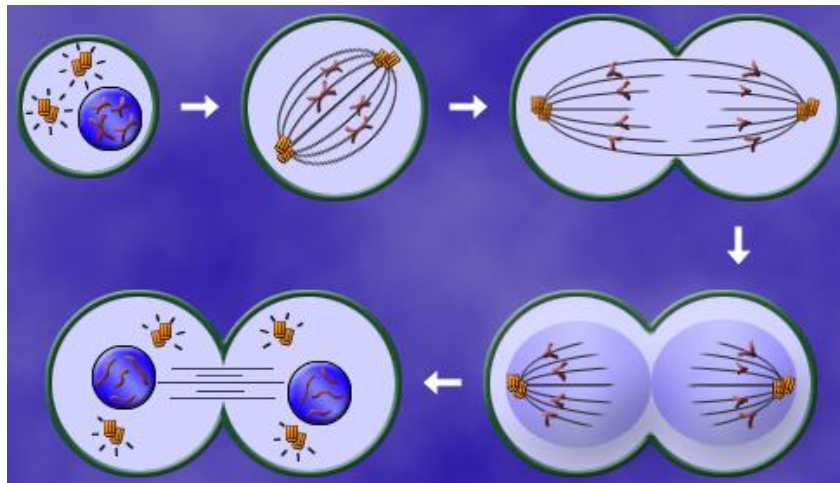


Рис.2.7. Деление клетки (митоз) [14]

В типичной животной клетке митоз происходит следующим образом. В **профазу** центриоли удваиваются, две образовавшиеся центриоли начинают расходиться к разным полюсам клетки. Ядерная мембрана разрушается. Специальные микротрубочки выстраиваются от одной центриоли к другой, образуя веретено деления.

Хромосомы разъединяются, но все еще остаются попарно сцепленными. Следующая после профазы стадия называется **метафазой**. Хромосомы, влекаемые нитями веретена, выстраиваются в экваториальной плоскости клетки. Центромеры, скреплявшие хромосомы, делятся, после чего дочерние хромосомы полностью разъединяются. В стадии **анафазы** хромосомы перемещаются к полюсам клетки. Когда хромосомы достигают полюсов, начинается **телофаза**. Клетка делится надвое в экваториальной плоскости, нити веретена разрушаются, вокруг хромосом формируются ядерные мембраны. Каждая дочерняя клетка получает собственный набор хромосом и возвращается в стадию интерфазы. У большинства клеток весь процесс занимает около часа. Процесс митоза может варьировать в зависимости от типа клетки.

Размножение при помощи митоза называют бесполом, или вегетативным, а также клонированием. При митозе генетический материал родительских и дочерних клеток идентичен.

Мейоз, в отличие от митоза, является важным элементом полового размножения. При мейозе образуются клетки, содержащие лишь один набор хромосом, что делает возможным последующее слияние половых клеток (гамет) двух родителей и объединение наследственной информации, полученной от обоих родителей. По сути, мейоз является разновидностью митоза и включает два последовательных деления клетки, однако хромосомы удваиваются только в первом из этих делений. Биологическая сущность мейоза заключается в уменьшении числа хромосом в два раза и образовании гаплоидных гамет (т.е. гамет, имеющих по одному набору хромосом).

При оплодотворении мужские и женские гаметы сливаются, образуя **зиготу**. Хромосомные наборы при этом объединяются, в результате чего в зиготе восстанавливается диплоидный набор хромосом. Случайное расхождение хромосом и обмен наследственным материалом между гомологичными хромосомами приводят к возникновению новых комбинаций генов, повышая генетическое разнообразие биологического вида и обеспечивая вариацию различных признаков. Образовавшаяся зигота развивается в самостоятельный организм.

2.2. Органно-тканевый уровень организации жизни

В ходе развития живых организмов клетки приобрели различия, зафиксированные в строении специфичных белковых молекул. Эти различия лежат в основе формирования различных тканей, состоящих из сходных по строению и функциям клеток и связанного с ними межклеточного вещества. Ткани образуют органы – структуры, состоящие из определенных тканей и приспособленные к выполнению конкретных функций в организме. У животных, в том числе у человека, органы объединяются в системы органов (дыхательная, нервная, сердечно-сосудистая и пр.). Подобная специализация повышает возможности организма, но требует сложной координации процессов формирования различных тканей и органов.

Существуют четыре группы тканей: эпителиальная, соединительная, мышечная и нервная.

Эпителиальная ткань состоит из клеток эпителия и представляет собой пласты, покрывающие внутренние и внешние поверхности организма и его органов. Основной функцией эпителия является защита соответствующих органов от механических повреждений и инфекции. В тех местах, где ткань организма подвергается постоянным нагрузкам и трениям, клетки эпителия размножаются с большой скоростью. Нередко при больших нагрузках эпителий уплотняется или ороговеет. Свободная поверхность эпителия также может выполнять функции всасывания, секреции и экскреции, воспринимать раздражения.

Эпителиальные клетки удерживаются вместе цементирующим веществом, содержащим гиалуроновую кислоту. Так как к эпителию не подходят кровеносные сосуды, снабжение кислородом и питательными веществами происходит путем диффузии через лимфатическую систему. В эпителий проникают нервные окончания, обеспечивая чувствительность поверхностных слоев органов к внешним воздействиям. В зависимости от формы клетки и количества клеточных слоев эпителий делится на несколько типов.

Клетки **плоского эпителия** тонкие и уплощенные; протоплазматическими связями они плотно соединяются друг с другом (рис.2.8.А). Благодаря этому они не препятствуют диффузии различных веществ в те органы, которые эти клетки выстилают: альвеолы легких, стенки капилляров.

Наименее специализированным из всех является **кубический эпителий** (рис.2.8.Б). Его клетки, как следует из названия, имеют в поперечном разре-

зе кубическую форму. Этот тип эпителия выстилает протоки многих желез, а также выполняет секреторные функции внутри них.

Высокие и довольно узкие клетки **цилиндрического эпителия** выстилают желудок и кишечник (рис.2.8.В). Разбросанные среди цилиндрических клеток бокаловидные клетки выделяют слизь, защищающую эти органы от самопереваривания, и одновременно создают смазку, помогающую в продвижении пищи. На свободной поверхности клеток нередко встречаются микроворсинки, увеличивающие всасывающую поверхность (рис.2.8.Г).

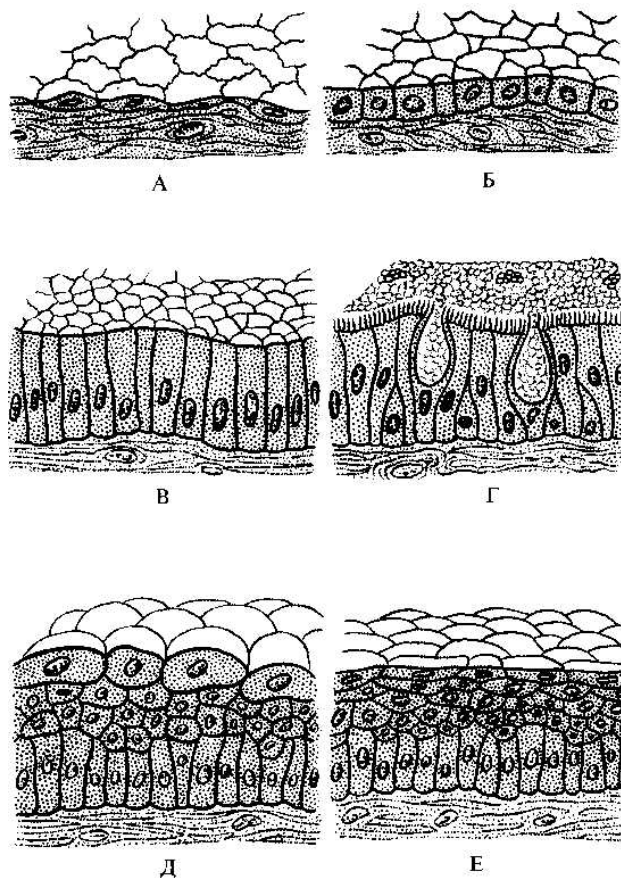


Рис.2.8. Строение эпителиальной ткани[1,4]:

А – простой эпителий (мезотелий); Б – простой кубический эпителий;
 В – цилиндрический эпителий; Г – реснитчатый эпителий;
 Д – переходный эпителий; Е – неороговевающий многослойный эпителий

Многослойный эпителий состоит из нескольких слоев клеток; внутри кубических, а снаружи – более плоских, называемых чешуйками. Толщины этой ткани достаточно, чтобы препятствовать механическому повреждению защищаемых органов или просачиванию в них каких-либо веществ. Чешуйки могут оставаться живыми (например, в пищеводе, протоках желез) или ороветь, превратившись в кератин (наружная поверхность кожи, слизистая щек, влагалище) (рис.2.8.Е). Клетки многослойного эпителия переход-

ного типа (мочевой пузырь, мочеточник) способны растягиваться (рис.2.8.Д).

Соединительная ткань является главной опорой организма. Она составляет скелет, соединяет между собой различные ткани и органы, окружает некоторые органы, защищая их от повреждения. Соединительная ткань состоит из клеток различных типов, располагающихся обычно далеко друг от друга; их потребности в кислороде и питательных веществах, как правило, невелики.

Рыхлая соединительная ткань состоит из клеток, разбросанных в межклеточном веществе, и переплетенных неупорядоченных волокон (рис.2.9.1). Волнистые пучки волокон состоят из коллагена, а прямые – из эластина; их совокупность обеспечивает прочность и упругость соединительной ткани. По прозрачному полужидкому матриксу, содержащему эти волокна, разбросаны клетки различных типов:

- *тучные клетки* окружают кровеносные сосуды; они вырабатывают матрикс, а также продуцируют многие биологически активные вещества, участвующие в обменных процессах и регулирующие деятельность тканей;
- *фибробласты* – клетки, продуцирующие волокна;
- *макрофаги (гистоциты)* – клетки, способные передвигаться в ткани и поглощать болезнетворные организмы;
- *плазматические клетки* – еще один компонент иммунной системы;
- *хроматофоры* – сильно разветвленные клетки, содержащие меланин (красящее вещество); имеются в глазах и коже;

- *жировые клетки* – клетки, приспособленные к сохранению энергетических запасов организма в виде жиров;

- *мезеихимпные клетки* – недифференцированные клетки соединительной ткани, способные при необходимости превращаться в клетки одного из перечисленных выше типов.

Фибробласты и макрофаги в случае повреждения способны мигрировать к поврежденным участкам тканей. Рыхлая соединительная ткань окутывает все органы тела, соединяет кожу с лежащими под ней структурами, покрывает кровеносные сосуды и нервы на входе и выходе из органов. Она обеспечивает питание и защиту органов, создает среду, в которой они могут осуществлять свои функции.

Плотная соединительная ткань состоит из волокон, а не из клеток. Белая ткань содержится в сухожилиях, связках, роговице глаза, надкостнице и в других органах. Она состоит из собранных в параллельные пучки прочных и гибких коллагеновых волокон. Желтая соединительная ткань находится в связках, стенках артерий, легких. Она образована беспорядочным переплетением желтых эластичных волокон. Этот вид ткани служит преимущественно для формирования плотных защитных и связывающих структур органов.

Жировая ткань содержит в основном жировые клетки. Жировая клетка состоит из центральной жировой капли, а ядро и цитоплазма оттеснены к

мембране (рис.2.9.3). Этот тип ткани предохраняет лежащие под ней органы от ударов и переохлаждения, в ней накапливаются запасы энергоемких веществ – жиров.

Скелетные ткани представлены хрящем и костью (рис.2.9.2). *Хрящ* – прочная ткань, состоящая из клеток (хондробластов), погруженных в упругое вещество – хондрин. Снаружи он покрыт более плотной надхрящницей, в которой формируются новые клетки хряща. Хрящ покрывает суставные поверхности костей, содержится в ухе и в глотке, в суставных сумках и межпозвоночных дисках.

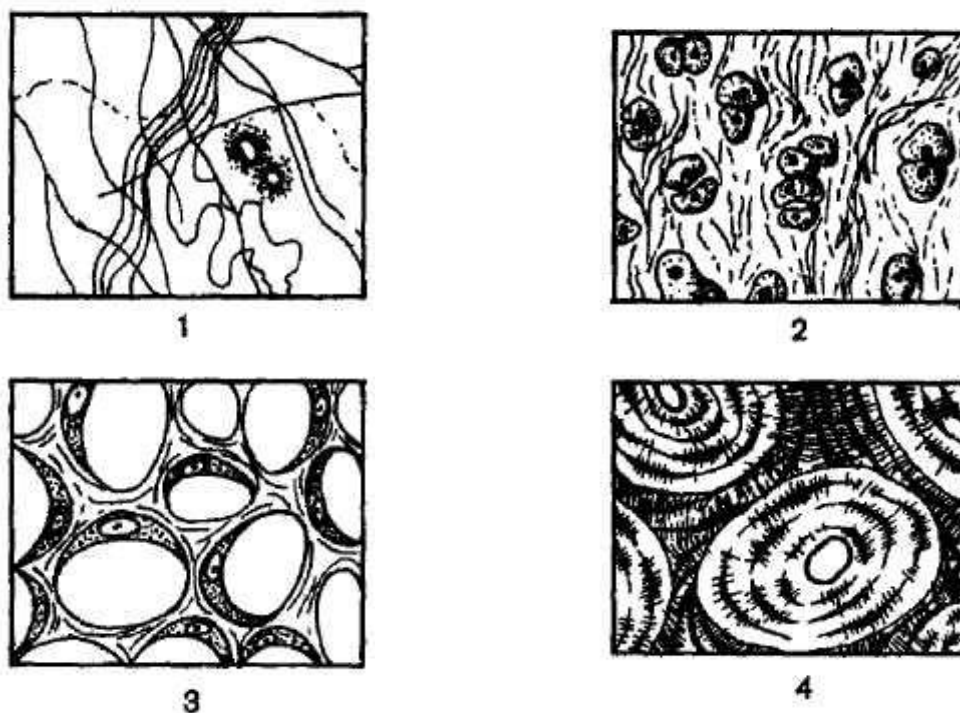


Рис.2.9. Виды соединительной ткани[1,4]:

1 – рыхлая, 2 – хрящевая, 3 – жировая, 4 – костная.

Из *кости* построен скелет позвоночных животных. Она состоит из клеток, погруженных в твердое вещество, состоящее на 30% из органических соединений (в основном коллаген) и на 70% из неорганических, содержащих большое количество кальция и фосфора. В ней содержатся также натрий, магний, калий, хлор и другие элементы. Такое сочетание значительно повышает устойчивость костной ткани. Костные клетки (остеоциты) находятся внутри особых лакун, связанных между собой кровеносными сосудами.

Дентин – твердое вещество зубов – по своему составу напоминает кость, но содержит больше неорганического вещества. Клетки дентина (одонтобласты) расположены на его внутренней поверхности, от них отходят пронизывающие зуб кровеносные сосуды и нервные окончания, а также особые отростки, вырабатывающие коллаген.

Миелоидная ткань (костный мозг) вырабатывает кровяные тельца - эритроциты и гранулоциты. **Лимфоидная ткань**, расположенная в лимфатических узлах, продуцирует лимфоциты – белые кровяные тельца, участвующие в реакциях иммунитета.

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

Мышечная ткань состоит из высокоспециализированных сократительных волокон. В организмах высших животных она составляет до 40% массы тела. Различают три типа мышц.

Гладкие мышцы образуют стенки дыхательных путей, кровеносных сосудов, органов пищеварительной и мочеполовой систем (рис.2.10.1). Их отличают относительно медленные ритмичные сокращения, не зависящие от произвольных усилий человека, их активность зависит от вегетативной (автономной) нервной системы. Одоядерные клетки гладких мышц собраны в пучки или пласты.



Рис.2.10. Виды мышечной ткани[1,4]:

1 – гладкие волокна, 2 – поперечно-полосатые волокна

Поперечно-полосатые (их также называют скелетными) мышцы являются основной двигательной системой организма. Очень длинные многоядерные клетки-волокна связаны друг с другом соединительной тканью, содержащей в себе множество кровеносных сосудов (рис.2.10.2). Данный тип мышц отличают мощные и быстрые сокращения и относительно быстрая утомляемость. Активность поперечнополосатых мышц определяется деятельностью головного и спинного мозга.

Клетки **сердечной мышцы** разветвляются на концах и соединяются между собой при помощи поверхностных отростков – вставочных дисков, содержат несколько ядер и большое количество крупных митохондрий. Сердечная мышца встречается только в стенке сердца и обладает специфическими функциями, обеспечивающими непрерывную ритмичную работу сердца.

Нервная ткань состоит из нервных клеток – нейронов и клеток нейроглии. Кроме того, она содержит рецепторные клетки, воспринимающие внешние раздражения и передающие о них сигналы нервным клеткам.

Нервные клетки способны возбуждаться и передавать импульсы возбуждения другим клеткам.

Нейрон – это структурная и функциональная единица нервной системы, обладает способностью производить нервные импульсы, проводить возбуждение, передавать его на клетки рабочих органов и выделять биологически активные вещества. В нем различают тело клетки, или сому, и отростки: один *аксон* и несколько (от 1 до 1000) *дендритов* (рис.2.11). Один нейрон может иметь связи со многими (до 20 тысяч) другими нейронами. Нейроны соединяются друг с другом в основном в одном направлении: разветвления аксона одного нейрона контактируют с телом клетки и дендритами другого нейрона.

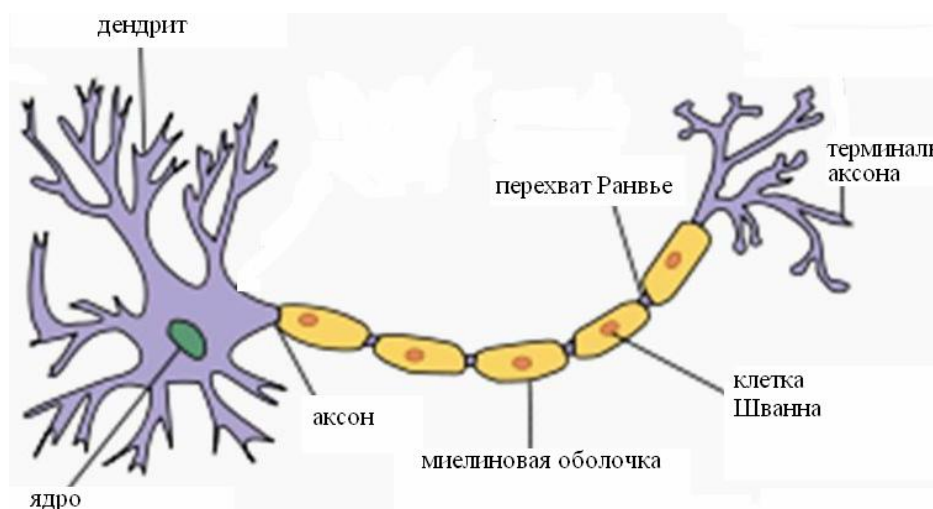


Рис.2.11 Строение нейрона[4]

Тело нервной клетки в различных отделах нервной системы имеет разную величину (его диаметр колеблется от 4 до 130-150 мкм) и форму: сферическую, зернистую, звездчатую, пирамидную, грушевидную, веретеновидную, неправильную и т.д. Длина нейрона вместе с отростками у человека составляет от 150 мкм до 120 см.

Нейрон содержит органоиды, свойственные любой другой клетке: в цитоплазме находятся ядро с одним или несколькими ядрышками, митохондрии, рибосомы и другие. Снаружи нервная клетка ограничена мембраной из двойного слоя липидов и включенных в него белков. На мембране находятся поверхностные белки, благодаря которым клетка воспринимает внешнее раздражение, и интегральные белки, пронизывающие мембрану насквозь и образующие ионные каналы – пути для поступления ионов в клетку.

Характерной особенностью строения нервной клетки является наличие большого количества рибосом и нейрофибрилл. С рибосомами в нервных клетках связывают высокий уровень энергетического обмена, синтез белка и РНК. Нейрофибриллы представляют собой тончайшие волокна, пересекающие тело клетки во всех направлениях и продолжающиеся в отростки; они представляют собой «скелет», который поддерживает форму клетки, служат

«рельсами» для транспорта рибосом, митохондрий и упакованных в мембранные пузырьки веществ (например, нейромедиаторов). Нейромедиаторы, или нейротрансмиттеры, – биологически активные вещества, служащие для передачи импульсов от одного нейрона другому. С точки зрения выделяемого медиатора нейроны бывают холинергические, адренергические, дофаминергические, серотонинергические, глицинергические, ГАМК-ергические и т.д.: тип нейромедиатора зависит от функции, которую выполняет нейрон в нервной системе. Несмотря на то, что у нейрона множество разветвлений аксона, во всех его окончаниях выделяется один и тот же медиатор.

Обработка поступившей в нейрон информации происходит путем сложных нейрохимических перестроек белковых молекул в нейрофибриллах.

Аксон представляет собой чаще всего длинный отросток, приспособленный для проведения возбуждения от тела нейрона к другому нейрону или клетке, исполняющей какое-либо действие. Местом генерации возбуждения у большинства нейронов является аксонный холмик – образование в месте отхождения аксона от тела. Эта зона у нейронов называется **триггерной**. Выходя из тела клетки, аксон постепенно суживается, от него могут отходить коллатерали, конец аксона сильно ветвится, образуя терминала (нервные окончания). Длина аксона составляет от 0,5 мкм до метра и более, его диаметр колеблется от сотых долей мкм до 10 мкм. Один аксон может контактировать с 5 тыс. нервных клеток и создавать до 10 тыс. контактов.

Отростки нейрон окружаются шванновскими клетками нейроглии, образуя **нервные волокна**. Различают безмиелиновые и миелиновые нервные волокна.

Большинство аксонов покрыты миелиновой оболочкой – изолирующим футляром, образованным клетками нейроглии: в периферической нервной системе это шванновские клетки (или леммоциты), в центральной нервной системе – олигодендроциты. Миелиновая оболочка формируется из плоского выроста тела глиальной клетки, многократно оборачивающего аксон. Цитоплазма в выросте практически отсутствует, в результате чего миелиновая оболочка представляет собой множество слоев клеточной мембраны. Миелин прерывается только в области перехватов Ранвье, которые встречаются через правильные промежутки длиной 0,5-2 мм и имеют ширину 1-2 мкм. В области перехватов Ранвье миелиновая оболочка отсутствует и концы шванновских клеток плотно прилегают к нервному волокну.

В связи с тем, что поток ионов, обеспечивающий возбуждение клетки, не может проходить сквозь миелин, вход и выход ионов осуществляется лишь в области перехватов. Это ведет к увеличению скорости проведения нервного импульса. Таким образом, по миелинизированным волокнам импульс проводится приблизительно в 5-10 раз быстрее, чем по немиелинизированным. Помимо передачи нервного импульса миелин участвует в питании нервного волокна, а также выполняет структурную и защитную функции.

По дендритам возбуждение от рецепторов или других нейронов передается к телу нейрона. Совокупность всех дендритов называют дендритным деревом нейрона, оно образует воспринимающую поверхность нейрона. На

дендритах имеются боковые отростки (шипики), которые увеличивают их поверхность и являются местами расположения возбуждающих и тормозных синапсов – контактов с другими нейронами. Дендриты, в отличие от аксона, не имеют миелиновой оболочки. Разные нейроны имеют различное соотношение длины аксона и дендритов; как правило, длина дендрита не превышает 300 мкм (хотя длина некоторых дендритов может достигать метра и более), а диаметр его составляет около 5 мкм.

Нерв – это совокупность нервных волокон, объединенных с помощью соединительной ткани. Нерв сопровождается кровеносными сосудами.

Синапс (от греч. «асинапто» – контактировать) обеспечивает передачу сигнала с нейрона на другой нейрон или с нейрона на эффекторную клетку (клетку, осуществляющую действие). Тело нейрона на 38% покрыто синапсами, и их насчитывают до 10 000 на одном нейроне, оно может существенно отличаться у разных нейронов. Такое количество контактов обуславливает колоссальные возможности нервной системы в восприятии, обработке и хранении информации, а также высокую эффективность в управлении всей жизнедеятельностью организма.

По большинству синапсов сигнал передается химическим путем. Нервные окончания разделены между собой *синаптической щелью* шириной около 20 нм. Они имеют утолщения, называемые *синаптическими бляшками*; цитоплазма этих утолщений содержит многочисленные синаптические пузырьки диаметром около 50 нм, внутри которых находится нейромедиатор – вещество, с помощью которого нервный сигнал передается через синапс. Поступление нервного импульса в синапс вызывает слияние пузырька с мембраной и выход медиатора из клетки. Примерно через 0,5 мс молекулы медиатора попадают на мембрану второй нервной клетки, где связываются с молекулами рецептора и передают сигнал дальше (рис.2.12).

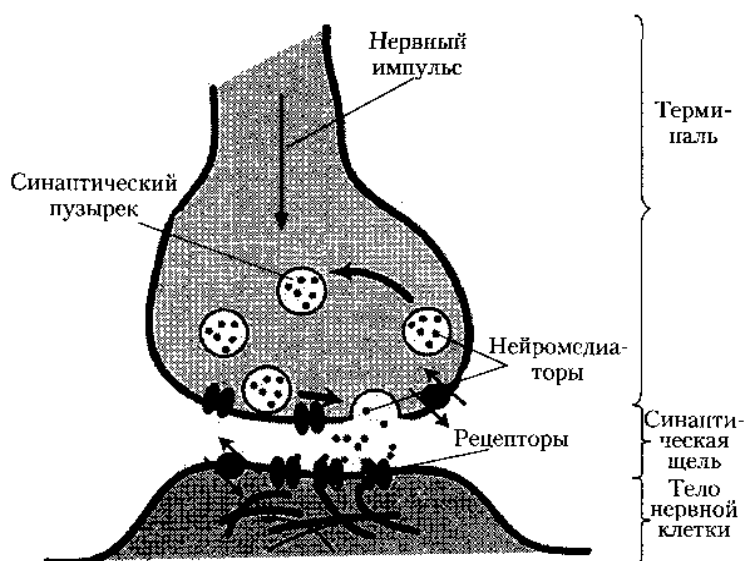


Рис.2.12. Схема строения аксо-соматического синапса [4,12]

Передача информации в химических синапсах происходит в одном направлении. Специальный механизм суммации позволяет отфильтровывать

слабые фоновые импульсы, прежде чем они поступят, например, в мозг. Передача импульсов может также затормаживаться (например, в результате воздействия на синапс сигналов, приходящих от других нейронов). После непрерывной работы запасы медиатора истощаются и синапс временно перестает передавать сигнал. Некоторые химические вещества влияют на синапсы, облегчая или затрудняя передачу импульса через синаптическую щель, на этом эффекте основано действие многих медикаментозных средств. Через некоторые синапсы передача происходит электрическим путем: ширина синаптической щели составляет всего 2 нм, и импульсы проходят через синапсы без задержки.

Нейроглия – это важная вспомогательная часть нервной ткани, связанная с нейронами по происхождению, строению и функциям. Нейроны существуют и функционируют в определенной среде, которую им обеспечивает нейроглия; она создает опору и защищает, питает, способствует улучшению проводимости, участвует в процессах памяти выделяет биологически активные вещества, в том числе влияющие на состояние возбудимости нервных клеток (секреция этих клеток изменяется при разных психических состояниях). Клетки нейроглии разнообразны:

– *астроциты* (звездчатые клетки) являются основными опорными элементами нервной ткани, их отростки образуют сеть, в ячейках которой залегают нейроны; расширенные концы отростков астроцитов, расположенные вокруг нейронов, изолируют их и создают для них специфические микроокружение, расположенные вокруг сосудов мозга и на его поверхности образуют пограничные мембраны, граничащие с сосудистыми и мозговыми оболочками;

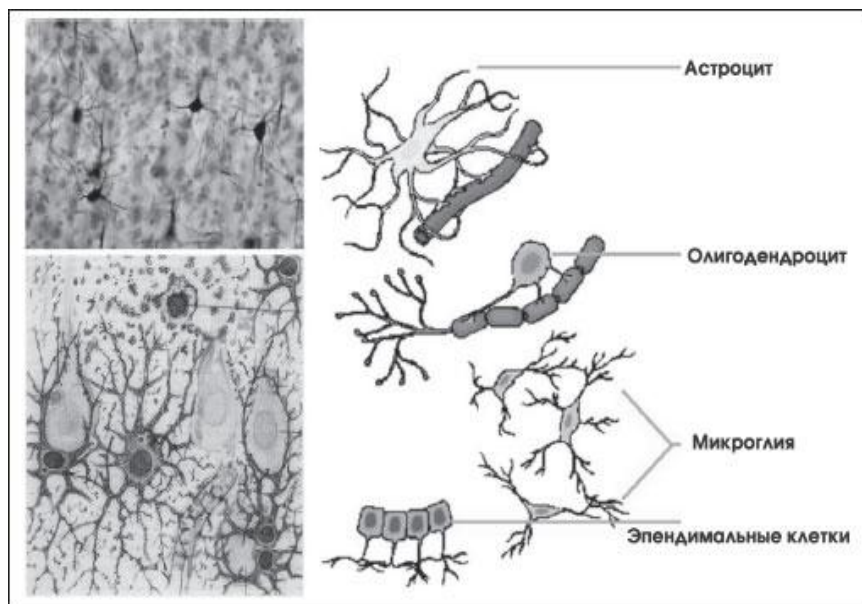


Рис. 2.12. Клетки нейроглии[4]

– *олигодендроциты* (в центральной нервной системе и *шванновские клетки* (в периферической нервной системе) образуют миелиновые оболочки и выделяют вещества улучшающие питание нейронов;

– *клетки-саттелиты* поддерживают жизнеобеспечение нейронов периферической нервной системы, образуют субстрат для прорастания нервных волокон;

– *микроглиальные клетки* – мелкие удлинённые клетки угловатой или неправильной формы, от тела которых отходят многочисленные отростки различной формы; эти клетки обладают подвижностью и фагоцитарной способностью (способностью поглощать чужеродные частицы, осуществляя таким образом иммунную защиту).

– *эпендимальные клетки* выстилают изнутри желудочки мозга и спинномозговой канал; эти клетки имеют на поверхности реснички, с помощью которых обеспечивают ток cerebrospinalной жидкости; эти клетки участвуют в образовании cerebrospinalной жидкости, выполняют опорную и разграничительную функции, принимают участие в метаболизме мозга;

Органы, системы органов и аппараты органов

Ткани образуют **органы** – части тела, которые имеют 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.

Цереброспинальная жидкость (ликвор) – жидкая среда, циркулирующая в полостях желудочков головного мозга и спинномозгового канала; она регулирует внутричерепное давление, обеспечивает постоянство внутренней среды центральной нервной системы, участвует в тканевом обмене мозга, служит амортизатором, предохраняющим головной и спинной мозг от наружных воздействий.

Органы, которые имеют сходное строение, функции и развитие, объединяются в **системы органов**: пищеварительную, дыхательную, выделительную, покровную, кровеносную, лимфатическую, нервную, органов чувств, эндокринную, половую, костную, мышечную. Каждая система отвечает за какой-нибудь один процесс или несколько процессов, необходимых для поддержания жизни. Например, система кровообращения, включающая сердце, кровеносные сосуды и кровь, поставляет всем клеткам тела кислород и питательные вещества, а из них удаляет отходы обмена веществ.

Выделяются также **аппараты органов**: опорно-двигательный, мочеполовой и эндокринный. В аппарате органы связаны единой функцией, но могут иметь разное строение и происхождение. Например, опорно-двигательный аппарат, образованный костями и мышцами, имеющими разное происхождение и разное строение, выполняет функции опоры и движения. Эндокринный аппарат состоит из желез внутренней секреции (гипофиз, надпочечники, щитовидная железа и другие), имеющих разное происхождение и разное строение, вырабатывающих биологически активные вещества

— гормоны, участвующие в жизненно важных функциях организма.

Системы и аппараты органов образуют единый целостный человеческий организм.

2.3. Организм как саморегулирующаяся система. Гомеостаз.

Все органы, системы и аппараты органов связаны между собой анатомически и функционально в единое целое – организм, главная функция которого – жизнь. Сложная система человеческого организма обладает способностью регулировать свое существование. Саморегуляция человеческого организма направлена на поддержание постоянства внутренней среды, обеспечивающей оптимальное протекание процессов жизнедеятельности, и на адаптацию организма к условиям внешней среды, обеспечивающую выживание человека как индивидуума и как биологического вида.

Системы саморегуляции действуют на всех уровнях организации целостного организма. Организм является суммой составляющих его органов, тканей и клеток, и от их оптимального функционирования зависит оптимальное функционирование организма как целого. В то же время адаптивные возможности целостного организма создают наиболее благоприятные условия для жизнедеятельности отдельных структур.

Впервые мысль о том, что постоянство внутренней среды создает оптимальные условия для жизни и размножения организмов, была высказана в 1857 г. французским физиологом Клодом Бернаром. На протяжении всей научной деятельности Клода Бернара поражала способность организмов регулировать и поддерживать в достаточно узких границах такие физиологические параметры, как температура тела или содержание в нем воды. Это представление о саморегуляции как основе физиологической стабильности он сформулировал в ставшем классическим утверждении: «Постоянство внутренней среды является обязательным условием свободной жизни».

Любая самоорганизующаяся система поддерживает постоянство своего качественного и количественного состава. Это явление называется **гомеостаз** (греч. *homoiος* – подобный, тот же самый; *stasis* – состояние, неподвижность), и оно свойственно большинству биологических и социальных систем. Термин «гомеостаз» в 1932 г. ввел американский физиолог Уолтер Кэннон. В физиологии под гомеостазом понимают относительное динамическое постоянство внутренней среды (крови, лимфы, тканевой жидкости) и устойчивость основных физиологических функций (кровообращения, дыхания, терморегуляции, обмена веществ и т.д.) организма человека. Регуляторные механизмы, поддерживающие физиологическое состояние клеток, органов и систем целостного организма на оптимальном уровне, называются **гомеостатическими**.

Основное назначение *сердечно-сосудистой системы* – подача и распределение крови по сосудистому руслу. Однако функция сердечно-сосудистой системы заключается не просто в поддержании заданного объема крови и

распределении ее по сосудам, а в изменениях минутного объема в соответствии с динамикой потребностей тканей при разных ситуациях. Главная задача крови – транспорт кислорода. При уменьшении объема крови, протекающего по сосудам, уменьшается поступление кислорода к тканям, что может быть причиной гибели клеток, органа и даже всего организма. Поэтому регуляция кровоснабжения тканей организма – одна из важнейших задач саморегулирующихся процессов гомеостаза.

Функция *системы дыхания* включает в себя вентиляцию, легочное кровообращение, диффузию газов через альвеолярно-капиллярную мембрану, транспорт газов кровью и тканевое дыхание. Основное назначение дыхательной системы – обеспечение адекватного газообмена между организмом и окружающей средой при постоянно меняющейся скорости обменных процессов. Поэтому регуляция системы дыхания должна быть направлена на поддержание постоянного уровня кислорода и углекислоты в артериальной крови при изменяющейся скорости потребления кислорода (в зависимости от интенсивности обменных процессов в конкретный момент в конкретном органе). Дыхательная система теснейшим образом связана с другими системами, и в первую очередь с сердечно-сосудистой.

Функции *почечной системы* направлены на сохранение постоянства физико-химических условий в организме. Главная ее функция – экскреторная (выделительная). Она включает регуляцию водно-электролитного (водно-солевого) баланса, кислотно-щелочного равновесия и удаление из организма продуктов обмена белков, жиров и углеводов.

Водно-электролитный баланс занимает в поддержании гомеостаза важнейшее место. Вода в организме играет транспортную роль, заполняя собой клетки, интерстициальные (промежуточные) и сосудистые пространства, является растворителем солей, коллоидов и кристаллоидов, принимает участие в биохимических реакциях. Все биохимические жидкости представляют собой электролиты, так как растворенные в воде соли и коллоиды находятся в диссоциированном состоянии. Функции электролитов многообразны, главными из них являются сохранение осмотического давления, поддержание кислотно-щелочного равновесия, участие в биохимических реакциях. Главное назначение *кислотно-щелочного равновесия* заключается в сохранении постоянства pH жидких сред организма как основы для нормальных биохимических реакций и, следовательно, жизнедеятельности. Метаболизм (обмен веществ) происходит при обязательном участии ферментативных систем, активность которых тесно зависит от химической реакции электролита. Вместе с водно-электролитным обменом кислотно-щелочное равновесие играет решающую роль в протекании биохимических реакций.

Процессы гомеостаза направлены прежде всего на поддержание постоянства внутренней среды организма, а регуляция внешних действий — на поддержание равновесия организма с окружающей средой. Вместе они образуют сложную систему, позволяющую организму удовлетворять свои потребности, жить и продолжать свой биологический вид.

Организм как сложноорганизованная система имеет не один, а несколько путей регуляции, прежде всего гуморальный и нервный. **Гуморальная регуляция** (от лат. *humor* – жидкость) осуществляется гормонами, медиаторами, ионами, продуктами обмена, выделяемыми одними клетками в кровь, лимфу или тканевую жидкость и действующими на другие клетки и органы, изменяя их работу, ведущее место в этой системе принадлежит железам внутренней секреции. Скорость гуморальной регуляции определяется скоростью движения крови по сосудам - от 0,005 до 0,5 м/с, т.е. она позволяет осуществить медленную перестройку работы органов. **Нервная регуляция** – регуляция посредством воздействия нервной системы на работающие органы — обеспечивает более быструю перестройку функции органов, так как осуществляется рефлекторно, а скорость передачи импульса в нервной системе достигает – 140 м/с. Нейрогуморальная регуляция объединяет все функции организма, благодаря чему он существует как единое целое, хотя каждая его клетка имеет свою внутреннюю систему регуляции.

Возрастные особенности гомеостаза. Детский организм находится в постоянных процессах роста и формирования, поэтому в нем усвоение веществ должно устойчиво преобладать над их расщеплением и выведением. Это отличает детский организм от организма взрослых, у которых интенсивность метаболических процессов находится в состоянии динамического равновесия. В связи с этим регуляция гомеостаза детского организма оказывается значительно более напряженной, чем у взрослых. Поэтому в детском возрасте значительно чаще, чем у взрослых, встречаются нарушения гомеостаза, нередко угрожающие жизни. Они обусловлены незрелостью функции почек, кровеносной системы, желудочно-кишечного тракта и легких, снижающей возможности адаптации организма к изменениям внешней и внутренней среды. Это выражено в большей степени у детей младшего возраста, а у недоношенных младенцев первых месяцев жизни может принимать критический характер, когда каждое колебание условий внешней среды приводит к значительным нарушениям жизнедеятельности организма.

Одним из основных факторов гомеостаза является обмен в организме воды и растворенных в ней минеральных солей (водно-солевой баланс). Рост ребенка и увеличение его массы сопровождается отчетливыми изменениями распределения воды в организме. Система регуляции постоянства объема жидкости (волюморегуляция) в детском возрасте не полностью обеспечивает компенсацию отклонений в водном балансе. Высокое содержание воды в тканях у новорожденных и детей раннего возраста определяет значительно более высокую, чем у взрослых, потребность ребенка в воде (в расчете на единицу массы тела). Потери воды или ее ограничение быстро ведут к обезвоживанию организма. При этом почки – главные исполнительные органы в системе регуляции объема жидкости – из-за незрелости механизмов фильтрации мочи не обеспечивают экономию воды.

Кроме этого, значительные (более существенные, чем у взрослых) потери воды при дыхании и через поверхность кожи создают дополнительные

предпосылки для обезвоживания организма, нарушающего все метаболические процессы, а иногда и угрожающего жизни ребенка.

Перестройка нейроэндокринной системы в пубертатном периоде (периоде полового созревания) также сопряжена с изменениями гомеостаза. Однако функции почек и легких достигают в этом возрасте зрелости, поэтому сдвиги в обмене веществ легче компенсируются и могут быть выявлены только при биохимическом исследовании крови.

Один и тот же уровень гомеостатических величин в различные возрастные периоды поддерживается за счет различных механизмов их регулирования. Например, постоянство уровня артериального давления в молодом возрасте поддерживается за счет более высокого сердечного выброса и низкого общего периферического сопротивления сосудов, а в пожилом и старческом – за счет более высокого общего периферического сопротивления и уменьшения величины сердечного выброса.

Сохранение относительного гомеостаза при процессах старения достигается тем, что одновременно происходит не только угасание и нарушение многих процессов в организме, но и развитие специфических для этого возрастного этапа приспособительных механизмов.

За счет этого поддерживается неизменный уровень содержания сахара в крови, кислотно-щелочное равновесие крови, стабильное осмотическое давление и т.д. В пожилом и старческом возрасте снижаются общие потенциальные возможности приспособительных механизмов. Поэтому в старости при повышенных нагрузках, стрессах и других ситуациях вероятность срыва адаптационных механизмов и нарушения гомеостаза увеличиваются.

Такое уменьшение надежности механизмов гомеостаза является одной из важнейших предпосылок развития патологических нарушений в старости.

2.4. Терморегуляция

В процессах гомеостаза у всех теплокровных животных и человека большое значение имеет терморегуляция – способность поддерживать температуру тела на постоянном уровне независимо от колебаний температуры окружающей среды (*изотермия*). В отличие от животных, температура тела которых находится в прямой зависимости от температуры окружающей среды (земноводные, пресмыкающиеся, рыбы), уровень температуры тела теплокровных организмов позволяет им сохранять свою активность в разных условиях обитания, повышая таким образом их адаптационные возможности.

Постоянство температуры тела обусловлено балансом между процессами образования тепла и теплоотдачи. Эти процессы регулируются сложными рефлекторными актами, которые возникают в ответ на температурное раздражение рецепторов кожи, кожных и подкожных сосудов, а также центральной нервной системы. Терморецепторы, воспринимающие холод или тепло, находятся в передней части гипоталамуса, в ретикулярной формации среднего мозга, а также в спинном мозге. В гипоталамусе расположены основные центры терморегуляции, которые координируют многочисленные и

сложные процессы, обеспечивающие сохранение температуры тела на постоянном уровне. Терморегуляторные рефлексы могут осуществляться и спинным мозгом, который содержит центры некоторых терморегуляторных рефлексов. Определенное значение в процессах терморегуляции играет кора головного мозга. В осуществлении регуляции температуры тела участвуют железы внутренней секреции, главным образом щитовидная железа и надпочечники, образование гормонов в которых контролируется нервной системой. Во время пребывания в условиях охлаждения происходит усиленное выделение в кровь гормона щитовидной железы, повышающего обмен веществ и, следовательно, образование тепла. Участие надпочечников в терморегуляции связано с выделением ими в кровь адреналина, который суживает кожные сосуды, уменьшая теплоотдачу, и повышает теплообразование, усиливая окислительные процессы в тканях.

Так как разные органы имеют разную активность метаболизма, их температура может различаться. Самую высокую температуру имеет печень ($37,8-38^{\circ}\text{C}$), так как она расположена глубоко внутри тела и имеет самый высокий уровень обменных процессов. Температура кожи вследствие высокой теплоотдачи самая низкая ($29,5-33,9^{\circ}\text{C}$ на открытых участках) и зависит от температуры окружающей среды. Различные участки кожи имеют неодинаковую температуру: самая высокая на туловище и голове ($33-34^{\circ}\text{C}$), самая низкая – на конечностях.

Температура тела в течение дня колеблется в пределах $0,5-0,7^{\circ}\text{C}$: максимум отмечается при мышечной работе и в 16-18 ч вечера, минимум – в покое и в 3-4 ч утра. Измеряют температуру тела в подмышечной впадине ($36,5-36,9^{\circ}\text{C}$), у грудных детей часто в прямой кишке, где она выше и составляет $37,2-37,5^{\circ}\text{C}$.

Постоянство температуры тела у человека сохраняется лишь при равновесии процессов теплообразования и теплоотдачи организма (рис.2.13). Это достигается с помощью физических и химических механизмов терморегуляции.

Химическая терморегуляция осуществляется путем активизации обменных процессов в тканях организма, сопровождающейся выделением дополнительного количества энергии и усилением теплообразования. У человека усиление теплообразования отмечается при снижении температуры окружающей среды ниже оптимальной (так называемой зоны температурного комфорта). В одежде температура комфорта составляет $18-20^{\circ}\text{C}$, без нее – 28°C . Наиболее интенсивное теплообразование наблюдается в мышцах, печени и почках.

Физическая терморегуляция осуществляется за счет изменения отдачи тепла организмом, которая осуществляется тремя путями: излучением тепла (радиационная теплоотдача), конвекцией (перемешивание нагреваемого телом воздуха) и испарением воды с поверхности кожи и легкими. В состоянии покоя при температуре 20°C у человека радиация составляет 66%, испарение – 19%, конвекция – 15% общей потери тепла организмом. Уменьшает теплоотдачу одежда, которая создает слой неподвижного воздуха между ней и телом;

обнаженное тело быстрее теряет тепло. Препятствует теплоотдаче слой подкожной жировой клетчатки, поскольку ее жировая ткань имеет малую теплопроводность.

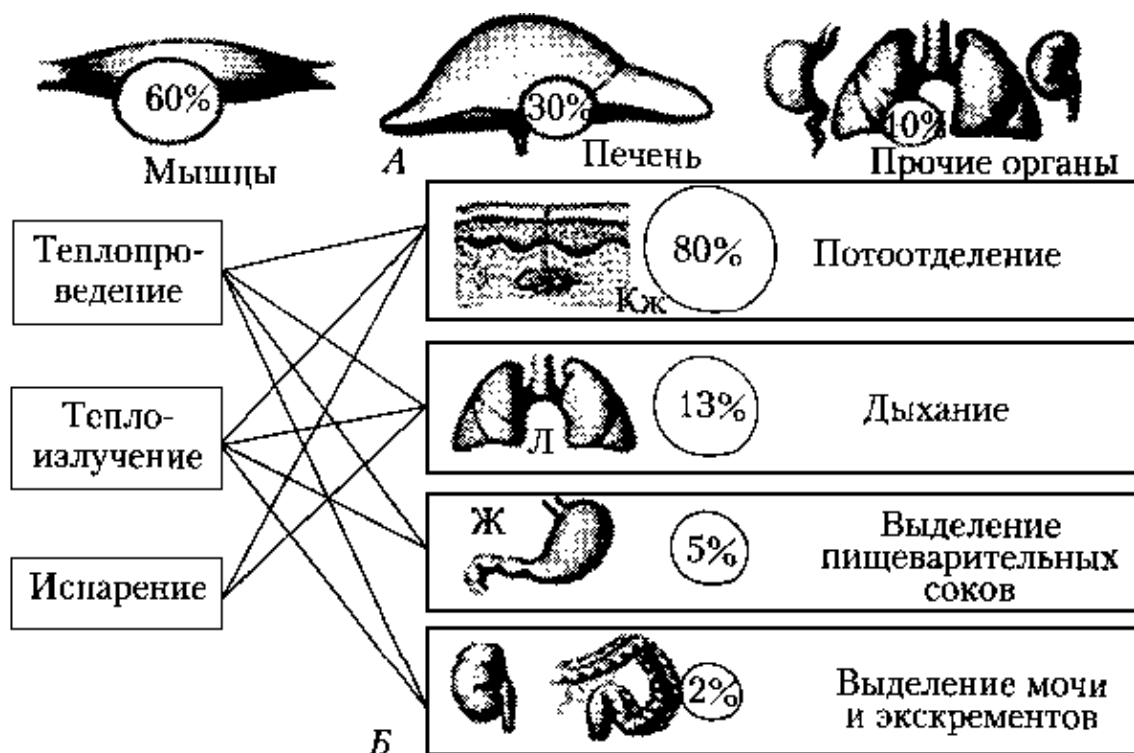


Рис. 2.13. Пути теплопродукции и теплоотдачи[6,9]

При повышении температуры окружающей среды до 35°C радиация и конвекция становятся невозможными и температура тела поддерживается только за счет испарения: происходит усиленное испарение пота. При тяжелой мышечной работе значительная часть избыточного тепла (75%) также удаляется путем испарения влаги с поверхности тела; однако оно тоже не всегда оказывается эффективным: например, при высокой влажности воздуха или при ношении воздухонепроницаемой одежды, препятствующей испарению. В поддержании температуры тела участвует и дыхание: во время выдоха легкие выделяют воду в виде водяных паров. В связи с этим при высокой температуре воздуха дыхание учащается, а при низкой – становится более редким.

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, а внутренние органы дополнительно согреваются. При еще более сильном охлаждении открываются артериовенозные анастомозы (сосуды, обеспечивающие сброс крови из артерий в вены), уменьшается поступление крови в капилляры и соответственно теплоотдача. При повышении температуры окружающей среды сосуды кожи расширяются, селезенка и другие кровяные депо выбрасывают в общий кровоток дополнительное количество крови, увеличивается прохож-

дение крови по сосудам кожи и возможность ее охлаждения за счет теплоотдачи с поверхности тела.

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»). Это рудиментарная реакция сохранилась у человека в процессе эволюции от животных предков, покрытых шерстью, – при охлаждении она позволяет поднять шерсть, увеличив таким образом слой согретого неподвижного воздуха вокруг туловища. Кроме того, сокращаясь, мышцы кожи закрывают выводные протоки потовых желез, уменьшая испарение воды с поверхности тела. Озноб, возникающий при переохлаждении, также направлен на стабилизацию терморегуляции: мелкие мышечные сокращения приводят к дополнительному образованию тепла, идущему на согревание тела.

Изменение терморегуляции в онтогенезе. В процессе онтогенеза способность поддерживать постоянную температуру тела развивается постепенно. Новорожденный ребенок отличается слабой способностью поддерживать постоянство температуры тела, у него легко может наступить охлаждение или перегревание организма при температурах, не влияющих на взрослый организм. Даже небольшая мышечная нагрузка (длительный крик ребенка) может привести к повышению температуры тела. Еще ниже способность к удержанию постоянной температуры у недоношенных детей, температура их тела в значительной степени зависит от температуры окружающей среды.

Основные терморегуляторные реакции организма формируются в младенческом возрасте. В первые месяцы жизни защита от потери тепла организмом осуществляется главным образом подкожной жировой клетчаткой. Такой статичный механизм не позволяет в достаточной степени регулировать теплоотдачу в соответствии с текущей ситуацией, поэтому дети младенческого возраста легко подвержены переохлаждению и перегреванию. Организм ребенка приспособлен к уменьшению теплоотдачи с относительно большой поверхности тела преимущественно за счет теплоизоляции подкожной жировой клетчаткой. Кроме того, в этом возрасте в организме ребенка функционирует бурая жировая ткань. Она насыщена митохондриями, участвующими во внутриклеточных энергетических процессах, и служит для обогрева крупных сосудов, расположенных вдоль позвоночника. В течение первого года жизни происходит формирование сосудодвигательных реакций, определяющих тонус поверхностно расположенных сосудов и регулирующих таким образом теплоотдачу. Сосудодвигательные реакции в этом возрасте еще несовершенны, легко возникает переохлаждение или перегревание организма, поэтому при уходе за младенцами и их воспитании тепловой режим должен соблюдаться достаточно строго. В период от 1 года до 3 лет перестает 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 — около 30°C. В возрасте от 3 до 7 лет значительное место занимают механизмы химической (метаболической) терморегуляции. С 6-летнего возраста начинается быстрое совершенствование сосудодвигательных реакций периферических сосудов и к 10 годам физическая терморегуляция приближается по своей эффективности к уровню взрослого человека. В подростковом возрасте увеличивается скорость кровотока, что приводит к повышению температуры кожи. Кроме этого, неустойчивость сосудистого тонуса, свойственная этому возрасту, снижает возможности физической терморегуляции и для поддержания постоянства температуры тела опять становится необходимым увеличение производства тепла за счет активизации метаболических процессов. Таким образом, в регуляции температурного гомеостаза в подростковом 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. В пожилом и старческом возрасте вновь отмечается регресс процессов терморегуляции: замедляются обменные процессы, обеспечивающие организм энергией. Снижаются возможности адаптационной регуляции тонуса сосудов и мышечного компонента физической терморегуляции. Это приводит к снижению температуры тела, легкому возникновению переохлаждения организма, воспалительных и простудных заболеваний.

Тема 3.

ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНЫЙ АППАРАТ

Опорно-двигательный аппарат – это единый функциональный аппарат, который позволяет организму иметь определенную форму, противостоящую силам гравитации, и передвигаться в пространстве. Помимо этого, кости, суставы, связки, мышцы, составляющие опорно-двигательный аппарат, способствуют гармоничной деятельности внутренних органов, создавая для них опору и защиту от внешних воздействий, активно участвуют в обмене веществ в организме, кроветворении, в обработке информации о положении тела в пространстве и о различных воздействиях на него.

Опорно-двигательный аппарат подразделяется на *костно-суставную*, или *скелетную систему*, состоящую из костей, суставов и связок (пассивная часть опорно-двигательного аппарата), и *мышечную систему*, обеспечивающую движение или фиксацию тела или его частей в пространстве (активная часть опорно-двигательного аппарата).

3.1. Костно-суставная система

В скелете (от греч. *skeleton* – высохший, высушенный) человека насчитывается 206 костей – 85 парных и 36 непарных, которые в зависимости от формы и функции делятся на *трубчатые* (кости конечностей); *губчатые* (ребра, грудина, позвонки); *плоские* (кости черепа, таза, поясов конечностей); *смешанные* (основание черепа). Основные кости скелета человека представлены на рис. 3.1.

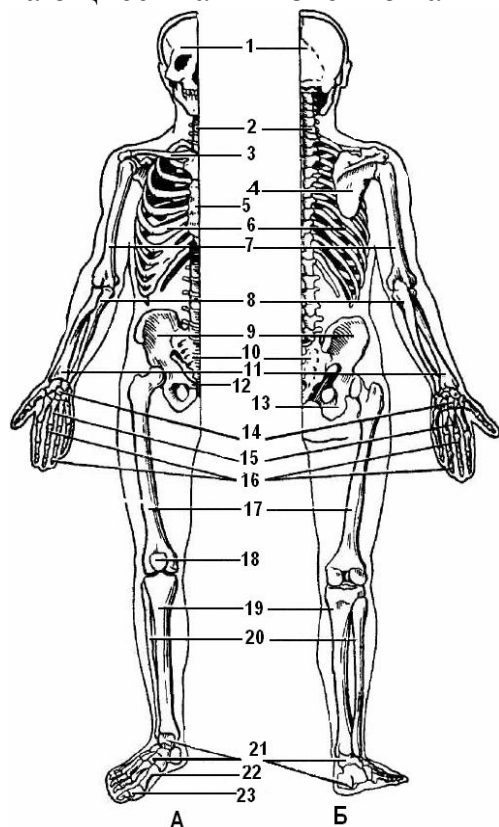
В жизнедеятельности человеческого организма скелет выполняет ряд важных функций:

1. *Опорная функция*: скелет служит опорой для мышц и внутренних органов, которые, фиксируясь к костям связками, удерживаются в своем положении.

2. *Двигательная функция*: кости, составляющие скелет, являются рычагами, которые приводятся в движение мышцами и участвуют в двигательных актах.

3. *Рессорная функция*: способность смягчать толчки от столкновения с твердыми объектами при передвижении, уменьшая тем самым сотрясение жизненно важных органов. Происходит это благодаря сводчатому строению стопы, связкам и хрящевым прокладкам внутри суставов (соединений костей между собой), изгибам позвоночника и др.

4. *Защитная функция*: кости скелета образуют стенки полостей (грудной полости, полости черепа, таза, позвоночного канала), защищая расположенные там жизненно важные органы.



- 1 – череп;
- 2 – позвоночный столб;
- 3 – ключица;
- 4 – лопатка;
- 5 – грудина;
- 6 – ребра;
- 7 – плечевая кость;
- 8 – локтевая кость;
- 9 – подвздошная кость;
- 10 – крестец;
- 11 – лучевая кость;
- 12 – локтевая кость;
- 13 – седалищная кость;
- 14 – запястье;
- 15 – пясть;
- 16 – фаланги пальцев;
- 17 – бедренная кость;
- 18 – надколенник;
- 19 – большая берцовая кость;
- 20 – малая берцовая кость;
- 21 – предплюсна;
- 22 – плюсна;
- 23 – кости пальцев стопы

Рис.3.1. Скелет человека спереди (А) и сзади (Б) [1,9]

5. *Участие костей скелета в обмене веществ*, прежде всего в минеральном обмене: кости – депо минеральных солей кальция и фосфора, необходимых не только для образования костной ткани, но и для функционирования различных систем организма, в первую очередь нервной системы. 99% всего кальция находится в костях. При недостатке в пище солей кальция происходит высвобождение кальция из костной ткани.

6. *Участие костей скелета в кроветворении*: находящийся в них красный костный мозг вырабатывает эритроциты, зернистые формы лейкоцитов и тромбоциты.

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 (так называемые питательные отверстия).

Снаружи кость покрыта *надкостницей*. Она отсутствует только на суставных поверхностях, покрытых суставным хрящом. Надкостница представляет собой тонкую соединительнотканную пленку бледно-розового цвета и имеет два слоя: наружный волокнистый (фиброзный) и внутренний костеобразующий. Она богата нервами и сосудами, которые участвуют в питании кости и ее росте в толщину. Рост костей обусловлен разными механизмами: рост плоских костей происходит за счет надкостницы и соединительной ткани швов; рост трубчатых костей в толщину – за счет надкостницы, в длину – за счет эпифизарных хрящей, расположенных между эпифизом и диафизом.

Внутри костей между костными пластинками и в костных каналах трубчатых костей находится *костный мозг* – орган кроветворения и иммунной защиты. Красный костный мозг представляет собой красную сетчатую 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.

Во внутриутробном периоде и у новорожденных в связи с интенсивным кроветворением и костеобразованием во всех костных полостях находится красный костный мозг. У взрослого человека красный костный мозг содержится только в ячейках губчатого вещества плоских костей (грудина,

крылья подвздошных костей) и эпифизах трубчатых костей, а в диафизах трубчатых костей находится желтый костный мозг.

Соединения костей скелета делятся на непрерывные и прерывные. *Непрерывные соединения* (синартрозы) являются более ранними по развитию и неподвижными по функции. *Прерывные соединения* (диартрозы, или суставы) появляются в процессе развития значительно позже и по функции подвижны. Между этими формами существует переходная – симфиз, или полусустав, характеризующийся наличием небольшой щели и не имеющий строения настоящего сустава, подвижность его минимальная (рис.3.2).

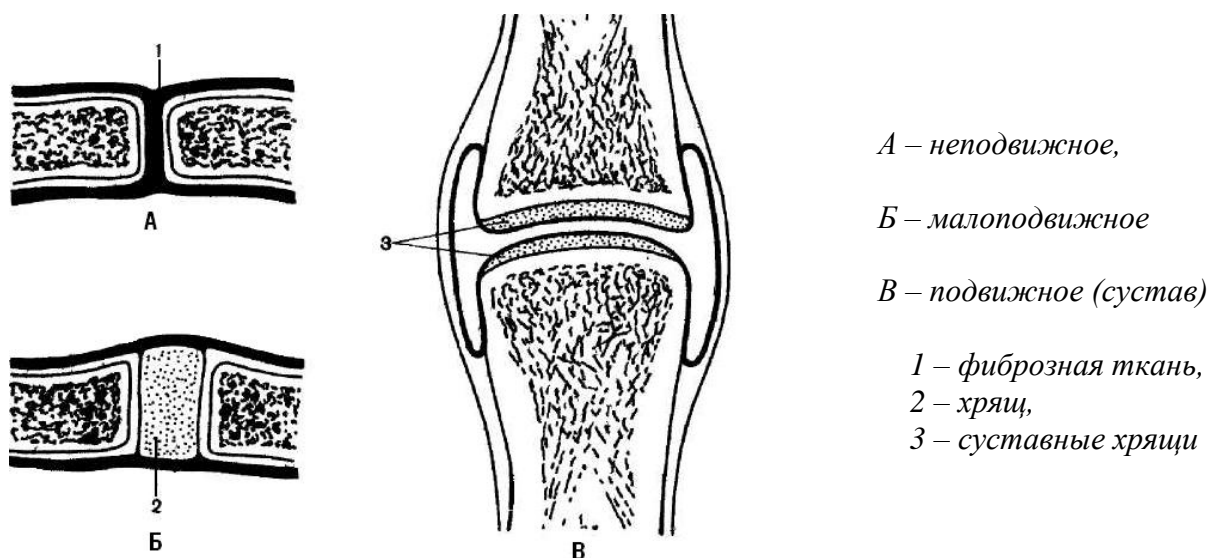


Рис.3.2. Типы соединения костей[6]

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 – 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 густую прозрачную *синовиальную жидкость*, или синовию, уменьшающую трение суставных поверхностей. Кроме того, синовия играет существенную роль в обмене веществ и укреплении сустава, служит буфером, смягчающим сдавление и толчки суставных поверхностей.

Сверху к суставной капсуле подходят связки и сухожилия мышц, составляющие вспомогательный аппарат для укрепления сустава. Связки очень мало растягиваются, соединяют две кости, образующие 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.

Развитие костно-суставной системы в онтогенезе

Скелет ребенка при рождении имеет много хрящевой ткани, особенно в позвоночнике, запястьях, костях таза. Костная ткань у ребенка грудного возраста имеет волокнистое строение, бедна минеральными солями, богата водой и кровеносными сосудами. Поэтому кости ребенка легкие, гибкие, не обладают достаточной прочностью, легко поддаются искривлению и приобретают неправильную форму под влиянием давления или при систематическом неправильном положении тела. К 2 годам их строение уже в значительной степени приближается к строению костей взрослого (рис.3.3).

Скорость роста костей увеличивается во время первого ростового скачка (в 6-7 лет) и особенно выражено во время второго ростового скачка в пубертатном периоде, к концу которого формируются окончательный рельеф кости и костномозговые полости. К 20-25-летнему возрасту происходит практически полное замещение хрящей костной тканью. С этого времени рост костей в длину прекращается.

Сроки процессов окостенения определены «программой развития», заложенной в генетическом аппарате человека, однако зависят и от факторов внешней среды: сбалансированного рациона питания с достаточным содержанием солей кальция, белка и витаминов, адекватной двигательной нагрузки. Эти факторы в значительной мере влияют и на скорость роста костей, насыщенность костной ткани минеральными и органическими веществами. Причинами нарушения сроков процесса окостенения могут быть снижение функции желез внутренней секреции (передней доли гипофиза, щитовидной) и некоторые другие патологические состояния.

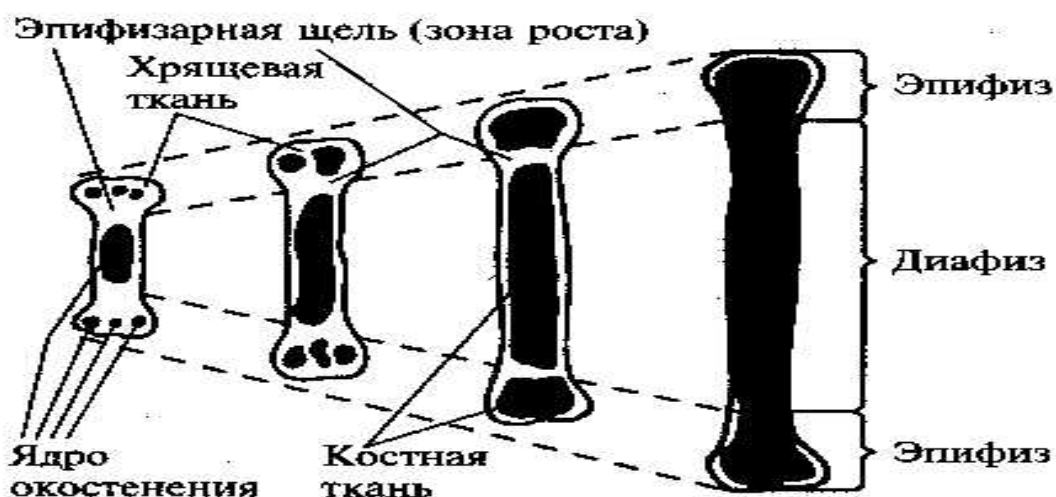


Рис.3.3. Последовательные стадии окостенения [6]

Краткая характеристика и возрастные особенности отделов костно-суставной системы

Череп состоит из мозгового и лицевого отделов. *Мозговой отдел* – черепная коробка – защищает головной мозг от повреждений; образован лобной, затылочной, двумя теменными и двумя височными костями. В состав *лицевого отдела* черепа входят верхняя и нижняя челюсти, скуловые, носовые и другие кости. Все кости черепа, кроме нижнечелюстной, неподвижно соединены между собой (рис.3.4).

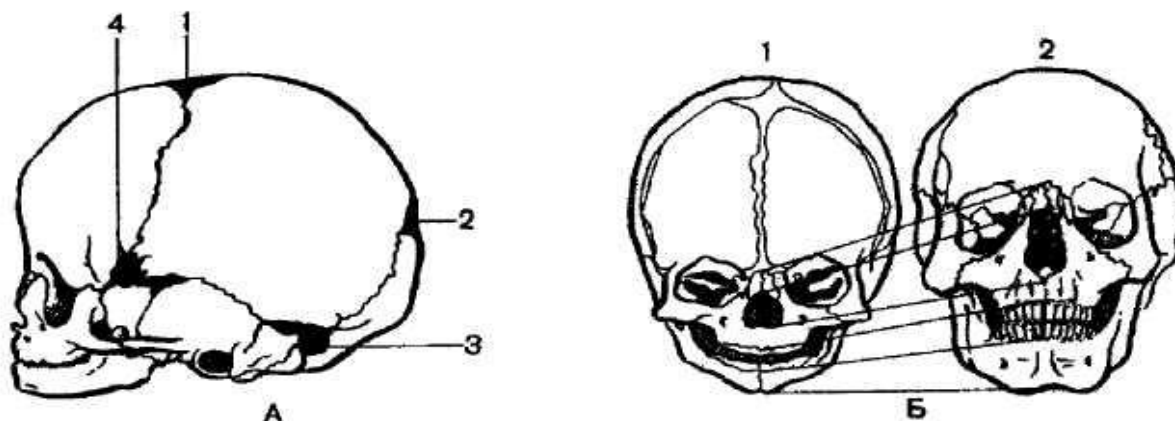


Рис.3.4. Особенности черепа новорожденных[6]:

А — расположение родничков:

1 – лобный; 2 – затылочный; 3 – задний боковой; 4 – передний боковой;

Б – соотношение между лицевой и мозговой частями черепа у новорожденных и взрослых:

1 – у новорожденного; 2 – у взрослого

Соотношение размеров частей черепа новорожденного с длиной и массой его тела иное, чем у взрослого. Череп ребенка значительно больше, а кости черепа разобщены. Пространства между костями заполнены прослойками соединительной ткани или неокостеневшего хряща. Мозговой череп по размеру существенно преобладает над лицевым. Если у взрослого соотношение объема лицевого черепа к мозговому составляет примерно 1:2, то у новорожденного это соотношение 1:8.

Главной отличительной особенностью черепа новорожденного и грудного ребенка является наличие родничков. **Роднички** – это неокостеневшие участки перепончатого черепа, которые располагаются в местах формирования будущих швов. К моменту рождения между сформировавшимися костями сохраняются участки узких полос соединительной ткани (швы) и более широких пространств (роднички). Податливость этих участков черепа, их способность западать и выпячиваться обеспечивают возможность прохождения головы плода по родовым путям.

Передний, или большой, родничок имеет форму ромба и располагается в месте соединения лобной и теменных костей. Полностью он окостеневает к 2 годам. Задний, или малый, родничок находится между затылочной и те-

менными костями. Он окостеневает уже на 2-3-й месяц после рождения. Клиновидный родничок парный, располагается в переднем отделе боковых поверхностей черепа, между лобной, теменной, клиновидной и височной костями. Он окостеневает практически сразу после рождения. Сосцевидный родничок также парный, располагается сзади от клиновидного, в месте соединения затылочной, теменной и височной костей. Окостеневает он в одно время с клиновидным (рис.4.4).

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 более выражен в связи с большим развитием прикрепленных к нему мышц. Лицевой череп у мужчин растет в длину сильнее, чем у женщин. До периода полового созревания различий в черепе мальчиков и девочек почти нет, а затем лицо у мужчин вытягивается, а у женщин остается округлым.

Скелет туловища образуют *позвоночник* и *грудная клетка*. Позвоночный столб, или позвоночник, представляет собой основную опору скелета и всего организма и состоит из 32-34 позвонков, разделенных межпозвоночными дисками: 7 шейных, 12 грудных, 5 поясничных, 5 крестцовых и 4-5 копчиковых позвонков (рис.3.5). Позвонки несколько различаются своим строением: их масса и размеры увеличиваются по направлению от верхних к нижним, а также в участках соединения с костями плечевого и тазового поясов. Кроме того, прочность и упругость обеспечиваются разнонаправленными изгибами, чередующимися в позвоночнике (изгибам, обращенным вперед, – *шейному и поясничному лордозам* – соответствуют изгибы, обращенные назад, – *грудной и крестцовый кифозы*). Их появление связано с прямохождением и позволяет позвоночнику работать подобно рессоре, обеспечивая амортизацию толчков при ходьбе, беге, прыжках, предохранению внутренних органов и спинного мозга от сотрясений.

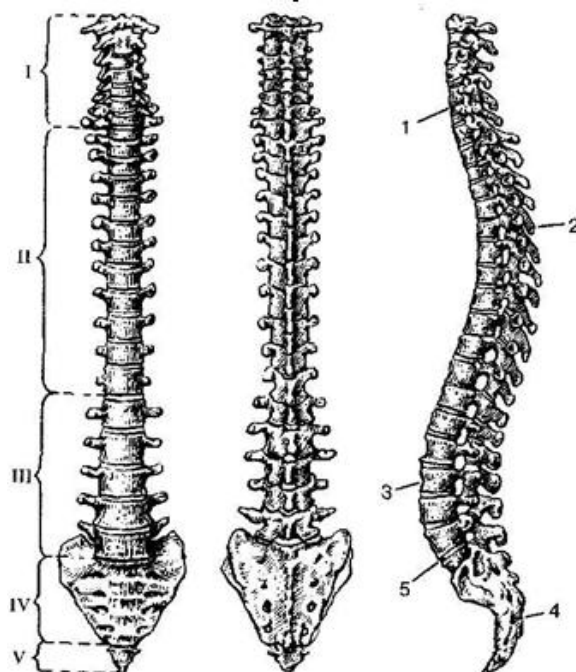


Рис.3.5. Позвоночник[6]: Вид спереди (А), сзади (Б) и сбоку (В)

Отделы: I – шейный, II – грудной, III – поясничный, IV – крестцовый, V – копчиковый; 1 и 3 – шейный и поясничный лордозы; 2 и 4 – грудной и крестцовый кифозы; 5 – мыс.

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.

Грудные позвонки, ребра и грудная кость (грудина) образуют **грудную клетку**, которая находится в верхней части туловища. Грудная клетка защищает от повреждений расположенные в ней сердце и легкие. У человека 12 пар плоских дугообразно изогнутых ребер, которые сзади соединены суставами с позвонками, а спереди при помощи гибких хрящей соединяются с грудиной, расположенной по средней линии груди (кроме двух пар нижних ребер, передние концы которых не имеют соединений). Это позволяет грудной клетке расширяться или сужаться при дыхании.

Грудная клетка у новорожденного имеет пирамидальную форму, несколько сдавлена с боков, ребра лежат почти горизонтально. До 7 лет она имеет удлинненную форму, к 15 годам ее поперечный размер увеличивается, окончательная форма достигается к 17-20 годам. В пожилом возрасте она

уплощается в переднезаднем направлении, удлиняется за счет ослабления межреберных мышц. Грудная клетка женщины меньше, короче, уже в нижнем отделе и более округлая, чем у мужчин. Форма ее может изменяться в связи с заболеваниями. Правильному развитию грудной клетки способствуют занятия физкультурой и спортом.

В скелет верхней конечности входят *плечевой пояс* (кости лопатки и ключицы) и скелет свободной части верхней конечности – *руки*, состоящий из трех отделов: плеча, предплечья и кисти. Длинная плечевая кость образует плечо. Две кости – локтевая и лучевая – составляют предплечье, с которым соединяется кисть, состоящая из мелких косточек запястья и пясти, образующих ладонь, и пяти гибких подвижных пальцев; большой палец у человека в отличие от животных противопоставлен остальным четырем. При помощи лопаток и ключиц, образующих плечевой пояс, кости руки прикрепляются к позвоночнику и груди.

Тазовый пояс служит для соединения **нижних конечностей** с позвоночником, создает опору для верхней части туловища и внутренних органов при прямохождении, защищает внутренние органы от внешних воздействий. Таз состоит из двух безымянных костей, правой и левой, которые образуются из срастающихся к 14-16 годам трех отдельных костей: подвздошной, седалищной и лобковой (лонной). До 14-16 лет эти кости соединяются посредством хряща в области вертлужной впадины (место соединения тазовой кости с бедренной).

Мужской таз более высокий и узкий, а женский — более широкий, низкий и емкий. В онтогенезе под действием мышц и половых гормонов форма и размеры таза претерпевают значительные изменения.

Нижняя конечность (*нога*) состоит из бедра, голени и стопы. Бедро образовано бедренной костью – самой крупной костью нашего тела. Голень состоит из двух берцовых костей, а стопа – из нескольких костей, самая крупная из которых пяточная. Нижние конечности прикреплены к туловищу с помощью пояса нижних конечностей (тазовых костей). В связи с прямохождением у человека тазовые кости шире и массивнее, чем у животных. Кости конечностей соединяются между собой подвижно при помощи суставов.

Наиболее интенсивный рост конечностей у мальчиков наблюдается в 12-15 лет, у девочек – в 13-14. В этот период развитие мышц и подкожного жирового слоя отстает от роста костей и создается впечатление, что подросток худеет. После завершения пубертатного скачка роста формируется тип телосложения. Рост конечностей и туловища замедляется, увеличиваются поперечные размеры туловища (у мальчиков – плечевого пояса, у девочек – тазового). К началу юношеского возраста заканчивается формирование типа телосложения, однако вследствие изменений гормонального фона может меняться соотношение различных отделов скелета: так, в период беременности у женщин увеличиваются размеры таза; в пожилом возрасте как у мужчин, так и у женщин могут уменьшаться размеры плечевого пояса.

3.2. Осанка и профилактика ее нарушений

Развитие опорно-двигательного аппарата лежит в основе *осанки* – привычного положения тела при сидении, стоянии, ходьбе, которое начинает формироваться с раннего детства. Нормальной, или правильной, считается осанка, характеризующаяся умеренными естественными изгибами позвоночника, расположенными параллельно и симметрично (без выпячивания нижнего края) лопатками, развернутыми плечами, прямыми ногами и нормальными сводами стоп. Она наиболее благоприятна для функционирования двигательного аппарата и внутренних органов.

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 8-12 месяцев ребенок начинает стоять и формируется поясничный лордоз, а вместе с ним и крестцовый кифоз (рис.3.6). Эти изгибы позвоночника есть у каждого здорового человека и называются физиологическими. Хотя характерная конфигурация позвоночника складывается к 3-4 годам, постоянство шейной кривизны устанавливается лишь к 7 годам, а поясничной – к 12 годам.



Рис.3.6. Формирование изгибов позвоночника в онтогенезе ребенка[5]

Неправильная осанка отрицательно сказывается на функциях мышц, суставов, внутренних органов: затрудняется работа сердца, легких, желудочно-кишечного тракта, уменьшается жизненная емкость легких, снижается обмен веществ, появляются головные боли, повышается утомляемость, снижается аппетит; ребенок становится вялым, апатичным, избегает подвижных игр.

Признаки неправильной осанки – сутулость, усиление естественных изгибов позвоночника в грудной области (кифотическая осанка) или поясничной области (лордотическая осанка), плоская спина (уплощение естественных изгибов), а также сколиоз – боковое искривление позвоночника (рис.3.7).

Различают три степени нарушения осанки:

- первая степень – изменен лишь тонус мышц, все дефекты осанки исчезают, когда человек выпрямляется; такое нарушение легко исправляется при систематических занятиях корригирующей гимнастикой;
- вторая степень – изменения появляются в связочном аппарате позвоночника и исправляются лишь при длительных занятиях корригирующей гимнастикой;
- третья степень – присутствуют стойкие изменения в межпозвоночных хрящах и костях позвоночника; такие нарушения с помощью корригирующей гимнастики не восстанавливаются.

Большое внимание на формирование осанки ребенка оказывает состояние его стоп, форма которых зависит главным образом от состояния их мышц и связок. При нормальной форме стопы нога опирается на наружный продольный свод, а внутренний свод работает как рессора, обеспечивая эластичность походки. Если мышцы, поддерживающие нормальный свод стопы, ослабевают, вся нагрузка ложится на связки, которые растягиваются, уменьшая свод стопы. Уплотнение стопы влияет не только на ее опорную функцию, но на положение таза и позвоночника, ведет к нарушению осанки, возникновению болей в стопе, икроножных мышцах, коленных суставах и поясничной области. Снижение амортизационной функции свода стопы нередко приводит к головным болям при прыжках и беге.

Стопа образует свод (рис.3.8), опирающийся на пяточную кость. Сводчатость стопы формируется только после 1 года, когда ребенок начинает ходить.

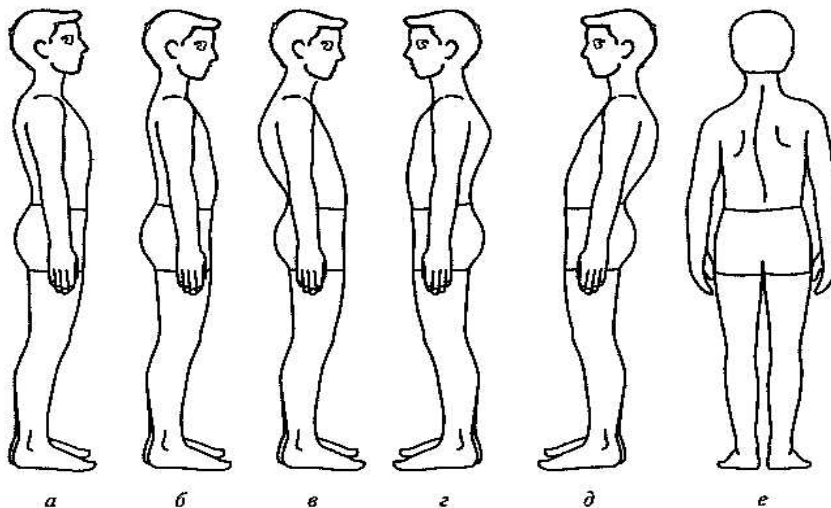


Рис.3.7. Осанка[2,14]: а – нормальная; б – выпрямленная; в – кифотическая; г – лордотическая; д – сутуловатая; е – сколиотическая.

Порядок и сроки окостенения свободных нижних конечностей в целом повторяют закономерности, характерные для верхних.

Появившиеся в детском возрасте отклонения в осанке могут в дальнейшем привести к образованию стойких деформаций костной системы. Чтобы

избежать этого, следует с раннего возраста осуществлять профилактические мероприятия, способствующие правильному развитию опорно-двигательного аппарата.

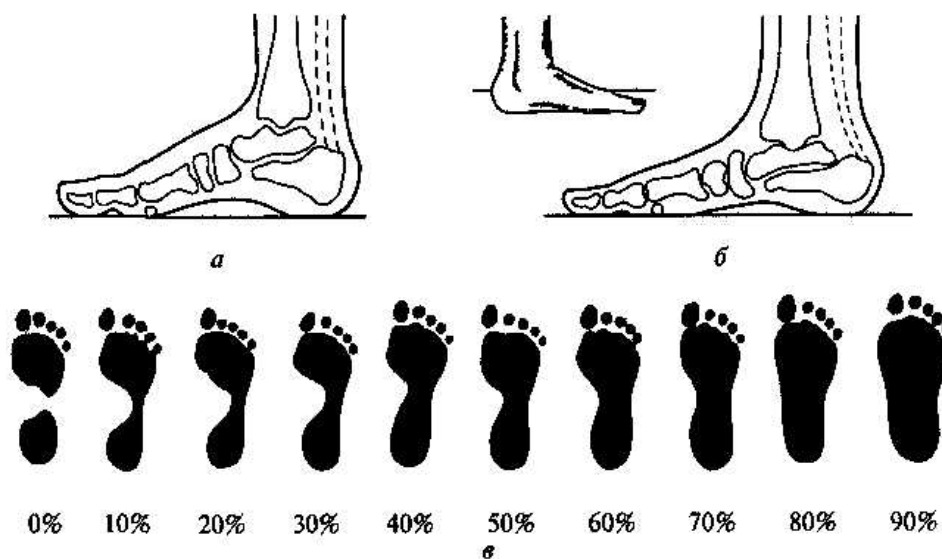


Рис.3.8. Форма стопы[1]: а - нормальная; б - плоская;
в – различные степени плоскостопия.

Не рекомендуется сажать и ставить на ножки детей первого года жизни до того, как они сами освоят этот навык; при обучении ходьбе не следует водить ребенка за одну ручку, так как его поза становится асимметричной и может привести к боковому искривлению позвоночника. Маленькие дети не должны стоять и сидеть продолжительное время, ходить на большие расстояния (во время прогулок и экскурсий), переносить тяжести. Чтобы малыши, играя в песок, не сидели подолгу на корточках, песочные ящики следует делать со скамейками и столиками. Мебель, которой пользуются дети, должна соответствовать их росту и пропорциям тела. Надо следить за правильной осанкой детей во время занятий и приема пищи, игры, работы на участке, не следует разрешать им подолгу стоять с опорой на одну ногу. Не рекомендуется использовать для детей мягкие кровати или прогибающиеся раскладушки, одежду, затрудняющую свободные движения.

Современные дети и подростки нередко много времени проводят за письменным столом или компьютером – гиподинамия в сочетании с вынужденной статической позой неблагоприятны для гармоничного развития опорно-двигательной системы и правильной осанки. Поэтому в организации режима дня и занятий ребенка надо достаточно времени уделять физической активности, делать динамические паузы в занятиях, связанных с сидением за столом, строго соблюдать гигиенические требования к организации рабочего места и позе ребенка за столом.

Для профилактики плоскостопия также необходимо контролировать адекватность двигательного режима ребенка его возрастным потребностям, тренировать свод стопы специальными упражнениями, хождением босиком

по неровной поверхности, следить за правильным подбором обуви, не допускать избыточного веса.

3.3. Мышечная система

Строение и функции мышечной системы:

Организм человека насчитывает около 600 мышц, осуществляющих передвижение тела в пространстве, поддержание позы, обеспечение механизмов дыхания, жевания, глотания, речи, участвующих в работе внутренних органов, кровообращении, теплорегуляции, обмене веществ, а также в восприятии человеком положения тела в пространстве и взаимоположения его частей. Мышца – это сложный целостный орган, включающий в себя поперечно-полосатую скелетную мышечную ткань, плотную и рыхлую соединительную ткань, сосуды, нервы.

В мышце различают брюшко и сухожилие. Брюшко, или собственно мышца, является активно сокращающейся частью и 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. Сухожилие представляет собой пассивную часть, при помощи которой мышца прикрепляется к костям, состоит из плотной соединительной ткани, имеет блестящий светло-золотистый цвет, в отличие от красно-бурого цвета брюшка мышцы, и находится по обоим концам мышцы. В нем меньше кровеносных сосудов и соответственно более низкий уровень обмена веществ. Большинство сухожилий отходят от головки мышцы в виде белых тяжей и крепко удерживают сухожилие на кости, проникая в надкостницу и прикрепляясь 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. Они соединяют не только мышцы с костями, но и мышцы друг с другом (например, сухожилия лица соединяют мимические мышцы, придавая ему определенное выражение). Мышцы, которые начинаются от кости и прикрепляются к ней брюшком, называются сидячими.

К мышцам подходят также нервы, обеспечивающие уровень обменных процессов и мышечный тонус в покое. Благодаря рецепторам и эффекторам осуществляется связь нервной системы с мышцами, позволяющая выполнять задачи адаптации и функционирования в окружающей среде.

Степень развития мускулатуры у разных людей неодинакова. Она зависит от особенностей конституции, пола, профессии, физических нагрузок, питания и других факторов. Систематические физические нагрузки приводят к структурной перестройке мышц, увеличению их веса и объема.

В зависимости от места расположения мышц их подразделяют на соответствующие топографические группы. Различают мышцы головы, шеи, спины, груди, живота; пояса верхних конечностей, плеча, предплечья, кисти; таза, бедра, голени, стопы. Кроме этого, могут быть выделены передняя и задняя группы мышц, поверхностные и глубокие, наружные и внутренние мышцы.

Мышцы могут иметь перистое строение, когда мышечные пучки прикрепляются к сухожилию с одной, двух или нескольких сторон. Это одноперистые, двуперистые, многоперистые мышцы. Перистые мышцы построены из большого количества коротких мышечных пучков, обладают значительной силой. Это *сильные мышцы*. Однако они способны сокращаться лишь на небольшую длину. В то же время мышцы с параллельным расположением длинных мышечных пучков не очень сильные, но они способны укорачиваться до 50% своей длины. Это *ловкие мышцы*, они имеются там, где движения выполняются с большим размахом.

По выполняемой функции, а также по действию на суставы выделяют мышцы-сгибатели и разгибатели, приводящие и отводящие, сжиматели (сфинктеры) и расширители. Различают мышцы по их расположению в теле человека: поверхностные и глубокие, латеральные и медиальные, передние и задние.

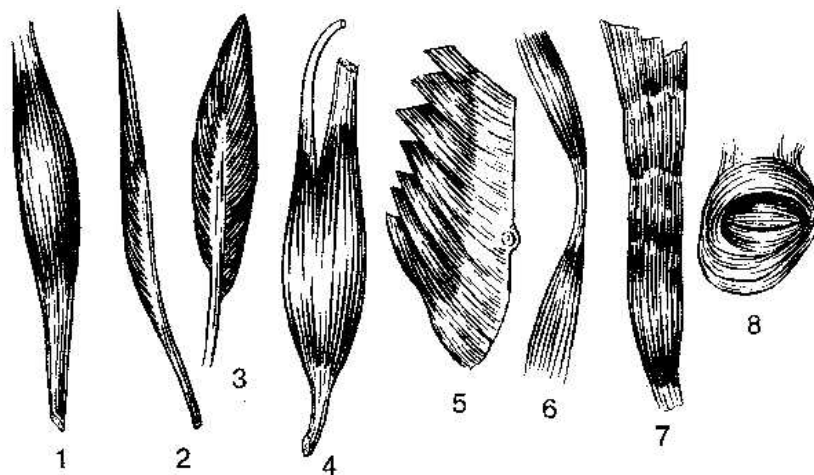


Рис.3.9. Форма мышц[5]:

1 – веретенообразная; 2 – лентовидная; 3 – двубрюшная; 4 – двуглавая; 5 – одноперистая; 6 – двуперистая; 7 – широкая; 8 – сжиматель (сфинктер)

Скелетные мышцы, за небольшим исключением, приводят в движение кости в суставах по законам рычагов. Начало мышцы находится на одной кости, а место ее прикрепления – на другой. Во всяком движении принимает участие не одна, а целый ряд мышц, при этом их действия могут быть взаимно противоположными. В результате сложного комплекса мышечных со-

кращений все части тела двигаются плавно и слаженно. Различные плавные и согласованные движения возможны благодаря работе групп мышц, получивших название функциональной группы. Например, группа мышц, сгибающих сустав, работает одновременно с группой мышц, разгибающих сустав. Мышцы, сокращающиеся в одном направлении, называются синергистами, а мышцы, выполняющие противоположные движения, – антагонистами. Действие любой мышцы может происходить только при одновременном расслаблении мышцы-антагониста. Такая согласованность носит название **мышечной координации**. Например, бицепс и трицепс плеча являются парными антагонистами. Их согласованная работа позволяет поднимать и опускать руки, сгибать и разгибать их в локте.

Мышцы – активный орган и характеризуются интенсивным обменом веществ, хорошо снабжены кровеносными сосудами, которые доставляют кислород, питательные вещества, гормоны и уносят продукты мышечного обмена и углекислый газ. Ток крови через мышцу непрерывен, но количество крови и число капилляров (мелких кровеносных сосудов) зависят от характера и интенсивности работы мышцы. В состоянии относительного покоя задействована примерно третья часть всех капилляров, при физической нагрузке этот показатель значительно возрастает. Установлено, что крупные мышцы организма являются «помощниками» сердца, действуя как насос в передвижении крови по сосудам. Поэтому нагрузка на сердечную мышцу при физической активности у людей, обладающих хорошо развитой мышечной системой, оказывается меньше, чем у нетренированных людей.

В организме каждая скелетная мышца всегда находится в состоянии определенного напряжения, готовности к действию. Минимальное произвольное рефлекторное напряжение мышцы называется **тонусом мышцы**. Он различен у детей и взрослых, у мужчин и женщин, у лиц, занимающихся и не занимающихся физическим трудом. Физические упражнения повышают тонус мышц, определяют изначальный фон, с которого начинается действие скелетной мышцы. У детей тонус мышц ниже, чем у взрослых, у женщин ниже, чем у мужчин, у лиц, не занимающихся спортом, ниже, чем у спортсменов.

Влияние нагрузки на мышечный аппарат человека. Состояние мышц в значительной степени зависит от нагрузки, которой они подвергаются. Усиленная работа мышц способствует увеличению массы мышечной ткани – **гипертрофии мышц**. Такое явление можно наблюдать у тренированных людей, спортсменов, при этом процессы гипертрофии в зависимости от характера физической нагрузки могут распространяться как на все или большую часть мышц организма, так и на отдельные группы. В основе этого явления лежит увеличение массы мышечных волокон и количества содержащихся в них миофибрилл, что приводит к увеличению диаметра мышцы. При этом в мышце активируются обменные процессы, возрастают сила и скорость сокращения. У тренированных людей мускулатура может достигать 50% массы тела вместо обычных 30-40%.

Процесс, противоположный гипертрофии, называется **атрофией мышц**. Атрофия развивается в тех случаях, когда мышца длительно не совершает работу. Это наблюдается при наложении гипса на конечность, долгом пребывании больного в постели, перерезке сухожилия. При атрофии диаметр мышечных волокон и активность обменных процессов в них уменьшаются. После возобновления работы мышцы атрофия постепенно исчезает.

Утомление – временное понижение работоспособности организма или какого-либо органа, наступающее в результате работы и исчезающее после отдыха. Понижение работоспособности мышц при длительной нагрузке обусловлено двумя причинами: во-первых, в мышечной ткани истощаются энергетические запасы, необходимые для сокращения мышечного волокна; во-вторых, накапливаются и не успевают выводиться продукты обмена веществ – «шлаки», которые угнетают деятельность мышечных волокон. Кроме того, большое значение имеет утомление, развивающееся в нервных центрах, управляющих работой данной группы мышц. В работах И.М.Сеченова (1903) показано, что восстановление лучше всего происходит при смене деятельности (такой отдых называется активным).

Чем младше 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 ч после начала бодрствования. Оно может развиваться и при неподвижности, длительном торможении движений. Наибольшая эффективность отдыха для восстановления мышечной работоспособности отмечается в 7-9 лет, 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 два раза выше, чем в 7 лет. Наибольший прирост выносливости при мышечной нагрузке отмечается в 7-10 лет. В 16-19 лет выносливость подростков достигает 85% величины этого показателя у взрослых.

Развитие мышечной системы и движения в онтогенезе

У новорожденного ребенка тонус мышц-сгибателей значительно превышает тонус мышц-разгибателей, что обуславливает специфическую позу новорожденного с приведенными к туловищу и согнутыми руками и ногами. Новорожденный обладает только хаотичной двигательной активностью.

Этапы развития мышц: первые недели после рождения – активное сосание, в 2-3 месяца ребенок начинает удерживать головку в вертикальном положении и приподнимать туловище в положении лежа на животе, в 4-5 месяцев – хватать подвешенную над кроваткой игрушку, в 5-6 месяцев появляется способность переворачиваться, ползать и сидеть, в 11-12 месяцев ребенок делает первые самостоятельные шаги.

В первые месяцы жизни важной функцией скелетной мускулатуры является участие в процессе терморегуляции. Поэтому стимулом двигательной активности скелетных мышц служит изменение температуры окружающей

среды – в прохладном помещении ребенок совершает больше двигательных актов. 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, а также способствует нервно-психическому развитию. Мышцы у ребенка слабые; постепенно их сила увеличивается, в большей степени у мальчиков. Развитию координации и силы мышц способствуют гимнастика и массаж, которые необходимо проводить со второго месяца жизни ребенка.

Развитие мышечной системы, особенно интенсивное на протяжении дошкольного детства, в значительной мере зависит от поступления необходимых для формирования костной и мышечной ткани питательных веществ (прежде всего белков, солей кальция и фосфора, витамина D). Вторым существенным условием ее оптимального развития является рациональный режим статических и динамических нагрузок, обеспечение достаточной двигательной активности. Для его соблюдения необходима правильная организация бодрствования, включающая наряду с физическими упражнениями достаточное время для подвижных игр.

К 3-летнему возрасту тоническая мускулатура, обеспечивающая удержание позы, в основном сформирована. После 3 лет ее развитие идет в сторону количественного нарастания и увеличения функциональной устойчивости, начинают активно развиваться сила и быстрота мышечных сокращений. С этим связаны особенности движений детей раннего возраста: медлительность, относительная 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, обеспечивающие 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 в раннем детстве развиты значительно лучше, чем разгибатели. В этом возрасте особенно хорошо развиты мышцы, обеспечивающие сгибание в локтевом суставе, и сгибатели кисти.

В период с 3 до 6 лет возрастают сила и быстрота движений, в беге появляется фаза полета, увеличиваются ловкость и гибкость. В конце дошкольного возраста созревают нервные центры, управляющие мышечной координацией. Происходит дальнейшее развитие мышц рук и формируются точные движения, обуславливающие способность к рисованию, лепке, а затем и к письму. К 5 годам более интенсивно развиваются разгибатели, увеличивается их тонус, в результате чего ребенок более длительное время может удерживать статическую позу стоя или сидя.

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 воз-

действия организм реагирует активацией всех физиологических систем. Такой способ реагирования неэкономичен, сопровождается быстрым истощением резервов и не может обеспечивать нормальное функционирование в течение длительного времени. Соответственно организм дошкольника не обладает функциональными возможностями для длительного поддержания устойчивых состояний и быстро утомляется при физических нагрузках. Ребенок 6-7 лет способен выдерживать физическую нагрузку не более 5-7 мин, особенно низка устойчивость к статическим нагрузкам.

В младшем школьном возрасте скелетные мышцы ребенка существенно меняются, во всех органах и системах происходят морфофункциональные преобразования, создающие благоприятные условия для длительного поддержания работоспособности. Динамика работоспособности в младшем школьном возрасте отражает повышающуюся надежность функционирования организма ребенка. Дети младшего школьного возраста уже в состоянии длительно, устойчиво поддерживать функциональную активность, объем выполняемой работы у них увеличивается в 4 раза по сравнению с дошкольниками. На возраст 8-9 лет приходится максимум игровой двигательной активности. Младший школьный возраст сенситивен для формирования физической целенаправленной деятельности, в этом возрасте закладываются основы будущих спортивных достижений.

Эластичность мышц у детей раннего возраста значительно выше, чем у взрослых, и с возрастом уменьшается. Упругость и прочность мышц, напротив, 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 сила большинства мышечных групп у мальчиков и девочек 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 превышение силы у мальчиков, достигающее впоследствии 30%.

В подростковом периоде отмечается снижение мышечной работоспособности и выносливости, так как скелетные мышцы конечностей интенсивно растут, энергетический обмен в них становится более напряженным и менее устойчивым. В этом же возрасте отмечается некоторое снижение координации движений, обусловленное непропорциональным ростом костей и мышц. Постепенно, благодаря изменениям в функционировании дыхательной и кровеносной систем, увеличивается кислородное обеспечение скелетных мышц, обменные процессы становятся более эффективными. Отмечается возрастание физических возможностей подростков при выполнении циклической работы. По достижении 15 лет вместе с развитием нервной системы и мышц у подростков нормализуется координация движений. Движения становятся более точными, в этом возрасте успешно могут формироваться рабочие двигательные навыки.

В конце периода полового созревания под влиянием половых гормонов (тестостерона) мышцы интенсивно развиваются. В первую очередь начинают быстро увеличиваться в поперечнике так называемые быстрые волокна, обладающие мощным сократительным аппаратом, количество волокон другого типа остается неизменным. Созревание быстрых мышечных волокон и нервных центров, управляющих их сокращением, повышает скорость двигательной реакции, позволяет совершенствовать силу, ловкость и координацию движений. Исчезает угловатость движений, формируется их пластичский 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.

Возрастная изменчивость двигательных качеств. Важным фактором взаимодействия организма со средой является *работоспособность мышц*. Под работоспособностью понимается потенциальная способность человека показать максимум физического усилия в статической, динамической или смешанной работе. Изучение возрастных особенностей работоспособности (как и других двигательных качеств мышечной системы) у детей дошкольного возраста существенно затруднено, так как основной метод регистрации ее уровня требует определенной степени развития произвольного усилия. Поэтому достоверные данные об изменении мышечной работоспособности относятся к детям старше 6-7 лет.

Развитие *силы* в онтогенезе характеризуется неравномерностью в разные периоды времени и выражено неодинаково для различных групп мышц. С 6-7 лет наиболее значительно развивается сила мышц, сгибающих туловище, бедро, а также мышц, осуществляющих подошвенное сгибание стопы. В 9-11 лет картина несколько изменяется. Для мышц руки наибольшими становятся показатели силы при движении плечом и наименьшими – кистью. Значительно увеличивается сила мышц, разгибающих туловище и бедро. В 13-14 лет это соотношение снова изменяется: сила мышц, выполняющих разгибание туловища, бедра и подошвенное разгибание стопы, вновь возрастает. И лишь к 16-17 годам завершается формирование того соотношения силы мышц, которое типично для взрослого человека.

Интенсивность развития силы мышц зависит от пола. По мере роста и развития различия между показателями мышечной силы у мальчиков и девочек становятся все более выраженными. В возрасте 7-9 лет мальчики и девочки имеют одинаковую силу большинства мышечных групп. У девочек к 7-9 годам сила мышц, разгибающих туловище (становая сила), ниже, чем у мальчиков, однако к 10-12 годам у девочек становая сила становится и относительно, и абсолютно больше. После этого преимущественное развитие силы у мальчиков приводит к концу периода полового созревания к значительному преобладанию силы мышц над силой мышц у девочек.

Быстрота движений характеризует способность выполнять различные действия в наиболее короткий отрезок времени. Развитие этого качества определяется состоянием самого двигательного аппарата и деятельностью центральных иннервационных механизмов, т.е. высокий уровень быстроты движений тесно связан с подвижностью и уравновешенностью процессов возбуждения и торможения в нервной системе. С возрастом быстрота движений увеличивается. Наибольшее развитие этого качества достигается у детей 14-15 лет. Быстрота движения тесно связана и с другими качествами – силой и выносливостью и в значительной мере зависит от степени функционального развития нервных центров и периферических нервов, которое определяет скорость передачи возбуждения от нейронов к мышечным волокнам.

Выносливость – это способность продолжать работу при развивающемся утомлении. Мышечная выносливость определяется временем, в течение которого мышцы способны поддерживать определенное напряжение. Антропометрические исследования показывают, что статическая выносливость, измеряемая по времени сжатия рукой кистевого динамометра с силой, равной половине от максимальной, с возрастом значительно увеличивается. Например, у мальчиков 17 лет этот показатель в 2 раза выше, чем у семилетних, а достижение взрослого уровня происходит только в 20-29 лет.

Важным условием выполнения произвольных движений является упорядоченная или **координированная работа мышц**. Координационные способности растущего организма еще несовершенны. По мере роста и развития ребенка происходит не просто совершенствование координации движений, но и нередко замена одних механизмов другими. Например, в движениях нижних конечностей сначала возникает перекрестно-реципрокная координация, облегчающая попеременное движение ногами (ходьба, бег), и лишь в младшем школьном возрасте формируется симметричная координация движений, облегчающая одновременные движения ног и сменяющая предыдущую (перекрестно-реципрокную) схему путем торможения. Основным механизмом регуляции точности движений является кинестетическая чувствительность (проприорецептивная, или «мышечное чувство»), а также сформированность других органов чувств.

Тема 4. КРОВЬ И СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТАЯ СИСТЕМА

4.1. Состав и функции крови

Связующим элементом, обеспечивающим жизнедеятельность каждой клетки организма, является кровь – жидкая соединительная ткань, непрерывно передвигающаяся по сосудам. Она выполняет важнейшую задачу доставки кислорода, питательных веществ, гормонов ко всем тканям организма и удаления продуктов жизнедеятельности клеток. Помимо этого, кровь участвует в процессах терморегуляции, поддерживая постоянную

температуру тела, и в процессах иммунной защиты организма от микробов, способных вызвать заболевания.

Кровь состоит из жидкой части – *кровяной плазмы* (примерно 54% объема) и так называемых *форменных элементов крови* – специфических кровяных клеток (46% объема). Плазма – желтоватая полупрозрачная жидкость, содержащая 90-92% воды и 8-10% различных биологически активных веществ (белков, жиров, углеводов, микроэлементов, витаминов, гормонов, ферментов, продуктов пищеварения и отходов жизнедеятельности). Из органов пищеварения в плазму крови поступают питательные вещества, которые разносятся ко всем органам. Несмотря на то, что с пищей в организм человека поступает большое количество воды и минеральных солей, в плазме крови поддерживается постоянная концентрация минеральных веществ. Это достигается выделением избыточного количества химических соединений через почки, потовые железы, легкие.

Красные кровяные клетки – эритроциты – являются переносчиками кислорода и углекислого газа в крови. У человека их диаметр составляет 7-8 мкм и приблизительно равен диаметру капилляров, а толщина равна 2 мкм. В 1 мл крови содержится около 5 млн. эритроцитов. Они образуются в основном в костях черепа, грудине, ребрах, позвонках и лопатках, существуют 3-4 месяца и разрушаются в печени или селезенке в количестве 200 млрд в день. Зрелые формы эритроцитов не имеют клеточного ядра, оно утрачивается в процессе созревания. Кроме того, они обладают деформабильностью — способностью к обратимым изменениям размеров и формы при прохождении через капилляры. Благодаря специфическому железосодержащему белку *гемоглобину* эритроциты способны связывать кислород и переносить его к внутренним органам. Фермент карбоангидраза связывает образующийся в процессе клеточного метаболизма углекислый газ CO_2 , что позволяет эритроцитам выводить его из организма. Специфическая двояковогнутая форма эритроцита увеличивает эффективную поверхность газообмена. Гемоглобин активно соединяется не только с кислородом, но и с угарным газом CO, который действует как конкурентный ингибитор: при его наличии перенос кислорода кровью становится невозможным. Недостаток эритроцитов в крови либо снижение содержания гемоглобина в них называются *анемией* (малокровием), которая вызывает слабость, головокружение, одышку.

Группы крови и резус-фактор. Кровь одного человека не всегда совместима с кровью другого. В мембране эритроцитов человека содержатся различные антигены – белки-маркеры, в которых закодирована специфичность данной клетки. При попадании в организм клеток с «чужим» маркером организм стремится повредить и удалить эту клетку – такая реакция является одной из основ иммунной защиты организма. Однако при необходимости переливания крови эта реакция может привести к тяжелым последствиям: введенная кровь другого человека «не принимается» организмом, развивается склеивание эритроцитов и последующее их разрушение. Антигенный «портрет» крови получил название *группы крови*, он отражает содержа-

ние в эритроцитах специфических белков, отвечающих за совместимость или несовместимость крови различных людей.

У людей различают четыре группы крови, определяемые по **системе АВО**. Открытие системы принадлежит К.Ландштейнеру, который в 1901 г. обнаружил в эритроцитах людей **агглютиногены** («маркеры») **A и B**, а в плазме крови – **агглютинины α и β** (антитела – гамма-глобулины). В зависимости от наличия или отсутствия в крови конкретного человека агглютиногенов и агглютининов группы крови в системе АВО обозначаются цифрами и теми агглютиногенами, которые содержатся в эритроцитах данной группы:

- I группа (O) – в эритроцитах агглютиногенов нет, в плазме содержатся агглютинины α и β .
- II группа (A) – в эритроцитах содержится агглютиноген A, в плазме – агглютинин β .
- III группа (B) – в эритроцитах находится агглютиноген B, в плазме – агглютинин α .
- IV группа (AB) – в эритроцитах обнаруживаются агглютиногены A и B, в плазме агглютининов нет.

Агглютинация (склеивание эритроцитов с последующим их разрушением) происходит в том случае, если в крови человека встречаются агглютиноген с одноименным агглютинином: агглютиноген A с агглютинином α или агглютиноген B с агглютинином β .

При переливании несовместимой крови в результате агглютинации и последующего гемолиза (распада) эритроцитов развивается гемотрансфузионный шок, который может привести к смерти. Поэтому было разработано правило переливания небольших количеств крови (200 мл), по которому учитывается наличие агглютиногенов в эритроцитах донора и агглютининов в плазме реципиента. В плазме крови новорожденных агглютининов (антител) нет. Они образуются в течение первого года жизни ребенка к тем антигенам, которых нет в его собственных эритроцитах.

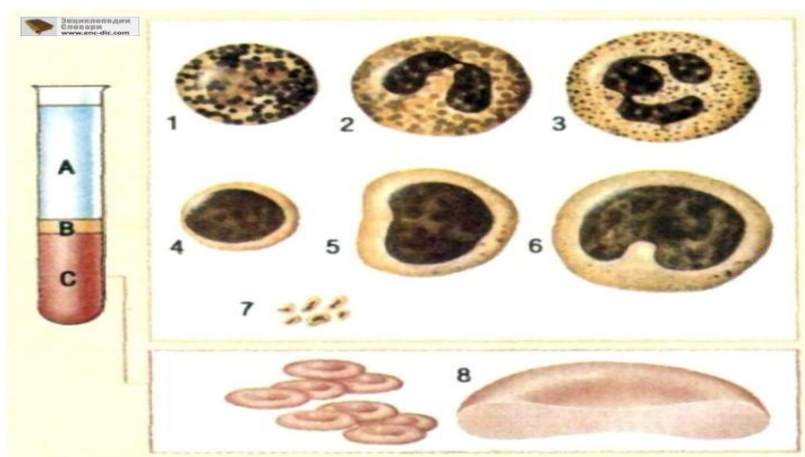


Рис.4.1 Состав крови[6]: 1-6 – лейкоциты, 7 – тромбоциты, 8 – эритроциты, А – плазма, В – слой лейкоцитов, С – эритроциты.

Кроме группы крови, совместимость определяется системой **Rh-фактора (резус-система)**. Резус-принадлежность крови определяется наличием или отсутствием на поверхности эритроцитов группы специфических белков-«маркеров», называемых резус-фактором (наличие фактора обозначается – Rh+, отсутствие – Rh-). Этот фактор обнаружен в 1940 г. К. Ландштейнером и А. Вейнером у обезьян *Macacus rhesus*, а затем и у человека. Около 85% европейцев, 93% африканцев, 99% индейцев и азиатов обладают резус-фактором и соответственно являются резус-положительными. Остальные же не имеющие его – резус-отрицательными. При попадании в организм человека с резус-положительным фактором (Rh+) резус-отрицательной крови (Rh-) несовместимости не происходит. Но при обратной ситуации – попадании Rh+ крови в организм человека с резус-отрицательным фактором – развивается тяжелая реакция иммунной несовместимости, нередко приводящая к летальному (смертельному) исходу. В резус-отрицательной крови нет антител на резус-фактор, но они быстро образуются при попадании резус-положительной крови в организм. Резус-фактор крови также играет важную роль в формировании гемолитической желтухи новорожденных, возникающей вследствие резус-конфликта матери и эритроцитов плода.

Белые кровяные клетки – лейкоциты – играют важную роль в защите организма от болезней. Существует несколько видов лейкоцитов, отличающихся по строению и функциям. Они бесцветны, поэтому их и называют белыми клетками крови. В 1 мм³ крови содержится 6-8 тыс. лейкоцитов. Продолжительность их жизни различна: от нескольких суток до нескольких десятков лет. Лейкоциты непрерывно образуются в кроветворных органах – красном костном мозге, селезенке и лимфатических узлах. Лейкоциты способны активно передвигаться. Все лейкоциты имеют ядра, по строению ядра они делятся на два типа. **Гранулоциты** имеют разделенное на лопасти ядро, зернистую цитоплазму и способны к амебоидному движению. Их можно разделить на фагоциты, или нейтрофилы, поглощающие болезнетворные бактерии; эозинофилы и базофилы. **Агранулоциты** содержат ядро овальной формы и незернистую цитоплазму. Они подразделяются на моноциты, поглощающие бактерии, и лимфоциты, вырабатывающие антитела. Соотношение состава белых клеток крови (лейкоцитов) представлено на рис.5.1.

Красные кровяные пластинки (тромбоциты) – это фрагменты клеток неправильной формы, обычно лишенные ядра. Они образуются в костном мозге; в 1 мл крови содержится около 250.000 тромбоцитов. Их основное назначение – инициация свертывания крови.

Гемостаз (свертывание крови, или гемокоагуляция) – сложный биологический процесс образования в крови тромбов, в результате чего кровь теряет текучесть. При разрушении стенки сосуда тромбоциты собираются у места травмы и выделяют тромбопластин, который наряду с кальцием, витамином К и протромбином способствует превращению фибриногена (растворимого белка крови) в фибрин (нерастворимые белковые «нити»). Образуются сети фибрина, где задерживаются форменные элементы крови. Сгу-

сток крови, состоящий из нитей фибрина и клеток крови, – **тромб** – закупоривает поврежденное место. Этот процесс препятствует потере крови организмом при повреждении сосудистого русла и является важным механизмом поддержания гомеостаза – постоянства внутренней среды. Дисбаланс сложных механизмов системы гемостаза может проявляться в неспособности крови образовывать тромбы (например, при наследственной болезни гемофилии, характеризующейся повышенной кровоточивостью, приводящей к значительным потерям крови при небольших повреждениях) или, напротив, в тромбообразовании в сосудах с нарушением тока крови (при некоторых болезнях крови или специфических изменениях системы гемостаза в пожилом возрасте).

Стенки капилляров проницаемы для всех компонентов крови, за исключением эритроцитов. Часть крови уходит через них, образуя межклеточную жидкость. Именно через эту жидкость и происходит обмен веществ между кровью и тканями. Значительная часть межклеточной жидкости возвращается в кровь через венозные концы капилляров или лимфатическую систему.

Особенности состава крови в детском возрасте

С ростом и развитием организма увеличиваются размеры тела и общие энергозатраты, возрастает потребность в кислороде, соответственно этому происходит развитие систем, осуществляющих доставку и транспорт кислорода в легких и в крови. В тканях совершенствуются метаболические процессы. По мере дальнейшего индивидуального развития организма улучшаются нейрогуморальная регуляция и координация деятельности механизмов, обслуживающих обмен газов между внешней средой и тканями. Значительную роль в этих процессах играют возрастные изменения системы крови и кровообращения.

Общее количество крови по отношению к весу тела новорожденного составляет 15%, у детей одного года – 11%, а у взрослых – 7-8%. При этом у мальчиков оно несколько больше, чем у девочек. Однако в покое в сосудистом русле циркулирует лишь 40-45% крови, остальная часть находится в депо: капиллярах печени, селезенки и подкожной клетчатки – и включается в кровоток при повышении температуры тела, мышечной работе, при кровопотере и т.п. Удельный вес крови новорожденных несколько выше, чем у детей старшего возраста, и составляет 1,06-1,08. Установившаяся в первые месяцы плотность крови (1,052-1,063) сохраняется до конца жизни. Вязкость крови у новорожденных в 2 раза больше, чем у взрослых, и составляет 10,0-14,8 усл.ед. К концу первого месяца эта величина снижается и достигает обычно средних цифр – 4,6 усл.ед. (по отношению к воде), такие показатели сохраняются до пожилого возраста.

Биохимические свойства крови в онтогенезе. У человека химический состав крови отличается значительным постоянством. Наибольшие отклонения, если за норму принять содержание различных веществ в крови взрослых людей, можно отметить в период новорожденности и в старческом возрасте.

Содержание общего белка в сыворотке крови здоровых новорожденных составляет $5,68 \pm 0,04$ гр%. С возрастом это количество увеличивается, особенно интенсивно нарастая в первые три года. В 3-4 года эти величины практически достигают уровня взрослых ($6,83 \pm 0,19$ гр %), при этом индивидуальные колебания показателей могут быть значительно больше, чем во взрослом возрасте. Низкий уровень белка в плазме крови у детей первых месяцев жизни объясняется несовершенными механизмами образования белка в организме. Меняется также соотношение белков плазмы крови – альбуминов и глобулинов, жировых компонентов (липидных, в том числе холестериновых фракций), глюкозы. Уровень молочной кислоты у грудного ребенка может на 30% превышать таковой у взрослых, что связано с интенсивностью обменных процессов. С возрастом содержание молочной кислоты в крови ребенка постепенно падает.

Форменные элементы крови в онтогенезе. Для картины крови ребенка характерна функциональная неустойчивость, выраженная уязвимость к различным внешним факторам. Процессы кроветворения у ребенка протекают активно и имеют отличия от кроветворения во взрослом возрасте. При рождении ребенка сохраняются остатки эмбрионального кроветворения в виде очагов кроветворения в печени, селезенке и подкожном жировом слое, которые играют определенную роль в первые годы жизни. Главное место образования эритроцитов и лейкоцитов у детей раннего возраста – костный мозг всех костей. Однако уже с 4 лет интенсивность кроветворения снижается, красный (кроветворный) мозг в диафизах длинных костей постепенно превращается в желтый, жировой, и теряет функцию кроветворения. Этот процесс заканчивается к 12-15 годам. После этого образование кровяных клеток сохраняется в костном мозгу плоских костей, ребер, тел позвонков и эпифизов трубчатых костей, как и у взрослого человека.

Состав периферической крови у ребенка в первые дни жизни после рождения претерпевает значительные изменения. Сразу же после рождения красная кровь характеризуется повышенным содержанием гемоглобина и большим числом эритроцитов. Это обусловлено тем, что при внутриутробном существовании плод находится в условиях относительной кислородной недостаточности и внутриутробный (фетальный) гемоглобин приспособлен к более интенсивному захвату кислорода из материнской крови. С конца 1-х – начала 2-х суток жизни начинается интенсивный распад эритроцитов, содержащих фетальный гемоглобин, и замена их на эритроциты с «обычным» гемоглобином, приспособленным к внеутробной жизни. Большое количество эритроцитов и гемоглобина, а также незрелых форм эритроцитов, содержащих ядро, в периферической крови новорожденного свидетельствует об интенсивном образовании эритроцитов красным костным мозгом. Эритроциты, образованные внутриутробно, быстро распадаются: продолжительность жизни эритроцитов у детей первых дней жизни в 10 раз меньше, чем у взрослых и детей старшего возраста, и составляет 12 дней.

Интенсивным распадом внутриутробных эритроцитов после рождения обусловлена свойственная детям на первых неделях жизни физиологическая желтуха – легкая желтушность склеры глаз, кожных покровов и слизистых оболочек. Повышенное содержание в крови билирубина, который образуется из гемоглобина распавшихся эритроцитов и имеет интенсивный желтый цвет, приводит к прокрашиванию кожных покровов ребенка. Выраженная желтуха, вызванная интенсивным распадом эритроцитов, может быть связана с патологическими процессами, например, при несовместимости матери и плода по резус-фактору, и представлять угрозу для здоровья ребенка.

4.2. Строение и функции сердечно-сосудистой системы

Непрерывность кровообращения в организме обеспечивается сердечно-сосудистой системой, состоящей из сердца и кровеносных сосудов, которые включают артерии, вены и капилляры.

Сердце – центральный орган кровообращения. Оно представляет собой полый мышечный орган, состоящий из двух предсердий и двух желудочков, и располагается в грудной полости. Вес сердца взрослого человека составляет примерно 300 г.

Основная функция сердца – ритмическое нагнетание крови из вен в артерии, т.е. создание давления для ее постоянного движения. Сердце часто ассоциируют с насосом. Его отличают исключительно высокие производительность, автоматизм, надежность и скорость процессов, запас прочности и постоянное обновление тканей.

Здоровое сердце представляет собой сильный, непрерывно работающий орган, состоящий из четырех камер (рис.4.2).

Мышечная стенка, называемая перегородкой, делит сердце на левую и правую половины. В каждой половине находится две камеры. Верхние камеры называются предсердиями, нижние – желудочками. Два предсердия разделены межпредсердной перегородкой, а два желудочка – межжелудочковой перегородкой.

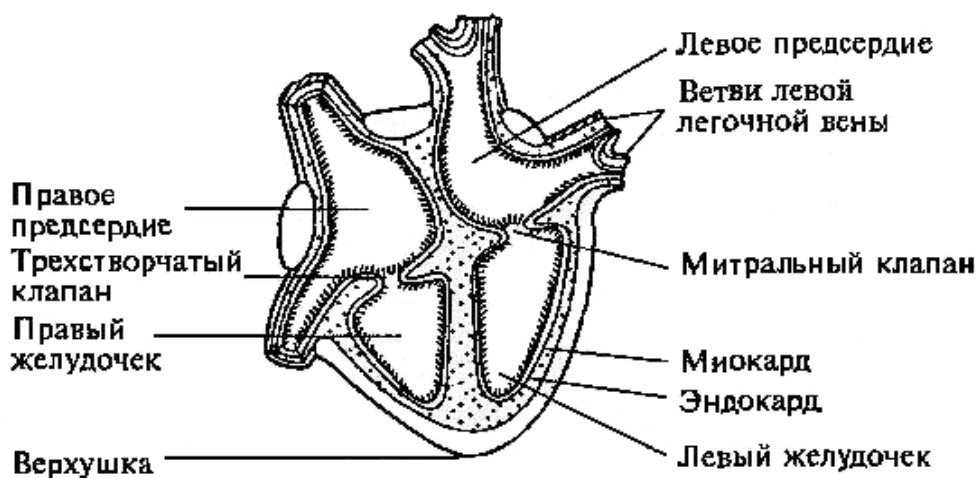


Рис.4.2. Строение сердца[1,14]

На границе между желудочками и предсердиями имеются отверстия, которые могут закрываться и открываться при помощи специальных клапанов. Клапаны состоят из створок, открывающихся только в полость желудочков, благодаря чему обеспечивается движение крови в одном направлении. В левой половине сердца клапан образован двумя створками и называется двустворчатым, или *митральным*. Между правым предсердием и правым желудочком находится *трехстворчатый* клапан, а между желудочками и артериями – *полулунные* клапаны. Они также обеспечивают ток крови в одном направлении – из желудочков в артерии.

Сердечная мышца, или *миокард*, по своим функциональным свойствам занимает как бы промежуточное положение между гладкими и скелетными мышцами. Так же, как и гладкие мышцы, она практически не поддается воздействию нашей воли и имеет чрезвычайно высокую сопротивляемость утомлению. Как и скелетные мышцы, она может быстро сокращаться и интенсивно работать.

К основным свойствам сердечной мышцы относятся автоматия, возбудимость, проводимость и сократимость.

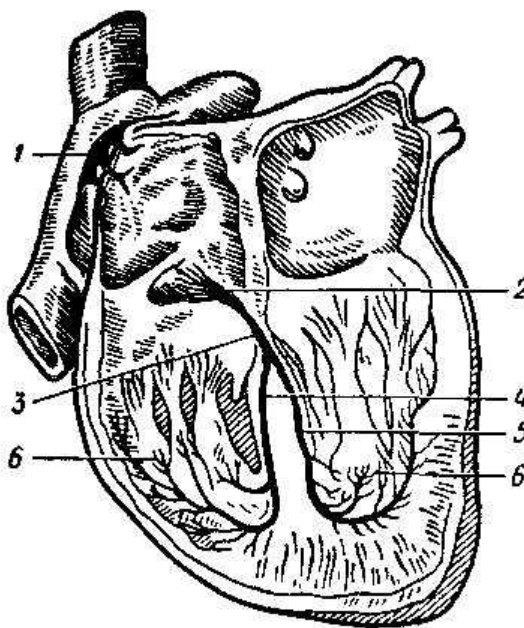
1. Автоматия – способность сердечной мышцы к ритмическому сокращению без всяких внешних воздействий под влиянием импульсов, возникающих в самом сердце. Проявлением этого свойства сердца является способность извлеченного из организма сердца некоторое время сокращаться. Возникновение импульсов в мышце связано с деятельностью атипических мышечных волокон, заложенных в некоторых участках миокарда и внутри клеток, в которых спонтанно генерируются электрические импульсы определенной частоты, распространяющиеся затем по всему миокарду. Первый такой участок находится в области устьев полых вен и называется **синусным, или синоатриальным, узлом** (рис.4.3). В атипических волокнах этого узла спонтанно возникают импульсы с частотой 60-80 раз в минуту. Он является главным центром автоматии сердца. Второй участок находится в толще перегородки между предсердиями и желудочками и называется **предсердно-желудочковым, или атриовентрикулярным, узлом**. Третий участок – это атипические волокна, составляющие **пучок Гиса**, лежащий в межжелудочковой перегородке. От пучка Гиса берут начало тонкие волокна атипической ткани – **волокна Пуркинье**, ветвящиеся в миокарде желудочков. Все участки атипической ткани способны генерировать импульсы, но их частота самая высокая в синусном узле, поэтому его называют водителем ритма первого порядка и все другие центры автоматии подчиняются этому ритму. Совокупность всех уровней атипической мышечной ткани составляют проводящую систему сердца, благодаря которой волна возбуждения, возникшая в синусном узле, последовательно распространяется по всему миокарду, обеспечивая последовательное сокращение отделов сердца.

2. Возбудимость сердечной мышцы заключается в том, что под действием различных раздражителей (химических, механических, электрических и др.) сердце способно приходить в состояние возбуждения. Потенциал дей-

ствия, возникающий в одной клетке, распространяется и на другие клетки, таким образом происходит распространение возбуждения по всему сердцу.

Рис.4.3. Схематическое изображение проводящей системы сердца

- 1 – синусный узел;
- 2 – предсердно-желудочковый узел;
- 3 – пучок Гисса;
- 4 и 5 правая и левая ножки пучка Гисса;
- 6 – концевые разветвления проводящей системы



3. Сократимость – это способность мышцы сердца сокращаться, основанная на свойстве самих клеток миокарда отвечать на возбуждение сокращением. Это свойство сердечной мышцы определяет способность сердца выполнять механическую работу. Работа сердечной мышцы подчиняется закону «все или ничего»: если на сердечную мышцу оказывать раздражающее действие различной силы, мышца каждый раз отвечает максимальным сокращением. Если сила раздражителя не достигает порогового значения, то сердечная мышца не отвечает сокращением.

В работе сердца, состоящей в перекачивании крови, выделяют *три фазы*: сокращение предсердий, сокращение желудочков и пауза, когда желудочки и предсердия одновременно расслаблены. Сокращение сердца называется **систолой**, расслабление – **диастолой**. За одну минуту сердце взрослого здорового человека сокращается примерно 60-70 раз. Чередование работы и отдыха каждого из отделов сердца обеспечивает неутомляемость сердечной мышцы.

Иннервация сердца очень сложна. Она осуществляется вегетативной нервной системой – блуждающим и симпатическими нервами, в составе которых имеются как чувствительные, так и двигательные волокна. В стенке самого сердца находятся нервные сплетения, состоящие из нервных узлов и нервных волокон. Двигательные нервы сердца осуществляют четыре основные функции: замедление, ускорение, ослабление и усиление деятельности сердца. Эти нервы относятся к вегетативной нервной системе. Таким образом, сердечная мышца, обладая способностью к самостоятельным сокращениям, подчиняется также «командам сверху» – регулирующему воздей-

вию нервной системы, обеспечивающему оптимальную адаптацию сердечной деятельности потребностям организма в конкретной ситуации.

4.3. Сосудистая система

Кровеносные сосуды представляют собой систему полых эластичных трубок различного строения, диаметра и механических свойств, заполненных кровью. Сосуды делятся на артерии, вены и капилляры.

Артерии имеют толстые стенки, состоящие из трех слоев. Наружный слой представляет собой соединительнотканную оболочку, средний слой состоит из гладкой мышечной ткани и содержит соединительнотканые эластические волокна, внутренний слой образован эндотелием, под которым расположена внутренняя эластическая мембрана. Эластические элементы артериальной стенки образуют единый каркас, работающий как пружина и обуславливающий эластичность артерий.

Наиболее мелкие разветвления артерий называются **артериолами**. Они отличаются от артерий наличием лишь одного слоя мышечных клеток и могут регулировать скорость кровотока за счет сужения или расширения просвета. Артериола переходит в **прекапилляр**, в котором мышечные клетки разрознены и не составляют сплошного слоя. От него отходят многочисленные капилляры – самые мелкие кровеносные сосуды, которые соединяют артериолы с венулами (мелкими разветвлениями вен). Благодаря очень тонкой стенке капилляров в них происходит обмен различными веществами между кровью и клетками тканей. В зависимости от потребности в кислороде и других питательных веществах разные ткани имеют разное количество капилляров.

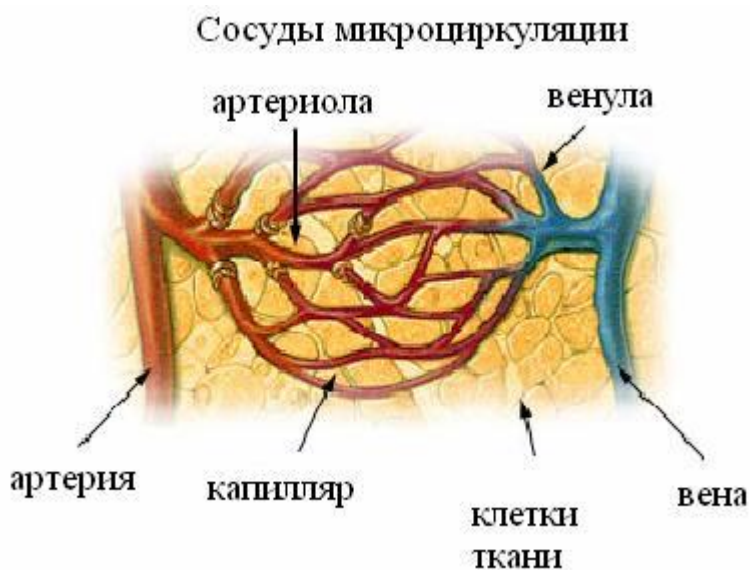


Рис.4.4. Кровеносные сосуды[9]

Капилляры могут находиться в активном (открытом) и пассивном (закрытом) состоянии. При активизации обменных процессов или потребности в усиленной теплоотдаче объем крови, проходящей через орган, может увеличиваться за счет активизации дополнительного числа капилляров. В покое и при уменьшении теплоотдачи значительное количество капилляров переходит в пассивное состояние, уменьшая таким образом объем кровотока. Состояние капиллярной сети регулируется вегетативной нервной системой в зависимости от потребностей организма.

Сливаясь, капилляры переходят в **посткапилляры**, которые по строению аналогичны прекапилляру. Посткапилляры сливаются в **венулы** с просветом 40-50 мкм. Веноулы объединяются в более крупные сосуды, несущие кровь к сердцу, – **вены**. Они, так же как и артерии, имеют стенки, состоящие из трех слоев, но содержат меньше эластических и мышечных волокон, поэтому менее упруги, их просвет поддерживается током крови. Вены имеют клапаны (полулунные складки внутренней оболочки), которые открываются по току крови, что способствует движению крови в одном направлении.

Человек и все позвоночные животные имеют замкнутую кровеносную систему. Кровеносные сосуды сердечнососудистой системы образуют две основные подсистемы: большой и малый круги кровообращения (рис.4.5).

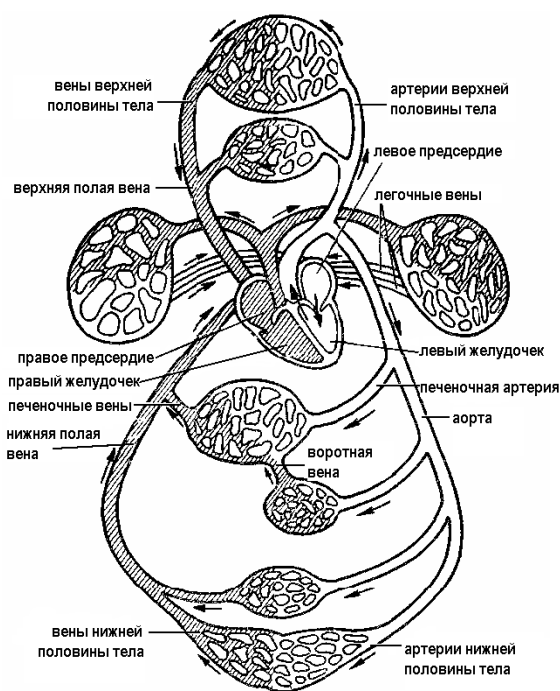


Рис. 4.5. Схема кровообращения человека[9]

Сосуды **большого круга кровообращения** соединяют сердце со всеми другими частями тела. Большой круг кровообращения начинается в левом желудочке, откуда выходит аорта, а заканчивается в правом предсердии, куда впадают полые вены. Дополнением к большому кругу кровообращения является третий (сердечный) круг, обслуживающий само сердце. Крово-

снабжение сердца происходит через две венечные, или коронарные, артерии, отходящие от аорты, и заканчивается в венечной пазухе, впадающей в правое предсердие.

Сосуды **малого круга кровообращения** переносят кровь от сердца к легким и обратно. Малый круг кровообращения начинается правым желудочком, из которого выходит легочный ствол, а заканчивается левым предсердием, в которое впадают легочные вены.

Онтогенез кровообращения

При внутриутробном развитии плод получает питательные вещества и кислород из организма матери через плаценту. Через нее выводятся и продукты распада. Связь между плодом и плацентой осуществляется посредством пуповины, в которой 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.4.6).

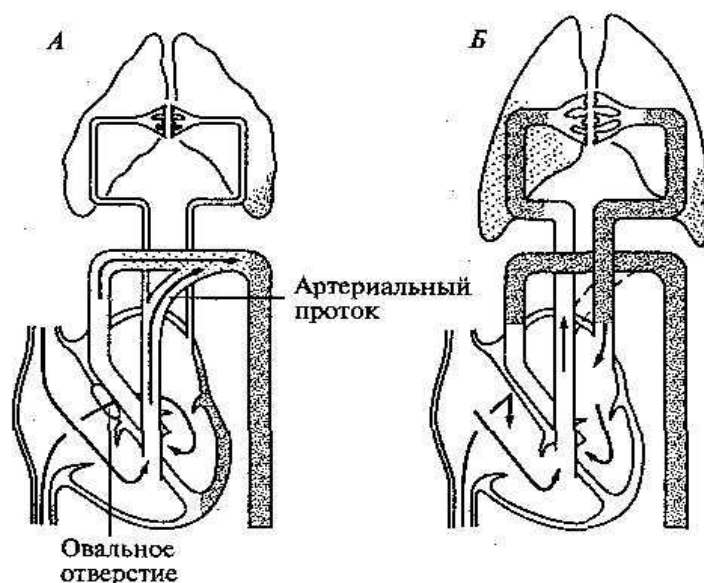


Рис.4.6. Кровообращение плода[1,14]

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 артериальный **боталлов проток**. Такие особенности строения приводят к тому, что кровь циркулирует по организму плода, минуя малый круг кровообращения. Насыщение крови кислородом происходит во время контакта крови плода с материнской кровью в густой сети капилляров, расположенных в ворсинках плаценты. При этом не происходит непосредственного смешивания крови плода и крови матери, а лишь обмен различными веществами посредством диффузии. По сосудам плода течет смешанная (артериально-венозная) кровь. В наиболее выгодных

условиях снабжения кислородом у плода находятся печень, сердце, головной мозг и верхние конечности, что способствует их быстрому развитию.

После рождения ребенка происходит резкая перестройка системы кровообращения. Перерезка пуповины в момент рождения нарушает связь плода с материнским организмом.

При первом вдохе новорожденного происходит рефлекторное расширение легких, начинает функционировать малый круг кровообращения. Кровь по легочной артерии направляется в легкие, минуя артериальный проток, который рефлекторно сжимается. Возросший легочный кровоток повышает давление в левом предсердии, а прекращение плацентарного кровообращения снижает давление в правом предсердии, что приводит к закрытию овального отверстия в перегородке предсердий. В дальнейшем овальное окно зарастает, артериальный и венозный протоки превращаются в связки. В этот критический период проявляются врожденные пороки строения сердца и крупных сосудов. Открытый боталлов проток и овальное отверстие в постнатальном периоде также относятся к врожденным порокам сердца.

Особенности кровообращения младенца определяются высоким уровнем метаболических процессов во всех органах и тканях, требующим повышенного обмена количества кислорода и питательных веществ. Этим обусловлен высокий объем циркулирующей крови при относительной слабости незрелой сердечной мышцы и небольшом объеме сердечного выброса. Кругооборот такого большого объема крови обеспечивается высокой частотой сердечных сокращений – 140 уд./мин. Большая частота сердечных сокращений и склонность к ее увеличению даже при незначительной нагрузке (сосание, плач) связана с особенностями нервной регуляции сердца. Хотя к моменту рождения в сердце ребенка сформированы и симпатические, и парасимпатические нервные окончания, в регуляции сердечной деятельности преобладают симпатические влияния.

После рождения сердце ребенка растет и увеличивается, изменяется его форма. Сердце новорожденного имеет поперечное положение и шаровидную форму. Это объясняется тем, что относительно большая печень поднимает свод диафрагмы, поэтому сердце новорожденного находится на уровне 4-го левого межреберья. Под влиянием сидения и стояния к концу первого года жизни диафрагма опускается и сердце занимает косое положение. К 2-3 годам верхушка сердца доходит до уровня 5-го ребра, а у 10-летних детей границы сердца такие же, как и у взрослых. Рост предсердий в течение первого года жизни опережает рост желудочков, и только после 10 лет рост желудочков начинает превышать рост предсердий.

Наиболее интенсивно масса сердца растет на первом году жизни, к восьми месяцам масса сердца увеличивается вдвое, к 3 годам утраивается, к 5 увеличивается в 4 раза, а в 16 лет – в 11 раз. При этом масса сердца у мальчиков в первые годы жизни выше, чем у девочек, а в 12-13 лет, напротив, в связи с наступлением периода усиленного роста у девочек его масса становится больше, чем у мальчиков. К 16 годам сердце девочек вновь на-

чинает отставать в массе от сердца мальчиков. Рост массы сердца отражает рост сердечной мышцы и косвенно – увеличение объема крови, перекачиваемого сердцем за одно сокращение. Нарастание толщины стенки сердца идет за счет увеличения поперечных размеров мышечных волокон.

Частота сердечных сокращений (ЧСС) у плода колеблется от 120 до 150 в минуту. В первые двое суток после рождения ЧСС несколько ниже внутриутробного, что объясняется повышением внутричерепного давления, изменением теплопродукции в связи с переходом в среду с более низкой температурой и угнетением симпатических влияний. В последующую неделю ЧСС несколько повышается до 120-140 уд/мин. Впоследствии с возрастом ЧСС уменьшается. Например, у детей дошкольной) возраста в 6 лет она составляет в среднем 95 уд/мин, у школьников 7-15 лет изменяется в пределах 92-76 уд/мин. Замедление ЧСС является результатом развития более совершенной регуляции сердечной деятельности и более эффективными сокращениями сердечной мышцы в связи с совершенствованием обменных процессов в ней.

С 20 до 30 лет при обычной функциональной нагрузке сердце человека находится в состоянии относительной стабильности. После 30-40 лет в миокарде начинает увеличиваться количество соединительнотканых элементов, появляются жировые клетки, особенно в эпикарде. Начиная с 40-45 лет в сердечно-сосудистой системе происходят инволютивные изменения. Уменьшается сила сокращений сердечной мышцы, ее кровоснабжение, внутренняя оболочка сосудов утолщается, в ней откладываются жироподобные вещества, появляются атеросклеротические бляшки, стенки артерий теряют эластичность, просвет сосудов уменьшается. Это приводит к некоторому снижению эффективности деятельности сердечной мышцы и адаптивных возможностей кровообращения и может послужить причиной острых и хронических нарушений кровообращения (гипертонической и ишемической болезней, инфарктов и инсультов).

Для оценки функционального состояния сердца решающее значение имеет определение *систолического (ударного) и минутного объемов* сердца. Систолический объем крови у новорожденного при одном сокращении составляет 2,5 куб. см. К 1 году он увеличивается в 4 раза и составляет 10,2 куб. см, к 7 годам – уже в 9 раз, а к 12 годам – в 16,4 раза. Также возрастает и минутный объем кровотока, преимущественно за счет увеличения систолического объема. Однако соотношение между минутным объемом крови и массой тела, отражающее потребность организма в кислороде и питательных веществах, тем больше, чем меньше возраст ребенка. Так, у новорожденных объем циркулирующей крови составляет около 103 мл/кг веса, до 3 лет – 89, в 4-6 лет – 81, в 7-10 лет – 80 и в 11-14 лет – 78 мл/кг, т.е. интенсивность кровоснабжения тканей с возрастом постепенно снижается.

Чем младше ребенок, тем чаще увеличение минутного объема кровотока происходит за счет увеличения ЧСС, а не единичного систолического выброса. Это делает работу сердца менее эргономичной в младшие возрастные периоды.

Существенное значение имеют также показатели **артериального кровяного давления** (АД). Оно измеряется в миллиметрах ртутного столба и отражается в двух числовых характеристиках – систолическом и диастолическом давлении. С возрастом увеличивается как систолическое, так и диастолическое давление (табл.4.1).

У новорожденных показатели кровяного давления значительно ниже, чем у взрослого человека. Это объясняется тем, что у детей этого возраста артерии имеют большую ширину просвета по отношению к массе сердца, общему весу и росту ребенка. Венозные сосуды, наоборот, несколько сужены. Соотношение диаметров венозных и артериальных сосудов составляет в этом возрасте 1:1, тогда как у взрослых – 1:2. Помимо возрастных характеристик, в дошкольном и младшем школьном возрасте показатели артериального давления имеют высокую индивидуальную вариативность. Достигнув к пубертатному периоду величины 120-122/70-72 мм рт. ст., давление затем длительный период остается без изменений и лишь к старости несколько повышается из-за снижения эластичности стенок сосудов и увеличения периферического сопротивления.

Таблица 4.1

Возрастное повышение уровня артериального давления[1,2]

Возраст	Артериальное давление, мм рт. ст.	
	систолическое	диастолическое
Новорожденные	59-71	30-40
1-12 месяцев	85-101	35-45
1-2 года	85-105	45-50
3-7 лет	86-110	55-63
8-16 лет	93-117	59-75
17-20 лет	100-120	70-80
21-60 лет	до 140	до 90
Старше 60 лет	до 150	до 90

Сердечный выброс и периферическое сопротивление сосудов определяют величину одного из важнейших физиологических показателей: *скорости кровотока*. Скорость кругооборота крови с возрастом увеличивается. Например, время кругооборота крови у новорожденных составляет 11 с, 3-летних – 15 с, в 15-19 лет – 18,4 с, у 30-40-летних – 20,7 с, а в возрасте 70-79 лет – 22,6 с. В раннем возрасте эти сдвиги связаны с ростом, увеличением длины сосудов, в более позднем – с изменением их эластических свойств.

В период полового созревания сердце растет быстро, увеличивается систолический объем крови. Несмотря на снижение частоты сердечных сокращений у подростков до уровня взрослых, объемная скорость кровотока в этот период возрастает, обеспечивая достаточное кровоснабжение органов и

тканей при напряженной работе. Увеличение объемного кровотока при сформированной регуляции кровообращения нередко приводит к вегетососудистой дистонии, подростковой гипертензии, повышению температуры кожи, особенно конечностей. В некоторых случаях в подростковом возрасте функциональные возможности кровоснабжения организма отстают от интенсивного роста костно-мышечной системы, что приводит к ограничениям в кровоснабжении, затрагивающим не только мышцы, но и другие органы, прежде всего – головной мозг. Это является причиной временного снижения адаптивных возможностей организма и устойчивости к нагрузкам. К 16-20 годам показатели кровотока приближаются к таковым у взрослого человека.

Особенности капиллярной сети в онтогенезе. Деятельность сердечно-сосудистой системы в конечном итоге направлена на обеспечение трофики тканей, осуществляемое через посредство капилляров. Популярным стало выражение: Возраст человека – это возраст капилляров (Бюргер, 1960), которое подчеркивает значение капиллярного кровообращения в жизни человека. По своему строению капилляры детей мало отличаются от капилляров взрослых, но меняется их проницаемость для жидкой части крови: она снижена в детском возрасте и повышается к зрелому. В старости количество функционирующих капилляров снижается. Типичным для пожилых людей является нарастание извитости капилляров, увеличение межкапиллярных соединений (анастомозов), что приводит к замедлению капиллярного кровотока и служит приспособительным механизмом, так как ведет к более полной отдаче кислорода крови в ткани.

Регуляция кровообращения в онтогенезе. В процессе онтогенеза существует определенная этапность в становлении механизмов регуляции деятельности сердечно-сосудистой системы: от внутриклеточной саморегуляции, высокой чувствительности к факторам гуморальной регуляции до формирования системы центральной нервной регуляции.

Во внутриутробном периоде развития ведущую роль играют гуморальные факторы. При этом реакции сосудов отдельных областей выражены неодинаково. Например, сосуды легких реагируют на адреналин значительно позже, чем сосуды большого круга кровообращения.

К моменту рождения ребенка в сердечной мышце достаточно хорошо выражены нервные окончания как симпатических, так и парасимпатических нервов и вегетативная нервная система принимает на себя ведущую роль в регуляции сердечного ритма и тонуса сосудов. В раннем детском возрасте (до 2-3 лет) преобладает тоническое влияние симпатических нервов на сердце, о чем свидетельствует более высокая частота сердечных сокращений (у новорожденных до 140 уд./мин). При этом тонус блуждающего нерва низок, но постепенно нарастает. Одним из проявлений этого является постепенное замедление ритма сердечных сокращений у детей по мере взросления. Тонус симпатических влияний с возрастом также растет, на что указывают данные возрастного увеличения артериального давления.

Старение организма сопровождается повышением чувствительности сердца и сосудов к действию некоторых гуморальных факторов и ослабле-

нием нервных влияний, а также некоторыми качественными отличиями реакций на определенные химические вещества.

В целом состояние сердца и сосудов любого человека, в том числе ребенка и подростка, во многом зависит от общего состояния, физического и эмоционального тонуса, режима жизни, питания. Физическое воспитание и закаливание способствуют укреплению сердечной мышцы, нормализуют тонус сосудов. Во всех возрастных периодах оптимальное состояние сердечно-сосудистой системы достигается здоровым образом жизни, рациональными физическими нагрузками, сбалансированным питанием. Это позволяет отодвинуть возникновение инволютивных и / или патологических изменений сердца и сосудов, сохранить высокую адаптивность, работоспособность и хорошее самочувствие до преклонного возраста.

4.4. Строение и функции лимфатической системы

Лимфатическая система представляет собой еще одну транспортную систему организма, отвечающую за перемещение воды и растворенных в ней веществ (питательных, регулирующих и «шлаков»). Она включает *лимфатические капилляры, лимфатические сосуды, стволы и протоки*, а также *лимфатические узлы* (рис.4.7). В отличие от кровеносной системы у нее отсутствует «насос», а сосуды не образуют замкнутую систему.

Значение лимфатической системы и лимфообращения:

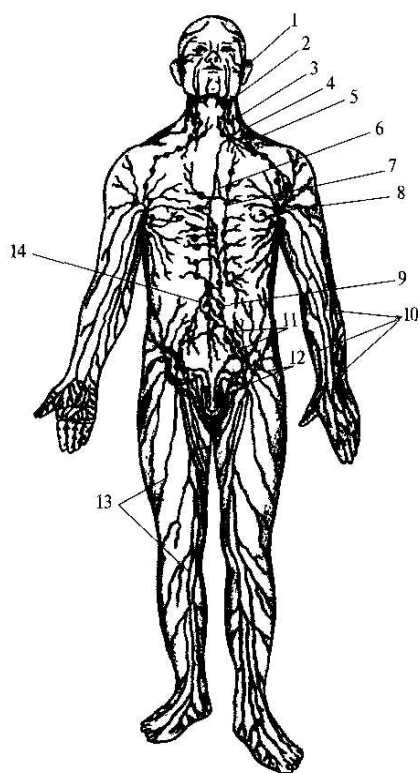
- обеспечивает дополнительный отток жидкости из межклеточных пространств и поступление ее в кровеносное русло;
- поддерживает постоянство объема и состава тканевой жидкости;
- принимает участие в гуморальной регуляции функций, транспортируя биологически активные вещества (например, гормоны);
- всасывает различные вещества и транспортирует их (например, всасывание питательных веществ из кишечника);
- участвует в синтезе иммунных клеток, в иммунологических реакциях, обезвреживает различные антигены (бактерии, вирусы, токсины и др.).

Лимфа, циркулирующая по лимфатическим сосудам, представляет собой жидкую желтоватую ткань организма, в которой содержатся высокомолекулярные соединения и лимфоциты. Образуется она из тканевой жидкости, а также из жидкости плевральной, околосердечной, брюшной и синовиальных полостей.

Лимфатические капилляры начинаются в тканях, образуя сеть. Стенка капилляра состоит из одного слоя эндотелиальных клеток, между которыми есть крупные поры. При избытке тканевой жидкости поры растягиваются и в них уходят излишки жидкости, образующей лимфу. Лимфатические капилляры имеют большой диаметр и более проницаемы по сравнению с кровеносными капиллярами. В сутки у человека образуется от 1,5 до 4 л лим-

фы. Лимфатических капилляров особенно много в легких, почках, серозных, слизистых и синовиальных оболочках.

Лимфатические капилляры сливаются в мелкие **лимфатические сосуды**, которые постепенно укрупняются. Они расположены 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 и вены. 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.



- 1 – лимфатические сосуды лица;
- 2 – поднижнечелюстные лимфатические узлы;
- 3 – латеральные шейные лимфатические узлы;
- 4 – левый яремный ствол;
- 5 – левый подключичный ствол;
- 6 – грудной проток;
- 7 – окологрудные узлы;
- 8 – подмышечные лимфатические узлы;
- 9 – кишечный ствол;
- 10 – поверхностные лимфатические сосуды верхней конечности;
- 11 – общие и наружные подвздошные лимфатические узлы;
- 12 – поверхностные паховые лимфатические узлы;
- 13 – поверхностные лимфатические сосуды нижней конечности;
- 14 – правый поясничный ствол

Рис. 4.7. Лимфатическая система человека[7,14]

Лимфатические узлы представляют собой округлые образования. 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 соединительноткан-

ной капсулой, от которой внутрь отходят перегородки – трабекулы. Между ними располагается лимфоидная ткань. В узле на периферии находится корковое вещество (лимфатические узелки), а в центре – мозговое вещество (тяжи и синусы). 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 попадании в организм инфекции 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.

Особой функцией лимфатической системы является образование специальных иммунных клеток – *лимфоцитов* – и перемещение их по организму. Лимфатическая система вместе с кровеносной системой принимает активное участие в иммунитете – защите организма от чужеродных белков и микроорганизмов. В иммунной функции лимфатической системы помимо лимфатических узлов участвуют миндалины, лимфатические фолликулы кишечника, селезенка и тимус.

Лимфатическая система до настоящего времени остается одной из самых малоизученных систем организма, однако ее функции играют колоссальную роль в жизнедеятельности организма. Развитие лимфатической системы в онтогенезе начинается на 2-м месяце внутриутробной жизни, интенсивно продолжается на протяжении первого года и приобретает сходное со взрослым организмом строение к 6 годам.

Тема 5. СТРОЕНИЕ, ФУНКЦИИ и ГИГИЕНА ОРГАНОВ ДЫХАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

5.1. Дыхание, его значение для организма

Человек, как и все живые организмы на Земле, в процессе своей жизнедеятельности потребляет кислород, необходимый для процессов окисления, и выделяет углекислый газ – конечный продукт обменных процессов. Без воздуха человек может продержаться всего несколько минут, так как организм постоянно нуждается в поступлении кислорода для протекания окислительно-восстановительных процессов. Если прекращается распад и окисление органических веществ, энергия перестает выделяться и клетки, лишенные энергетического обеспечения, погибают. Особенно чувствительны к недостатку кислорода нервные клетки.

Дыханием называют обмен газов между клетками и окружающей средой. У человека газообмен состоит из четырех этапов:

- обмен газов между воздушной средой и легкими;
- обмен газов между легкими и кровью;
- транспортировка газов кровью;
- газообмен в тканях.

Первый и второй этап называются *легочным дыханием*, четвертый – *тканевым дыханием*.

Газообмен в легких. Вентиляция легких обеспечивает поступление в организм кислорода и удаление из него углекислого газа. Кроме того, органы дыхания выполняют другие важные функции: участвуют в терморегуляции и водном обмене (при дыхании с поверхности легких испаряется вода, что ведет к охлаждению крови и всего организма), голосообразованию (легкие создают воздушные потоки, приводящие в колебание голосовые связки гортани), с выдыхаемым воздухом из организма удаляются некоторые газообразные продукты метаболизма.

По артериям малого круга кровообращения в легкие поступает венозная кровь, которая обогащается здесь кислородом и становится артериальной. Одновременно венозная кровь освобождается от углекислого газа, который проникает в легочные пузырьки и во время выдоха выводится из организма.

Обмен газов в легких происходит благодаря диффузии. Кровь, поступившая от сердца в капилляры, оплетающие легочные альвеолы (см. *строение легких*), содержит много углекислого газа.

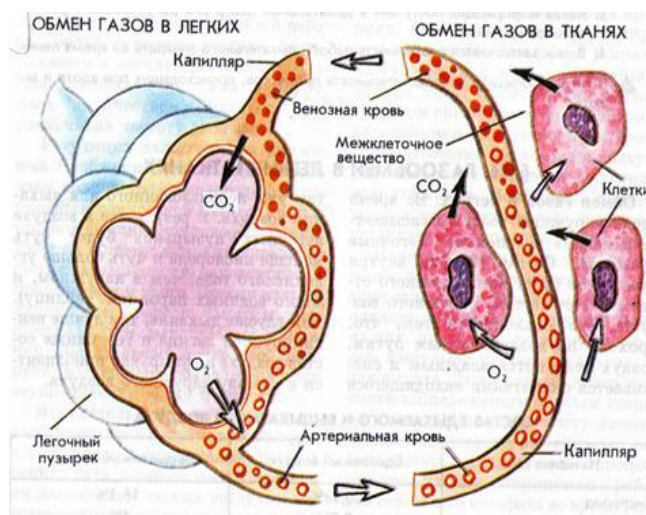


Рис.5.1. Газообмен в легких и тканях[4]

В воздухе легочных альвеол его мало, поэтому он из кровеносного русла переходит в альвеолы. Кислород поступает в кровь тоже благодаря диффузии. В крови свободного кислорода содержится незначительное количество, потому что его непрерывно связывает находящийся в эритроцитах гемоглобин, превращающийся в **оксигемоглобин**. Ставшая артериальной кровь из альвеол по легочной вене направляется к сердцу. Для того чтобы

газообмен проходил непрерывно, необходимо, чтобы состав газов в легочных альвеолах был постоянным. Это постоянство и поддерживается легочным дыханием: при выдохе избыток углекислого газа выводится наружу, а поглощенный кровью кислород возмещается кислородом из свежей порции наружного воздуха при вдохе.

Система органов дыхания выполняет лишь первую часть газообмена. Остальное выполняет система органов кровообращения, между дыхательной и кровеносной системами существует глубокая взаимосвязь. Артериальная кровь по сосудам большого круга кровообращения движется по направлению к органам тела и обогащает их ткани кислородом. Кислород необходим для процессов жизнедеятельности клетки. При этом образуется углекислый газ, поступающий из клеток тканей в кровь, в результате чего кровь из артериальной становится венозной.

Тканевое дыхание происходит в капиллярах большого круга кровообращения, где кровь отдает кислород и получает углекислый газ. В тканях мало кислорода, это приводит к распаду оксигемоглобина на гемоглобин и кислород и переходу кислорода в тканевую жидкость. Из тканевой жидкости кислород поглощается клетками и используется для окисления органических веществ, которое служит источником энергии для жизнедеятельности клеток. В результате процессов окисления в тканях образуется углекислый газ, он поступает в тканевую жидкость, а из нее в кровь. Здесь углекислый газ частично захватывается гемоглобином, а частично растворяется или химически связывается солями плазмы крови. Венозная кровь уносит его в правое предсердие, оттуда он поступает в правый желудочек, который по легочной артерии выталкивает венозную кровь в легкие – круг замыкается. В легких кровь снова отдает углекислый газ и насыщается кислородом (делается артериальной) и, вернувшись в левое предсердие, попадает в левый желудочек, а из него в большой круг кровообращения (рис. 5.1). Чем больше расходуется кислорода в тканях, тем больше требуется кислорода из воздуха для компенсации затрат, поэтому при физической работе одновременно усиливается и сердечная деятельность, и легочное дыхание.

5.2. Органы дыхания, их структура и функции

Органы дыхания делятся на дыхательные пути, по которым при вдохе и выдохе воздух поступает в легкие и из легких, и дыхательную часть (легкие), где происходит газообмен между кровью и воздухом (рис.5.2).

Органы, которые подводят воздух к альвеолам легких, называются *дыхательными путями*. Принято выделять верхние и нижние дыхательные пути. Верхние дыхательные пути составляют носовая и ротовая полости, носоглотка, глотка; нижние дыхательные пути – гортань, трахея, бронхи. *Дыхательная часть* представляет собой легкие – парный орган, расположенный в грудной полости и ответственный за обмен газов между вдыхаемым воздухом и кровью.

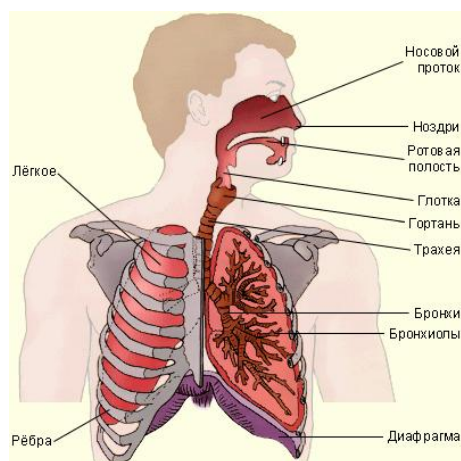


Рис.5.2. Строение органов дыхания[6,9]

Носовая полость и носоглотка. *Носовая полость* состоит из нескольких извилистых ходов, разделенных носовой перегородкой на левую и правую части. На боковых стенках полости располагаются три *носовые раковины*, образованные свисающими в полость носа складками слизистой оболочки, – верхняя, средняя и нижняя носовые раковины.

Между раковинами находятся *носовые ходы* — верхний, средний и нижний, в которые открываются воздухоносные пазухи костей черепа, называемые также *придаточными пазухами*, или *синусами*, носа (рис.5.3).

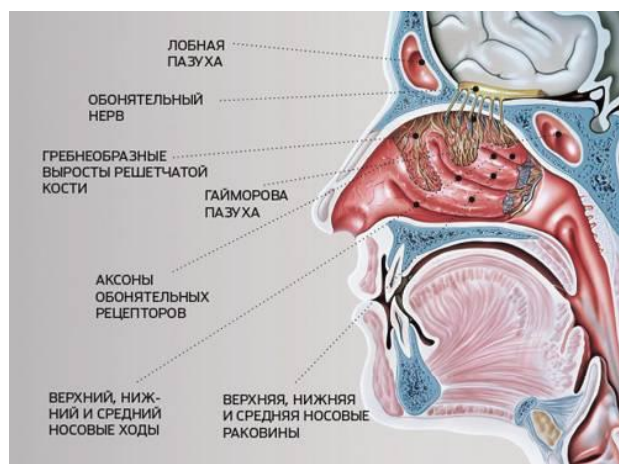


Рис.5.3. Носовая полость и носоглотка[6,9]

В нижний носовой ход открывается *нослезный канал*, в средний — верхнечелюстная (гайморова) и лобная пазухи и передние ячейки решетчатой кости, а в верхний — ее задние ячейки и клиновидные пазухи (рис.5.4)

Внутренняя поверхность носовой полости выстлана мерцательным эпителием, который выделяет слизь, увлажняющую поступающий воздух и задерживающую пыль. В слизи содержатся вещества, уничтожающие микроорганизмы. Реснички изгоняют слизь с попавшими на нее частицами пыли и микроорганизмами из носовой полости. В стенках носовой полости проходит густая сеть кровеносных сосудов. Артериальная кровь движется в них

навстречу вдыхаемому холодному воздуху и согревает его. Слизистая оболочка носовой полости содержит много иммунных клеток – фагоцитов, лимфоцитов, а также иммунных комплексов – антител. В слизистой оболочке задней части носовой полости находятся обонятельные клетки, воспринимающие запахи. Появление резкого запаха ведет к рефлекторной задержке дыхания. Таким образом, носовая полость выполняет важные функции: согревания, увлажнения и очищения воздуха, а также защиты организма от вредных воздействий через воздух.



Рис.5.4. Придаточные пазухи носовой полости[6,9]

Из носовой полости воздух попадает в *носоглотку*, а затем в *глотку*, с которой сообщается и ротовая полость. Поэтому человек может дышать и носом, и ртом. При дыхании носом воздух в носовой полости прогревается, очищается от пыли и частично обеззараживается, чего не происходит при дыхании ртом. Но через рот дышать легче, и поэтому при повышенной физической нагрузке часто инстинктивно дышат через рот. За мягким небом, а также у входа в пищевод и гортань находятся миндалины. Они состоят из лимфоидной ткани, подобной той, которая находится в лимфатических узлах. Миндалины содержат множество лимфоцитов и фагоцитов, задерживающих и уничтожающих микробов, но при этом иногда они сами воспаляются, становятся отечными и болезненными, возникает заболевание – тонзиллит. У выхода из носовой полости в носоглотку также расположено разрастание лимфоидной ткани – аденоиды. При частых простудных заболеваниях аденоиды разрастаются, увеличенные аденоиды перекрывают проход воздуха и носовое дыхание затрудняется.

Гортань – орган голосообразования. Из глотки воздух попадает в *гортань*, через которую начинается вход в трахею. Гортань представляет собой широкую трубку, суженную посередине и напоминающую песочные

часы. Гортань состоит из хрящей. Спереди и с боков ее прикрывает *щитовидный хрящ*. У мужчин он несколько выступает вперед, образуя *кадык*. В узкой части гортани находятся *голосовые связки*. Их две пары, но в голосообразовании участвует лишь одна, нижняя пара. Связки, сближаясь и натягиваясь, могут изменять форму щели между ними. Когда человек спокойно дышит, связки разведены. При глубоком дыхании они разводятся еще дальше, при пении и речи они смыкаются, остается лишь узкая щель, края которой вибрируют. Они являются источником звуковых колебаний, от которых зависит высота голоса. У мужчин связки длиннее и толще, их звуковые колебания ниже по частоте, поэтому мужской голос более низкий. У детей и женщин связки тоньше и короче, их голос более высокий.

Звуки, образующиеся в гортани, усиливаются резонаторами — носовыми пазухами. Под влиянием воздушной струи стенки этих полостей немного вибрируют, вследствие чего звук усиливается и приобретает дополнительные оттенки. Они определяют тембр голоса.

Звуки, издаваемые голосовыми связками, формируются в определенные звуки речи в ротовой и носовой полостях в зависимости от положения языка, губ, челюстей и распределения звуковых потоков. Работа перечисленных органов при произношении членораздельных звуков называется *артикуляцией*. Правильная артикуляция формируется в возрасте от года до пяти лет, когда ребенок овладевает родным языком.

Трахея и главные бронхи. *Трахея* — дыхательное горло — начинается на уровне VI-VII шейных позвонков и представляет собой трубку, состоящую из 16-20 хрящевых гиалиновых полуколец, соединяющихся между собой кольцевидными связками. Длина трахеи 10-15 см; различают шейную и грудную ее части. На уровне верхнего края V грудного позвонка трахея делится на два главных *бронха* — к левому и правому легкому. Правый бронх более короткий, несколько шире левого; отходит от трахеи под тупым углом.

Слизистая оболочка трахеи и бронхов выстлана реснитчатым эпителием и не образует складок. Реснички способны волнообразно двигаться от легких наружу. Попавшие на слизистую оболочку мелкие частицы обволакиваются слизью и выталкиваются из организма при кашле или чихании.

Легкие являются основным органом дыхательной системы. Это парный орган, занимающий почти весь объем грудной клетки (рис.5.5). Различают правое и левое легкое. По форме они представляют собой усеченные конусы, верхушкой обращенные к ключице, а вогнутым основанием — к куполу диафрагмы. Верхушка легкого достигает I ребра. Наружная выпуклая поверхность прилегает к ребрам. С внутренней стороны, обращенной к средостению, в каждое легкое входят главный бронх, легочная артерия, легочные вены и нервы. Они образуют корень легкого; в нем находится большое количество лимфатических узлов, защищающих от проникновения в легкие болезнетворных микроорганизмов. Место вхождения бронхов и сосудов в легкие называется воротами легкого.

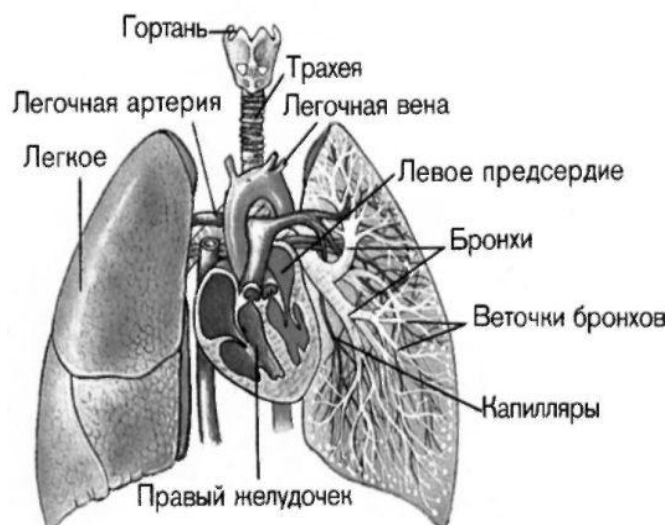


Рис.5.5. Строение легких и сердца [6,9]

По своим размерам правое легкое шире и короче, чем левое. Левое легкое в нижнепередней области имеет выемку, образованную сердцем. Каждое легкое делится на доли, правое – на три, левое – на две.

Каждый бронх входит в легкое, где ветвится на мелкие бронхи («бронхиальное дерево»), которые, в свою очередь, разветвляются на *бронхиолы* толщиной 0,5 мм. Таких бронхиол около 25 млн. Каждая из них оканчивается ходами с группой воздушных мешочков, или *альвеол*. Легкие можно сравнить с виноградной кистью, где веточки представляют собой бронхи и бронхиолы, а ягоды – альвеолы. Каждая такая «веточка» носит название *ацинуса* (рис.5.6). Их насчитывается почти 300 млн. Сюда по многомиллионным ходам поступает вдыхаемый воздух. Альвеолы увеличивают дыхательную поверхность легкого. При сильном вдохе альвеолы растягиваются, их поверхность составляет в общей сложности площадь 150 м². Это в 75 раз больше, чем поверхность тела человека (2 м²).

Легкие покрыты тонкой гладкой оболочкой – *плеврой*, которая покрывает все легкое, переходит на грудную клетку и плотно облегает ее внутреннюю поверхность. Между плеврой, покрывающей легочную ткань, и плеврой, выстилающей изнутри грудную клетку, находится замкнутое щелевидное пространство, содержащее небольшое количество жидкости, – *плевральная полость*. Плевра и плевральная полость помогают осуществлению акта дыхания. В герметичной плевральной полости поддерживается постоянное давление, имеющее отрицательное значение относительно атмосферного, поэтому внутренний листок плевры оказывается плотно «притянутым» к внешнему.

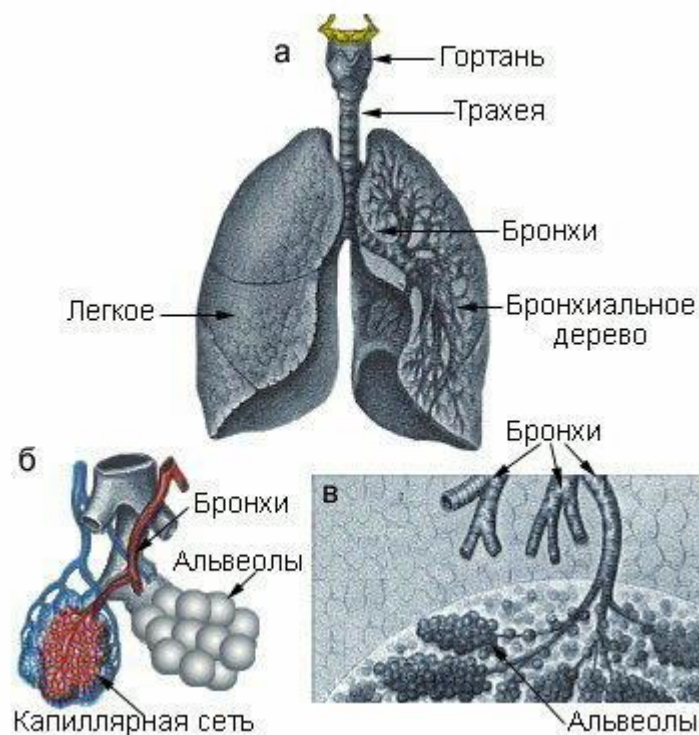


Рис.5.6. Легкие и элемент легочной ткани – ацинус [6,9]

Это способствует тому, что легкие прилежат к стенкам грудной полости и постоянно удерживаются в расправленном состоянии, а дыхательные движения грудной клетки передаются плевре и легким. Содержащаяся в плевральных полостях жидкость облегчает скольжение листков плевры друг относительно друга при вдохе и выдохе.

Механизмы вдоха и выдоха. Для поддержания газового состава альвеол (удаления углекислого газа и поступления воздуха, содержащего достаточное количество кислорода) необходима вентиляция альвеолярного воздуха. Она достигается благодаря дыхательным движениям: чередованию вдоха и выдоха. Сами легкие не могут нагнетать или изгонять воздух из альвеол. Они лишь пассивно следуют за изменением объема грудной полости за счет отрицательного давления в плевральной полости. Схема дыхательных движений представлена на рис.5.7.

При **вдохе** диафрагма опускается вниз, отодвигая органы брюшной полости, а межреберные мышцы поднимают грудную клетку вверх, вперед и в стороны. Объем грудной полости увеличивается, и легкие следуют за этим увеличением, поскольку содержащиеся в легких газы прижимают их к пристеночной плевре. Вследствие этого давление внутри легочных альвеол падает и наружный воздух поступает в альвеолы.

Выдох начинается с того, что межреберные мышцы расслабляются. Под действием силы тяжести грудная стенка опускается вниз, а диафрагма поднимается вверх, поскольку стенка живота давит на внутренние органы брюшной полости, а они своим объемом поднимают диафрагму. Объем грудной полости уменьшается, легкие сдавливаются, давление воздуха в альвеолах становится выше атмосферного, и часть его выходит наружу. Все

это происходит при спокойном дыхании. При глубоком вдохе и выдохе включаются дополнительные мышцы.

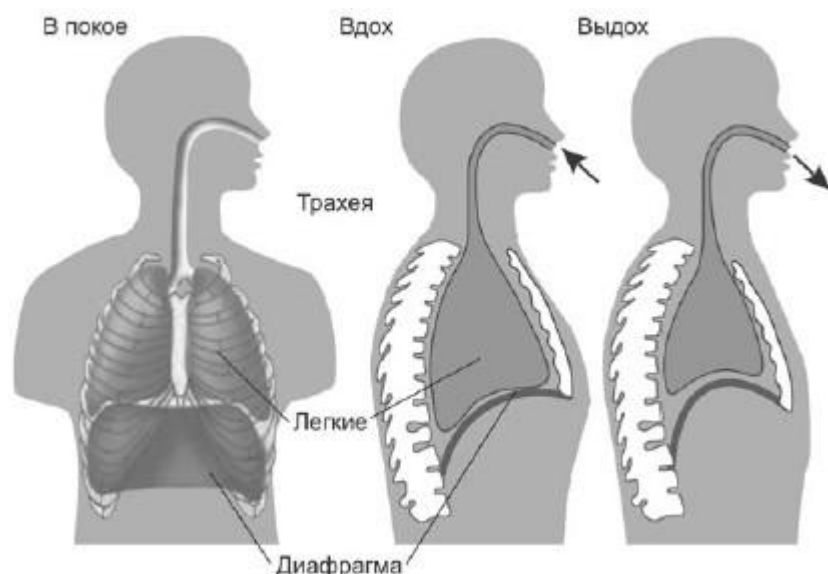


Рис.5.7 Схема дыхательных движений[9]

Нервная регуляция дыхания. Дыхательный центр расположен в продолговатом мозге. Он состоит из центров вдоха и выдоха, которые регулируют работу дыхательных мышц. Спадение легочных альвеол, которое происходит при выдохе, рефлекторно вызывает вдох, а расширение альвеол рефлекторно вызывает выдох. При жизни дыхательный центр активен практически постоянно, так как в его клетках ритмически возникают импульсы возбуждения. Автоматизм дыхательного центра обусловлен спецификой метаболизма в его нейронах. Импульсы после возникновения по центробежным нервам достигают дыхательных мышц, диафрагмы и обеспечивают возникновение вдоха и выдоха.

Особое значение в регуляции дыхания имеют импульсы, идущие от рецепторов дыхательных мышц и от рецепторов самих легких. От их характера в большой степени зависит глубина вдоха и выдоха. Физиологический механизм регуляции дыхания построен по принципу обратной связи: при вдохе легкие растягиваются и в рецепторах, расположенных в стенках легких, возникает возбуждение, которое по центростремительным волокнам блуждающего нерва достигает дыхательного центра и затормаживает активность нейронов центра вдоха, при этом в центре выдоха по механизму обратной индукции возникает возбуждение. В результате дыхательные мышцы расслабляются, грудная клетка уменьшается и происходит выдох. По такому же механизму выдох стимулирует вдох.

При задержке дыхания мышцы вдоха и выдоха сокращаются одновременно, вследствие чего грудная клетка и диафрагма удерживаются в одном положении. На работу дыхательных центров оказывают влияние и другие центры, в том числе расположенные в коре больших полушарий. Благодаря их влиянию можно сознательно изменять ритм дыхания, задерживать его, управлять дыханием при разговоре или пении.

При раздражении органов брюшной полости, рецепторов кровеносных сосудов, кожи, рецепторов дыхательных путей дыхание изменяется рефлекторно. Так, при вдыхании паров аммиака раздражаются рецепторы слизистой оболочки носоглотки, что вызывает активизацию акта дыхания, а при высокой концентрации паров – рефлекторную задержку дыхания. К этой же группе рефлексов относятся чихание и кашель – защитные рефлексы, служащие для удаления инородных частиц, попавших в дыхательные пути.

Гуморальная регуляция дыхания. При мышечной работе усиливаются процессы окисления, что приводит к повышению содержания углекислого газа в крови. Избыток углекислого газа повышает активность дыхательного центра, дыхание становится более глубоким и частым. В результате интенсивного дыхания восполняется недостаток кислорода, а избыток углекислого газа удаляется. Если концентрация углекислого газа в крови понижается, работа дыхательного центра тормозится и наступает непроизвольная задержка дыхания. Благодаря нервной и гуморальной регуляции концентрация углекислого газа и кислорода в крови в любых условиях поддерживается на определенном уровне.

5.3. Развитие органов дыхания и их функции в онтогенезе

Развитие легких у человеческого зародыша начинается на 3-й неделе эмбрионального существования. Между 5-й неделей и 4-м месяцем жизни зародыша формируются бронхи и бронхиолы, к моменту рождения количество легочных сегментов соответствует таковому у взрослого.

При внутриутробном развитии газообмен у плода происходит через плаценту и организм матери, легкие имеют плотную консистенцию и слабо развитую эластическую ткань. У плода регистрируются дыхательные движения в виде незначительного расширения грудной клетки, при этом легкие не расправляются, возникает только небольшое отрицательное давление в плевральной щели. Дыхательные движения плода способствуют лучшей циркуляции крови и улучшению кровоснабжения.

С первым вдохом новорожденного легкие расправляются и устанавливается ритмичное 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 на нервные клетки дыхательного центра непосредственно и рефлекторно через рецепторы кровеносных сосудов. В результате активизируется дыхательный центр и включается механизм дыхания – первый вдох, проявляющийся как первый крик новорожденного. В возникновении первого вдоха помимо главного фактора, возбуждающего дыхательный центр, – изменения газового состава крови – немаловажную роль играет изменение условий существования новорожденного: механическое раздражение кожи при прикоснове-

нии рук акушера, более низкая температура среды, потери воды через кожу и слизистые на воздухе и др.

Строение органов дыхания в первые годы жизни имеет свои специфические особенности. Нос меньше и короче, носовые ходы уже, особенно у детей грудного возраста, слизистая оболочка богата кровеносными сосудами — все это приводит к легкому возникновению отека и нарушению носового дыхания. Глотка у детей раннего возраста узкая, а слуховая евстахиева труба короткая и широкая. Ее отверстие расположено ниже и ближе к носовым ходам, чем у старших детей и взрослых, поэтому проникновение инфекции из носоглотки в слуховую трубу происходит очень легко. Придаточные пазухи носа у новорожденного практически отсутствуют, их развитие происходит в первые годы жизни. Гортань у детей первого года жизни имеет воронкообразную форму, она относительно длиннее, чем у более старших детей, ее слизистая оболочка и голосовые связки нежны, богаты кровеносными сосудами и лимфоидной тканью. Такое строение является причиной частого развития отека гортани (крупа) в этом возрасте. На втором году жизни форма гортани постепенно меняется, но остальные особенности сохраняются на всем протяжении периода раннего детства. Все особенности анатомического строения гортани присущи и трахее. Здесь также легко развиваются воспалительные процессы и велика опасность отека. Бронхи у детей узкие, хрящи мягкие и податливые. Слизистая оболочка сухая, но богата кровеносными сосудами, что способствует развитию воспалительных явлений и отека. Легкие в раннем возрасте богаты соединительной тканью, обильно снабжены кровеносными сосудами; капилляры и лимфатические сосуды широкие, эластическая ткань развита слабо; менее воздушны и эластичны. Плевра в грудном возрасте тонкая, плевральная полость легко растяжима. Диафрагма расположена относительно выше, чем у взрослого, сокращение ее более слабое.

Грудная клетка у грудного ребенка выпуклая, относительно короткая; ребра расположены горизонтально и под прямым углом к позвоночнику. На втором году жизни в связи с освоением ходьбы форма грудной клетки и положение ребер интенсивно изменяются, они переходят из горизонтального в косое положение. Эти изменения облегчают дыхательные движения и вентиляцию легких.

Дыхательная мускулатура у детей раннего и дошкольного возраста развита слабо. Упругость легочной ткани выше, а растяжимость ниже, чем у взрослых и детей школьного возраста; относительно малый диаметр бронхов создает в дыхательных путях дополнительное сопротивление. Таким образом, чем младше ребенок, тем большую работу должны выполнить его дыхательные мышцы для обеспечения вентиляции легких.

Повышенный обмен веществ у детей обуславливает высокую потребность в кислороде, между тем особенности легких и грудной клетки во многом ограничивают глубину дыхания. Интенсивность газового обмена обеспечивается увеличением частоты дыхания, частое и поверхностное дыхание

младенца ухудшает использование кислорода и затрудняет выделение углекислоты.

Формирование механизмов регуляции дыхания к моменту рождения ребенка еще не завершено, поэтому он хуже обеспечивает ритмическую смену фаз вдоха и выдоха. Подтверждением этого является большая изменчивость частоты, глубины и ритма дыхания младенца. Ритм дыхания у детей раннего возраста легко нарушается под влиянием внешних факторов – практически на все стрессовые воздействия и заболевания ребенок младшего возраста реагирует одышкой (учащением дыхания). Возбудимость дыхательного центра у грудных детей также снижена.

Основной структурной единицей легкого у ребенка, как и у взрослого, является ацинус. У новорожденных ацинус слабо дифференцирован, его формирование происходит еще долгое время после рождения. Так, например, у новорожденного число альвеол 24 млн., а их диаметр – 0,05 мм., что в 12 раз и соответственно в 4 раза меньше, чем у взрослых.

Усиленный рост и совершенствование органов дыхания наблюдается в пубертатном периоде. В течение этого возрастного периода носовые ходы, гортань, трахея и общая поверхность легких достигают максимального развития. Увеличивается просвет трахеи и бронхов, развиваются их мышечные и эластические волокна, увеличивается объем легких за счет увеличения размера альвеол (их количество достигает уровня взрослого к 8 годам, но объем легких и поверхность альвеол в начале пубертатного периода значительно меньше, чем у взрослых).

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 системами жизнеобеспечения устанавливается скоординированное взаимодействие.

С возрастом происходит формирование функциональной деятельности дыхательного центра, меняется его чувствительность к содержанию кислорода, достигая в школьном возрасте примерно уровня взрослого. Уже к 11 годам полноценной становится возможность произвольного приспособления дыхания к различным условиям жизнедеятельности. Однако в период полового созревания в организме подростков происходят временные нарушения регуляции дыхания, отмечается меньшая, чем у взрослого человека, устойчивость к гипоксии.

В процессе онтогенеза большую роль в функциональном совершенствовании регуляции дыхания играет развитие двигательного анализатора. По мере роста и развития ребенка и подростка развивается опорно-двигательный аппарат и двигательные реакции, совершенствуются проприорецептивные механизмы, становится более тонким анализ информации, поступающей в головной мозг от проприорецепторов мышц и сухожилий,

совершенствуется взаимосвязь двигательного и дыхательного центров головного мозга, оптимизируется обеспечение кислородом двигательной активности организма. Скоординированное взаимодействие между системой дыхания и другими системами жизнеобеспечения устанавливается к 16-18 годам.

С возрастом дыхание все лучше поддается управлению, появляется возможность произвольно изменять дыхание (прекратить или усилить дыхательные движения, обеспечивающие вентиляцию легких). Такая регуляция осуществляется через кору больших полушарий головного мозга, связана с развитием второй сигнальной системы и проявляется с развитием речи.

У ребенка первого года жизни в связи со слабостью межреберных мышц дыхание осуществляется преимущественно за счет движения диафрагмы (брюшной тип дыхания). 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 5-6 лет она составляет около 25 дыхательных движений в минуту, в 10 лет – 18-20, у взрослых – 15-16, а отношение частоты дыхания к частоте пульса у новорожденных – 1 : 2,5-3, у детей 6-7 лет – 1 : 3,5-4, у взрослых – 1:4.

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 возможности организма в условиях физической нагрузки и адаптации.

В 7-8 лет начинают проявляться, а к 14-17 годам окончательно формируются половые различия в типе дыхания: у мальчиков преобладает брюшной тип дыхания, а у девочек – грудной. В дальнейшем тип дыхания может меняться в зависимости от спортивной деятельности.

Возрастные изменения показателей дыхания имеют большое значение для оценки физиологического состояния организма, его адаптивных возможностей. Такими показателями являются *объем дыхательного воздуха* (количество воздуха, вдыхаемого и выдыхаемого за одно дыхательное движение), *минутный объем дыхания* (количество воздуха, которое вдыхает человек в 1 минуту), *максимальная произвольная вентиляция легких* (максимальный объем воздуха, который человек может вдохнуть и выдохнуть за 15 с). По мере роста и развития организма эти показатели претерпевают значительные изменения. Объем дыхательного воздуха (ДО) у ребенка в 1 месяц составляет 30 мл, в 1 год – 70, в 6 лет – 156, в 10 – 230, в 14 лет – 300 мл и лишь к 16-17 годам достигает величины взрослого человека. Минутный объем дыхания (МОД) у новорожденного составляет 650-700 мл, к концу первого жизни – 2700, к 6 годам – 3500, у взрослого человека – 5000-6000 мл. Значение максимальной произвольной вентиляции легких (МПВ) с возрастом увеличивается, достигая к 16-17 годам уровня взрослого человека.

Примерно с 11 лет прирост МПВ у девочек начинает отставать от такового у мальчиков. МПВ у дошкольников в 10 раз больше, чем МОД; в пубертатном периоде в 13 раз; в среднем у взрослого – в 20-25 раз. Это показывает, что в процессе роста и развития организма резервы внешнего дыхания увеличиваются. *Жизненная емкость легких* (ЖЕЛ) – максимальный объем воздуха, выдыхаемый после самого глубокого вдоха, – доступна измерению с 4-6 лет. Принято использовать ЖЕЛ в качестве одного из показателей физического развития детей школьного возраста, а также призывников. Измерить ЖЕЛ можно только при активном и сознательном участии ребенка, поэтому данные о детях до 3-летнего возраста практически отсутствуют.

Жизненная емкость легких у детей и подростков (в мл)[2,8,10].

Возраст	4	5	6	7	8	10	12	15	17
Мальчики	1200	1200	1200	1400	1440	1630	1975	2600	3520
Девочки	900	1000	1100	1200	1360	1460	1905	2530	2760

Изменение кислородных режимов с возрастом. Под кислородным режимом дыхания понимается скорость и эффективность поглощения организмом кислорода из вдыхаемого воздуха. Общая тенденция повышения эффективности кислородных режимов организма в процессе роста и развития обусловлена тем, что функции дыхания и кровообращения становятся с возрастом более экономными, а регуляция этих систем более совершенной. Например, ребенку дошкольного возраста для потребления одного литра кислорода необходимо прохождение через легкие 29-30 л воздуха, подростку – 32-34, взрослому – всего 24-25 л. Для доставки тканям 1 л кислорода у ребенка и подростка необходимо участие в газообмене 21-22 л крови, у взрослого – 15-16 л.

Одной из лучших моделей для выявления функциональных возможностей внешнего дыхания и всей системы газообмена является физическая нагрузка (выполнение определенных физических упражнений). У детей и подростков при мышечной работе потребление кислорода не может возрасти до таких значений, как у взрослых, у них также ниже ресурс увеличения легочной вентиляции и кровотока. Например, во время физической нагрузки легочная вентиляция у детей и подростков возрастает всего в 10-12 раз (8-9 лет – до 50-60 л/мин; 14-15 лет – до 60-70 л/мин), тогда как у нетренированных взрослых МОД достигает 100 л/мин.

Увеличение легочной вентиляции у детей при нагрузке осуществляется в основном за счет учащения дыхания, а не за счет увеличения дыхательного объема вдоха и выдоха. Возможности более интенсивного усвоения кислорода из воздуха при повышении нагрузки также невелики: при физической нагрузке коэффициент утилизации кислорода у детей 5-6 лет увеличивается примерно в 2 раза, а у взрослых в 3 раза.

В связи с небольшим размером сердца, меньшей мощностью сердечной мышцы систолический объем крови у детей и подростков при напряженной мышечной деятельности не может увеличиваться так, как у взрослых. По-

этому для усиления транспорта кислорода к тканям организма используется такой менее эргономичный способ активизации кровообращения, как учащение сердцебиения.

Использование тканями кислорода из артериальной крови у детей составляет примерно 50%, тогда как у взрослых – 70% (у спортсменов высокого класса достигает 85-90%). Относительно небольшая кислородная емкость крови, меньшая утилизация из нее кислорода приводит к тому, что у детей и подростков при физической нагрузке эффективность кровообращения не столь высока, как у взрослых. Более низкие эффективность и экономичность кислородных режимов свидетельствуют о менее совершенном регулировании их в организме ребенка во время мышечной работы.

Обобщая возрастные особенности дыхательной системы, следует еще раз подчеркнуть, что органы дыхания у детей и подростков еще не полностью адаптированы к изменяющимся внешним условиям и уязвимы для различных вредоносных факторов. В то же время потребность ребенка в интенсивном газообмене приводит к значительной нагрузке на них. Поэтому гигиена органов дыхания и предупреждение заболеваний дыхательных путей очень важны для благополучного роста и развития ребенка.

5.4. Физиологическая оценка дыхательной системы

Функция верхних дыхательных путей заключается в согревании и увлажнении вдыхаемого воздуха и очищении его от пыли и микроорганизмов. Слизистая оболочка носа богата кровеносными и лимфатическими сосудами, что необходимо для согревания воздуха, а выделение слизи и наличие волосков – для его увлажнения и задержки пыли и микробов. Дыхание через рот ведет к попаданию в легкие чрезмерно сухого либо излишне холодного воздуха, что может вызвать воспаление слизистой оболочки гортани, трахеи и бронхов, развитие хронического ларингита, трахеита, бронхита. Кроме того, при затрудненном в течение длительного периода носовом дыхании развивается косметически неприятная деформация нижней части лица («аденоидное лицо»), ухудшается работоспособность, нередко бывают головные боли. Поэтому при затруднении носового дыхания (вследствие разрастания аденоидов, хронического набухания слизистой оболочки полости носа, ведущего к резкому сужению просвета носовых ходов) следует обязательно обратиться к врачу-отоларингологу. Необходимо приучать детей и подростков разговаривать негромко, не кричать с большого расстояния (кстати, этого требуют и правила этики), стараться меньше разговаривать в сырых, холодных, пыльных помещениях, а также во время прогулок в холодную погоду, на сильном ветру.

Дренажная функция бронхов заключается в непрерывном выделении их слизистой оболочкой небольшого количества слизи, которая постоянно перемещается вверх, по направлению к верхним дыхательным путям, многочисленными ресничками мерцательного эпителия, устилающего слизистую бронхов. Именно с этой функцией бронхов связано свойственное каждому

здоровому человеку периодическое откашливание — это слизь, несущая с собой пылевые частицы и микробы, удаляется из бронхов; при этом не имеет принципиального значения, сплюнет человек или проглотит слизь, так как в последнем случае, попав в желудок, она будет обезврежена и переварена.

Дренажной функции бронхов способствует хорошая вентиляция всех отделов обоих легких. Напротив, нарушение вентиляции какого-либо их участка ведет к застою слизи вместе с пылью и микробами. Особенность легких такова, что скопление в каком-либо их участке жидкости, будь то слизь или жидкость, попавшая туда извне (например, околоплодная жидкость во время родов), ведет к возникновению воспалительного процесса. Для нормального осуществления дренажной функции бронхов необходимы регулярные активные движения на свежем воздухе, чтобы каждый участок бронхиального дерева мог «продышаться». Полезно также употребление (с чаем или самостоятельно) трав, содержащих полезные ароматические вещества, способствующие лучшему отхождению слизи, — душицы, чабреца, мяты, зверобоя, трехцветной фиалки и т.д.

Необходима постоянная забота о чистоте воздуха в учебных помещениях, спортивном зале и т.д., регулярное проветривание и влажная уборка. Для обеспечения учащихся необходимым количеством свежего воздуха необходима трехкратная в течение часа его смена с помощью вентиляции. Учителя должны использовать каждую возможность для дополнительного проветривания помещения. Во время перемен следует по возможности открывать свежему воздуху как можно большую площадь окон, не ограничиваясь одной фрамугой.

Научить детей, подростков правильно дышать при любых видах деятельности — важная гигиеническая задача. Одно из условий правильного дыхания — хорошее развитие грудной клетки. Для этого важно правильное (не согнутое) положение учащегося за партой и дома во время приготовления уроков, прямая осанка при движении и стоянии, распрямление туловища при вдохе, так как все это способствует расширению грудной клетки, облегчает деятельность легких и содействует более глубокому и эффективному дыханию.

Респираторные вирусные инфекции и их профилактика

Человечество справилось со многими тяжелыми и опасными заболеваниями. Ушли в прошлое страшные эпидемии чумы, на земном шаре полностью ликвидирована черная оспа. Однако все еще широко распространены респираторные вирусные инфекции, известные в обиходе как грипп или гриппоподобные заболевания, а медициной регистрируемые как ОРЗ (острое респираторное заболевание) или ОРВИ (острая респираторная вирусная инфекция). В чем здесь дело?

Во-первых, респираторные вирусы, как ясно из их названия, поражают верхние дыхательные пути и легкие, и, следовательно, инфекция распространяется воздушно-капельным путем. Это самый «эффективный» из всех путей распространения инфекции. Достаточно одному больному начать чи-

хоть в помещении, как вирусы вскоре распространяются по всему помещению и вдыхаются всеми здесь присутствующими. Отсюда и велика вероятность заражения сразу большого числа людей.

Во-вторых, распространению респираторных вирусных инфекций способствует интенсивное развитие средств коммуникации – воздушного сообщения, автомобильного и железнодорожного транспорта. Больной гриппом может в течение каких-то полусуток преодолеть расстояние в несколько сотен или тысяч километров, а следовательно, и распространить инфекцию на столь далекое расстояние. Не случайно, респираторные вирусные инфекции широко распространились именно в XX веке.

В-третьих, распространению респираторных вирусных инфекций способствует относительная легкость заболевания, вследствие чего заболевших не госпитализируют и не изолируют от окружающих, многие из них считают возможным выходить на улицу, ездить в городском транспорте, приходить на работу до полного выздоровления.

В-четвертых, в организме отсутствуют достаточно эффективные механизмы борьбы с респираторными вирусами: иммунитет вырабатывается примерно в течение недели (отсюда и средняя продолжительность респираторных вирусных инфекций), но он весьма непродолжителен (в пределах нескольких недель). Основным механизмом борьбы с вирусом на раннем, как правило, наиболее тяжелом ее этапе является повышение температуры тела, которое обычно расценивают как главный болезненный симптом и усиленно «сбивают», а это препятствует выработке иммунитета и способствует затягиванию заболевания, увеличению числа возможных осложнений.

В-пятых, вирусам респираторных инфекций свойственна изменчивость антигенных свойств, что не позволяет приготовить вакцину, которая была бы пригодна при повторных эпидемиях вируса того же типа. Например, вирус A_2 при одной эпидемии не идентичен вирусу же A_2 при следующей эпидемии. Изменение антигенных свойств вируса возникает, вероятно, в процессе взаимодействия с организмами, имеющими разные биологические особенности. При массовых заболеваниях вирус встречает самые разнообразные условия и имеет возможность в полной мере проявить свои способности к трансформации антигенных свойств, к этой «маскировке».

Профилактике респираторных вирусных инфекций способствует закаливание организма. Нередко бывает так, что во время вспышки респираторных вирусных инфекций вирусы, попав на слизистую верхних дыхательных путей, некоторое время здесь находятся, не вызывая явного заболевания (болезненные симптомы могут отсутствовать полностью, или же может быть лишь незначительный насморк, изредка чихание, легкое недомогание).

Охлаждение тела в этих условиях сразу же ведет к развитию заболевания в его явной и тяжелой форме. Следовательно, причиной заболевания здесь является вирусная инфекция, а охлаждение играет роль способствующего фактора. Ясно, что повышенная устойчивость организма к охлаждению, приобретенная в результате закаливания, препятствует такому дейст-

вию охлаждения, и заболевание у закаленного человека может ограничиться отмеченными выше субклиническими проявлениями.

Как и во время заболевания другими инфекциями, больному следует делать все, что способствует борьбе организма с болезнетворным фактором, – избегать охлаждения, значительной физической нагрузки, при плохом самочувствии соблюдать постельный или полупостельный режим. Вместе с тем здесь следует учитывать некоторые особенности, свойственные как течению заболевания, так и возрасту больного. Например, детям очень трудно переносить строгий постельный режим, это для них большая нагрузка, чем порою сама болезнь. Растущий организм требует движения, ограничение подвижности снижает жизненный тонус, ухудшает аппетит и в конечном итоге лишь препятствует борьбе с инфекцией. Но важно следить, чтобы ребенок, подросток во время болезни был тепло одет.

Снижение аппетита в остром периоде болезни – вполне естественное явление, и заставлять больного есть через силу не следует, тем более что усвояемость питательных веществ в это время снижена. Пища должна быть легкоусвояемой, с увеличенным количеством углеводов. Рекомендуются также принимать больше жидкости, так как это способствует выведению из организма вредных веществ. В периоде выздоровления питание должно быть усиленным.

Повышение температуры тела во время болезни, как отмечалось ранее, – важная защитная реакция: при повышенной температуре активнее вырабатываются защитные антитела против возбудителя инфекции, быстрее происходит нейтрализация выделяемых им токсических веществ, эффективнее происходит фагоцитоз, слизистые оболочки менее ранимы – не случайно при повышении температуры насморк выражен меньше. Встречаются, правда, вполне здоровые люди, которые плохо переносят повышение температуры. В этом случае следует не допускать повышения температуры до уровня, когда самочувствие нарушается, но и снижать ее нужно осторожно, скажем, вместо целой таблетки аналгина или аспирина принимать по 1/4 ее несколько раз в сутки с определенными промежутками времени, тем самым можно избежать резких перепадов температуры, о вреде которых сказано выше. У некоторых людей при инфекционных заболеваниях температура тела почти не повышается; у них заболевание протекает тяжелее и дольше.

Влияние курения на органы дыхания

Курение – привычная система действий, выражающая болезненное пристрастие человека к наркотическому веществу – никотину, содержащемуся в табаке. Болезненно оно потому, что бросить курить очень трудно, курение делается настоящей потребностью, подчиняет себе образ жизни, быт, интересы человека, строй его мыслей. Курение наносит большой вред здоровью, состоянию различных органов и их систем.

В табачном дыме содержится большое количество различных вредных веществ – до 5% оксида углерода (II), до 10% оксида углерода (IV), синильная кислота, аммиак, формальдегид, а также радиоактивные вещества (по-

лоний, свинец, висмут) и канцерогенное вещество бензопирен. Во время курения происходит сухая перегонка табака, образуются смолы и деготь. Вредное влияние курения на органы дыхания, таким образом, связано с прямым раздражающим действием веществ табачного дыма на слизистую оболочку дыхательных путей, с ухудшением насыщения крови кислородом, с канцерогенным действием бензопирена и радиоактивных веществ.

Голосовые связки курящих находятся в состоянии хронического воспаления (отсюда и типичное для курящих огрубение и осиплость голоса, что особенно заметно у женщин). Слизистая оболочка трахеи и бронхов раздражена и воспалена, активность мерцательного эпителия значительно снижена, вследствие чего дренажная функция бронхов ослаблена. Это, в свою очередь, способствует застою грязно-серой мокроты курящих, и удаление ее из дыхательных путей становится возможным лишь путем кашля, так как обычный путь – за счет движения ресничек мерцательного эпителия – оказывается недостаточным.

Курение ведет к гипоксии, поскольку угарный газ табачного дыма блокирует часть гемоглобина и дыхательная функция крови нарушается. Хроническое гипоксическое состояние в молодом возрасте ведет к отставанию в физическом развитии, ухудшению показателей умственной и физической работоспособности, снижению производительности учебного труда, повышенной утомляемости.

У многих курильщиков со временем курение уже не вызывает приятных ощущений, остается лишь физическая тяга к нему, своеобразный острый никотиновый голод, который и побуждает продолжать курить. На этом этапе курения наблюдаются различные осложнения и появляются мысли о том, что нужно прекратить курение. Примерно 98% курящих считают курение вредным для себя, из них 2/3 пытаются бросить курить. Примерно четвертая часть курящих жалуется на общее плохое самочувствие и слабость; около трети – на неприятные симптомы нарушений функции органов дыхания (кашель, боль в груди, одышка, затруднение дыхания); десятая часть — на ухудшение сна, раздражительность, ослабление умственной деятельности.

По статистике различных стран, курящие заболевают раком легких в 10-30 раз чаще некурящих, раком гортани – в 6-10 раз, раком пищевода – в 2-6 раз. Значительно чаще курящие болеют бронхиальной астмой и туберкулезом. В среднем продолжительность жизни в результате курения сокращается на 6-8 лет. Смертность курящих в молодом возрасте на 30-40% выше, чем среди некурящих. «Голос курильщика», «кашель курильщика», «бронхит курильщика» – все это плата за курение. В легких курящих накапливаются частицы сажи и дегтя: несмотря на частый кашель, полного очищения легких не происходит. Поэтому легкие курящих своим грязно-черным цветом резко отличаются от розовых легких некурящих.

Курящий наносит большой вред не только своему здоровью, но и здоровью окружающих. Установлено, что примерно 2/3 дыма от сгоревшей сигареты попадает во внешнюю среду и загрязняет ее вредными веществами.

Человек, который находился в течение часа в сильно накуренном помещении, получает такую же дозу ядовитых веществ, как и выкуривший четыре сигареты. Особенно плохо переносят табачный дым дети. Они становятся бледными, беспокойными, плохо спят, у них снижен аппетит. Для самочувствия «пассивных курильщиков» характерны головная боль, головокружение, повышенная утомляемость, учащенное сердцебиение. Подсчитано, что жены активных курильщиков живут в среднем на 3-4 года меньше, чем жены некурящих.

Курение нарушает нормальный режим труда и отдыха учащихся. Связано это не только с вредным действием никотина на центральную нервную систему, но и с тем, что желание курить может появиться во время урока, и в этом случае внимание учащегося полностью отвлекается от занятий. Курящие учащиеся уже не отдыхают на перемене, как это положено, а сразу же после урока устремляются в туалет и здесь в облаках табачного дыма проводят время между уроками.

Тема 6. СТРОЕНИЕ, ФУНКЦИИ и ГИГИЕНА ОРГАНОВ ПИЩЕВАРЕНИЯ

6.1. Значение пищеварения

Общие представления о пищеварении. Питание для живого организма – это источник энергии, пластического (строительного) материала, незаменимых для обмена веществ витаминов и микроэлементов. Однако содержащиеся в пище питательные вещества являются для организма чужеродными и не могут быть непосредственно усвоены его клетками. Чтобы клетки могли их использовать, сложные высокомолекулярные соединения пищевых веществ должны превратиться в более мелкие молекулы, лишенные специфичности (чужеродной антигенности). Этот процесс происходит в пищеварительном тракте и называется *пищеварением*, а образующиеся при этом вещества – продуктами переваривания.

Пищеварение происходит в процессе перемещения пищи по органам, составляющим пищеварительный тракт. У высших животных к таким органам относятся рот со всеми его структурами, глотка, пищевод, желудок, кишечник и анальное отверстие (задний проход). Процесс пищеварения обеспечивают также вспомогательные органы: слюнные железы, поджелудочная железа, печень и желчный пузырь (рис. 6.1).

Переработка пищи в пищеварительном тракте длится от 24 до 48 ч и условно подразделяется на следующие взаимосвязанные этапы:

- 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 к «потребителям» — клеткам органов, нуждающимся в питательных веществах для осуществления метаболических процессов;
- экскреция, или выделение, – выведение продуктов переваривания через анальное отверстие в виде кала.

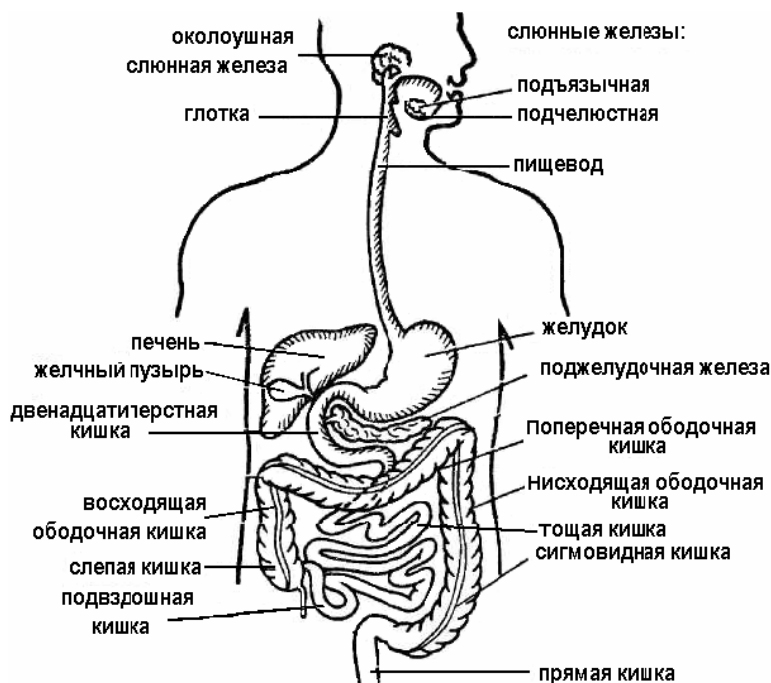


Рис.6.1. Органы пищеварительного тракта человека[6,9]

Процессы пищеварения можно разделить на физические и химические. Основной физический процесс во время пищеварения – измельчение пищевой массы, происходящее как при жевании, так и в результате ритмических сокращений желудка и кишечника. Такие физические воздействия способствуют размельчению пищи и тщательному перемешиванию ее частиц с пищеварительными соками, которые выделяются во рту, желудке и кишечнике. Кроме того, сокращения стенок желудочно-кишечного тракта в сочетании с периодическим открытием и закрытием кишечных клапанов обеспечивают постепенное, небольшими порциями, продвижение пищевого комка из одного отдела тракта в другой.

Одновременно с физической обработкой пищи – ее измельчением – начинается химическое расщепление под действием ферментов пищеварительных желез, расположенных по ходу желудочно-кишечного тракта.

Пищеварительные железы взрослого человека: слюнные, желудочные, поджелудочная, кишечные, печень – выделяют в пищеварительный тракт за сутки около 8,5 л пищеварительных соков: 1,5 л слюны, 2,5 л желудочного, 1 л поджелудочного, 2,5 л кишечного соков и 1,2 л желчи. В пищеварительные соки входят как органические, так и неорганические вещества. Среди органических веществ большое значение имеют ферменты, или биологические катализаторы. Ферменты – необходимые участники процесса пищева-

рения. Только низкомолекулярные соединения могут проходить через стенку кишечника и попадать в кровоток, поэтому компоненты пищи должны быть предварительно расщеплены до небольших молекул. Основной химической реакцией, приводящей к распаду углеводов, белков и жиров, является гидролиз, осуществляемый набором гидролитических ферментов. В процессе гидролиза питательные вещества, присоединяя фрагменты молекулы воды, расщепляются на мелкие растворимые звенья, которые могут проникать через кишечную стенку, стенки лимфатических и кровеносных сосудов, поступать с тканевую жидкость и клетки различных органов. При этом энергетическая ценность питательных веществ практически не снижается. Благодаря действию специфических ферментов, содержащихся в пищеварительных соках, гидролиз протекает очень быстро.

Ферменты обладают высокой специфичностью. Например, одни ферменты действуют на молекулу крахмала, другие – на сахарозу (свекловичный и тростниковый сахар), третьи – только на молочный сахар и т.д. Таким образом, каждый из них ускоряет расщепление только одного определенного вещества. Гидролиз белков катализирует фермент пепсин, содержащийся в желудке. Ряд высокоэффективных пищеварительных ферментов секретирует в кишечник поджелудочная железа. Это трипсин и химотрипсин, расщепляющий белки; липаза, расщепляющая жиры; амилаза, катализирующая расщепление крахмала. Пепсин, трипсин и химотрипсин секретируются в неактивной форме, в виде так называемых зимогенов (проферментов), и переходят в активное состояние только в просвете желудка и кишечника под действием специальных факторов. Это объясняет, почему указанные ферменты не разрушают клетки поджелудочной железы и желудка. Дополнительно защищает стенки желудка и кишечника от пищеварительных ферментов слой слизи. Некоторые важные пищеварительные ферменты секретируются клетками тонкого кишечника.

Для действия ферментов необходимы определенные условия: оптимальная температура (36-37°C, что соответствует температуре тела) и определенная реакция среды. Каждый пищеварительный сок обеспечивает оптимальную среду для действия содержащихся в нем ферментов. Например, желудочный сок содержит хлористоводородную кислоту, а поджелудочный и кишечный соки, ферменты которых действуют в щелочной среде, содержат щелочь.

Пищеварение в полости рта. Попадая в рот, пища в ходе пережевывания смешивается с имеющей щелочную реакцию слюной, которая и начинает процесс пищеварения. Слюна обеспечивает тесный контакт пищевых частиц с содержащимся в ней ферментом пتيالеном, растворяет некоторые легко растворимые вещества, размягчает более плотные частицы и покрывает пищевой комок слизью, облегчающей глотание. С действия пتيالена (слюнной амилазы) на крахмал, прошедший тепловую обработку, начинается химическая стадия пищеварения. Количество и состав слюны, а также в какой-то мере и степень переваривания пищи на данном этапе зависят от стимуляции слюнных желез. Мысль о пище вызывает рефлекторное слюноотде-

ление, а присутствие пищи во рту активирует секрецию слюны. При приеме сухой пищи выделяется слюна с большим количеством слизи (муцина), а богатая углеводами пища стимулирует активность околоушных желез, в слюне которых особенно много ферментов. Поскольку пища обычно недолго остается во рту, здесь пищеварение лишь начинается, а пищеварительный эффект слюны проявляется в основном в желудке.

Пищеварение в желудке. После пережевывания и пропитывания слюной полужидкая пищевая масса вследствие сокращений пищевода попадает в желудок. Действие слюны продолжается до тех пор, пока кислота желудочного сока не пропитает пищевую массу и не разрушит амилазу слюны. При обычной смешанной пище это может занять до 30 мин. Время пропитывания пищи желудочным соком зависит от характера и размеров пищевого комка и активности желудочной секреции.

По мере проникновения желудочного сока в пищевую массу начинается желудочная фаза пищеварения, в течение которой происходит главным образом расщепление белковых частиц. В ходе этого процесса фермент пепсин с помощью соляной кислоты, тоже присутствующей в желудочном соке, частично расщепляет белковые молекулы. Точно так же действует фермент химозин (реннин), содержащийся в желудочном соке маленьких детей; он расщепляет молочный белок казеин, вызывая створаживание молока. В желудке может начаться и частичное переваривание жира, поскольку в нормальном желудочном соке присутствует небольшое количество липазы – фермента, гидролизующего нейтральные жиры с образованием глицерина и жирных кислот.

Желудочные ферменты пепсин и реннин непрерывно секретируются специальными клетками слизистой оболочки желудка в виде предшественников – пепсиногена и прореннина. Последние превращаются в активные ферменты под действием соляной кислоты, которую выделяют обкладочные (париетальные) клетки, расположенные в области дна желудка. Их секреторную активность повышает гормон гастрин, выделяемый желудочными стенками (вероятно, при их механическом раздражении пищей или какими-то ее составными частями) и поступающий в кровь. Небольшое количество кислого секрета, так называемый запальный сок, выделяется в результате психической стимуляции – вида вкусной пищи или представлений и мыслей о ней. Смесь продуктов всех клеток желудочных стенок составляет желудочный сок. Под влиянием соляной кислоты неактивные предшественники пищеварительных ферментов превращаются в активные формы.

В результате совместного действия ферментов и кислоты желудочного сока происходит растворение большинства содержащихся в пище веществ. Это относится в первую очередь к белковым соединениям, с которыми соляная кислота образует растворимые соли. Она разрушает также основную массу бактерий, попадающих в желудок с пищей, тем самым предотвращая процессы гниения и предупреждая развитие ряда инфекционных заболеваний.

Продолжительность пребывания пищи в желудке зависит от ее состава. Твердая пища, содержащая большое количество белка, сильнее стимулирует секрецию желудочного сока и дольше остается в желудке, чем более жидкая пища. Жир остается в желудке относительно долго, а углеводы быстро проходят через него. На конечной стадии желудочного пищеварения кислая жидкая масса (химус) под действием перистальтических сокращений желудочно-кишечного тракта перемещается в тонкий кишечник.

Пищеварение в кишечнике. Поступающие в кишечник продукты желудочного пищеварения смешиваются с секретом кишечных стенок и двумя щелочными жидкостями – соком поджелудочной железы и желчью, образующейся в печени и выделяющейся в просвет кишечника из протока желчного пузыря. Оба протока (поджелудочной железы и желчного пузыря) открываются в кишечник в области сфинктера привратника, отделяющего желудок от тонкого кишечника. Щелочные жидкости нейтрализуют поступившую из желудка кислую массу, и желудочная фаза пищеварения заканчивается. Одновременно под влиянием ферментов панкреатического и кишечного сока начинается последняя стадия процесса пищеварения. Секрет поджелудочной железы содержит высокоактивные ферменты – амилазу, протеазы (трипсин и химотрипсин) и липазу, которые расщепляют крахмал, белки и жиры, уцелевшие после слюнной и желудочной фаз пищеварения.

Под действием панкреатической амилазы (амилопсина) крахмал, не расщепленный слюной, превращается в декстрин, а декстрин в мальтозу. Панкреатическая липаза гидролизует нейтральные жиры с образованием глицерина и жирных кислот. Важная роль в этой реакции принадлежит щелочным секретам и присутствующим в желчи желчным солям: изменяя поверхностное натяжение и усиливая перистальтику, они эмульгируют жир (разбивают на множество микрокапель), что значительно увеличивает поверхность, на которую может действовать липаза. Панкреатические протеазы трипсин и химотрипсин действуют подобно пепсину, превращая все не расщепленные желудочным соком белки (обычно это 50-70% общего количества белков пищи) в альбумозы и пептоны. Эти промежуточные продукты расщепления белков подвергаются затем действию смеси кишечных ферментов (аминопептидаз и дипептидаз) и превращаются в полипептиды, дипептиды и отдельные аминокислоты. Кишечные ферменты мальтаза, сахараза и лактаза гидролизуют соответствующие дисахариды (мальтозу, сахарозу и лактозу) до составляющих их моносахаридов. В кишечном соке присутствует также и ряд других ферментов, которые расщепляют поступающие в малом количестве компоненты пищи, например, нуклеиновые кислоты, гексозофосфаты и лецитин. К таким ферментам относятся соответственно поли- и мононуклеотидазы, фосфатаза и лецитиназа. Непищеварительный фермент кишечного сока – энтерокиназа – является специфическим активатором трипсиногена (предшественника протеолитического фермента трипсина).

Ферменты, содержащиеся в кишечном соке, в высокой концентрации присутствуют на поверхности слизистой оболочки кишки. Поэтому часть

реакций, которые раньше считались происходящими в просвете кишечника, на самом деле может протекать на кишечной стенке (пристеночное пищеварение).

Определенную роль в переваривании пищи в кишечнике играет и симбионтное пищеварение. Так называются процессы переваривания пищи под действием ферментов, выделяемых в просвет кишечника микроорганизмами-симбионтами («дружественные» микроорганизмы, заселяющие кишечник человека с первых дней после рождения и оказывающие благотворное влияние на многие процессы организма).

Секретция панкреатического сока и желчи (но не кишечного сока) находится под гормональным контролем, особенность которого состоит в том, что гормонально-активные вещества секретируются в кровь не железами, а отдельными эндокринными клетками слизистой оболочки кишечника.

В результате трех стадий пищеварения происходит гидролиз почти всех поглощенных питательных веществ с образованием более простых молекул. Наряду с витаминами, минеральными веществами и немногими, не требующими переваривания питательными веществами, эти простые молекулы легко всасываются через слизистую оболочку кишечника, а кровь переносит их в клетки различных тканей. В толстый кишечник попадают отходы пищеварения, которые выводятся из организма через задний проход (анальное отверстие).

6.2. Строение и функции отделов пищеварительного тракта

Форма и структура органов пищеварения оптимально приспособлены к приему и переработке пищи, всасыванию питательных веществ, продвижению пищевых масс и продуктов пищеварения. Все органы пищеварительного тракта имеют в своем строении общие черты.

Стенка пищеварительного канала на всем протяжении имеет три слоя: внутренний – слизистая оболочка, средний – мышечная оболочка и наружный – серозная оболочка. Характеристики оболочек имеют свои специфические особенности в разных отделах пищеварительного тракта, соответствующие процессам пищеварения в этих отделах.

Слизистая оболочка выполняет функцию переваривания и всасывания и состоит из собственного слоя, собственной и мышечной пластинок. Ротовая полость, глотка, пищевод покрыты многослойным плоским эпителием. Желудок, кишечник имеют однослойный цилиндрический эпителий, их слизистая оболочка включает клетки, выделяющие ферменты и слизь. Под слизистой оболочкой находится слой соединительной ткани – подслизистый слой, который соединяет слизистую оболочку с лежащей снаружи мышечной оболочкой.

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 неба находится попе-

речнополосатая мышечная ткань. Сокращения мышечной оболочки обеспечивают перистальтику – передвижение пищи по отделам пищеварительного тракта. Все движения кишечника (перистальтика) регулируются вегетативной нервной системой, главным образом ее внутрикишечным отделом, называемым иногда «**кишечным мозгом**».

Серозная оболочка покрывает органы пищеварения, состоит из соединительной ткани, блестящая, беловатого цвета, увлажнена серозной жидкостью и обеспечивает защиту органов пищеварительного тракта и их скольжение, связанное с изменениями положения тела и перистальтикой.

Ротовая полость подразделяется на два отдела: преддверие рта и собственно ротовую полость (рис. 6.2).

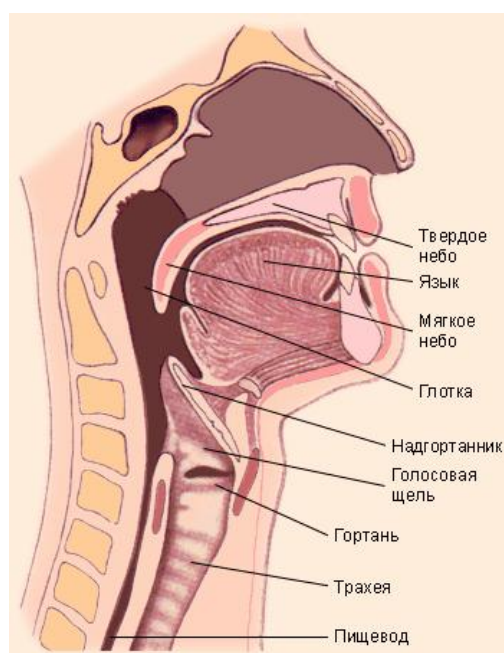


Рис. 6.2. Органы ротовой полости, глотки, пищевода[6,9]

Преддверие рта представляет собой вертикально расположенную щель между губами и щеками с одной стороны, зубами и деснами – с другой. *Собственно ротовая полость* сверху ограничена *небом*. Его передняя часть – твердое небо имеет костную основу, а задняя – мягкое небо образовано мышцами и слизистой оболочкой. В передней части неба имеется ряд поперечных валиков – небных альвеол; это рудименты, у животных они хорошо развиты и помогают при пережевывании пищи. Небо отделяет полость носа и носоглотку от ротовой полости. Мягкий язычок, которым заканчивается мягкое небо, закрывает вход в носоглотку во время проглатывания пищи. Снизу ротовая полость ограничена диафрагмой рта и языком.

Язык – мышечный орган, образованный поперечнополосатой мышечной тканью. Мышечные волокна расположены в разных направлениях, поэтому язык может выполнять самые разнообразные движения при жевании и речи, а также участвует в проталкивании пищевого комка в глотку при глотании. Язык является и органом вкуса, его слизистая имеет большое количество вкусовых рецепторов.

Язык прикрепляется к нижней челюсти и подъязычной кости корнем языка. Его выпуклая часть, обращенная к небу, называется спинкой языка. На спинке языка располагаются возвышения различной формы (вкусовые сосочки), где сосредоточены вкусовые рецепторы. Передняя свободная часть языка называется верхушкой. Под слизистой оболочкой корня языка располагается язычная миндалина, которая является органом иммунной системы и участвует в обеззараживании пищи.

В слизистой оболочке ротовой полости располагаются многочисленные мелкие *слюнные железы*: щечные, небные, язычные. В полость рта открываются выводные протоки трех пар *крупных слюнных желез*: околоушной, подчелюстной и подъязычной, находящихся за пределами ротовой полости (рис. 6.3).

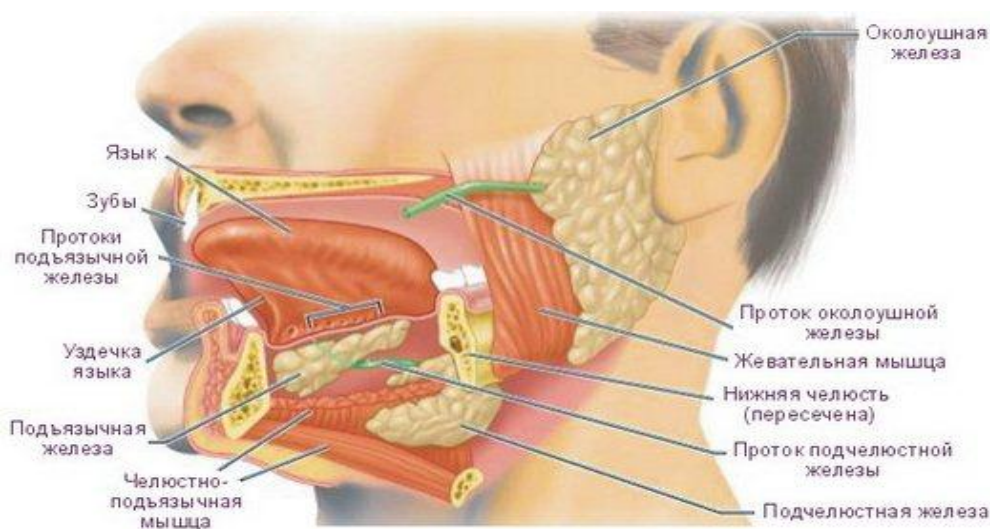


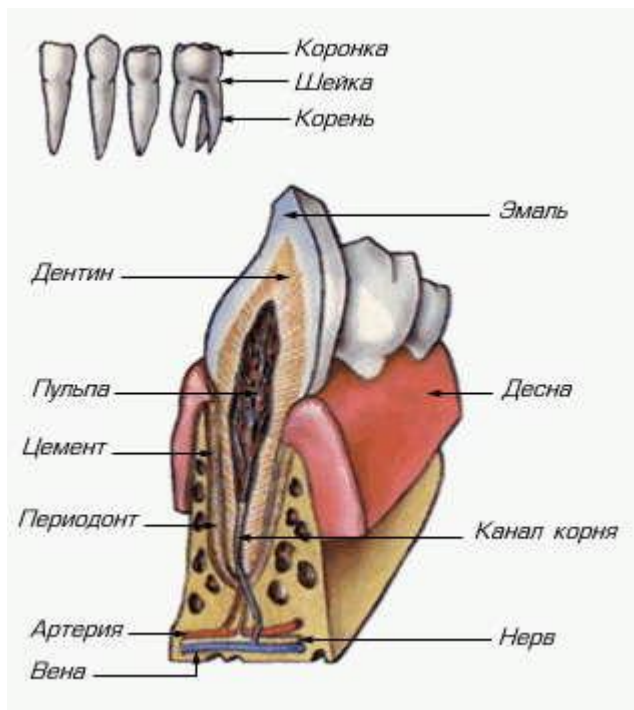
Рис. 6.3. Схематическое изображение расположения основных слюнных желез человека[6,9]

Слюнные железы вырабатывают секрет – слюну. Количество и состав слюны сильно зависят от свойств пищи: ее состава, консистенции, температуры и т.д. Слюна обладает выраженными бактерицидными свойствами и ферментативной активностью. Реакция слюны – слабощелочная. Образование слюны осуществляется рефлекторно: от рецепторов ротовой полости нервные импульсы поступают в центр слюноотделения продолговатого мозга по афферентным нервным волокнам в составе тройничного, лицевого и блуждающего нервов. Обратные нервные импульсы возбуждают секреторные клетки слюнных желез. Отделение слюны происходит как безусловный рефлекс. Но отделение слюны может происходить и как условный рефлекс в ответ на зрительные, слуховые, обонятельные и другие раздражители (вид, запах пищи и т.д.).

Зубы представляют собой окостеневшие сосочки слизистой оболочки, предназначенные для откусывания и механического измельчения пищи. Они

распределены поровну между челюстями, одинаково справа и слева. На каждой половинке верхней и нижней челюстей располагается по 8 зубов: 2 резца, 1 клык, 2 малых коренных зуба, 3 больших коренных зуба (последний из них называется зубом мудрости).

Всего их 32. Зубы у человека имеют разные форму коронки, количество корней, размеры и выполняют разные функции, поскольку человек питается разнообразной пищей.



Зуб состоит из коронки, шейки и корня (рис.6.4). Коронка возвышается над десной, а корень погружен в зубную альвеолу челюстной кости и удерживает в ней зуб. Шейка – более суженная часть зуба на границе коронки и корня. Внутри зуба имеется полость, заполненная мягким веществом – пульпой, где расположены нервы, кровеносные сосуды.

Рис. 6.4. Схема строения зуба[6,9].

Основная масса твердой ткани зуба образована дентином. В коронке зуба дентин сверху покрыт зубной эмалью, а в корне зуба – зубным цементом. Основой твердых тканей зубов являются различные соли кальция, фосфора, пропитанные органическими веществами. Зубная эмаль – самый прочный материал в организме человека, по твердости превосходящий знаменитую дамасскую сталь.

Зубная эмаль может деминерализоваться и разрушаться под влиянием кислот, выделяемых микроорганизмами при переработке остатков пищи. Наиболее губительно на эмаль действует молочная кислота – основной продукт брожения углеводов в ротовой полости.

У человека наблюдается две смены зубов: молочные и постоянные. Молочные появляются на первом году жизни (обычно с 6-7-месячного возраста), к трем годам вырастают все. Количество молочных зубов 20: на каждой стороне челюсти 2 резца, 1 клык, 2 больших коренных зуба. Молочные зубы нежные и хрупкие, это необходимо учитывать при организации питания детей. После 6 лет начинается замена зубов на постоянные, которая заканчивается к 12-13 годам, но 8-я пара зубов («зубы мудрости») появляется лишь в 18-30 лет. Количество молочных и постоянных зубов в детском и подростковом возрасте используется для определения «зубного возраста».

Глотка представляет собой одновременно часть пищеварительной трубки и дыхательной системы. Она располагается позади гортани от основания черепа до VI-VII шейного позвонка (см. рис.6.2). Общая длина глотки взрослого человека около 12-14 см. Верхняя часть глотки – *носоглотка* – выстлана изнутри мерцательным эпителием в связи с ее дыхательной функцией. Спереди она сообщается с носовой полостью посредством двух хоан, а через боковые отверстия – глоточные отверстия слуховых труб – с барабанной полостью среднего уха.

Средний отдел глотки – *ротоглотка* – общий отдел пищеварительного и дыхательного трактов, в нее открывается зев. Нижний отдел имеет гладкую поверхность, способствующую скольжению пищевого комка. Продвижению пищевого комка содействуют глотательные движения, осуществляемые поперечнополосатыми мышцами глотки. Проглатыванию и скольжению пищевого комка по глотке способствует и хорошее измельчение и увлажнение его слюной при пережевывании в ротовой полости. Из нижней, гортанной, части глотки одно отверстие ведет в гортань, а другое – в пищевод. Таким образом, в глотке имеется семь отверстий, через которые проходят воздух, пищевой комок, выпиваемая жидкость, проглатываемая слюна. Регуляция этих актов происходит рефлекторно, на бессознательном уровне.

Глотание возникает в ответ на раздражение механорецепторов корня языка пищевыми частицами. От рецепторов корня языка нервные импульсы поступают в продолговатый мозг в центр глотания, откуда по эфферентным нейронам в составе языкоглоточного и блуждающего нервов нервные импульсы распространяются на мышцы глотки и гортани, вызывая акт глотания.

В слизистой оболочке носовой части глотки имеются скопления лимфоидной ткани - миндалины: в области свода – глоточная миндалина, а на боковых стенках возле глоточных отверстий слуховых труб – трубные миндалины. Глоточная, трубные, небные и язычная миндалины образуют *глоточное лимфоидное кольцо*, выполняющее защитную функцию.

Пищевод является продолжением глотки и представляет собой длинную трубку, соединяющую глотку с желудком. Расположен он позади трахеи (см. рис.7.2), начинается на уровне VI-VII шейного позвонка и заканчивается на уровне XI грудного позвонка. В стенке пищевода хорошо развит мышечный слой, состоящий из продольных и кольцевых волокон. Верхняя часть пищевода образована поперечнополосатой мышечной тканью, а остальная часть – гладкой. Мышцы пищевода, сокращаясь, продвигают пищевой комок. Слизистая оболочка пищевода складчатая, выстлана многослойным эпителием, может сильно растягиваться, выделяет слизь, способствующую продвижению пищи, но не вырабатывает ферментов. Ферментативная обработка пищи при движении по пищеводу происходит под действием ферментов слюны.

Желудок. Из пищевода пища поступает в желудок – мышечный и секреторный пищеварительный орган, соединенный одним концом с пищеводом, а другим с двенадцатиперстной кишкой (верхней частью тонкого ки-

шечника). Желудок расположен в верхней левой части брюшной полости и является самым широким отделом пищеварительного тракта,

Размеры, форма и положение желудка могут значительно варьировать в зависимости от конституциональных особенностей организма, положения тела и тонуса брюшной стенки. У взрослого человека его объем составляет от 1000 до 1500 см³. Его верхний вогнутый контур называется малой кривизной; нижний выпуклый контур в три раза длиннее и называется большой кривизной. Выделяют три части желудка: кардиальную (расположенную ближе к сердцу), включающую область кардиального отверстия и дно (свод); среднюю, или тело; и пилорическую, или привратник. В месте соединения желудка и пищевода расположен кардиальный сфинктер, пилорический сфинктер закрывает выход в двенадцатиперстную кишку. У входа в желудок обычно находится небольшой газовый пузырь.

Стенка желудка состоит из четырех оболочек. Слизистая оболочка желудка красновато-серого цвета, выстлана цилиндрическим эпителием и имеет множество складок, направленных преимущественно продольно. Складки способствуют перемешиванию пищи и растяжению стенок. Слизистая оболочка желудка содержит множество желез, выделяющих пищеварительные ферменты, соляную кислоту и слизистый секрет. Вторая оболочка, подслизистая, состоит из свободно переплетающихся волокон эластической соединительной ткани и включает нервы, кровеносные и лимфатические сосуды. Мышечная оболочка образована гладкой мышечной тканью и подразделяется на три слоя: внутренний – косые волокна, средний – циркулярные волокна, наружный – продольные волокна. Работа мускулатуры желудка также способствует перемешиванию и продвижению пищи. Четвертая оболочка, серозная, покрывает значительную часть желудка и соединяет мышечную оболочку с брюшиной.

Высокий уровень секреторной и механической активности желудка требует хорошего кровоснабжения. Кровь поступает по желудочным артериям, отходящим от чревного ствола; основной отток крови идет через воротную вену в печень. Деятельность желудка регулируется вегетативной нервной системой; ее парасимпатический отдел представлен здесь блуждающим нервом, а симпатический – ветвями чревного сплетения.

Кишечник человека подразделяется на тонкий и толстый (рис.6.1).

В тонком кишечнике, куда пища попадает из желудка через пилорический сфинктер, в новой среде и под действием новых ферментов происходит дальнейшее переваривание пищи и всасывание большей части питательных веществ. Длина тонкой кишки 5-6 м, она имеет многочисленные изгибы. Первые 20-30 см тонкой кишки называют *двенадцатиперстной кишкой*, следующую часть, составляющую почти половину длины тонкой кишки, — *тощей кишкой*, а остальную часть – *подвздошной*. С вогнутой стороны к двенадцатиперстной кишке прилежит головка *поджелудочной железы*. При расслабленной стенке диаметр канала тонкой кишки составляет 3-4 см. В просвет кишки выступают складки слизистой оболочки, которые называют

круговыми. Однослойный цилиндрический эпителий, покрывающий слизистую оболочку, образует многочисленные выросты – ворсинки. В каждой ворсинке под однослойным эпителием находятся капилляры (кровеносные и один лимфатический). На 1 см² слизистой оболочки располагается около 2500 ворсинок. Эпителиальные клетки ворсинок на свободной поверхности имеют более мелкие выросты – микроворсинки. Таким образом, благодаря складкам, ворсинкам и микроворсинкам значительно увеличивается внутренняя поверхность тонкой кишки (до 500 м²), через которую осуществляется всасывание питательных веществ. В толще слизистой и подслизистой оболочек много желез, секрет которых выделяется в полость тонкого кишечника.

При сокращении мышечной оболочки происходит перемешивание и продвижение содержимого кишки. Серозная оболочка покрывает двенадцатиперстную кишку только спереди, а тощую и подвздошную – со всех сторон, обеспечивая их большую подвижность. С подвздошной кишки серозная оболочка переходит на заднюю стенку брюшной полости, образуя *брыжейку*, фиксирующую кишечник на задней брюшной стенке и содержащую сосуды, нервы, лимфатические сосуды и узлы.

Толстый кишечник является продолжением тонкого, его подвздошной части. Отверстие, которым открывается тонкая кишка в толстую, называется подвздошно-слепокимочным. Оно закрыто заслонкой. Толстая кишка имеет длину 1,5-2 м, просвет ее колеблется в пределах 5-8 см. Она подразделяется на три части: *слепую, ободочную, прямую*.

От слепой кишки отходит червеобразный отросток (*аппендикс*). В пищеварении он не участвует, иногда наблюдается его отсутствие. У пожилых людей просвет отростка может частично или целиком зарастать. Слизистая оболочка аппендикса богата лимфоидной тканью и активно участвует в процессах иммунитета, поэтому его называют «кишечной миндалиной».

На уровне левого крестцово-тазового сочленения нисходящая ободочная кишка переходит в прямую кишку, лежащую около газовой поверхности крестца и заканчивающуюся *анальным отверстием*. Стенка толстой кишки имеет те же оболочки, что и стенка тонкой кишки, однако их строение имеет существенные отличия. Слизистая оболочка толстой кишки более гладкая, чем слизистая тонкой кишки, на ней нет ворсинок, вместо круговых складок можно увидеть умеренно выраженные полулунные складки (*гаустры*). Покровные бокаловидные клетки выделяют много слизи. В толще слизистой оболочки имеются кишечные железы и одиночные лимфатические фолликулы. В толстом кишечнике продолжается переваривание пищи, протекающее медленнее, чем в тонкой, в нем участвуют определенные виды бактериальной флоры, населяющей толстый кишечник; нарушение ее состава – дисбактериоз – неблагоприятно сказывается на пищеварении. В толстой кишке активно происходит всасывание воды, уплотнение непереваренных остатков пищи и образование каловых масс.

Печень, желчный пузырь, поджелудочная железа. Важными органами пищеварительного тракта являются крупные пищеварительные железы,

участвующие в выработке пищеварительных соков: печень вкупе с желчным пузырем и поджелудочная железа. Их протоки открываются в верхнем отделе двенадцатиперстной кишки.

Печень образно называют главной химической лабораторией организма. Функции ее многообразны:

- это важная пищеварительная железа организма (вырабатывает желчь, необходимую для эмульгирования и переваривания жиров);

- барьерная функция: ядовитые продукты белкового обмена, токсичные вещества, попавшие в организм извне, доставляются в печень кровью и нейтрализуются; клетки эндотелия печеночных капилляров (клетки Купфера) обладают фагоцитарной активностью (поглощают и разрушают чужеродные частицы);

- депо запасных питательных веществ (в клетках печени из глюкозы образуется гликоген, при необходимости вновь расщепляющийся на глюкозу — основной источник энергии для клеток организма);

- кроветворение во внутриутробный период и у новорожденных;

- гормональная функция;

- выработка тепла для поддержания температуры тела. Это самая крупная железа в организме человека, вес ее около 1,5 кг, что составляет 1/50 массы тела; у новорожденных ее удельный вес еще больше — около 1/20 массы тела. Печень расположена непосредственно под диафрагмой в правом подреберье. Верхняя поверхность печени выпуклая, нижняя имеет ряд вдавлений от брюшных органов. Печень имеет две доли: большую правую и меньшую левую. Снаружи (за исключением места ее соприкосновения с диафрагмой) она покрыта брюшиной, под которой находится фиброзная оболочка. Пучки волокон фиброзной оболочки вместе с сосудами и нервами проникают в вещество печени, разделяя его на многочисленные долилки диаметром 1,0-1,5 мм. Таких долек в печени около 500 тыс. Долька печени является ее структурно-функциональной единицей. Печеночные клетки, находящиеся в дольках, синтезируют желчь, которая поступает в желчные капилляры, расположенные между клетками. Желчные капилляры, сливаясь во все более крупные, образуют правый и левый (соответственно основным долям печени) печеночные протоки, а затем общий печеночный проток. Печень синтезирует желчь непрерывно, за сутки примерно 0,5-1,5 л. На нижней поверхности печени располагаются ворота печени. Это место вхождения в печень печеночной артерии, воротной вены печени, нервов и выхода печеночной вены, лимфатических сосудов, нервов, правого и левого печеночных протоков, сливающихся в общий печеночный проток, выводящий из печени желчь в желчный пузырь.

Желчный пузырь прилегает к нижней поверхности печени, связан с ней общим печеночным протоком и имеет грушевидную форму. Желчь накапливается в желчном пузыре и по мере необходимости по желчному протоку поступает в двенадцатиперстную кишку: появление пищевой массы в двенадцатиперстной кишке стимулирует расслабление сфинктера желчного пузыря и выделение его содержимого в тонкий кишечник.

Поджелудочная железа – это крупная железа, обладающая внешней и внутренней секрецией. У взрослого человека поджелудочная железа весит от 80 до 90 г, расположена вдоль задней стенки брюшной полости и состоит из нескольких отделов: головки, шейки, тела и хвоста. Головка находится справа, в изгибе двенадцатиперстной кишки – части тонкого кишечника – и направлена вниз, остальная часть железы лежит горизонтально и заканчивается рядом с селезенкой. Поджелудочная железа состоит из двух типов ткани, выполняющих совершенно разные функции. Собственно ткань поджелудочной железы составляют мелкие дольки – ацинусы, каждый из которых снабжен своим выводным протоком. Эти мелкие протоки сливаются в более крупные, впадающие в главный выводной проток поджелудочной железы. Дольки почти целиком состоят из клеток, секретирующих сок поджелудочной железы – панкреатический сок, содержащий пищеварительные ферменты. Из долек по мелким выводным протокам он поступает в главный проток, который впадает в двенадцатиперстную кишку. Главный проток поджелудочной железы расположен вблизи общего желчного протока и соединяется с ним перед впадением в двенадцатиперстную кишку. Между дольками вкраплены многочисленные группы клеток, не имеющие выводных протоков, – так называемые островки Лангерганса. Островковые клетки выделяют гормоны инсулин и глюкагон, участвующие в обмене глюкозы в организме.

6.3. Рацион и режим питания

Древним римлянам принадлежит мудрое изречение: «Мы едим для того, чтобы жить, а не живем для того, чтобы есть». Действительно, питание – одна из основных потребностей организма, так как пища дает вещества для построения клеток, тканей, органов, а также энергию, необходимую для их жизнедеятельности. Вместе с тем превращение еды в самоцель вредно. Систематическое переедание ведет к нарушениям деятельности желудочно-кишечного тракта, а также к расстройствам обмена веществ с накоплением избыточной массы тела, которая является фактором риска сердечно-сосудистых заболеваний.

Индивидуальные потребности в пище различны. Даже при выполнении одной и той же работы и при одинаковом самочувствии разные люди потребляют неодинаковое количество пищевых продуктов. Связано это с различной степенью усвояемости питательных веществ в пищеварительном тракте, а также с различной интенсивностью обмена веществ.

В настоящее время, согласно данным Всемирной организации здравоохранения, избыточная масса тела (ожирение) наблюдается примерно у четвертой части населения земного шара. Ожирение распространено и в нашей стране, причем страдают им как взрослые, так и дети. Среди школьников оно наблюдается у 10-15%, у девочек примерно в 1,5 раза чаще, чем у мальчиков.

Сознательное отношение к питанию предполагает, что человек руководствуется при приеме пищи не только аппетитом, но также и требованиями гигиены питания. Дело в том, что ощущение голода обманчиво. Многие

полные люди постоянно испытывают голод, даже только что поев. Характерно, что в еде они предпочитают наиболее калорийные продукты – макароны, пироги, печенье, торт и т.д. – как раз то, от чего им следует воздерживаться, поскольку именно эти продукты в наибольшей степени способствуют накоплению избыточной массы тела. Полные люди должны постоянно, с помощью домашних напольных весов, следить за своей массой, и при ее увеличении немедленно принимать меры: ограничивать количество пищи, исключать из рациона наиболее калорийные продукты. Вместе с тем полностью лишать себя пищи, даже на время, не следует: это вызывает слабость, повышенную утомляемость, снижение работоспособности. Следует лишь исключить из рациона наиболее калорийные (жирные, сладкие, мучные) блюда, уменьшить общее количество пищи и, что существенно, количество выпиваемой воды: неумеренное ее потребление тоже способствует накоплению избыточной массы тела.

Напротив, при ограниченном поступлении жидкости в организме людей с избыточной массой тела происходит усиленный распад жиров, и это способствует снижению массы тела, улучшению обмена веществ, не сопровождаясь ощущением слабости и снижением работоспособности. Каждый человек должен постоянно контролировать массу тела. Нормальными считаются ее периодические колебания в течение суток в пределах $\pm 0,5$ кг. При более значительных колебаниях следует обратиться за советом к врачу.

Рекомендации по рациону питания в разном возрасте различны. Развивающийся организм требует значительно больше пищи на единицу массы, чем организм взрослого человека; в преклонном возрасте, в связи с инволютивными процессами, уменьшением видов деятельности, требующих большой затраты энергии, количество пищи должно быть меньше, чем в зрелом. При этом в любом возрасте питание должно быть сбалансированным: количество потребляемой пищи должно соответствовать энергетическим затратам человека.

Пища человека должна быть разнообразной и включать различные продукты. Время от времени появляется какое-либо новомодное представление о вреде то сахара, то соли, то мяса, то белого хлеба, то продуктов, содержащих большое количество холестерина (яйца, икра). Если свести воедино все эти «рекомендации», выяснится, что вредно вообще есть что-либо, кроме черного хлеба, и пить что-либо, кроме воды. Однако многовековой опыт человечества отобрал все ценное в пище, что может быть полезным для организма, и не стоит всерьез воспринимать эти противоречивые модные теории питания («вегетарианцы», «сыроеды» и т.д.).

Рацион должен отвечать следующим требованиям:

- обеспечивать постоянство массы тела и соответствие ее возрастным нормативам (с учетом характера телосложения);
- покрывать все энерготраты организма, обеспечивая необходимые виды деятельности;
- обеспечивать нормальную работу органов пищеварения (для этого важно правильное соотношение высококалорийных, малообъемных про-

дуктов и малокалорийных, содержащих большое количество растительной клетчатки, стимулирующей работу кишечника).

При этом, как уже говорилось, рацион должен быть, по мере возможности, максимально разнообразным, без акцента на мучное, жирное, соленое. В зимне-весенний период следует специальное внимание обращать на содержание в пище свежей зелени и овощей (моркови, капусты, которые следует употреблять в сыром виде).

Взрослые, не знакомые с требованиями гигиены питания, склонны перекормливать детей и подростков. Постоянно им кажется, что их ребенок мало ест, даже если он бодрый и активный, что он слишком «худой». Порою они прибегают к уговорам, просьбам и даже наказаниям, чтобы заставить учащегося есть столько, сколько считают нужным они. Предполагается, что человек должен в отношении к еде исходить из требований окружающих, а не руководствоваться собственным аппетитом. В результате у ребенка развивается невротическое отношение к еде. Прием пищи в этом случае происходит в обстановке скандалов и протестов. У наиболее возбудимых детей развивается так называемая невротическая рвота: ребенка насильно усадили за стол, натолкали ему в рот пищи, он проглотил все, что хотели родители, а затем, встав из-за стола, «выдал» ее обратно. Возникает новое основание для паники, уже не в связи с «плохим» аппетитом, а в связи со рвотой, которая очень быстро становится привычной, сопровождающей каждый насильственный прием пищи. К подростковому возрасту острота этих противоречий постепенно сглаживается, так как у подростков больше сил и возможностей для противодействия этой вредной опеке.

Основное требование гигиены питания – прием пищи в строго определенное время. Благодаря этому пища лучше усваивается, меньше вероятность развития желудочно-кишечных заболеваний. В промежутках между основными приемами пищи детям и подросткам следует разрешать есть только фрукты.

Следует учитывать, что многие физиологические процессы в организме протекают ритмически, волнообразно. При этом наряду с суточными ритмами есть и ритмы большей продолжительности. Применительно к питанию это проявляется периодическим повышением и снижением аппетита, причем без каких-либо видимых причин. Это вполне естественное явление, и ухудшение аппетита учащегося должно настораживать взрослых лишь в случае, если оно сопровождается какими-либо признаками недомогания, снижением его двигательной и умственной активности.

Пища по возможности должна быть свежеприготовленной и обладать приятным вкусом, запахом и внешним видом. Необходимо иметь в виду, что внешний вид, а также обстановка, в которой происходит прием пищи, очень важны для хорошего ее усвоения. Нецелесообразно готовить что-либо на несколько дней вперед: в этом, случае ухудшается внешний вид и вкусовые качества пищи, а также возникает возможность снижения ее доброкачественности. Для того чтобы пища лучше усваивалась, следует начинать еду с тех блюд, которые оказывают наиболее выраженное сокогонное

действие (в обед – бульон, наваристый суп; поэтому же рекомендуется перед основным блюдом небольшая закуска – салат, винегрет). Во время еды не следует отвлекаться, заниматься каким-либо посторонним делом, так как это снижает аппетит и ухудшает усвоение питательных веществ. Не следует непосредственно перед завтраком, обедом, ужином есть что-либо сладкое, так как при этом аппетит тоже снижается. Питание преимущественно бутербродами (т.е. хлебом с маслом, сыром, колбасой и т.д. без так называемых горячих блюд – супа, каши, вареных овощей) вредно, так как эта пища неполноценна по составу и к тому же раздражает желудок, способствуя развитию хронического воспаления его слизистой оболочки – гастрита.

При употреблении пищи наскоро, второпях ухудшается ее пережевывание, и более грубые ее частицы, поступая в желудок, раздражают его слизистую оболочку. Кроме того, при еде наспех ухудшается отделение пищеварительных соков, и усвояемость пищи ухудшается. Важно учитывать также, что тщательное пережевывание пищи укрепляет десны и зубы, развивает весь костно-мышечный жевательный аппарат.

При нерегулярном питании, когда человек периодически пропускает прием пищи, выделяющийся в привычное время желудочный сок скапливается в желудке и раздражает его стенку, что может вести к ее воспалению. Кроме того, при таком питании человек периодически принимает сразу очень большой объем пищи, а это ведет к перегрузке желудочно-кишечного тракта и ухудшению его деятельности, к возникновению вредных процессов гниения и брожения в кишечнике. Слишком горячая пища (температура пищи свыше 50°C) раздражает, обжигает слизистую оболочку пищевода и желудка, что может вести к ее хроническому воспалению. Вредна и холодная пища. Острая пища (с большим количеством горчицы, уксуса, перца) раздражает слизистую оболочку пищевода и желудка, а также вредно действует на печень. Эти продукты нельзя употреблять детям и подросткам. Прием пищи на ночь нарушает сон. Кроме того, при этом усиливается склонность к накоплению избыточной массы тела. Поэтому ужин должен включать преимущественно легко перевариваемую молочно-растительную пищу, с малым содержанием белка и жиров.

Организация питания учащихся должна быть четкой, продуманной и исключать спешку. Охват их питанием в школе должен быть полным. Соблюдение правил поведения в школьной столовой столь же необходимо, как и в учебных помещениях. Это касается чистоты, порядка, уважительного отношения учащихся к продуктам и условиям приема пищи. Следует решительно пресекать неуважительное отношение к пище (например, разбрасывание хлеба), небрежность и неаккуратность во время ее приема. Необходимо помнить, что чистота и порядок в таких помещениях школы, как столовая и туалет, намного более достоверный признак качественно поставленной работы, чем красочное оформление вестибюля и коридоров.

Возможно использовать различные формы организации питания учащихся. При групповых завтраках и обедах дежурные заблаговременно сервируют и подают пищу на столы. После ее приема учащиеся сами относят

использованную посуду к соответствующему отделению пищеблока или ставят ее на специальные столы или тележки. За каждым классом в столовой закрепляется определенное место. Приходят учащиеся в столовую организовано, вместе с классным руководителем, учителем или воспитателем, которые следят за их поведением во время приема пищи. Для учащихся старших классов наиболее удобно самообслуживание – они самостоятельно получают завтраки и обеды с раздачи. Наряду с этим в школьной столовой может быть и буфет, в котором учащиеся покупают холодные закуски, молочные продукты и т.д.

6.4. Влияние курения и употребления алкоголя на органы пищеварения

Алкоголь раздражает слизистую оболочку пищевода и желудка, что ведет к хроническому ее воспалению – эзофагиту, гастриту, язвенной болезни желудка; нередко это ведет к раку пищевода или желудка, хотя и не все пьяницы успевают до него дожить. Хронический гастрит сопровождается нарушениями выделения «запального» желудочного сока, и систематически употребляющие алкоголь люди плохо различают вкус пищи, им она кажется однообразной. Поэтому для усиления вкусовых ощущений они прибегают к острым приправам – красному перцу, уксусу, горчице. А это, в свою очередь, усиливает раздражение слизистой оболочки пищеварительного тракта. Для язвенной болезни людей, систематически употребляющих алкоголь, характерны множественные язвы, и на операции по поводу язвы желудка предстает удручающая картина поражения этого органа. Тяжелым осложнением язвы является ее прободение, для которого характерна так называемая «кинжальная» боль в области желудка, потеря сознания, падение артериального давления, развитие перитонита вследствие попадания содержимого желудка в брюшную полость.

Вредное влияние алкоголя распространяется и на печень, функцией которой является нейтрализация поступающих в организм ядовитых веществ, к числу которых принадлежит и алкоголь. Постепенно у систематически употребляющих алкоголь развивается алкогольный цирроз печени – тяжелое заболевание, для которого характерны постоянные боли в области печени (она твердая на ощупь, сначала увеличена в размерах, а затем уменьшена в результате сморщивания), горечь во рту, кожный зуд, нарушения процесса пищеварения.

Вредное влияние курения на органы пищеварения проявляется в раздражении слизистой оболочки пищевода и желудка, в повышении кислотности желудочного сока. Никотин увеличивает склонность к спазмам желудка, кишечника, а в больших дозах способен вызвать кишечную непроходимость вследствие пареза кишечника. Исходом ее может быть смерть. Курение извращает вкус, ухудшает аппетит и различение вкусовых свойств пищи, частично это происходит вследствие ухудшения обоняния.

Курение увеличивает также частоту и выраженность поражений сосудов при сахарном диабете, а также при других заболеваниях, связанных с нарушением обмена веществ. Общее отравляющее действие никотина проявляется в похудании, плохом цвете лица, что особенно заметно у женщин.

Тема 7. ОБМЕН ВЕЩЕСТВ И ПИТАНИЕ

7.1. Характеристика и виды обменных процессов в организме

Жизнедеятельность организма требует постоянного поступления веществ для строительства клеток, поддержания обменных процессов и получения энергии, а также выведения продуктов распада. Источником энергии, пластического (строительного) материала, необходимых для обмена веществ витаминов и микроэлементов является питание – усвоение питательных веществ, поступающих с пищей. В процессе переваривания составные части пищи расщепляются и через стенки кишечника всасываются в кровь. Кровь транспортирует их различные органы и ткани.

Под **обменом веществ**, или **метаболизмом**, понимается совокупность изменений, которые претерпевают вещества от момента их поступления в пищеварительный тракт до образования конечных продуктов распада, выделяемых из организма. В результате сложных изменений из компонентов, поступающих в клетки с пищей, образуются молекулы основных биологических соединений, специфических для данного организма. Этот процесс называется **анаболизмом**. Наряду с анаболизмом в организме непрерывно идет и процесс распада – **катаболизм**, или расщепление органических веществ с высвобождением энергии химических связей, которая по необходимости может превращаться в другие виды энергии: механическую и тепловую. Конечные продукты катаболизма (вода, углекислый газ, аммиак, мочевина, мочевая кислота) удаляются из организма через кровеносную и лимфатическую систему и органы выделения (почки, пищеварительный тракт, кожу, легкие). Соотношение процессов катаболизма и анаболизма определяет рост или разрушение тканей живого организма. В детском и подростковом возрасте анаболизм преобладает над катаболизмом: чем интенсивнее идут процессы роста, тем больше относительная потребность организма в питательных веществах, воде и энергии.

Правильное в количественном и качественном отношении питание – важнейший фактор **гармоничного метаболизма, обеспечивающего рост и развитие ребенка**. Оно необходимо для **поддержания двигательной активности, иммунной сопротивляемости и адаптационных ресурсов организма**.

Все процессы, протекающие в организме, требуют определенных затрат энергии. Расход энергии в количественном отношении и ее поступление в

организм выражают в тепловых единицах – калориях и килокалориях. Килокалория равняется количеству тепла, необходимого для повышения температуры 1 л воды на 1С. В среднем при сгорании внутри организма 1 г белка выделяется 4,1 кал, 1 г жира – 9,3 и 1 г углевода – 4,1 кал.

Минимальное количество калорий, необходимое для обеспечения потребностей организма, находящегося в состоянии полного мышечного и нервного покоя, называется энергией *основного обмена*. Основной обмен на единицу веса тела у детей значительно выше, чем у взрослых, так как в процессе роста и формирования новых клеток и тканей энергии затрачивается тем больше, чем младше ребенок (табл.7.1).

Таблица 7.1

Средние величины основного обмена у детей и подростков[10,14]

Возраст	Основной обмен	
	ккал/кг массы тела	ккал/сутки
1 месяц	60	250
До 1 года	55	550
От 1 до 3 лет	52	660
От 3 до 7 лет	48	900
От 7 до 11 лет	25	650
От 11 до 18 лет	24	>690

Органы и системы детского организма растут и развиваются, в тканях и клетках процессы ассимиляции преобладают над процессами диссимиляции – это требует постоянного и интенсивного поступления строительного материала в виде питательных веществ, прежде всего белков. **Пластические процессы**, или процессы построения тканей организма, требуют не только «строительного материала», но и значительных энергетических затрат, идущих на переработку этого материала с образованием специфичных для него биохимических соединений. Особенно высоки эти затраты в период, когда идет активная прибавка массы тела и роста, – в первый год жизни. Известно, что к 4-4,5 месяцам жизни масса тела ребенка удваивается, а к 10-11 месяцам – утраивается, рост ребенка к концу года увеличивается на 25 см. Для обеспечения быстрого нарастания массы тела и роста в первые три месяца жизни тратится 46% энергии, образующейся из поступающей пищи. Постепенно пластические процессы замедляются, уменьшается расход на них энергии. В возрасте 3-6 месяцев он составляет 26%, 6-9 месяцев – 13%, в 9-12 месяцев – 8%.

Кроме расходов на рост и развитие, энергия используется на усвоение поступающей пищи. Расход энергии на усиление обмена веществ в ответ на принятую пищу называется *специфическим динамическим действием пищи*. У детей этот вид затраты энергии значительно меньше, чем у взрослых. Повышение обмена (и соответственно расхода энергии) более выражено при приеме белковой пищи и менее – содержащей жиры и углеводы.

При *физической и умственной работе* обмен усиливается, общее количество пищевых веществ, требующихся для его поддержания, возрастает. С ростом и развитием ребенка расходы энергии на мышечную работу повышаются вследствие увеличения двигательной активности. У детей раннего возраста двигательная активность относительно небольшая, но и у них расход энергии при крике и плаче может повышаться на 100-200%.

Таким образом, общую потребность ребенка в энергии составляют ее затраты на обеспечение пластических процессов, связанных с ростом ребенка, а также затраты на двигательную и умственную активность, основной обмен и специфическое динамическое действие пищи.

Для нормального развития энергетическая ценность потребляемой ребенком и подростком пищи должна в среднем на 10% превышать ежедневные энергозатраты. Нарушение этого правила приводит к остановке роста и прибавки массы тела, изменению физиологических функций организма, способствует снижению сопротивляемости инфекциям. Наиболее высока потребность в калориях (125-130 ккал/кг) у детей первых трех месяцев жизни, к году она снижается до 100 ккал на 1 кг массы тела. Рассчитать суточную потребность в калориях можно по следующей формуле:

для детей до 1 года: $125 - 2 \times \text{П/кг}$, где П – возраст ребенка (месяцев);

для детей после 1 года: $100 - 2 \times \text{П/кг}$, где П – возраст ребенка (лет).

Так, для ребенка 5 лет суточная потребность в калориях на 1 кг массы тела будет составлять $100 - (2 \times 5) = 90$ кал.

Естественно, что потребность в калориях для различных детей имеет свои *индивидуальные колебания*. Подвижные дети испытывают большую потребность в поступлении энергии, и наоборот, более медлительные дети могут потреблять меньшее количество пищи. Энергозатраты у мальчиков обычно несколько выше, и они нуждаются в большем количестве пищи.

Энергозатраты зависят и от сезона. Так, в зимнее время года они повышаются в среднем на 10%: компенсировать их рекомендуется за счет увеличения количества жиров в рационе. Повышены энергозатраты и у людей, проживающих в холодных климатических зонах. Например, в приполярных районах Севера потребность в калориях увеличивается на 10 ккал/кг массы тела в сутки.

7.2. Принципы рационального питания

Потребность в питательных веществах растущего, развивающегося и активно двигающегося ребенка очень высока. Вместе с тем организм маленьких детей может усваивать далеко не всякую пищу. Пища ребенка по своему количеству и качеству должна соответствовать особенностям пищеварительного тракта и удовлетворять потребность растущего организма в необходимых веществах. Недостаточное, избыточное, одностороннее, не соответствующее пищеварительным возможностям ребенка питание ведет к возникновению гипотрофии, паратрофии, ожирения, малокровия, расстройств пищеварения, предрасполагает к инфекционным и другим болезням. Особенно это относится к вскармливанию детей раннего возраста, у ко-

торых процессы роста, развития, адаптации исключительно напряжены, а функциональные возможности системы пищеварения весьма ограничены.

В понятие **«рациональное питание»** включается введение пищевых веществ не только для создания источника энергии, но и для оптимального обмена веществ, обеспечивающего жизнедеятельность органов и тканей, построение новых клеток и разрушение старых. Процессы обмена включают в себя ряд последовательных фаз – всасывание в кишечнике, внутриклеточные процессы усвоения, процессы накопления, расход энергии, удаление продуктов распада. Для обеспечения правильного обмена основные пищевые вещества – белки, жиры, углеводы, минеральные соли, а также биологически активные элементы пищи (витамины) – в разные возрастные периоды должны вводиться в определенных количествах и иметь определенный качественный состав. Участие питательных веществ в обменных процессах взаимосвязано, поэтому очень важно их правильное соотношение в рационе. Кроме того, рацион питания на каждом возрастном этапе должен соответствовать функциональным возможностям пищеварительной системы организма.

Под **рациональным питанием** понимают хорошо подобранный рацион, который отвечает индивидуальным особенностям организма, учитывает характер труда, половые и возрастные особенности, климатогеографические условия проживания.

С понятием рационального питания неразрывно связано определение его физиологических норм. Они являются средними ориентировочными величинами, отражающими оптимальные потребности отдельных групп населения в основных пищевых веществах и энергии.

Понятие рационального питания включает соблюдение трех основных принципов:

1. **обеспечение баланса энергии**, поступающей с пищей и расходуемой человеком в процессе жизнедеятельности;
2. **удовлетворение потребности организма** в определенных пищевых веществах;
3. **соблюдение режима питания.**

Питание – важнейший фактор, определяющий здоровье человека. Каждый образованный человек должен:

- *обладать необходимыми сведениями о рациональном питании и веществах, составляющих пищу,*
- *об их роли в жизнедеятельности здорового и больного организма.*

Все это формирует культуру питания и является неотъемлемой частью культуры общества.

7.3. Потребность в пищевых веществах в различные возрастные периоды

Белки. Растущий организм ребенка и подростка нуждается в постоянном поступлении с пищей животных и растительных белков, являющихся для него источником аминокислот. Специфические белки организма, обе-

спечивающие важнейшие процессы метаболизма и участвующие в поддержании гомеостаза в иммунной защите и пр., синтезируются из аминокислот, которые поступают из желудочно-кишечного тракта в процессе переваривания белков пищи.

Аминокислоты делятся на **незаменимые** и **заменимые**. Если незаменимые аминокислоты (триптофан, лейцин, изолейцин, валин, треонин, лизин, метионин, фенилаланин) не поступают с пищей, то синтез белков в организме нарушается. Особенно важно поступление незаменимых аминокислот для растущего организма, например, отсутствие лизина в пище приводит к задержке роста, истощению мышечной системы, недостаток валина – к расстройствам у ребенка двигательной координации. Заменимые аминокислоты синтезируются в организме.

Белки, включающие весь необходимый набор аминокислот, обеспечивающих нормальные процессы метаболизма, относятся к биологически полноценным белкам, содержащимся главным образом в продуктах животного происхождения (мясо, рыба, яйцо, молоко и др.). Белки перечисленных продуктов, проходя по пищеварительному тракту человека, успевают почти полностью расщепиться, около 95% входящих в них аминокислот переходит в кровь, чего не наблюдается с белками растительного происхождения. Так, белки пшеницы расщепляются и всасываются на 85%, ржаной муки – лишь на 65%. Поэтому важно, чтобы продукты животного происхождения составляли не менее 75% от пищевого рациона. Белок растительной пищи отличается более низкой биологической ценностью, поскольку не содержит достаточного количества незаменимых аминокислот. Для организма ребенка раннего возраста незаменимой аминокислотой является также гистидин, так как его синтез в первые годы жизни ограничен и не покрывает потребности растущего организма.

Правильный обмен белков возможен только при надлежащем соотношении их с другими пищевыми веществами (жирами, углеводами, минеральными солями). Организм ребенка очень чувствителен к недостатку белка и изменению его качественного состава. Быстрый рост ребенка требует сравнительно большого количества белка, являющегося основным пластическим (строительным) материалом. Из белков формируются клетки и ткани живого организма, они необходимы для синтеза гормонов, ферментов, для процессов кроветворения, выработки антител и формирования иммунитета.

В женском молоке содержится наиболее «идеальный» белок, усваивающийся почти полностью. При искусственном вскармливании потребность в содержании белка выше, чем при естественном, так как в желудочно-кишечном тракте младенца белок коровьего молока усваивается не полностью, а растительный еще меньше.

У детей более старшего возраста потребность в белках обеспечивается такими продуктами, как мясо, рыба, сыр, бобовые растения (содержат 16-25% белка), яйца, творог, пшеница, рожь, гречиха, пшено (8-15% белка), молоко, кефир и простокваша (3—5%), фрукты и овощи (0,5-2,5%).

Нейрогуморальная регуляция белкового обмена: 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 – мочевины и мочевая кислота. Из всех продуктов питания, получаемых человеком, лишь белки содержат азот, поэтому исследование белкового обмена ведется по балансу азота, содержащегося в принятой человеком пище и выделенного с каловыми массами, мочой. Для полноценного роста и развития ребенка и подростка нужен положительный азотистый баланс, в то время как для взрослого человека оптимальным является азотистое равновесие.

Жиры (липиды) – важнейший источник энергии для организма. Кроме того, жиры обеспечивают многие биологические функции организма: участвуют в образовании клеточных мембран, являются носителями жирорастворимых витаминов (А, D, Е, К) и др. Часть жиров откладывается в печени, мышцах, под кожей, в сальнике, около почек и т.д., фиксируя и защищая многие органы, сосуды и нервы от травм, а весь организм в целом от излишних теплопотерь, а также создавая «стратегический запас» энергии.

Жиры различаются по содержанию в них жирных кислот, которые подразделяются на **насыщенные** и **ненасыщенные** (ПНЖК – полиненасыщенные жирные кислоты). Жиры, содержащие преимущественно насыщенные жирные кислоты, обычно животного происхождения и имеют при комнатной температуре твердую консистенцию. В питании они играют роль в первую очередь источника энергии. Жиры растительного происхождения (растительные масла) содержат большое количество ненасыщенных жирных кислот и имеют жидкую консистенцию. Они составляют важнейший строительный материал для всех тканей организма и участвуют во многих обменных процессах. Некоторые ненасыщенные жирные кислоты не образуются в организме и являются незаменимыми (линолевая, линоленовая, арахидоновая). Биологическая ценность жиров определяется наличием в них незаменимых жирных кислот, отсутствие их в рационе приводит к патологическим нарушениям.

Из *животных жиров* в детском питании предпочтительно использовать сливочное масло, которое содержит витамины А и D и хорошо усваивается детским организмом, так как температура плавления этого жира (24-26°C) ниже температуры тела ребенка. Хуже усваиваются организмом тугоплавкие жиры: говяжий (т.пл. 41-43°C) и тем более бараний (т.пл. 44-51°C).

В рацион ребенка обязательно нужно вводить *растительные жиры*, содержащие ПНЖК. Основные источники их – подсолнечное, оливковое, кукурузное масло и др. Имея низкую температуру плавления, они легко усваиваются организмом и не раздражают кишечник. Желательно, чтобы они составляли не менее 20% всего суточного рациона жиров.

Большое значение для организма в целом и особенно нервной системы имеют фосфолипиды – важнейший компонент клеточных мембран, определяющий их строение и проницаемость, а также активность локализованных в мембранах ферментов. Содержатся фосфолипиды в яичном желтке (3-4%), в бобовых и некоторых злаках (до 1%), нерафинированном растительном масле (1-2%), сырах (0,5-1%), мясе и птице, рыбе, в меньшем количестве – в рафинированном растительном и сливочном масле.

Нейрогуморальная регуляция жирового обмена: нервная регуляция осуществляется гипоталамусом. Активизация процессов отложения жира осуществляется парасимпатическим отделом нервной системы, усиление его распада – симпатическим отделом. В гуморальной регуляции участвуют соматотропный гормон гипофиза, гормоны мозгового слоя надпочечников (адреналин и норадреналин), щитовидной железы (тироксин и трийодтиронин). Тормозят мобилизацию жира из жировой ткани глюкокортикоиды и инсулин.

Баланс жировых веществ очень важен для развития детского организма. При недостатке жировых веществ в пище ребенка замедляется рост, снижается иммунитет, нарушается состояние кожи и ее защитные функции. Избыток жиров угнетает секрецию пищеварительных желез, ухудшает переваривание и усвоение белка, нарушает фосфорно-кальциевый обмен.

Углеводы – органические вещества, состоящие из углерода, водорода и кислорода. Они входят в состав продуктов растительного происхождения (овощей, фруктов, ягод, злаков) в виде сахарозы, фруктозы, глюкозы, галактозы, крахмала и клетчатки. В организме человека и животных углеводы встречаются в виде животного крахмала – гликогена. *Углеводы – важнейший источник энергии для организма.* Они необходимы и как пластический материал, поскольку входят в состав всех клеток и тканей организма, а также способствуют синтезу белков и окислению жиров.

Углеводы разделяют на простые и сложные. *Сложные углеводы* – полисахариды, к которым относятся крахмал растений, гликоген животных, клетчатка, содержащаяся в оболочках растительных клеток, – медленно расщепляются и усваиваются организмом. *Простые углеводы* – сахароза, глюкоза, фруктоза, галактоза и другие – имеют сладкий вкус и усваиваются организмом значительно быстрее.

Нейрогуморальная регуляция обмена углеводов: в крови человека углеводы циркулируют главным образом в виде глюкозы, количество которой довольно постоянно. Поддержание определенного уровня глюкозы в крови необходимо для нормального функционирования клеток головного мозга и других жизненно важных органов. Часть глюкозы распадается в клетках на воду и углекислый газ с выделением энергии; часть ее синтезируется в гликоген и откладывается в печени и мышцах. При снижении в крови уровня глюкозы гликоген вновь распадается на глюкозу, поддерживая таким образом постоянный ее уровень. Регулируется уровень глюкозы в крови гормоном, вырабатываемым специальными клетками поджелудочной железы, – *инсулином*. В гуморальной регуляции обмена углеводов участвуют также

соматотропный гормон (гипофиз), тироксин и трийодтиронин (щитовидная железа), глюкагон (поджелудочная железа), адреналин (мозговой слой надпочечников) и глюкокортикоиды (корковый слой надпочечников). Все эти гормоны увеличивают уровень глюкозы в крови и только инсулин снижает его. Нервная регуляция обмена углеводов осуществляется гипоталамусом.

Потребность в углеводах индивидуальна и зависит от возраста, характера деятельности человека и качества других потребляемых им пищевых продуктов. Она превышает потребность в белках и жирах в 4 раза.

Углеводы детским организмом усваиваются лучше, чем взрослым. Одним из существенных показателей возрастных изменений углеводного обмена является резкое увеличение к старости времени нормализации уровня глюкозы крови при пробах на сахарную нагрузку. Например, у взрослых глюкоза появляется в моче, если она поступает в количестве 2,5-3 г на кг массы тела, в то время как у детей это происходит лишь при поступлении 8-12 г глюкозы.

Как недостаток, так и избыток углеводов в пище ведет к ухудшению процессов пищеварения. Чрезмерное поступление углеводов в организм усиливает образование жира, отложение его в подкожной клетчатке и жировой ткани вокруг внутренних органов, в печени, тем самым способствуя развитию ожирения, а также вызывает аллергические реакции. При избыточном поступлении сахара и сладких продуктов в кишечнике у ребенка может возникнуть чрезмерное брожение, усиленная перистальтика (сокращения кишечных стенок), частый стул.

Количественная потребность детей в белках, жирах, углеводах и энергии в зависимости от возраста приведена в табл. 8.2 и 8.3 (точное определение потребностей детей дошкольного возраста требует расчета в г/кг массы тела, в более старшем возрасте допустимо опираться на абсолютные величины, определяемые в граммах).

Таблица 7.2

Потребность детей раннего и дошкольного возраста в белках, жирах и углеводах, г/кг массы тела в сутки[5]

Возраст		Белки	Жиры	Углеводы	Калорийность, ккал
0-6 месяцев	Естественное вскармливание	2-2,5	7-7,5	13-14	110-130
	Искусственное вскармливание	3,5-4	7-7,5	13-14	115-135
6-12 месяцев	Естественное вскармливание	3-4	5,5-6,5	13-14	90-110
	Искусственное вскармливание	3,5-4	7-7,5	13-14	95-100
1-3 года		4-5,5	4-5	14-16	95-100
3-4 года		3,5-3	3,5-3	14-15	90
5-6 лет		3	3	14	85

Минеральные вещества входят в состав органов и тканей и играют большую роль во всех физико-химических процессах, протекающих в организме. Часть минеральных веществ содержится в клетках, другая часть находится в крови, лимфе и тканевой жидкости во взвешенном состоянии в виде ионов, многие из них являются составными частями гормонов, ферментов и сами по себе влияют на биохимические процессы. В организме новорожденного ребенка минеральные вещества составляют 2,5% массы тела, взрослого – 5%. Минеральные соли содержатся в пище в количестве, достаточном для поддержания жизнедеятельности. Только хлорид натрия вводится в рацион дополнительно в виде поваренной соли. Для растущего организма и во время беременности минеральных солей требуется больше, так как они необходимы для построения скелета, правильного развития органов и систем, нервной, мышечной и костной ткани.

Таблица 7.3

Средние нормы физиологических потребностей детей и подростков в основных пищевых веществах и энергии(в сутки) [5]

Возраст	Белки, г		Жиры, г		Углеводы, гр.	Энергетическая ценность, ккал
	всего	в т.ч. живот.	всего	в т.ч. растит.		
6 лет	72	47	72	11	252	2000
7-10 лет	80	48	80	15	324	2400
11-13 лет	96	58	96	18	382	2850
14-17 лет	106	64	106	20	422	3150
юноши		56	106	20	422	2750
девушки	93					

Основными элементами, необходимыми для жизнедеятельности организма человека, являются кальций, магний, калий, фосфор, сера (*макроэлементы*).

Кальций – самый распространенный макроэлемент в организме человека. Общее содержание его во взрослом организме составляет около 1 кг. Большое количество кальция входит в состав скелета и зубной эмали. 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 вместе с жирами его усвояемость резко снижается. Хорошо утилизируется кальций из продуктов, богатых одновременно и фосфором. Для усвоения кальция важным является соотношение кальция и фосфора в пище. Оптимальное значение – 2:1, такое соотношение этих элементов встречается в основных пищевых источниках кальция: молоке и молочных продуктах. Много кальция содержится также в бобовых, сое, арахисе. Кальций растительного происхождения усваивается легче, чем животного: из молочных продуктов – 20-30% кальция, из растительных – 50%. В усвоении кальция тканями участвует витамин D. С обменом кальция, фосфора и витамина D связаны рост костей, окостенение хрящей и многие метаболические процессы в организме.

Потребность в кальции особенно высока в детском возрасте в связи с ростом костной ткани, у беременных и кормящих женщин, после травм и переломов костей, причем наибольшая 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. Суточная доза кальция колеблется в пределах 550-1300 мг в зависимости от возраста.

У женщин потребность в кальции увеличивается в период климакса. В это время дефицит его в костной ткани приводит к развитию остеопороза (повышенная хрупкость костей, склонность к переломам). При старении костная ткань теряет часть кальция – происходит деминерализация костей, которая с возрастом охватывает все части скелета, что способствует развитию различных заболеваний скелета, в том числе остеохондроза, и 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. Достаточная обеспеченность организма магнием способствует лучшей переносимости стрессовых ситуаций. Существенно увеличивается потребность организма в нем при физических нагрузках, у спортсменов в процессе длительных тренировок, а также при стрессовых ситуациях.

Ежедневная потребность организма взрослого человека в магнии 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 может проявляться синдромом «хронической усталости», снижением умственной работоспособности, ослаблением внимания и памяти, тремором и судорогами скелетной мускулатуры (икроножных и подошвенных мышц). Избыток магния встречается редко, так как он легко выводится почками.

Натрий – важный элемент плазмы крови и тканевой жидкости, 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 в детском возрасте – 25-40 мг.

Калий — присутствует в организме в виде ионов, это основной внутриклеточный ион, тогда как главным внеклеточным ионом является 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. Поступление калия в достаточном количестве приводит к снижению артериального давления, благоприятно влияет на сокращение сердечной мышцы.

Суточная потребность в калии взрослого человека составляет около 900 мг, а детей — 15-50 мг. Богаты калием цитрусовые, все зеленые овощи, картофель. При диете, бедной овощами и фруктами, возможно понижение его уровня в организме, что также приводит к развитию общей слабости и ослаблению рефлексов. Снижение содержания калия отмечается при избыточном употреблении сахара, кофе, употреблении алкогольных напитков. Повышенное содержание калия в крови может возникнуть и при чрезмерной физической нагрузке и привести к нарушению сердечного ритма.

Фосфор — элемент, необходимый для многих жизненно важных физиологических процессов, в том числе для минерализации костной ткани и функционирования клеток нервной системы. 80% его находится в костной ткани, остальные 20% входят в состав нуклеиновых кислот, ферментных систем. В виде фосфолипидов является важнейшим структурным компонентом клеточных мембран. Фосфор участвует практически во всех физиологических и химических процессах организма. Потребность в нем достигает максимума в юности, у мужчин она выше, чем у женщин.

Фосфор содержится во многих пищевых продуктах, особенно много его в рыбе, мясе, яйцах, зерновых продуктах, орехах. Однако для всасывания фосфора из пищи необходимо наличие многих факторов, в частности витамина D.

Важно не только абсолютное количество потребляемого с пищей фосфора, но и оптимальное соотношение фосфора и кальция в пищевом рационе. Но в реальных условиях такое соотношение этих элементов 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. В целом в рационе современного человека соотношение кальция и фосфора отличается от оптимального в сторону избыточного потребления фосфора.

Сера необходима в первую очередь для образования кератина — белка, находящегося в суставах, волосах и ногтях, она входит в состав многих других белков и ферментов, способствует секреции желчи в печени, поддерживает упругость и здоровый вид кожи. 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 курильщиков.

Железо относится к важнейшим для организма человека макроэлементам. Оно входит в состав гемоглобина эритроцитов, миоглобина (сократи-

тельного белка мышечной ткани) и многих ферментов, участвует в процессах кроветворения и иммунной защиты.

В организме взрослого 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, так как у них активнее идут процессы кроветворения и выше мышечная активность. Из общего количества железа, поступающего в организм взрослого человека с пищей за сутки (около 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 становится более активным.

Потребность организма в железе повышается в период роста, при беременности, во время менструаций. При недостаточном поступлении железа с пищей (неполноценное питание, нарушение функции желудочно-кишечного тракта) возникает его дефицит, который приводит к развитию железодефицитной анемии. По данным ВОЗ, в мире ею страдает около 600 млн человек (в Европе – 40% женщин, 15% мужчин, 90% беременных, а в некоторых африканских и азиатских странах – до 70-90% населения).

Кроме перечисленных минеральных веществ, ребенку необходимы медь, бром, йод, цинк, кобальт, фтор и некоторые другие минералы. Их называют *микроэлементами*, так как они содержатся в пище и участвуют в метаболизме в минимальном количестве (менее 1 мг/%). Микроэлементы входят в состав многих ферментов, гормонов, витаминов и оказывают большое влияние на обмен веществ, рост и развитие организма.

Так, **йод** необходим для синтеза гормонов щитовидной железы, регулирующих важнейшие метаболические процессы. Недостаточное содержание йода в питьевой воде и пище приводит к его дефициту в организме и нарушению функции щитовидной железы. Особенно большое значение содержание йода имеет во время беременности, при формировании нервной и эндокринной систем плода. Дефицит йода в этот период является фактором риска развития кретинизма (врожденной недостаточности функции щитовидной железы, приводящей к специфическому нарушению физического и умственного развития). В постнатальном онтогенезе дефицит йода приводит к нарушению психических функций, снижению иммунитета, работоспособности, успеваемости.

Согласно данным ВОЗ, более 30% населения мира проживают в районах, где отмечается недостаточное потребление йода. Коррекция дефицита йода обеспечивается путем изменения характера питания или дополнительным приемом йодсодержащих препаратов. К продуктам, богатым йодом, относятся морская капуста, морская рыба и другие морепродукты; овощи, выращенные на почве, богатой йодом. Повысить содержание йода в пище можно также употреблением обогащенных йодом соли, воды, пищевых продуктов.

Медь – жизненно необходимый микроэлемент, так как входит в состав большинства белков. В организме взрослого 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. В продуктах питания присутствует достаточное количество меди, поэтому ее дефицит практически не встречается.

Кобальт входит в состав молекулы витамина B12, участвует в кроветворении, процессах роста и размножения совместно с цинком, медью, железом. Для взрослого человека суточная потребность в кобальте составляет около 0,05-6,1 мг. Основным естественным его источник – зеленые листовые овощи.

Цинк содержится в организме человека в количестве менее 0,01% массы тела, однако имеет колоссальное значение в обмене веществ в организме, особенно для нервной и эндокринной систем. Он играет важную роль в регенерации тканей, входит в состав ферментов, обладает антиоксидантными свойствами. Наибольшее количество его присутствует в субпродуктах, мясе, морепродуктах, нешлифованном рисе, семенах подсолнечника.

Дефицит цинка в организме сопровождается ослаблением иммунитета, у детей – снижением аппетита, нарушением вкуса и замедлением роста. Недостаточность цинка сказывается и на половой функции, ее нарушения сходны с теми, которые развиваются при старении организма. Опасность дефицита цинка появляется у строгих вегетарианцев, а также курильщиков и лиц, злоупотребляющих алкоголем.

Фтор необходим для правильного формирования костной и зубной ткани. Физиологическая потребность во фторе составляет 1 мг в сутки. Богатыми его источниками являются морепродукты, чай, петрушка. Недостаточное содержание фтора в организме человека предрасполагает к развитию кариеса зубов и остеопороза. Рафинированные (очищенные) продукты питания не всегда содержат достаточное количество фтора, в связи с чем очень важно фторирование питьевой воды, особенно для правильного развития костной системы и зубов растущего организма. При избыточном его поступлении в организм возникает флюороз, проявляющийся в появлении светлых пятен на эмали зубов, в изменениях в суставах и позвоночнике.

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

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 мясомолочной 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. Селен участвует в репродуктивных процессах, в развитии молодого организма, предотвращает старение, влияя

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 и уменьшает смертность от него.

В избыточном количестве он может оказывать токсическое действие на организм человека, но в небольших – физиологических – количествах является незаменимым, жизненно важным микроэлементом. Основным источником селена для человека служат пшеничная и ржаная мука. Суточная потребность в селене для взрослого организма составляет от 50 до 200 мкг. В настоящее время проблема дефицита селена в организме людей привлекает большое внимание.

Бром участвует в регуляции деятельности нервной системы, воздействует на функции некоторых эндокринных желез. Суточное потребление брома взрослым человеком находится на уровне 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 боре – 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, гипертонической болезни. Основные пищевые источники хрома – дрожжи, мясные продукты, яичный желток, печень.

Кремний имеет большое значение для нормального процесса роста и формирования костей, хрящевой и соединительной ткани и способствует 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 нежелательным изменениям кожных покровов: кожа становится сухой и дряблой, а волосы и ногти – сухими и ломкими. Суточная физиологическая потребность в кремнии – 20-50 мг.

Потребность детей в минеральных веществах, в том числе и в микроэлементах, до 4-5 месяцев жизни удовлетворяется грудным молоком матери. С 3-4 месяцев их надо вводить ребенку с соками ягод, фруктов и овощей, а с 5-6 месяцев – с прикормом (овощи и фрукты, яйца, мясо, каши, особенно гречневая, овсяная и т.д.). Рацион детей более старшего возраста может обеспечить потребность растущего организма необходимыми макро- и микроэлементами лишь в том случае, если он будет полноценным, разнообразным, составленным с учетом современных представлений **диетологии** (науки о рациональном питании).

Рекомендуемая норма потребления основных минеральных веществ для детей разных возрастных групп приведена в табл. 7.4.

Витамины – это группа биологически активных веществ, которые не являются строительным материалом или источником энергии, но необходимы организму для роста, развития, регуляции жизненных функций. Их основные функции сводятся к участию в работе биокатализаторов – ферментов (в качестве коферментов – составной части ферментов, без которой фермент не может активно участвовать в метаболических процессах). Кроме того, некоторые витамины участвуют в регуляторных процессах в качестве гормоноподобных соединений и в подавлении образования свободных радикалов – соединений, оказывающих повреждающее действие на клетки.

Таблица 7.4

**Нормы физиологических потребностей детей и подростков
школьного возраста в основных минеральных веществах[5]**

Возраст		Минеральные вещества, мг					
		Кальций	Фосфор	Магний	Железо	Цинк	Йод
0-3 месяца		400	300	55	4	3	0,04
4-6 месяцев		500	400	60	7	3	0,04
7-12 месяцев		600	500	70	10	4	0,05
1-3 года		800	800	150	10	5	0,06
4-6 лет		900	1350	200	10	8	0,07
6 лет		1000	1500	200	12	10	0,08
7-10 лет		1100	1650	250	12	10	0,10
11-13	мал.	1200	1800	300	18	15	0,10
	дев.	1200	1800	300	15	12	0,10
14-17	юн.	1200	1800	300	18	15	0,13
	дев.	1200	1800	300	15	12	0,13

Витамины играют важную роль в жизнедеятельности организма: без них нарушается нормальный обмен веществ, страдают пищеварение и кроветворение, падает работоспособность, снижается иммунитет и устойчивость к неблагоприятным факторам внешней среды. Хотя организму требуется незначительное количество этих биологически активных веществ, каждый витамин выполняет присущую только ему специфическую функцию и не может быть заменен другим веществом. Витамины широко распространены в природе. Они содержатся во многих пищевых продуктах и больше всего в продуктах растительного происхождения: овощах, фруктах, злаках, корнеплодах, ягодах. Некоторые витамины синтезируются в организме человека и животных под влиянием микрофлоры кишечника (например, витамин К, витамины В6, В12). Поэтому длительные расстройства функции пищеварительного тракта и нарушения микрофлоры кишечника (дисбактериоз) могут привести к снижению образования витаминов в кишечнике и ухудшению их всасывания. В этих случаях явления витаминной недостаточности могут возникнуть даже при достаточном поступлении витаминов с пищей.

Потребность человека в витаминах зависит от возраста, пола, характера трудовой деятельности, бытовых условий, уровня физической нагрузки,

климатических условий, физиологического состояния организма, пищевой ценности питания и других факторов. Она повышается при заболеваниях, проживании в холодных регионах, недостаточном пребывании на солнце, напряженной физической и умственной работе. Недостаток какого-либо витамина в организме – **гиповитаминоз** – может проявляться специфическими нарушениями со стороны нервной системы, кожи, зрения и других органов, вызывать задержку развития детского организма, снижение аппетита, общего психофизического тонуса. Полное отсутствие в течение длительного времени какого-либо витамина может привести к развитию болезненного состояния, называемого **авитаминозом**. Тяжело проявляется также одновременный недостаток различных витаминов – **полигиповитаминоз**. В этих случаях отмечается общая вялость, повышенная утомляемость, потеря аппетита, замедление роста и прибавки веса.

Витамины принято обозначать буквами латинского алфавита. По физико-химическим свойствам витамины разделяются на две большие группы. Первая группа – **водорастворимые витамины**: это витамины группы В, С, Р, фолиевая кислота. Они хорошо растворяются в воде, разрушаются при нагревании и в щелочной среде, устойчивы в кислой среде (например, во фруктовых и овощных консервах). Витамины этой группы не накапливаются в организме, их избыток выводится почками. **Жирорастворимые витамины** – А, D, Е, К, F – в воде не растворяются, но хорошо растворяются в жирах, устойчивы к нагреванию, в кислой и щелочной среде. Эти витамины при их избытке могут накапливаться в организме, оказывая неблагоприятное влияние – в тяжелых случаях даже вызывая болезненные состояния (**гипервитаминозы**). Избыточные количества жирорастворимых витаминов могут искажать обмен веществ, поражать почки и сосуды, снижать аппетит, нарушать рост и развитие.

Количество витаминов, необходимое ребенку, в расчете на 1 кг массы тела выше, чем у взрослых. Оптимальные количества витаминов для нормального обмена веществ у детей и подростков приведены в табл. 7.5.

Таблица 7.5

Нормы физиологических потребностей детей и подростков школьного возраста в основных витаминах (в сутки) [5]

Возраст		Витамины, мг.									
		В1	В2	РР	В6	В12	Вс	А	D	Е	С
Первый год жизни		3-5	0,4-0,6	5-7	0,4-0,6	0,0003-0,0005	0,04-0,06	0,4	0,01	3-4	30-40
1-3 годы		0,8	0,9	10	0,9	0,001	0,1	0,4	0,01	5	45
6 лет		1,0	1,2	13	1,3	0,0015	0,2	0,5	0,025	10	60
7-10 лет		1,2	1,4	15	1,6	0,002	0,2	0,7	0,025	10	60
11-13 лет	мал.	1,4	1,7	18	1,8	0,003	0,2	1,0	0,025	12	70
	дев.	1,3	1,5	17	1,6	0,003	0,2	0,8	0,025	10	70
14-17 лет	юн.	1,3	1,8	20	2,0	0,003	0,2	1,0	0,025	15	70
	дев.	1,3	1,5	17	1,6	0,003	0,2	0,8	0,025	12	70

Витамин С (аскорбиновая кислота) участвует в окислительно-восстановительных процессах организма, регулирует деятельность ферментов и гормонов, рост хрящей и костей, повышает свертываемость крови, оказывает влияние на общий тонус организма и сопротивляемость к различным внешним воздействиям, в том числе к инфекциям. Витамин С играет важную роль в поддержании нормального состояния стенок капилляров и сохранении их эластичности, при его недостатке усиливается проницаемость стенок капилляров, они становятся ломкими. Появляется склонность к отекам и кровоизлияниям.

Витамин С в организме человека не образуется. Он содержится в овощах, зелени, фруктах, особенно в цитрусовых, ягодах (черная смородина, шиповник), в небольшом количестве – в мясе и молочных продуктах, главным образом в летне-осенний период. Северные сорта растений содержат витамин С в большем количестве, чем южные. Витамин С малоустойчив. Он легко окисляется и разрушается при кулинарной обработке – варке, жарке продуктов; в очищенных и нарезанных продуктах – под действием кислорода воздуха.

При интенсивной физической и умственной работе, стрессах, различных заболеваниях потребность организма в витамине С возрастает, поэтому и дозировка его должна быть увеличена. К концу зимы, когда витамина С в растительных и молочных продуктах становится мало, его недостаток компенсируется приемом аскорбиновой кислоты (синтетически полученный витамин С) или поливитаминов, ее содержащих, и продуктов с высоким содержанием витамина С, например настоя шиповника.

Гиповитаминоз С у детей легко вызывается самыми различными заболеваниями и усиливается при кишечных расстройствах, приводя часто к общему ослаблению организма. С уменьшением в организме витамина С снижается сопротивляемость его к инфекционным и простудным заболеваниям, падает работоспособность, появляются вялость, сонливость, боли в суставах, кровоточивость десен (цинга).

Витамин Р имеет много общего с витамином С, он стимулирует потребление кислорода клетками, препятствует разрушительному действию кислородной недостаточности, укрепляет стенки сосудов, уменьшает возникновение мелких кровоизлияний. В растительной природе выявлено большое количество веществ, обладающих Р-витаминной активностью. Это биофлавоноиды. Наиболее известен из них рутин, используемый в поливитаминных препаратах.

Потребность в витамине Р точно не установлена, ориентировочно для взрослых она составляет 35-50 мг в сутки. Витамин Р содержится в растительных продуктах, таких как черноплодная рябина, черная смородина, шиповник, цитрусовые, земляника, виноград, морковь, свекла, картофель и др.

Витамины группы В принимают участие в процессах роста и обмена, особенно белкового и углеводного, способствуют нормальному кроветворению. При их недостатке в организме в первую очередь нарушаются состояние кожи, деятельность нервной системы и желудочно-кишечного тракта.

Витамины этой группы содержатся почти во всех растительных и молочных продуктах. Много их в пивных и пекарских дрожжах, мясе, печени, рыбе, злаках и особенно в оболочках и зародышах зерен, в то же время они отсутствуют в муке тонкого помола, перловой крупе, в хорошо очищенном, так называемом полированном, рисе.

Витамин В1 (тиамин) необходим для нормального протекания углеводного, белкового и жирового обмена. Недостаток его в организме приводит к неполному расщеплению веществ, накоплению продуктов их промежуточного обмена и, как следствие, к ухудшению функции нервной, сердечнососудистой, пищеварительной систем и желез внутренней секреции. Основным источником витамина В1 являются зерновые продукты, не освобожденные от периферических частей оболочки и зародыша, много его в дрожжах и печени. Он поступает в организм также с мясом, рыбой, молочными продуктами, частично может синтезироваться микрофлорой толстого кишечника.

Преимущественное потребление рафинированных углеводистых продуктов – хлебобулочных изделий из муки высшего сорта – приводит к резкому снижению тиамина в пищевом рационе. В то же время обильное употребление кондитерских изделий и других сладких продуктов резко повышает потребность в тиамене, создавая его дефицит. Возникающий при этом недостаток витамина В1 проявляется в повышенной утомляемости, ухудшении аппетита, поражении периферических нервов, нарушении функции сердечно-сосудистой системы.

Витамин В2 (рибофлавин) содержится в картофеле, овощах, молочных продуктах, мясе, печени, рыбе, в гречневой и манной крупах, особенно много его в дрожжах. У человека он может синтезироваться микрофлорой кишечника. Этот витамин активно участвует во всех процессах обмена веществ в организме ребенка, способствует его росту, наряду с витамином А улучшает состояние зрения. Недостаток витамина в организме приводит к нарушению нормальной функции нервной, сосудистой и пищеварительной систем. На слизистых оболочках рта, языке появляются кровоточащие, плохо заживающие трещины, на коже, особенно около слизистых оболочек, у рта, носа, глаз – экзема. Веки глаз воспаляются, наблюдаются слезотечение, светобоязнь, иногда понижается слух.

Витамин В6, как и другие витамины этой группы, содержится во многих продуктах животного и растительного происхождения (мясе, рыбе, печени, крупах, хлебе грубого помола, в молочных продуктах), может синтезироваться микрофлорой кишечника. Он участвует во многих обменных процессах в организме, особенно велика его роль в регуляции обмена белков. Витамин В6 существенно влияет на кроветворение и иммунитет, улучшает состояние печени и поджелудочной железы при их заболеваниях, восстанавливает нарушенные обменные процессы при рахите. Недостаток витамина неблагоприятно сказывается на состоянии центральной нервной системы, снижает обучаемость детей, их устойчивость к физическим и нервно-психическим нагрузкам.

Витамин В12 поступает в организм с продуктами животного происхождения и синтезируется микроорганизмами, населяющими толстую кишку. Для всасывания витамина В12 необходим мукопротеид, выделяемый слизистой оболочкой желудка (так называемый внутренний фактор Кастла), – при его отсутствии всасывания витамина не происходит. Поэтому заболевания, нарушающие состояние слизистой оболочки желудка, например, хронический гастрит, сопровождаются недостатком витамина В12 даже при достаточном поступлении его с пищей.

Витамин В12 способствует росту и развитию ребенка, повышает иммунитет, улучшает состояние нервной системы и кожи, уменьшает проявления острой и хронической интоксикации. Особенно важную роль играет витамин В12 в процессах кроветворения, его недостаток вызывает развитие специфической формы малокровия.

Витамин РР (никотиновая кислота) в организме человека не синтезируется, он поступает с теми же продуктами, которые являются источником других витаминов группы В. Витамин РР участвует в регуляции углеводного и жирового обмена, нормализует обмен аминокислот и холестерина, снижает содержание сахара в крови. Отмечено его регулирующее действие на состояние нервной, сосудистой и пищеварительной систем, что проявляется в активирующем влиянии на функцию коры больших полушарий головного мозга (поддержание равновесия между процессами возбуждения и торможения), сосудорасширяющем действии, улучшении функции желудка, печени и поджелудочной железы.

Этот витамин хорошо сохраняется при сушке, консервировании и кулинарной обработке. Потребность в нем легко удовлетворяется обычным рационом питания. Гиповитаминоз РР нередко наблюдается при различных заболеваниях желудочно-кишечного тракта или вследствие длительного применения некоторых лекарств; он проявляется в плохом аппетите, слабости, головных болях, бессоннице; у детей снижается внимание, ухудшается память, наблюдается повышенная раздражительность, они становятся капризными, плаксивыми.

Витамин В9 (фолиевая кислота, фолацин) необходим организму человека для оптимального протекания процессов кроветворения, для функционирования нервной системы, он участвует во многих процессах обмена. Этот витамин благотворно влияет на функции кишечника и печени. Поступает он в организм преимущественно с продуктами растительного происхождения, в незначительных количествах содержится в продуктах животного происхождения и синтезируется в кишечнике человека.

Недостаток фолиевой кислоты приводит к развитию специфической формы анемии, сопровождающейся появлением в кровяном русле незрелых крупных кровяных клеток, неспособных переносить кислород, снижением количества лейкоцитов и тромбоцитов, следствием чего являются кровотечения из слизистых оболочек рта, носа, кишечника, воспалительные процессы на слизистых оболочках ротовой и носовой полости, кишечника. Дли-

тельный дефицит фолиевой кислоты сопровождается задержкой умственного и физического развития, парезами и параличами, судорогами.

Витамин А (ретинол) способствует росту детского организма, правильной функции желез внешней и внутренней секреции. Он обеспечивает нормальный рост и питание кожи, волос, слизистых оболочек, скелета, принимает участие в жировом обмене, необходим палочковому аппарату сетчатки глаза для осуществления ночного зрения. Недостаток ретинола сказывается и на дневном зрении, вызывая сужение зрачка и нарушение нормального цветоощущения, изменение роговицы глаза. Изменения в верхних слоях кожи, слизистых оболочках дыхательных путей, желудочно-кишечного тракта, почек и других органов при недостатке ретинола приводят к значительному снижению устойчивости организма к заболеваниям.

Витамин А устойчив к щелочи и нагреванию, но неустойчив к действию кислот, ультрафиолетовых лучей и кислорода воздуха, под влиянием которых он теряет активность. Содержится он главным образом в продуктах животного происхождения: в свежих молочных продуктах (молоке, сливках, масле), рыбьем жире, яичном желтке, мясе, печени. В растениях содержится провитамин А – **каротин**: в зеленых листьях салата, щавеля, в капусте, в зеленом луке, плодах и овощах, преимущественно окрашенных в желтый и оранжевый цвет (томаты, морковь, тыква, абрикосы, дыня, рябина и др.), а также в укропе, шпинате, грибах и водорослях. Витамин А и каротин лучше усваиваются с жирами, так как хорошо в них растворяются.

Витамин D получил название антирахитического витамина, так как он играет важную роль в фосфорно-кальциевом обмене и препятствует возникновению рахита. Содержится в продуктах животного происхождения: рыбе, рыбьем жире, икре, яичном желтке, в свежем молоке и сливочном масле, а также образуется в коже человека под влиянием ультрафиолетовых лучей.

Витамин D нормализует всасывание из кишечника солей кальция и фосфора, оказывает регулирующее действие на их обмен в организме, способствует усвоению кальция и фосфора костной тканью, стимулирует рост их костей. Потребность в нем особенно высока при интенсивном росте организма, главным образом у недоношенных детей и в периоды так называемых ростовых скачков. Недостаточное пребывание на солнце, несбалансированный рацион питания легко вызывают гиповитаминоз D, вследствие чего у детей раннего возраста развивается *рахит*. При рахите нарушается нормальное окостенение, происходят недоразвитие и деформация костей, страдают мышечная, нервная и другие системы организма. В более старшем возрасте недостаток витамина D приводит к замедлению роста, повышенной хрупкости костей (остеопорозу), мышечной вялости, снижению тонуса нервной системы.

Витамин Е (токоферол) улучшает использование тканями кислорода, препятствует образованию и накоплению в них свободных радикалов – соединений, обладающих повреждающим действием на клеточные структуры. Он принимает участие в обмене белка, нормализует мышечную деятельность, предотвращая развитие мышечного утомления. Установлена тесная

связь витамина Е с функцией и состоянием эндокринной системы, особенно половых желез, гипопиза, надпочечников и щитовидной железы. Недостаток витамина Е в организме беременной женщины приводит к замедлению роста и развития плода, а в тяжелых случаях к его гибели и самопроизвольному выкидышу. Витамин Е содержится в сливочном и растительном маслах, мясе, печени, яичном желтке, горохе, кукурузе, в овощах, его много в проростках зерновых.

Витамин К способствует нормальному свертыванию крови, участвует в обменных процессах, стимулирующих рост и развитие организма, в дыхании клеток. При заболеваниях желудочно-кишечного тракта, печени, а также при длительном приеме некоторых лекарств количество витамина в организме резко снижается, что приводит к плохой свертываемости крови, ломкости сосудов, кровоизлияниям. Витамин К содержится в салате, капусте, шпинате, свиной печени, яйцах, молоке, синтезируется кишечной бактериальной флорой.

Группа витаминов F включает в себя линолевую, линоленовую и арахидоновую кислоты – **полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК)**, незаменимые для организма человека. Они играют важную роль в энергетическом обмене, в обмене жиров, входят в состав фосфолипидов, из которых состоят мембраны клеток, поэтому эту группу относят к витаминоподобным веществам. Суточная потребность в витаминах группы F до конца не установлена. Линолевая и линоленовая кислоты поступают в организм в основном с растительными маслами, причем в разных маслах количество неодинаково. Для полноценного обеспечения ими целесообразно чередовать растительные масла (подсолнечное, кукурузное, оливковое), для детей старше трех лет можно включать в рацион орехи. Арахидоновая кислота синтезируется только в тканях человека и животных, а значит, поступает только с продуктами животного происхождения. Высоким содержанием ПНЖК отличается рыбий жир.

Недостаток ПНЖК в рационе ребенка отрицательно влияет на его рост и развитие, состояние кожи, нервной и пищеварительной систем. Очень важно полноценное обеспечение этими веществами детей грудного возраста.

Перечисленные выше витамины не исчерпывают список биологически активных веществ, участвующих в метаболических процессах, количество их значительно больше. В последние десятилетия помимо витаминов выявлены некоторые другие биологически активные вещества, необходимые для обменных процессов в минимальных количествах, но в отличие от витаминов они синтезируются в самом организме (их также называют витаминоподобными веществами). К ним относятся коэнзим Q, карнитин, коэнзим А и др.

Коэнзим Q образуется в организме человека, хотя с возрастом синтез его уменьшается и часто становится недостаточным. Больше всего коэнзима Q в митохондриях клеток. Он играет важную роль в процессах энергообразования, в обеспечении нормального функционирования иммунной систе-

мы, 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 А участвует в энергетических процессах. Ядром его молекулы является пантетин, получаемый из пантотеновой кислоты. Коэнзим А снижает содержание холестерина в крови, способствует утилизации липидов. Содержится преимущественно в темно-зеленых листовых овощах и салатах.

В настоящее время выявлено и изучается большое количество витаминов и витаминоподобных веществ, большинство из них не подлежит точному учету в питании человека. Однако очевидно, что полноценное обеспечение организма катализаторами обменных процессов, необходимыми для полноценного функционирования, роста и развития, возможно только при разнообразном сбалансированном рационе питания.

Вода – важнейшая составная часть живого организма. Общее содержание ее у ребенка грудного возраста – 70-75%, а у взрослого – 60-65% массы тела. Большая часть воды (40-45% массы тела) находится внутри клеток, меньшая (25%) – вне клеток: в межтканевой жидкости, лимфе, плазме. Все жизненные процессы, протекающие в организме человека, возможны лишь при достаточном количестве воды.

Чем младше ребенок, тем с большей интенсивностью и напряженностью происходит его *водный обмен* и тем выше у него потребность в воде. Так, у новорожденного она составляет 150-200 мл/кг массы в сутки, у грудного ребенка – 100-150, в два года – 90-95, в пять лет – 60, в 13 лет – 40 мл/кг массы в сутки. Всасывание воды из желудочно-кишечного тракта в кровь происходит очень быстро, интенсивно идет обмен воды между кровью и тканями, так же быстро вода выделяется из организма. Из общего количества потребленной ребенком жидкости в организме задерживается только около 1%, остальная ее часть после участия в обменных процессах выводится из организма (около 60% выводится почками, до 34% – кожей и легкими, 6% – с испражнениями).

Нормальная деятельность организма характеризуется сохранением водного баланса, т.е. количество поступившей воды должно быть равно количеству выведенной. Если воды выводится из организма больше, чем поступает, возникает чувство жажды. При задержке воды организмом (преобладании поступления воды над выведением) развивается отечность тканей. Водный баланс организма включает в себя также равновесие между содержанием воды в кровеносном русле (плазме крови) и ее содержанием в межклеточной (тканевой) жидкости, которое имеет важнейшее значение для обеспечения метаболических процессов в тканях и органах.

Организм ребенка быстро накапливает и быстро теряет воду, что обусловлено интенсивным ростом, физиологической незрелостью почек и нейроэндокринных механизмов регуляции водного обмена. Потери воды у детей значительно выше, чем у взрослых: у детей они достигают 1,3 г/кг в час, в то время как у взрослых – 0,5 г/кг в час. Этот процесс во многом зависит от выделения воды через легкие и кожу. В сутки выделение воды таким путем у ребенка может достигать 50% объема потребленной жидкости, особенно при перегревании. Столь значительная потеря воды вызывает у детей большую, чем у взрослых, потребность в ее восполнении. Недостаточное количество воды может привести к сгущению крови (уменьшению относительного объема жидкой части крови – плазмы) и к повышению температуры тела.

Чем младше ребенок, тем менее устойчив у него водный обмен. На его колебания оказывают влияние температура и влажность окружающего воздуха, характер пищи, одежда, поведение ребенка. У детей раннего возраста даже крик и плач нарушают водное равновесие между кровью и тканями тела и могут вызывать сгущение крови.

Потребность в воде у детей удовлетворяется за счет питья жидкости и частично за счет плотной пищи, также имеющей в своем составе воду. Потребность в дополнительном питье может быть различной и зависеть от индивидуальных особенностей обмена веществ, от вида вскармливания (дети, находящиеся на искусственном вскармливании, обычно нуждаются в большем количестве воды), а также от температуры и влажности помещения, в котором находится ребенок.

Нейрогуморальная регуляция водного обмена: водный баланс регулируется корой надпочечников (минералокортикоиды) и гипоталамусом (антидиуретический гормон). Центр жажды находится в гипоталамусе.

7.4. Особенности питания в различные возрастные периоды

Дети грудного возраста нуждаются в легкоусвояемой пище, обеспечивающей их высокую потребность в питательных веществах. Лучшая, наиболее физиологичная пища для ребенка первого года жизни – материнское молоко. Оно является экологически чистым продуктом питания, содержит питательные вещества, ферменты, гормоны и другие биологически активные вещества, которые исключительно важны для роста и развития младенца. Грудное вскармливание способствует гармоничному росту и развитию, повышает сопротивляемость инфекциям и другим неблагоприятным факторам внешней среды, способствует заселению кишечника новорожденного ребенка микроорганизмами, необходимыми для правильного пищеварения.

Вскармливание грудным молоком имеет существенное значение еще и потому, что мать и ребенок во время кормления находятся в тесном физическом и психологическом контакте, что очень важно для нормального развития психики ребенка. Согласно опубликованным данным, грудное вскарм-

ливание способствует лучшему интеллектуальному развитию ребенка, защищает его от ряда аллергических заболеваний. Кроме этого, при грудном кормлении ребенок может самостоятельно регулировать количество поступающей пищи в соответствии с потребностью организма.

Состав грудного молока идеально подходит для вскармливания грудного ребенка. Женское молоко содержит больше альбуминов и меньше, чем коровье и козье, казеина. Белок грудного молока обеспечивает ребенка достаточным количеством незаменимых аминокислот. Жир женского молока более чем на 50% состоит из полиненасыщенных жирных кислот, в нем мало летучих жирных кислот, много фосфатидов. Жир находится в мелко-эмульгированном состоянии и содержит фермент, способствующий его перевариванию. Из углеводов в женском молоке содержится преимущественно бета-лактоза, которая в кишечнике распадается на глюкозу и галактозу, угнетает рост кишечной палочки, способствует росту бифидобактерий и синтезу микробами кишечника витаминов группы В. Содержащаяся в коровьем молоке альфа-лактоза, наоборот, благоприятствует росту кишечной палочки. Состав минеральных веществ, макро- и микроэлементов в женском молоке лучше обеспечивает потребности ребенка, чем состав коровьего молока. В нем больше важных для кроветворения веществ: железа, меди, кобальта, марганца и других элементов, оно богаче ферментами и витаминами А, С, группы В и др.

В женском молоке основные пищевые вещества находятся в идеальном для усвоения детским организмом соотношении. В желудке ребенка женское молоко свертывается более мелкими хлопьями, чем молоко млекопитающих. Важно и то, что оно поступает от матери к ребенку при температуре тела, почти стерильным, содержащим вещества, препятствующие размножению вредоносных микробов, а его ингредиенты не обладают аллергическим действием.

Женское молоко по составу в зависимости от периода лактации неодинаково. Его состав отвечает потребностям ребенка на разных стадиях его адаптации к внеутробной жизни. Молозиво, выделяющееся в первые 3-5 дней после родов, содержит в 2-3 раза больше белка и несколько больше минеральных солей, чем зрелое молоко. Особенностью его является также наличие так называемых молозивных телец, представляющих собой капельки молочного жира с лейкоцитами (защитными клетками крови). С молозивом в организм ребенка от матери поступают иммуноглобулины и гормоны.

Переходное молоко выделяется с 4-5-го дня после родов. Оно богато жиром, но в остальном и по внешнему виду больше приближается к зрелому.

Материнское молоко становится зрелым к концу второй недели, состав его в дальнейшем меняется. Оно бывает различным в течение суток и даже на протяжении одного кормления. Так, в начале кормления молоко более жидкое, к концу – жирнее и гуще. Состав и количество грудного молока во многом зависят от состояния матери, ее режима, диеты. Есть данные, согласно которым грудное молоко может менять свой состав в соответствии с

потребностями ребенка. Однако, если ребенок регулярно высасывает достаточное количество молока, но происходит задержка в увеличении массы тела, можно заподозрить недостаточную выработку молока женским организмом, неполноценность его состава или нарушение усвоения ребенком.

Первое прикладывание к груди здорового доношенного ребенка рекомендовано сразу после рождения. Раннее прикладывание способствует установлению более тесного психологического контакта матери и ребенка, снижению родового стресса у новорожденного, стимулирует выделение молока.

Грудное молоко является оптимальным видом питания детей первых 4-5 месяцев, но оно не может полностью обеспечить растущий организм необходимыми витаминами и микроэлементами. По мере роста ребенку рекомендуется вводить в питание соки, овощные и фруктовые отвары и прикормы овощами, кашами, мясными блюдами. Это необходимо для его правильного развития и предупреждения малокровия, рахита, отставания в физическом и психическом развитии.

Питание детей в возрасте от 1 года до 3 лет. На втором и третьем году жизни продолжается интенсивный рост организма, увеличивается подвижность ребенка, возрастают его энергетические затраты. Функциональная способность желудочно-кишечного тракта и активность пищеварительных ферментов повышаются, ребенок начинает разжевывать пищу, дифференцированно относиться к ее качеству, приучается самостоятельно есть и т.д.

На втором году жизни, когда у ребенка уже достаточное количество зубов, его меню становится разнообразнее, жидкая и полужидкая пища заменяется более твердой. Основные ингредиенты пищи (белки, жиры, углеводы) в этот период должны поступать в организм в соотношении 1:1:4 и составлять: белок – 4 г, жир – 4 г, углеводы – 15-16 г на 1 кг массы тела. Для полноценного питания важно, чтобы 75% белков были животного происхождения. В рацион ребенка должны включаться продукты, содержащие наиболее полноценные жиры: сливки, сливочное и растительные (не менее 10-20%) масла, желтки, рыбий жир. Потребность в углеводах покрывается за счет сахара, хлеба, овощей, картофеля, каш. С овощами и фруктами ребенок получает необходимые минеральные соли, а также витамины С, А, группы В.

В период от одного года до трех лет активно продолжается формирование скелета, увеличивается мышечная масса, сохраняется высокая потребность в минеральных веществах. Повышается суммарная потребность в витаминах. Важным пищевым продуктом является молоко, необходимый объем его – 600-650 мл в сутки. Часть его желательно заменять кефиром, который легче усваивается и нормализует микробный состав кишечника ребенка. Очень ценен творог, поскольку он содержит полноценные белки и большое количество кальция и фосфора. Солями кальция и фосфора богат и сыр. Помимо молочных продуктов, потребность в полноценном белке покрывается мясными продуктами (нежирные сорта мяса, птицы), можно вводить в рацион нежирные сорта рыбы. В ежедневный рацион входит также хлеб,

разные виды круп (овсяная, гречневая, рисовая, пшеничная, кукурузная, пшенная и их смеси). Основными источниками растительного белка, углеводов, витаминов и микроэлементов в этом возрасте являются овощи, зелень, ягоды, фрукты.

Поскольку физиологически незрелая пищеварительная система ребенка раннего возраста не может быстро приспосабливаться к резким изменениям рациона, каждый новый вид пищи вначале дается небольшими порциями. Важно, чтобы внешний вид блюд привлекал внимание ребенка и возбуждал аппетит.

Питание детей дошкольного возраста. Питание дошкольников отличается от питания детей раннего возраста как в количественном, так и в качественном отношении.

Масса тела ребенка с 4 до 7 лет нарастает в среднем с 15 до 25 кг, а прирост тела в длину составляет 20-30 см. Общая подвижность детей несколько уменьшается, но увеличиваются физические нагрузки: пешие переходы, физкультурные и спортивные занятия и игры.

В периоды вытягивания и нарастания массы тела особенно важно обеспечить детей полноценной пищей. Недостаток в рационе важных питательных веществ сказывается на величине массы тела, на размерах и функциях отдельных органов, состоянии желез внутренней секреции. На увеличение тела в длину (рост) обычно это влияет в меньшей степени. В настоящее время дошкольники часто занимаются в спортивных секциях и кружках, музыкальных школах, поэтому диета для них должна быть обоснованной и иметь соответствующую калорийность. Несбалансированное питание и значительные физические и умственные нагрузки могут приводить к ослаблению иммунитета и, как следствие, к заболеванию детей. Поэтому одним из важнейших в дошкольном возрасте остается принцип сбалансированного питания.

Для растущего организма необходим полноценный белок, количество животных белков должно составлять у трехлетнего ребенка 70%, у пятилетнего – 60% общего их числа. При правильном соотношении животных и растительных белков их усвоение происходит более полно. Белок в пище детей дошкольного возраста в среднем должен обеспечивать 15% ее общей калорийной ценности.

Количество жиров, необходимое после трех лет, практически такое же, как и белков (соотношение 1 : 1). В диете детей дошкольного и школьного возраста жиры должны быть не только животного, но и растительного происхождения, причем количество последних на уровне 5-10%, а иногда и 25% всех жиров. Необходимость употребления жиров растительного происхождения связана с большим содержанием в них незаменимых ненасыщенных жирных кислот.

Соотношение между белками, жирами и углеводами, так же как и в раннем возрасте, должно составлять 1:1:4. Излишек углеводов в питании ребенка дошкольного возраста угнетает аппетит, увеличивает брожение в кишечнике, вызывает вздутие, способствует всасыванию недостаточно расще-

пленных веществ и аллергизации организма, приводит к ожирению, уменьшению подвижности ребенка, снижению сопротивляемости инфекциям. Недостаток углеводов снижает активность нервных клеток, способствует расщеплению жиров и белков и появлению в тканях недоокисленных продуктов.

Суточная калорийность пищи на 50% должна покрываться за счет углеводов. Часть их должны составлять легкоусвояемые углеводы (сахара), а часть – трудноусвояемые, которые на более длительное время создают чувство сытости. Растительная клетчатка в рационе способствует нормализации перистальтики кишечника и выводу шлаков из организма.

Разнообразное питание детей дошкольного возраста обеспечивает в достаточном количестве солями кальция, фосфора, калия, магния. Однако дефицит их может возникнуть из-за нарушения переваривания и всасывания, в частности, такого важного продукта питания, как молоко. Многие здоровые дети не любят молоко в его натуральном виде, у примерно 10% здоровых детей оно плохо переваривается. Большая часть таких детей может употреблять кисломолочные продукты и творог, которыми в рационе можно заменить молоко. Если дети не переносят молочного белка ни в каком виде, то они нуждаются в консультации врача и составлении специальной диеты с преобладанием других источников незаменимых питательных веществ (рыба, яйца, крупы, бобовые).

Питание школьников и подростков. Специфика питания школьников связана с анатомо-физиологическими особенностями растущего организма и условиями их деятельности. Повышенная калорийность питания по сравнению со взрослыми объясняется интенсивным обменом веществ, активным ростом организма, особенно в периоды вытягивания, усиленной теплоотдачей и большей подвижностью. Кроме того, напряженная умственная деятельность в процессе обучения приводит к дополнительным расходам энергии и питательных веществ.

Для растущего организма в этот период необходимы мясо, рыба, молоко, творог, сыр, кисломолочные продукты – полноценные источники белка, кальция и других жизненно важных соединений. В качестве гарнира целесообразно использовать тушеные или вареные овощи (капусту, свеклу, лук, морковь, бобовые, чеснок), содержащие большое количество микроэлементов и витаминов. Незаменимые аминокислоты: лизин, триптофан и гистидин – рассматриваются как факторы роста. Лучшими их источниками являются мясо, рыба и яйца.

Необходимый компонент пищи школьника – сложные углеводы, содержащиеся в муке грубого помола, крупах, сырых овощах и фруктах. Долго расщепляясь в желудочно-кишечном тракте, они сохраняют относительно равномерную концентрацию питательных веществ (простых углеводов) в крови в течение длительного промежутка времени. Кроме того, сопутствующая им в продуктах питания растительная клетчатка обеспечивает правильное пищеварение. Важным компонентом пищи, необходимым для удовлетворения энергетических потребностей школьников, являются жиры

как животного, так и растительного происхождения. В отличие от детей более младшего возраста школьники и подростки могут употреблять тугоплавкие животные жиры, но в ограниченном количестве.

Дети и подростки, имеющие повышенные умственные и физические нагрузки (в том числе занимающиеся спортом), нуждаются в увеличении суточной нормы потребления белка до 116-120 г в возрасте 10-13 лет и до 132-140 г в возрасте 14-17 лет.

Интенсивный обмен веществ в этих возрастных периодах требует поступления достаточного количества жидкости: не менее одного-полутора литров жидкости (воды, фруктовых или овощных соков, чая, молока).

Современный школьник, по мнению диетологов, должен есть не менее четырех раз в день, причем на завтрак, обед и ужин непременно должно быть горячее блюдо. Стремление к самостоятельности, закономерное для этого возраста, диктует необходимость просветительной работы со школьниками и подростками – здоровый образ жизни и рациональное питание должны стать естественными потребностями личности. Это позволит избежать многих «болезней цивилизации», обусловленных неправильным питанием (ожирение, хронические расстройства пищеварения, повышение артериального давления, возникновение которых связывают с популярным среди подростков «фаст-фудом», содержащим избыточное количество сахара и соли, недостатком витаминов, беспорядочным питанием и питанием всухомятку). У многих подростков в связи с перестройкой всего организма нередко возникают проблемы с лишним весом и состоянием кожи, которые в подавляющем большинстве также вызваны несбалансированным питанием. Многие из них корректируются с помощью правильно подобранной диеты.

Тема 8. АНАТОМО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЭНДОКРИННОЙ СИСТЕМЫ

8.1. Гормональная регуляция функций организма

Органы, основной функцией которых является выработка биологически активных веществ, называются *железами*. Железы подразделяются на *эндокринные* (железы внутренней секреции), выделяющие свой секрет в кровь и лимфу, и *экзокринные* (железы внешней секреции), выделяющие свой секрет в полости органов или на поверхность кожи (рис.8.1).

К экзокринным железам относятся слюнные, слюнные, потовые, молочные, слезные железы, печень, железы желудочно-кишечного тракта и др. Экзокринные железы участвуют в пищеварении, выделительных процессах, внутривидовых и межвидовых взаимоотношениях. Некоторые железы выполняют и эндокринную, и экзокринную функции (например, поджелудочная железа и половые железы).

К эндокринным железам относятся надпочечники, гипофиз, поджелудочная, щитовидная, паращитовидная, половые и другие железы, они участ-

вуют в регуляции гомеостаза и физиологических функций (рис.8.2). Гормоны эндокринных желез действуют на клетки определенных органов, изменяя их жизнедеятельность.

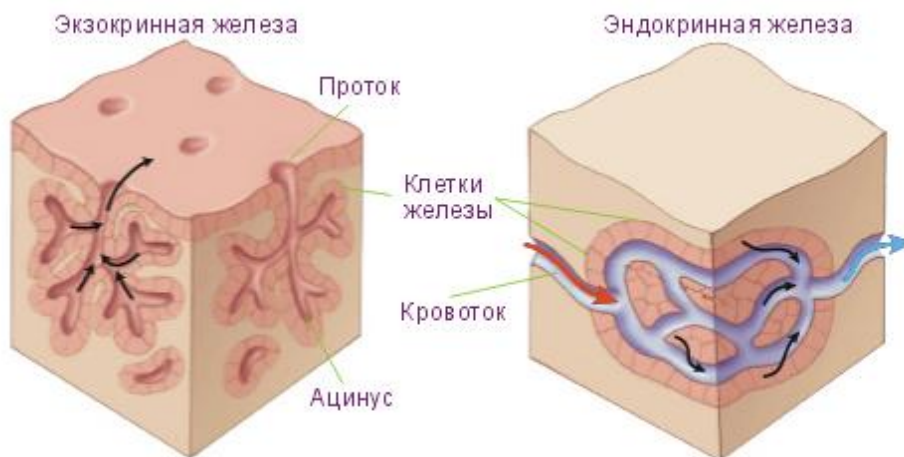


Рис.8.1. Экзокринная и эндокринная железы[4]

Во всех железах внутренней секреции хорошо развиты кровоснабжение и лимфоток, что способствует быстрому попаданию гормонов в кровь и лимфу.

Наука о железах внутренней секреции, вырабатывающих гормоны — биологически активные вещества различной химической природы, называется эндокринологией. Ее появление связано с работами немецкого физиолога А.Бертольда (1849), термин «гормоны» был введен английскими физиологами У.Бейлиссом и Э.Старлингом (1905).

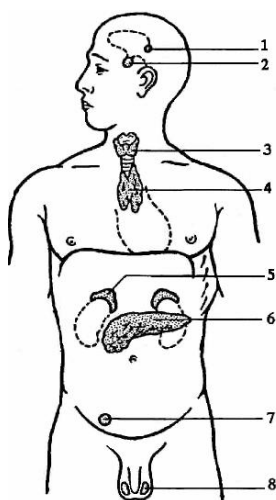


Рис.8.2. Железы внутренней секреции (схема) [6,9]: 1 – эпифиз; 2 – гипофиз; 3 – щитовидная железа; 4 – вилочковая железа; 5 – надпочечники; 6 – поджелудочная железа; 7 – яичники; 8 – семенники

Эндокринная система человеческого организма оказывает значительное влияние на все стороны его жизнедеятельности: от самых примитивных физиологических функций до многогранных и сложнейших психических процессов и явлений. Гормоны принимают участие в регуляции процессов роста и развития организма, обмене веществ и энергии, в процессах координации всех физиологических функций, в определении периодичности некоторых функциональных процессов организма – биологических ритмов (например, половые циклы у женщин). В последние годы доказано также участие гормонов в молекулярных механизмах передачи наследственной информации. Таким образом, гормоны – составная часть гуморальной системы регуляции, обеспечивающей совместно с нервной системой единую нейрогуморальную регуляцию функций организма.

В настоящее время известно более 40 гормонов. Многие из них хорошо изучены, а некоторые даже синтезированы искусственным путем и широко применяются в медицине для лечения различных заболеваний.

Гормоны вызывают изменение функций органов различными путями. Они могут выполнять роль переносчиков информации, передавая сигналы о происходящих изменениях от одного органа к другому, или регулировать некоторые показатели обмена веществ (например, инсулин, регулирующий уровень глюкозы в крови).

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.

По происхождению все эндокринные железы делятся на три группы: *эктодермальные* (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).

С химической точки зрения все гормоны являются органическими соединениями и могут быть разделены на две основные группы. К одной относятся гормоны, представляющие собой белки или полипептиды, – пептидные гормоны (например, гормоны щитовидной железы, поджелудочной железы, нейрогормоны и др.); к другой – стероидные гормоны (гормоны коры надпочечников и половые).

Свое влияние гормоны оказывают либо непосредственно – действуя на ткани или органы, стимулируя или тормозя их работу, либо опосредованно – через нервную систему. Механизм непосредственного действия гормонов (стероидные гормоны, гормоны щитовидной железы и др.) связан с их способностью проникать через клеточные мембраны и вступать во взаимодействие с внутриклеточными ферментными системами, меняя ход клеточных процессов. Высокомолекулярные пептидные гормоны не могут свободно проникать через мембраны клеток и оказывают регулирующее влияние на клеточные процессы с помощью специальных рецепторов, расположенных на поверхности клеточных мембран. Через такие гормоно-рецепторные комплексы осуществляется активирование в клетке синтеза циклической *аденозинмонофосфорной кислоты* (цАМФ). Последняя оказывает активирующее действие на клеточные ферменты – киназы, чем меняет ход клеточных процессов обмена веществ и энергии.

Каждое мгновение клетки взаимодействуют со многими гормонами, но на клеточные процессы воздействуют лишь те, влияние которых обеспечивает наиболее целесообразный эффект. Целесообразность воздействия гормонов на клеточные процессы определяется специальными веществами – *простагландинами*. Они выполняют, образно говоря, функцию регулировщиков, тормозящих воздействие на клетку тех гормонов, влияние которых в данный момент нежелательно.

Опосредованное действие гормонов через нервную систему в конечном итоге также связано с их влиянием на ход клеточных процессов, что приводит к изменению функционального состояния нервных клеток и соответственно к изменению деятельности нервных центров, регулирующих те или иные функции организма. В последние годы получены данные, свидетельствующие о влиянии гормонов на деятельность наследственного аппарата клеток: они участвуют в регуляции синтеза РНК и клеточных белков. Например, таким действием обладают некоторые гормоны надпочечников и половых желез.

Деятельность каждой железы внутренней секреции осуществляется только в тесной связи друг с другом. Это взаимодействие внутри эндокринной системы связано как с влиянием гормонов на функциональную активность желез внутренней секреции, так и с действием гормонов на нервные центры, которые, в свою очередь, изменяют деятельность желез. В результате такого взаимного влияния эндокринных желез и постоянного контроля за их деятельностью со стороны нервной системы по принципу обратной связи в организме всегда поддерживается определенный гормональный баланс и количество секретируемых гормонов обеспечивает оптимальный уровень адаптации организма к текущей ситуации.

Длительное время регулирующие функции эндокринной системы считали автономными, не зависящими от регулирующего действия нервной системы. Ведущую роль при этом в регуляции деятельности самих эндокринных желез отводили гипофизу, что подтверждалось секрецией в гипофизе так называемых тройных гормонов, контролирующих секреторную ак-

тивность других эндокринных желез. Однако с открытием в 40-х гг. прошлого столетия нейросекреции регулирующая роль нервной системы была доказана экспериментально (Э.Шарпер).

Согласно современным данным, некоторые нейроны способны помимо своих основных функций секретировать физиологически активные вещества – нейропептиды. В частности, особо важную роль в нейросекреции играют нейроны гипоталамуса, анатомически тесно связанного с гипофизом. Нейросекреция гипоталамуса определяет секреторную активность гипофиза, а через него и всех других эндокринных желез. Нейросекреты гипоталамуса называют релизинг-гормонами; гормоны, стимулирующие секрецию тропных гормонов гипофиза, – либерины; гормоны, ингибирующие секрецию, – статины.

Таким образом, гипоталамус в зависимости от внешних воздействий и состояния внутренней среды, во-первых, координирует все вегетативные процессы нашего организма, выполняя функции высшего вегетативного нервного центра; во-вторых, регулирует деятельность эндокринных желез, трансформируя нервные импульсы в гуморальные сигналы, поступающие затем в соответствующие ткани и органы и изменяющие их функциональную деятельность.

Под влиянием патологических процессов функции эндокринных желез могут существенно изменяться. Усиление секреции эндокринных желез получило название гиперфункции, уменьшение секреции – гипофункции. Нарушение функций эндокринной системы, в свою очередь, сказывается на процессах жизнедеятельности организма. В детском и подростковом возрасте нарушения в состоянии организма при эндокринных заболеваниях особенно значительны, они могут приводить к физической неполноценности ребенка, наносить вред его психическому развитию.

Гормональный дисбаланс может наблюдаться и в норме как временное явление в процессе развития и роста. Наиболее заметные эндокринные перестройки происходят в подростковом возрасте при половом созревании. Эти гормональные сдвиги у подростков в значительной степени определяют многие особенности их высшей нервной деятельности и накладывают свой отпечаток на поведение.

Гормональный баланс в организме человека оказывает большое влияние на характер его высшей нервной деятельности. В организме нет ни одной функции, которая не находилась бы под влиянием эндокринной системы, в то же время сами эндокринные железы испытывают влияние нервной системы. Большинство гормонов способно изменять функциональное состояние нервных клеток во всех отделах нервной системы. Например, гормоны надпочечников значительно изменяют силу нервных процессов. Удаление некоторых частей надпочечников у животных сопровождается ослаблением процессов внутреннего торможения и процессов возбуждения, что вызывает глубокие нарушения всей высшей нервной деятельности. Гормоны гипофиза в малых дозах активизируют высшую нервную деятельность, а в больших – угнетают ее. Известно также, что недостаточная или избыточная

функция щитовидной железы вызывает заметные нарушения высшей нервной деятельности человека.

Значительное влияние на работоспособность нервных клеток, процессы возбуждения и торможения оказывают половые гормоны. Например, у девочек во время наступления менструации ослабевают процессы внутреннего торможения, снижается уровень общей работоспособности и школьной успеваемости. Удаление половых желез у человека или их патологическое недоразвитие вызывает ослабление нервных процессов и изменения психики, в детском возрасте оно нередко приводит к умственной неполноценности.

Таким образом, гормональная регуляция функций организма играет колоссальную роль в его жизнедеятельности, особенно в периоды интенсивного роста и развития. Связь нервной и эндокринной регуляторных систем, их гармоничное единство являются необходимым условием нормального физического и психического развития детей и подростков. Поэтому оптимальная организация учебно-воспитательной работы с детьми и подростками требует знания возрастных особенностей эндокринной системы и специфического значения ее компонентов.

8.2. Строение, функции и возрастные особенности желез внутренней секреции

Гипофиз является важнейшей железой внутренней секреции. Распологается он в гипофизарной ямке турецкого седла клиновидной кости (рис. 8.3). У взрослого человека этот орган весит около 0,6 г. Гипофиз имеет три доли: переднюю, среднюю и заднюю, гормоны разных долей имеют разное функциональное назначение.

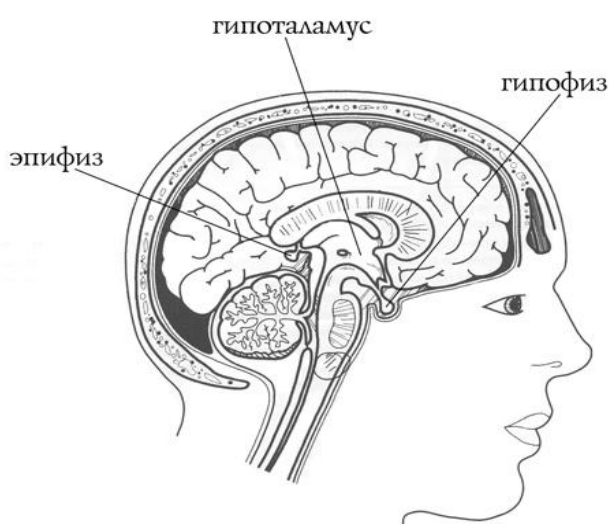


Рис.8.3. Гипофиз и эпифиз[4]

В передней доле гипофиза вырабатываются следующие гормоны: соматотропин (соматотропный гормон, или гормон роста), адренокортикотропный гормон, тиреотропин (тиреотропный гормон), гонадотропные гормоны (фолликулотропин, лютеотропин), лактогенный гормон (пролактин), меланоцитостимулирующий гормон (меланоцитотропин). Эти гормоны регулируют секрецию гормонов гипофизозависимых желез по принципу обратной связи: при снижении концентрации определенного гормона в крови соответствующие клетки передней доли гипофиза выделяют 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 (соматотропный гормон, СТГ) секретируется не постоянно, а периодически, 3-4 раза в день. Секреция его увеличивается во время голодания, тяжелой мышечной работы, глубокого сна (известно выражение «дети растут во сне»). С возрастом она уменьшается, но сохраняется в течение всей жизни. Гормон роста оказывает двойное воздействие на клетки организма: в клетках усиливается распад накопленных углеводов и жиров, рост костей, синтез белка и деление клеток. Недостаток СТГ приводит к замедлению роста, избыточная секреция – к гигантизму. Если гиперсекреция начинается у взрослого человека после окончания процесса роста, развивается акромегалия – непропорциональное удлинение конечностей, кистей и стопы, носа, подбородка, языка.

Гормон роста начинает синтезироваться в гипофизе на 12-й неделе внутриутробного развития, а после 30-й 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, затем начинается его снижение. 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 (АКТГ) стимулирует функции клеток коркового вещества надпочечников, выделение кортикостероидов. Секреция АКТГ усиливается при действии всех чрезвычайных раздражителей и способствует повышению сопротивляемости неблагоприятным факторам; этот гормон участвует в процессах адаптации и стрессовых реакциях организма. Интенсивность синтеза АКТГ в гипофизе у детей выше, чем у взрослых, и снижается в дальнейшем с возрастом, в пожилом возрасте ее снижение обуславливает снижение защитных функций.

Тиреотропный гормон (ТТГ) усиливает выделение гормонов щитовидной железы.

Гонадотропные гормоны (ГТГ) стимулируют функции половых желез. **Фолликулотропин** влияет в женском организме на развитие фолликулов в яичниках, а в мужском организме – на образование сперматозоидов и развитие предстательной железы. **Лютеотропин** стимулирует секрецию андро-

генов и эстрогенов, а также выход зрелой яйцеклетки из яичников у женщины. В первые годы после рождения в гипофизе мальчиков и девочек гонадотропные гормоны почти отсутствуют. С возрастом в гипофизе женщин и в меньшей степени мужчин происходит повышение концентрации гонадотропинов, которое сохраняется и после наступления менопаузы.

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, или антидиуретический гормон (АДГ), обеспечивает водно-солевое равновесие в организме, 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 в сутки), что приводит к обезвоживанию организма.

Окситоцин стимулирует гладкую мускулатуру матки во время родов и секрецию молока.

Эпифиз, или шишковидное тело (рис.9.3), 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 связана с циркадным (околосуточным) ритмом организма человека: вырабатываемый ими гормон мелатонин обеспечивает регуляцию биоритмов эндокринных функций и метаболизма для приспособления организма к разным условиям освещенности. Эпифиз влияет на физическое развитие, половое созревание, функции половых желез, щитовидной железы, сон и бодрствование. Мелатонин – гормон эпифиза – обладает способностью тормозить развитие половых желез в детском возрасте, поражение эпифиза у детей сопровождается преждевременным половым созреванием. Кроме того, функция эпифиза тесно связана с активностью лимбической системы и соответственно с регуляцией эмоциональных состояний человека.

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. Физиологическое повышение функции эпифиза наблюдается в 5-7 лет, в пубертатном периоде концентрация этого гормона в крови снижена. В пожилом возрасте в эпифизе происходят инволютивные изменения, могут появляться кисты и накапливаются вещества, получившие название мозгового песка.

С функцией эпифиза связывают такие явления, как нарушение суточного ритма организма в связи с перелетом через несколько часовых поясов, расстройства сна, особенно в пожилом возрасте, «зимние депрессии», связанные с уменьшением светового дня в осенне-зимнее время.

Щитовидная железа расположена на шее впереди гортани (рис.8.2). 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 (рис.9.4).

Щитовидная железа продуцирует гормоны, содержащие большое количество йода, – *тетрайодтиронин (тироксин)* и *трийодтиронин*. Они стимулируют окислительные процессы в клетке и влияют на водный, белковый, углеводный, жировой, минеральный обмен, рост, развитие и дифференцировку тканей. Кроме того, щитовидная железа продуцирует гормон *тиреокальцитонин*, который участвует в регуляции обмена кальция и фосфора (способствует усвоению кальция костной тканью).

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) расходуется 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. При пониженной функции щитовидной железы (гипотиреозе) у детей тормозится физическое, психическое развитие, снижаются умственные способности, задерживается половое созревание.

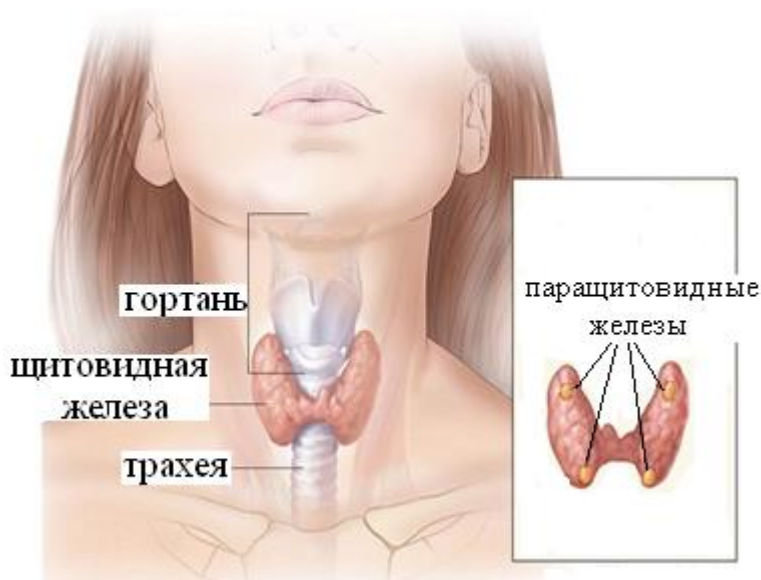


Рис.8.4. Щитовидная и паращитовидные железы[4]

При недостатке в пище и воде йода, который входит в состав гормонов щитовидной железы, развивается так называемый эндемический зоб: ткань щитовидной железы разрастается, однако продукция гормонов не усиливается.

ется, так как для их синтеза не хватает йода. У человека при этом на шее видна увеличенная железа – «зоб» - и развивается состояние, характерное для гипотиреоза.

Как уже говорилось, гормоны щитовидной железы обеспечивают умственное, физическое и половое развитие ребенка. Недостаток их, особенно в раннем возрасте, приводит к слабоумию, сочетающемуся с низким ростом и специфическим внешним видом – кретинизмом. 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 до физиологического уровня, характерного для взрослого возраста.

Роль тиреокальцитонина особенно велика в периоды усиленного роста скелета – в раннем возрасте, периодах первого и второго ростового скачка. В пожилом возрасте секреция этого гормона снижается, что является одной из причин повышения хрупкости костей (остеопороза).

Паращитовидные железы в количестве 2-8 располагаются на задней поверхности щитовидной железы (рис.8.4). Сверху железа покрыта соединительнотканной капсулой, от которой внутрь отходят прослойки. Клетки железы продуцируют паратгормон, регулирующий уровень кальция и фосфора в крови, усвоение этих веществ костной тканью и влияющий на возбудимость нервной и мышечной системы.

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 – 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, отложением солей кальция в тканях (кальцификаты).

Надпочечник, или надпочечная железа, состоит из двух самостоятельных желез — коркового и мозгового вещества (рис.8.2). Корковое вещество развивается из мезодермы, мозговое вещество имеет эктодермальное происхождение. Зачаток мозгового вещества внедряется в зачаток коркового, в результате чего образуется единый надпочечник. Надпочечники располагаются забрюшинно в толще околопочечного жирового тела на уровне XI-XII грудных позвонков, правый лежит несколько ниже левого. Масса одного надпочечника у взрослого человека составляет порядка 12-13 г. В *корковом*

веществе различают клубочковую (наружную), пучковую (среднюю) и сетчатую (на границе с мозговым веществом) зоны. Они достаточно четко отделены друг от друга 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 задерживает натрий в организме, усиливая его обратное всасывание в почках, желудочно-кишечном тракте и слюнных железах, а также изменяет проницаемость клеточных мембран для натрия и калия. При недостаточной продукции этого гормона из-за повышенного выведения натрия организм теряет большое количество воды, что может привести к обезвоживанию.

Глюкокортикоиды влияют на белковый и углеводный обмен, способствуют 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 ускоряют образование первичной мочи в почечных клубочках, уменьшают выраженность воспалительных и аллергических реакций, повышают стрессоустойчивость организма. Недостаток их снижает сопротивляемость организма к различным заболеваниям и способствует более тяжелому их течению. Основной глюкокортикоидный гормон – кортизол.

Андрогены и эстрогены сетчатой зоны надпочечников оказывают действие, аналогичное действию гормонов половых желез, но их активность во взрослом возрасте существенно ниже. В период до наступления полноценного созревания семенников и яичников андрогены и эстрогены играют решающую роль в гормональной регуляции полового развития.

Мозговое вещество надпочечников состоит из двух видов клеток: эпинефроцитов, вырабатывающих адреналин, и норэпинефроцитов, вырабатывающих норадреналин. Мозговое вещество постоянно продуцирует небольшое количество гормонов, но при воздействии на организм сильных раздражителей секреция их резко усиливается. **Адреналин** повышает систолическое артериальное давление и минутный объем сердца, частоту сердечных сокращений, расширяет коронарные сосуды и резко суживает кожные, усиливает кровоток в печени, скелетных мышцах и мозге, повышает уровень сахара в крови, усиливает распад жиров. Кроме того, он способствует повышению возбудимости нервной системы, сетчатки глаза, органов слуха и равновесия. Выброс адреналина в кровь увеличивается при сильных эмоциях (внезапная радость, чрезмерное мышечное напряжение, страх, гнев).

Действие **норадреналина** в основном совпадает с действием адреналина, но на некоторые функции действует противоположным образом (например, замедляет частоту сердечных сокращений, снижает минутный объем сердца). Секреция адреналина и норадреналина обеспечивает адаптацию организма к стрессовым изменениям окружающей среды.

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 их масса увеличивается в 1,5 раза. У женщин надпочечники несколько больше, чем у мужчин, особенно они увеличиваются во время беременности.

Важное значение в жизнедеятельности организма на любом возрастном этапе имеет взаимосвязанная деятельность гипоталамуса, гипофиза и надпочечников, образующих единую функциональную систему – **гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковую систему**, регулирующую процессы адаптации организма к стрессорным воздействиям.

Как показали исследования Г. Селье (1936 г.), устойчивость организма к действию неблагоприятных факторов зависит прежде всего от функционального состояния гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы. Именно она обеспечивает мобилизацию защитных сил организма в стрессовых ситуациях, что проявляется в развитии так называемого общего адаптационного синдрома.

Различают три фазы, или стадии, общего адаптационного синдрома: «тревоги», «резистентности» и «истощения». *Стадия тревоги* характеризуется активацией гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы и сопровождается усилением секреции АКТГ, адреналина и адаптивных гормонов (глюкокортикоидов), что приводит к мобилизации всех энергетических резервов организма.

В *стадии резистентности* наблюдается повышение устойчивости организма к неблагоприятным воздействиям, что связано с переходом срочных адаптационных изменений в долговременные, сопровождающиеся функционально-структурными преобразованиями в тканях и органах. На второй стадии устойчивость организма к стрессорным факторам обеспечивается не усиленной секрецией глюкокортикоидов и адреналина, а за счет повышения тканевой устойчивости. К примеру, у спортсменов такая долговременная адаптация к большим физическим нагрузкам наблюдается в процессе тренировок.

При длительном или частом повторном воздействии стрессорных факторов, превышающих адаптационные ресурсы организма, развивается третья фаза стресса – *фаза истощения*. Эта стадия характеризуется резким падением устойчивости организма к стрессу, что связано с нарушениями деятельности гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы. Функциональное состояние организма в этой стадии ухудшается, и дальнейшее действие неблагоприятных факторов может привести к его гибели.

Интересно отметить, что формирование гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы в процессе онтогенеза в значительной степени зависит от двигательной активности детей и подростков. Следовательно, занятия физической культурой и спортом способствуют развитию адаптаци-

онных возможностей детского организма и являются важным фактором сохранения и укрепления здоровья.

Параганглии. Кроме мозгового вещества надпочечников аналогичные клетки находятся также в параганглиях, которые тесно связаны с нервными узлами симпатического отдела вегетативной нервной системы. 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. Они имеют форму рисового зерна, у детей не превышают 1-2 мм, у взрослых – 8 х (2-3) х 2 мм, с возрастом происходит их соединительнотканное перерождение и снижение функциональной активности. Надсердечный параганглий непостоянный, расположен между легочным стволом и аортой. Непостоянные параганглии встречаются на подключичной и почечной артериях. Секретом параганглиев также являются адреналин и норадреналин.

Половые железы (яички у мужчин и яичники у женщин) вырабатывают половые гормоны, поступающие в кровь (рис.8.2). Мужские половые гормоны называются **андрогенами** (тестостерон), они влияют на развитие половых органов, вторичных половых признаков, опорно-двигательного аппарата. В яичках у мужчин синтезируется также небольшое количество эстрогенов – женских половых гормонов. Баланс между тестостероном и эстрогенами определяет выраженность мужеподобных или женеподобных черт организма.

У женщин 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 удержанию 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. Ее подъем обуславливает пубертатный скачок роста, развитие вторичных половых признаков, а после 15 лет – активацию сперматогенеза. Главная функция андрогенов заключается в стимуляции синтеза белка, поэтому мужчины крупнее женщин и имеют большую мышечную массу. Все анаболики, используемые в спорте, являются производными андрогенов.

Под воздействием тестостерона в семенниках происходит образование мужских половых клеток – сперматозоидов. Семенники функционируют в

течение всей жизни мужчины. С возрастом секреция тестостерона снижается, но нормальный сперматогенез сохраняется до старости.

У девочек начиная с 20-й недели внутриутробного периода в яичнике образуются фолликулы, клетки которых на всех этапах развития продуцируют эстрогены. К моменту рождения в тканях яичников заложено определенное количество фолликулов, которые могут быть оплодотворены в периоде половой зрелости женщины. Уровень эстрогенов зависит от полового созревания: до 8 лет он низкий, затем постепенно повышается и приводит к становлению регулярного менструального цикла. С возрастом у женщин наступает менопауза (прекращение менструаций), вызванная тем, что все фолликулы израсходованы. Секреция эстрогенов при этом прекращается, в результате отрицательной обратной связи повышается активность андрогенов надпочечников, которая может приводить к мужеподобным изменениям во внешнем облике женщины после менопаузы (усиленному росту волос на верхней губе, огрублению голоса). Дисбаланс между секрецией гормонов яичников, гипоталамуса и гипофиза при наступлении менопаузы ведет к неприятным ощущениям («приливам»).

Поджелудочная железа. Эндокринная часть поджелудочной железы образована группами панкреатических островков (островки Лангерганса), которые сформированы клеточными скоплениями, богатыми капиллярами (рис.8.2). Общее количество островков колеблется в пределах 1-2 млн, а диаметр каждого – 100-300 мкм. Основная масса клеток островков Лангерганса синтезирует инсулин, 10-30% вырабатывают глюкагон, около 10% клеток – соматостатин. По периферии островков расположены клетки, стимулирующие экзокринную функцию железы – выделение ею пищеварительных ферментов.

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 их усвоению клеткой. Благодаря инсулину создаются энергетические запасы организма. **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 одним из показателей 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 2 ч 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 %. Эндокринный дисбаланс, нередко возникающий в пубертатном периоде, может привести к значительному снижению глюкозы в крови, особенно при длительной интенсивной мышечной или умственной нагрузке, и проявиться в виде головокружения и слабости.

Резкое значительное снижение глюкозы в крови вызывает гипогликемический шок с потерей сознания. Гипофункция поджелудочной железы приводит к сахарному диабету. В этом случае глюкоза не усваивается клетками из-за нехватки в крови инсулина. Количество сахара в крови значительно повышается, он выводится с мочой, что ведет за собой большие потери воды, которая выводится вместе с сахаром. 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. Больным сахарным диабетом необходимо постоянное введение инсулина.

Диффузная эндокринная система (APUD-система) включает одиночные гормонпродуцирующие клетки, разные по происхождению и строению, выделяющие различные биологически активные вещества, которые обладают гормональным действием. Эта система объединяет эндокринные клетки в слизистой оболочке пищеварительной системы и секреторные клетки в других органах. Гормоны диффузной эндокринной системы оказывают на органы человека как местное, так и диффузное действие.

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 изменение метаболизма и активацию легочного дыхания. Первый вдох ребенка является результатом нервных, гормональных и метаболических воздействий. В пуповинной крови отмечается высокая концентрация адаптационных гормонов – адреналина и норадреналина. Эти гормоны не только стимулируют энергетический обмен и распад в клетках жиров и полисахаридов, но и 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 испытывавшие естественного родового стресса, имеют более низкий уровень гормонов в крови и соответственно более низкие адаптационные возможности в первые сутки после родов.

Тема 9. ВЫДЕЛИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА

9.1. Органы выделения

В процессе жизнедеятельности в организме человека постоянно образуются продукты распада органических соединений, которые могут привести к самоотравлению. Процесс удаления их из организма носит название выделения, а органы, участвующие в этом процессе, – выделительными ор-

ганами. К выделительным органам человека относят легкие, желудочно-кишечный тракт, кожу, почки.

Легкие выделяют в окружающую среду конечный продукт дыхания — углекислый газ, всегда образующийся в процессе обмена веществ и в больших количествах являющийся токсичным соединением. Кроме этого, через легкие при дыхании выделяются пары воды (до 400 мл в сутки у взрослого человека), таким образом они участвуют в водном обмене и терморегуляции.

Желудочно-кишечный тракт выделяет некоторое количество воды, которое может варьировать в больших пределах, желчные кислоты, холестерин, некоторые лекарственные вещества, соли тяжелых металлов (железо, кадмий, марганец) и непереваренные остатки пищи в виде каловых масс. Продукты обмена выделяются в полость желудочно-кишечного тракта пищеварительными железами и вместе с непереваренными остатками пищи удаляются из организма в виде каловых масс.

Кожа выполняет выделительную функцию за счет наличия потовых и сальных желез. **Потовые железы** заложены в подкожной клетчатке и по поверхности тела распространены неравномерно. Больше всего потовых желез расположено на ладонях, подошвах и в подмышечных впадинах. Они имеют форму клубочков и представляют собой трубчатые железы. Потовые железы выполняют несколько функций: выделяют конечные продукты обмена веществ (мочевина, мочевая кислота, креатинин и др.), участвуют в процессах терморегуляции организма (при испарении пота увеличивается теплоотдача с поверхности тела) и поддержании постоянства осмотического давления (за счет выделения воды и солей). В состав пота помимо воды (более 90%) входят неорганические (хлориды натрия и калия) и органические (мочевина, мочевая кислота, креатинин, летучие жирные кислоты и др.) вещества. У человека образование пота происходит непрерывно, количество пота зависит от многих факторов — температуры окружающей среды, количества выпитой жидкости, тонуса сосудов, характера выполняемой работы и пр. При обычном выделении пота он быстро испаряется и человек его не замечает. При высокой температуре окружающей среды или при физической работе потоотделение усиливается и пот, не успевая испаряться, стекает в виде капель. Усиленное потоотделение наблюдается при стрессовых ситуациях (гнев, страх), сильных болях, при употреблении горячих напитков, повышении температуры тела при заболеваниях. Если в организме мало воды, то потоотделение уменьшается. Потовые железы до некоторой степени способны компенсировать выделительную функцию почек в тех случаях, тогда она недостаточна. При этом потоотделение увеличивается в 2-3 раза и в составе пота повышается содержание мочевины.

Потоотделение представляет собой рефлекторный процесс и регулируется нервной системой, преимущественно симпатическим отделом вегетативной нервной системы. Потовые железы каждого участка тела иннервируются от соответствующих сегментов спинного мозга. Кроме спинномозговых центров потоотделения существует центр потоотделения в продолго-

вatom мозге, который, в свою очередь, регулируется высшими вегетативными центрами, расположенными в гипоталамусе. Можно отметить и влияние на потоотделение коры головного мозга (например, потливость при волнении, смущении). Помимо рефлекторного существует гуморальный механизм возбуждения центров потоотделения. Активность центров потоотделения зависит от температуры крови, омывающей их нейроны. **Сальные и молочные железы** тоже относятся к выделительной системе, но выделяющиеся ими продукты не являются продуктами конечного обмена. Сальные и молочные железы выделяют кожный жир и молоко, которые имеют важное физиологическое значение.

9.2. Строение и функция мочевыделительной системы

В мочевыделительную систему входят почки и мочевыводящие пути (мочеточники, мочевой пузырь, мочеиспускательный канал) (рис. 9.1).

Почки – основной орган выделения, они выводят с мочой большую часть конечных продуктов обмена, главной составляющей которых является азот (мочевина, аммиак, креатинин и др.). Процесс образования и выделения мочи из организма называется *диурезом*, этим же термином в медицине принято обозначать количество мочи, выделяемой организмом за определенный интервал времени.

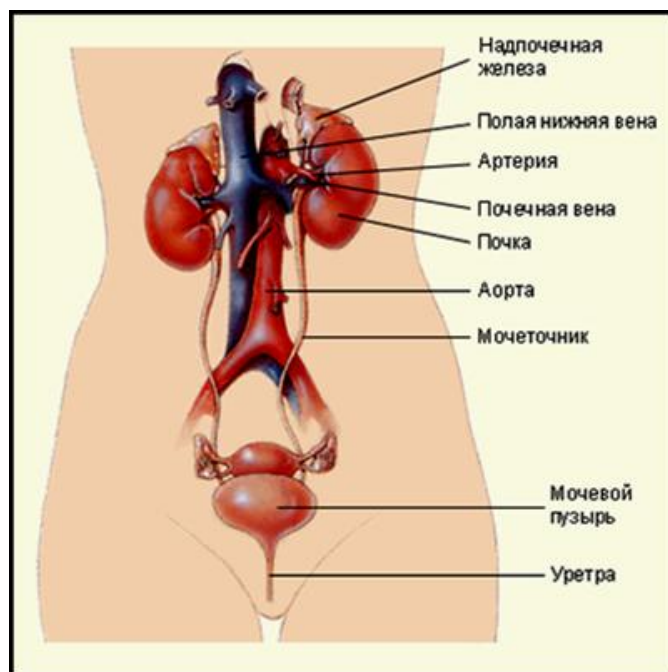


Рис. 9.1. Мочевыделительная система[4,6]

Почки в организме выполняют разнообразные функции. Они участвуют в удалении из плазмы крови конечных продуктов метаболизма (мочевины, мочевой кислоты и других соединений), вредных 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 в поддержа-

нии кислотно-щелочного равновесия, т.е. обеспечении гомеостаза. В почках вырабатываются гормоноподобные вещества: ренин, участвующий в регуляции уровня кровяного давления, и эритропоэтин, стимулирующий образование эритроцитов.

Почки – парный орган, который располагается в поясничной области, на задней брюшной стенке, на уровне XII грудного, I-II поясничных позвонков. 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 у молодых. В любом возрасте правая почка ниже левой.

Почка имеет бобовидную форму, масса ее около 150 г (рис.9.2). В почке различают две поверхности – переднюю и заднюю; два полюса – верхний и нижний; два края – выпуклый и вогнутый. На вогнутом крае находятся ворота почки, через которые проходят мочеточник, нервы, почечная артерия, почечная 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.

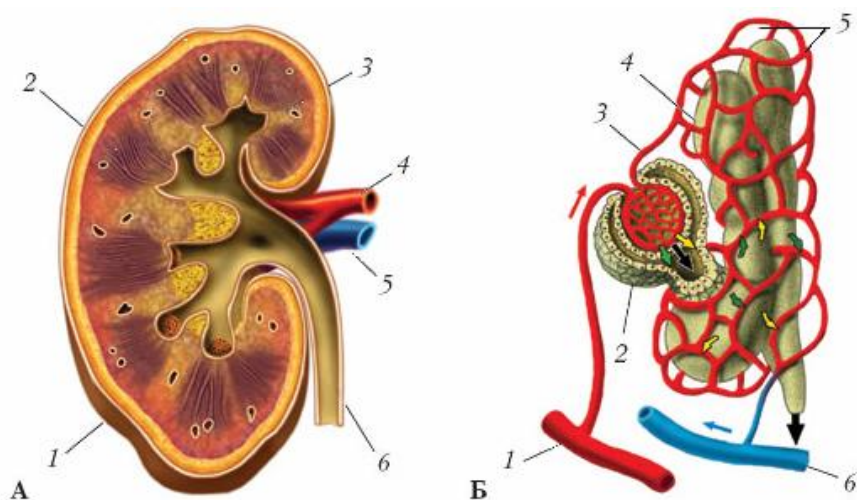
Рис. 9.2. Строение почки (А) и нефрона (Б) [4,6]:

А – почка:

1 – корковый слой; 2 – мозговой слой, состоящий из почечных пирамид; 3 – почечная лоханка; 4 – почечная артерия; 5 – почечная вена; 6 – мочеточник;

Б – нефрон:

1 – приносящая артерия; 2 – капсула с капиллярным клубочком; 3 – полость капсулы, ведущая в полость канальца нефрона; 4 – каналец нефрона; 5 – капиллярная сеть, оплетающая стенку канальца нефрона; 6 – почечная вена (цветными стрелками показаны нужные вещества, черной стрелкой – вещества, подлежащие удалению)



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 вещества 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 заметна 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 представляет собой тонкую соединительнотканную оболочку, расположенную снаружи от жировой капсулы и имеющей два листка. Фиксация почки (удержание ее в определенном положении) осуществляется кровеносными сосудами и оболочками, особенно почечной фасцией и жировой капсулой. Существенное значение имеет также внутрибрюшное давление, поддерживаемое сокращением мышц брюшного пресса. Ряд неблагоприятных факторов (резкое похуждение, повышенная эластичность почечной фасции) могут привести к опусканию почки.

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, находящееся внутри и состоящее из отдельных долек, называемых почечными пирамидами.

Рост почек наиболее интенсивно происходит на первом году жизни. К 12 годам прекращается рост мозгового вещества. Корковое вещество растет до окончания подросткового периода, особенно бурно 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, окруженный малой чашкой, в которой находится начало мочевыводящих путей. Малые чашки имеют воронкообразную 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* (см. рис.9.2). У человека в обеих почках насчитывается более 2 млн нефронов. Начальным отделом каждого нефрона является почечное тельце, состоящее 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 переходит в мочевой каналец нефрона. В 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 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. Капсулы, клубочки и извитые канальцы составляют корковый слой почки, а радиально группирующиеся мочевые канальцы – структуру пирамид мозгового слоя почки и открываются выводными отверстиями в сосочках.

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.

Образование мочи в нефронах почки протекает в три фазы: фильтрация, реабсорбция и секреция. В первой фазе плазма крови из почечных капилляров фильтруется с образованием в клубочках нефрона *первичной мочи*. Фильтрация осуществляется за счет разности давления в капиллярах клубочков (60-70 мм рт. ст.) и в капсуле нефрона (40 мм рт. ст.). В результате 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. В фазу реабсорбции моча поступает в канальцы нефрона, где происходит обратное всасывание (реабсорбция) из первичной мочи в кровь веществ, необходимых организму, – аминокислот, глюкозы, витаминов, большей части воды и солей. В итоге из 150-180 л первичной мочи образуется 1,5 л *вторичной мочи*. Таким образом, во вторичной моче нет необходимых для организма веществ, в то же время в ней резко повышено содержание веществ, которые должны быть удалены из организма: мочевины, мочевой кислоты и других продуктов обмена. Всасывание полезных веществ происходит с большими энергетическими затратами, в результате чего почки потребляют более 10%

кислорода, поступающего в организм. При очень высокой концентрации в крови некоторых веществ 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 выделение в мочу вредных веществ, которые не могут пройти «почечный фильтр». К ним относятся лекарственные препараты (антибиотики), красители и ряд других веществ.

Регуляция объема выделяемой мочи осуществляется действием антидиуретического гормона (АДГ), вырабатываемого гипофизом при получении им сигналов о сгущении плазмы крови. Действие АДГ основано на изменении проницаемости для воды стенок дистального канальца и собирательной трубки нефрона.

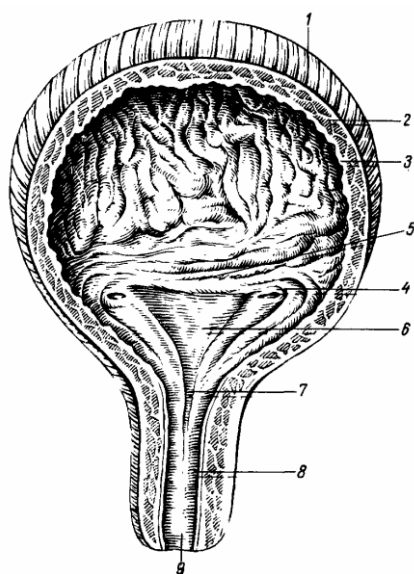
Состав мочи. Моча представляет собой светло-желтую жидкость, содержащую помимо воды около 5% различных веществ (2% мочевины, 0,05% мочевой кислоты, 0,075% креатинина и др.). В сутки с мочой выводится 30 г мочевины и 25 г неорганических веществ, а также некоторые биологически активные вещества: гормоны (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 (от светло-желтого до оранжево-коричневого) зависит от концентрации мочи и экскреции пигментов. Пигменты образуются из билирубина желчи в кишечнике, где билирубин превращается в уробилиноид и урохром. При патологических состояниях в моче могут содержаться белок, глюкоза, клетки крови, ацетон, желчные кислоты и другие вещества. Реакция мочи зависит от употребляемой пищи: при преобладании мясной – кислая реакция, при овощной – щелочная.

Мочевыводящие пути. Непрерывно образующаяся в почках моча поступает по мочеточникам в мочевой пузырь, из которого по мочеиспускательному каналу выводится из организма. Мочеточники, мочевой пузырь и мочеиспускательный канал составляют мочевыводящие пути.

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 проходит через стенку мочевого пузыря и открывается отверстием в его полость. Стенка мочеточника состоит из трех оболочек: слизистой, мышечной и соединительнотканной. Слизистая оболочка выстлана многослойным эпителием. Мышечная состоит из кругового и продольного слоя гладко-мышечной ткани. Благодаря ее сокращениям мочеточник совершает перистальтическое движение. У новорожденного мочеточник имеет извилистый ход, длина его составляет 5-7 см. К 4 годам он увеличивается до 15 см. В раннем детстве мышечная оболочка мочеточников развита слабо.

Мочевой пузырь является резервуаром мочи (рис.9.3) и располагается в полости малого таза позади лонного сращения тазовых костей. Между лон-

ным сращением и мочевым пузырем находится слой рыхлой клетчатки. Наполненный мочевой пузырь имеет грушевидную форму. Позади мочевого пузыря у мужчин располагается 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. В его углах открываются оба мочеточника и выходит мочеиспускательный канал.



- 1,2 – мышечные слои; 3 – слизистая;
 4 – внутренние отверстия мочеточников;
 5 – складка;
 6 – треугольник;
 7 – внутреннее отверстие уретры;
 8 – уретра;
 9 – наружное отверстие уретры

Рис. 9.3. Строение мочевого пузыря[6]

При наполнении мочевого пузыря складки слизистой оболочки расправляются. 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 из мочеточников в мочевой пузырь.

Мышечная оболочка мочевого пузыря состоит из внутреннего и наружного продольных и среднего кругового слоев. Наиболее развит круговой слой, который в области внутреннего отверстия мочеиспускательного канала образует внутренний сфинктер. При сильном наполнении мочевого пузыря 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, к 12 годам – 250 мл, у взрослого человека – в среднем 350-500 мл. Мышечный слой в стенке пузыря в детском возрасте выражен слабо, слизистая оболочка развита хорошо, есть складки, соединительнотканная оболочка легко растяжима. Мочевой пузырь у детей располагается высоко и у девочек не соприкасается с влагалищем, а у мальчиков – с прямой кишкой.

Опорожняется мочевой пузырь рефлекторно. Когда в пузыре накапливается моча в количестве 250-300 мл, внутри него создается 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 головного мозга, что создает возможность произвольной регуляции мочеиспускания.

Гуморальная регуляция образования мочи осуществляется гормоном вазопрессином, который вырабатывается в гипоталамусе и поступает в кровь через гипофиз. Он усиливает реабсорбцию воды из первичной мочи, соответственно уменьшая объем вторичной мочи и увеличивая в ней концентрацию солей.

Мочеиспускательный канал у мужчин служит для выведения не только мочи из мочевого пузыря, но и семенной жидкости из яичек. 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. Быстрый его рост характерен для периода полового созревания.

Мочеиспускательный канал женщин 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.

9.3. Профилактика заболеваний мочевыделительной системы

Заболеваний мочевыделительной системы довольно много. Каждое из них ведёт к своим неприятным последствиям. Среди этих заболеваний встречаются такие опасные как рак, цистит, простатит и многие венерические заболевания.

Безусловно, каждый здравомыслящий человек, заботящийся о своем здоровье, не хочет иметь таких «противных» заболеваний. Поэтому важно для здоровья соблюдать различные способы профилактики заболеваний мочевыделительной системы. Для того чтобы проводить профилактику, нужно знать основные причины возникновения заболеваний мочевыделительной системы.

Причины заболеваний. В современном мире сильно распространены алкогольные напитки, которые отрицательно сказываются на здоровье почек, разрушая их. Этот яд разрушает их и приводит, впоследствии, к нарушению работы мочевыделительной системы. Так же вреден и плохой уход за половыми органами. Нарушения правил гигиены приводят к риску заражения инфекционными заболеваниями мочевыделительной системы. Как всем известно, незащищенный половой акт, является главным источником венерических заболеваний, а значит и мочевыделительной системы. Не лучшим образом влияет на мочевыделительную систему сидячий образ жизни. Такой образ жизни неблагоприятен для вашего организма. Постоянное «просиживание» оказывает давление на внутренние органы, в том числе и на органы мочеполовой системы, что плохо сказывается на их здоровье. Кроме того, все наркотические вещества, косвенно вредят почкам, то есть вредят мочевыделительной системе.

Профилактика заболеваний. Хорошим средством для очистки почек являются натуральные мочегонные средства, например, хороший зеленый чай. Это отличное мочегонное средство и, если его постоянно пить, это поможет избежать многих проблем. А здоровье мочевыделительной системы напрямую зависит от здоровья почек. Также стоит уделять внимание гигиене половых органов, чтобы риск венерических заболеваний был минимальным. Проводите гигиенические процедуры минимум раз в день. Помимо половых органов нужно уделять внимание чистоте рук (особенно мужчинам). Мойте руки, когда приходите с улицы. Снизьте потребление спиртных напитков, либо вообще исключите их из жизни. Займитесь спортом. Спорт – лучшая профилактика практически всех заболеваний. Конечно, заниматься борьбой или боксом сложно, но делать пробежку каждое утро – «не сложно». Даже такая небольшая физическая нагрузка, способна укрепить ваше тело и иммунитет, а так же предотвратить массу заболеваний. Занимайтесь сексом с одним партнером, которого вы хорошо знаете и уверены, что он (или она) не страдает венерическими заболеваниями. Ведь даже презервативы лишь на 98% защищают от них.

Все эти простые рекомендации помогут вам избежать заболеваний мочевыделительной системы.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Безруких, М.М. Возрастная физиология (физиология развития ребенка) / М.М. Безруких, В.Д. Сонькин, Д.А. Фарбер. – М. : Академия, 2009. – 416 с.
2. Богомолова Е.С. Методы изучения и оценки физического развития детей и подростков: учебное пособие / Е.С. Богомолова, Ю.Г. Кузмичев, Н.А. Матвеева [и др.] // ПИМУ. Н.Новгород. -92с.
3. Богомолова, Е.С. Физическое развитие современных школьников Нижнего Новгорода / Е.С. Богомолова, Ю.Г. Кузмичев, Т.В. Бадаева [и др.] // Медицинский альманах. – 2012. - №3 (22). – С.193-198.
4. Гайтон, А.Г. Медицинская физиология / А.Г. Гайтон, Д.Э. Холл. – Москва. : Логосфера, 2008. –1296 с.
5. Гигиена детей и подростков: руководство к практическим занятиям: учебное пособие / под ред. проф. В.Р.Кучмы. – М. 2010. – 560 с.
6. Дробинская А.О. Анатомия и возрастная физиология / А.О. Дробинская. – М.: Издательство Юрайт, 2012. – 527 с.
7. Калюжный Е.А. Комплексная оценка физического развития школьников: методические указания // Е.А.Калюжный, Ю.Г. Кузмичев, Е.С.Богомолова [и др.] - Арзамас: АГПИ, 2012. – 80 с.
8. Калюжный Е.А. Морфофункциональное состояние и адаптационные возможности учащихся образовательных учреждений в современных условиях: монография, ПИМУ, ННГУ. – Арзамас: АФННГУ – 2020. – 328 с.
9. Красноперова Н.А. Возрастная анатомия и физиология: учебное пособие. – М.: Гуманитар. изд. центр ВЛАДОС, 2012. – 214 с.
10. Кучма В.Р. Физическое развитие детей и подростков Российской Федерации. Выпуск VII: учебное пособие / под ред. В.Р. Кучмы, Н.А., Скоблиной, О.Ю. Милушкиной. М.: Литтерра, 2019.-176с.: ил.
11. Матвеева Н.А. Физическое развитие детей и подростков в возрасте 7-17 лет, Нижегородская область / Н.А. Матвеева, Ю.Г. Кузмичев, Е.А.Калюжный и др.// Физическое развитие детей и подростков Российской Федерации: Сб.матлов (выпуск VI) / Под ред. акад. РАН и РАМН А.А.Баранова, член-корр. РАМН В.Р.Кучмы. – М.: Издательство «ПедиатрЪ», 2013. – С.155-158.
12. Мухина И.В. Физиология с основами анатомии / И.В. Мухина, Ю.П. Потехина, И.Ф. Волкова и др. // Учебно-методическое пособие для практических занятий / Нижний Новгород, 2017. 325С.
13. Потехина Ю.П. Особенности опорно-двигательного аппарата у студентов / Потехина Ю.П., Курникова А.А., Стельникова И.Г., и др. Морфология. М. 2019. т. 155. № 2. с. 234.
14. Физиология развития ребенка: Руководство по возрастной физиологии / Под ред. М.М.Безруких, Д.А.Фарбер. – М.: Изд. Московского психолого-социального института; Воронеж: Издательство НПО «МОДЭК», 2010. – 768 с.

Учебное издание
ВОЗРАСТНАЯ НОРМАЛЬНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ

Учебное пособие

Составитель:

Калюжный Евгений Александрович

В авторской редакции

Технический редактор _____

Вёрстка и вывод оригинала макета Е.А. Калюжного

Лицензия № _____ Подписано в печать: 21.12.2020

Формат 60х84/16. Усл. печ. листов: 17,8 Тираж: 300 экз. Заказ № 007

Издатель: Калюжный Е.А. ПИМУ

603950г. Нижний Новгород, Минина и Пожарского пл., 10/1,

БОКС-470 тел.: (831) 439-09-43; факс: (831) 439-01-84

Участок офсетной печати