

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

**Л.В. Капилевич, А.В. Кабачкова,
Е.Ю. Дьякова**

ВОЗРАСТНАЯ МОРФОЛОГИЯ

*Рекомендовано Учебно-методическим объединением
по образованию в области физической культуры и спорта
в качестве учебного пособия для студентов высших
учебных заведений, обучающихся по специальности 032101 –
Физическая культура и спорт*

Томск
2009

УДК 612(075.8)
ББК 28.707.3я73
К 20

Капилевич Л.В., Кабачкова А.В., Дьякова Е.Ю.
К 20 Возрастная морфология: Учебное пособие. Томск:
Томский государственный университет, 2009. – 207 с.

В учебном пособии излагаются основные сведения по возрастной морфологии – задачи и методы данной науки, особенности строения и функционирования организма в различные периоды онтогенеза. Особое внимание уделяется учету названных особенностей при планировании режимов физической нагрузки в различных возрастных группах.

Рекомендовано Учебно-методическим объединением по образованию в области физической культуры и спорта в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 032101 – Физическая культура и спорт.

Рецензенты:

доктор биологических наук, профессор,
заведующая кафедрой анатомии и биологической антропологии
ФГОУ ВПО «Российский государственный университет физической
культуры, спорта и туризма» (г. Москва)

Е.З. Година;

доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой
физического воспитания и здоровья ГОУ ВПО «Сибирский
государственный медицинский университет» (г. Томск)

В.Н. Васильев

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	4
1. ОБЩАЯ ВОЗРАСТНАЯ МОРФОЛОГИЯ	5
1.1. Возрастная морфология как учебная дисциплина	5
1.2. Факторы и основные закономерности роста и развития	8
1.3. Биологический возраст	21
1.4. Конституция человека	32
2. ЧАСТНАЯ ВОЗРАСТНАЯ МОРФОЛОГИЯ	60
2.1. Возрастная периодизация	60
2.2. Возрастные изменения скелета	70
2.3. Возрастные изменения соединений костей	87
2.4. Возрастные изменения скелетных мышц	105
2.5. Возрастные изменения системы крови	114
2.6. Возрастные изменения сердца и сосудов	119
2.7. Возрастные изменения органов пищеварительной системы	126
2.8. Возрастные изменения органов дыхательной системы	142
2.9. Возрастные изменения мочевыделительной системы	150
2.10. Возрастные изменения нервной системы	154
2.11. Возрастные изменения сенсорных систем	167
2.12. Возрастные изменения эндокринной системы	176
2.13. Возрастные изменения иммунной системы	187
2.14. Возрастные особенности адаптации организма к внешним воздействиям	192
ЛИТЕРАТУРА	205

ПРЕДИСЛОВИЕ

Знание возрастных изменений в строении органов и систем организма необходимо для правильной организации учебно-воспитательной работы, труда и быта человека.

Характерными чертами современного спорта является его «омоложение», с одной стороны, и привлечение к занятиям физической культурой и спортом людей пожилого возраста с другой. Интенсивные физические нагрузки, свойственные современному спорту и приходящиеся на период роста, полового созревания, на период несовершенства тех или иных функций, могут нанести непоправимый вред организму. В пожилом возрасте недоучет возрастных особенностей также может привести к заболеваниям. Поэтому каждый тренер, преподаватель физкультуры должен знать о возрастных особенностях организма и учитывать их при работе.

В учебном пособии показан процесс развития отдельных органов и систем человеческого тела в постнатальном онтогенезе от рождения до старости с учетом последних научных сообщений, имеющих отношение к данной проблеме.

В отличие от возрастной анатомии, курс возрастной морфологии охватывает более широкий круг вопросов, так как в нем даются понятия биологического возраста, акселерации роста и развития, конституции и соматотипов.

1. ОБЩАЯ ВОЗРАСТНАЯ МОРФОЛОГИЯ

1.1. Возрастная морфология как учебная дисциплина

Строение человеческого тела изучалось на протяжении нескольких тысячелетий, что дало возможность обобщить накопившийся веками огромный фактический материал и сформировать определенный взгляд на понятие «нормы». Довольно долго морфологические исследования в возрастном аспекте ограничивались главным образом пренатальным периодом, и этот период развития был изучен до мельчайших подробностей. Между тем в течение всей жизни в организме происходит ряд последовательных морфологических и функциональных изменений, учет которых необходим для создания таких приемов воспитания и обучения, которые были бы адекватны каждой возрастной ступени и способствовали оптимальному развитию физических и психических возможностей человека.

Каждый возрастной период отличается своими характерными особенностями: строением и работой органов, особенностями приспособления к изменяющимся условиям окружающей среды, потребностями организма и т.д. Строгий учет анатомо-физиологических особенностей, характерных для отдельных этапов развития детей и подростков, является также одним из условий высокой эффективности системы подготовки юных спортсменов. Подобный подход позволяет грамотно решать вопросы спортивного отбора и ориентации, выбора средств и методов тренировки, нормирования тренировочных и соревновательных нагрузок, прогнозирования возможных достижений.

Возрастная морфология – это наука, изучающая закономерности формирования и особенности структурных изменений организма в процессе онтогенеза.

Возрастная морфология тесно связана с анатомией и широко использует данные из многих смежных биологических наук: эм-

бриологии, биохимии, физиологии и др. В свою очередь, она обеспечивает научными фактами возрастную физиологию, педагогику, педиатрию, гериатрию, школьную гигиену, теорию и методику физической культуры. Поскольку возрастная морфология подвергается морфологическому исследованию фенотип человека, отражающий особенности наследственной информации – генотипа, то она тесно связана с генетикой человека.

Классификация возрастной морфологии. Возрастную морфологию подразделяют на общую и частную.

Общая возрастная морфология изучает закономерности роста и развития организма в целом, роль факторов наследственности и внешней среды в осуществлении этих процессов. Она подвергается исследованию наиболее интегральные критерии биологического возраста – антропометрические, костные, зубные и признаки полового созревания. На основании этих критериев создаются схемы возрастной периодизации. Общая возрастная морфология рассматривает методы спортивной генетики, вопросы акселерации роста и развития, а также конституцию и соматотипы в их взаимосвязи с темпами развития организма человека.

Частная возрастная морфология изучает закономерности возрастных изменений отдельных органов и систем организма; определяет на системном, органном, тканевом и клеточном уровнях показатели биологического возраста, имеющие информативность, и использует их для внесения уточнений в возрастную периодизацию.

Задачи возрастной морфологии. В числе основных задач курса возрастной морфологии необходимо выделить следующие:

1. Выяснение общих закономерностей и частных проявлений процессов роста и развития организма в связи с особенностями влияния наследственности и внешней среды.
2. Установление наиболее благоприятных (критических, сенситивных) периодов для направленных педагогических воздействий и эффективного формирования тех или иных качеств организма.
3. Определение наиболее информативных морфологических показателей биологического возраста человека.

4. Подразделение хода индивидуального развития организма на ряд периодов и отличий одного периода от другого (возрастная периодизация).

5. Изучение тенденций роста и развития, характерных для определенной исторической эпохи.

6. Разработка нормативных значений размеров тела для оценки физического развития человека.

7. Выяснение отличий роста и развития детей разных соматотипов.

Методы возрастной морфологии. Для решения поставленных задач возрастная морфология использует ряд методов.

1. **Метод антропометрии (измерительный метод).** С помощью приборов производят измерение размеров тела и его частей; определяют тотальные и парциальные размеры тела, соматические типы и состав массы тела, пропорции тела.

По способу подбора испытуемых выделяют два варианта исследования:

– *генерализирующее исследование (по горизонтали)* применяют для групп людей разного возраста с последующей математической обработкой результатов. Воссоздается картина процесса роста для исследуемой группы и появляется возможность установить нормативные ростовые показатели и границы нормы для каждого возраста.

– *индивидуализирующее исследование (по вертикали)* проводят у одних и тех же людей через определенные промежутки времени. На основании этих данных можно выявить взаимосвязь морфологических и функциональных показателей.

2. **Метод антропоскопии (описательный метод)** применим к так называемым описательным признакам, которые визуально оцениваются условными единицами – баллами – с использованием специально разработанных шкал оценок. Распространен метод при оценке признаков полового созревания и других показателей биологического возраста человека.

3. **Метод микроскопии.** Методы гистологического и гистохимического исследования микроструктур с помощью световой и электронной микроскопии.

Современные *гистологические методы* исследования позволяют изучать живые и фиксированные структуры. Основным объектом исследования является гистологический препарат, толщина которого варьирует от 5 до 50 мк. Гистологический препарат может представлять собой тонкий срез органа, тотальный (целый) препарат (например, мягкая мозговая оболочка), мазок (например, мазок крови или костного мозга), отпечаток органа (например, отпечаток печени или селезенки), пленку из ткани (рыхлая соединительная ткань).

Гистохимический метод относится к методам качественного анализа гистологических структур. В основе этого метода лежит применение химических реакций для выявления в структурах аминокислот, белков, нуклеиновых кислот, различных видов углеводов, липидов, ферментов и др. Зная характер распределения химических веществ в клетках, тканях и органах в норме и при различных воздействиях на организм, можно судить о функциональном значении данных структур и направленности обменных процессов в них.

4. *Метод измерения подвижности в суставах* – гониометрия (оценка возрастной динамики подвижности в суставах).

5. *Метод измерения силы мышечных групп* – динамометрия (измерение мышечной силы на этапах развития организма).

Вопросы для самоконтроля

1. Что изучает общая возрастная морфология?
2. Что изучает частная возрастная морфология?
3. Какие задачи решает возрастная морфология?
4. Какие методы использует возрастная морфология?

1.2. Факторы и основные закономерности роста и развития

Рост и развитие обычно употребляются как понятия тождественные, неразрывно связанные между собой. Между тем биоло-

гическая природа этих процессов различная, различны их механизмы и последствия.

Рост – процесс, характеризующийся непрерывным увеличением размера, массы органов и организма в целом. Рост осуществляется за счет процессов *гиперплазии* – увеличения числа клеток (например, кости, легкие), а также за счет *гипертрофии* – увеличения размеров клеток (мышцы, нервная ткань). Процессы гиперплазии наиболее интенсивно протекают в период внутриутробного развития и менее интенсивно после рождения. В постнатальный период некоторые клетки теряют способность к делению. Так, образование новых мышечных клеток возможно только первые 4 месяца после рождения. Дальнейшее увеличение массы и объема мышечной ткани происходит в основном за счет образования огромного количества нервных отростков и синаптических контактов.

Развитие – это процесс качественных изменений, приводящих к повышению сложности организации живой системы. Эти преобразования протекают за счет дифференцировки (увеличение разнообразия клеточных структур) и приводят к качественным и количественным изменениям функций организма.

Основными закономерностями онтогенеза детей являются неравномерность и непрерывность роста и развития, гетерохронность (разновременность) с опережающим созреванием жизненно важных систем и формирование биологической надежности организма.

В тех случаях, когда во множестве различных тканей организма одновременно наблюдаются ростовые процессы, отмечаются феномены так называемых «скачков роста». Выделяют три периода ускоренного роста детей: до 1 года (20–25 см), от 6 до 7 лет («полуростовой скачок»), от 11 до 13 лет («пубертатный скачок»), в течение которых размеры тела увеличиваются наиболее интенсивно, существенно меняются пропорции тела, все более приближаясь к взрослым. После каждого «скачка роста» наступает период интенсивной дифференцировки органов и тканей, определяющих степень созревания органов и систем. Поэтому наиболее значительные качественные изменения происходят от года до 4 лет, от 8 до 10 лет и от 14 до 20 лет. Стоит отметить, что в период полового

созревания прибавка в длине тела составляет 8–10 см, в остальные периоды в среднем 4–6 см. Тем не менее процессы роста и созревания протекают непрерывно в течение первых 20 лет жизни. Прекращение процессов роста у девочек происходит к 17–18 годам, у юношей к 18–19 годам. Этот же закон неравномерности свойствен массе тела и окружности грудной клетки.

Факторы роста и развития

Возрастные показатели роста и развития организма (его фенотип) являются сплавом врожденных и приобретенных признаков. С одной стороны, они определяются наследственными факторами – генотипом, что необходимо учитывать при спортивном отборе, прогнозировании спортивной одаренности. С другой стороны, развитие организма определяется влияниями внешней среды.

Факторы роста и развития человека можно подразделить на:

1) **наследственные** (генетические) – носят обязательный характер, без их действия развитие невозможно;

2) **средовые** (паратипические) – носят случайный характер, они либо способствуют реализации генетической программы, либо тормозят ее раскрытие:

– *абиотические* (температура, влажность, инсоляция, атмосферное давление, естественная радиация, электромагнитный фон, химический состав почвы, геоморфология суши и т.д.);

– *биотические* (источники воды и пищи, инфекционные агенты и пр.);

– *социальные* (взаимоотношения между членами сообщества, популяции и т.д.).

Социальные влияния у человека являются генеральным фактором, опосредующим все компоненты среды. Генетические и средовые факторы определяют рост и развитие организма в условиях совместного действия. Нельзя сказать о ведущем влиянии какого-либо из факторов. Однако для человека как существа социального ведущая роль остается за социальными факторами, потому что они оказывают влияние на процесс роста и развития детей и подрост-

ков как непосредственно, так и опосредованно, через изменение генофонда популяции в результате преобразования структуры брачных связей. Доля влияния генетических и средовых факторов на конкретное проявление роста и развития организма не постоянна, а варьирует – как от признака к признаку и от функции к функции, так и с возрастом. Так, чувствительность организма к воздействию экологических факторов – экокочувствительность, или экосенситивность, – меняется в зависимости от того или иного периода онтогенеза. Процесс роста наиболее уязвим тогда, когда он характеризуется наибольшей интенсивностью, т.е. максимальными величинами приростов. Роль наследственных факторов значительно повышается в экстремальных ситуациях, при физических и психоэмоциональных нагрузках, а во время отдыха постепенно снижается.

Любой наследственный фактор будет влиять различно в разных условиях среды, равно как и любой фактор среды будет неоднзначно влиять на разный наследственный материал.

Определение степени наследственных влияний производится путем изучения родословных (генеалогический метод), цитогенетическим методом (анализом наследственного материала клеток), популяционным методом (исследование врожденных изменений организма в изолированных группах населения – на отдельных островах, в труднодоступных лесах, горах и пр.), а также близнецовым методом.

В спортивных семьях, по О. Астранду, довольно часто (в 50% случаев) наблюдается двигательно-одаренные дети (а если оба родителя спортсмены, то в 70% случаев). Однако, как свидетельствуют десятки тысяч наблюдений, спортивная одаренность не определяется одним геном, а является результатом действия комплекса многих генов. Специальные исследования внутрисемейного сходства показали, что для наследования спортивно важных задатков имеют значения количество детей в семье, преобладание среди них мальчиков или девочек и даже порядок рождения ребенка в семье. Выяснено, что искать будущих спортсменов следует, преимущественно, в семьях с двумя-тремя детьми, отдавая предпочтение не старшим, а младшим детям, а также учитывая, что у

мужчин-спортсменов двигательные способности передаются, несомненно, по мужской линии, а у женщин-спортсменок, в отличие от этого, – преимущественно по женской линии.

Из физических качеств наиболее зависимыми от врожденных задатков являются быстрота и гибкость. Среднее положение занимает качество силы. Наименее зависимыми от наследственности и, соответственно, наиболее тренируемыми физическими качествами являются координационные возможности (ловкость) и общая выносливость.

Для спортсменов и тренеров особенно важно, что генетический контроль больше выражен в молодом возрасте (когда особенно велик контингент занимающихся физическими упражнениями) и нарастает по мере увеличения мощности физической нагрузки (что характерно для соревновательной деятельности в спорте).

Сенситивные периоды развития детей и подростков

В процессе индивидуального развития имеются критические периоды, когда повышена чувствительность развивающегося организма к воздействию повреждающих факторов внешней и внутренней среды. Эти периоды жестко контролируются генетически. Выделяют несколько критических периодов развития:

- время развития половых клеток – овогенез и сперматогенез;
- момент слияния половых клеток – оплодотворение;
- имплантация зародыша (4–8-е сутки эмбриогенеза);
- формирование зачатков осевых органов (головного и спинного мозга, позвоночного столба, первичной кишки) и формирование плаценты (3–8-я неделя развития);
- стадия усиленного роста головного мозга (15–20-я неделя);
- формирование функциональных систем организма и дифференцирование мочеполового аппарата (20–24-я неделя пренатального периода);
- момент рождения ребенка и период новорожденности – переход к внеутробной жизни; метаболическая и функциональная адаптация;

– период раннего и первого детства (2 года – 7 лет), когда заканчивается формирование взаимосвязей между органами, системами и аппаратами органов;

– подростковый возраст (период полового созревания – у мальчиков с 13 до 16 лет, у девочек – с 12 до 15 лет), когда одновременно с быстрым ростом органов половой системы активизируется эмоциональная деятельность.

С критическими периодами часто совпадают сенситивные периоды (периоды особой чувствительности). Эти периоды менее всего контролируются генетически, т.е. являются особенно восприимчивыми к влияниям внешней среды, в том числе педагогическим и тренерским. Критические периоды переключают организм на новый уровень онтогенеза, создают морфофункциональную основу существования организма в новых условиях жизнедеятельности (например, активация определенных генов обеспечивает возникновение переходного периода у подростков), а сенситивные периоды приспособляют функционирование организма к этим условиям (оптимизируются перестроечные процессы в различных органах и системах организма, налаживается согласование деятельности различных функциональных систем, обеспечивается адаптация к физическим и умственным нагрузкам на этом уровне существования организма и т.п.). С этим связана высокая чувствительность организма к внешним влияниям в сенситивные периоды развития.

Тренировочные воздействия в сенситивные периоды наиболее эффективны. При этом возникает наиболее выраженное развитие физических качеств – силы, быстроты, выносливости и др., наилучшим образом происходят реакции адаптации к физическим нагрузкам, в наибольшей степени развиваются функциональные резервы организма. Сенситивные периоды для различных физических качеств проявляются гетерохронно. Так, например, сенситивный период развития абсолютной мышечной силы наблюдается в 14–17 лет (максимального значения качество силы достигает к 18–20 годам). Сенситивный период развития различных проявлений качества быстроты приходится на 11–14 лет (максимальный уровень достигается к 15-летнему возрасту). Примерно этот же пери-

од является сенситивным для развития скоростно-силовых возможностей. Для общей выносливости сенситивный период проявляется гораздо позже – в 15–20 лет (максимальное значение – в 20–25 лет). Развитие гибкости бурно происходит с 3–4 до 15 лет, а ловкости – с 7–10 до 13–15 лет. Именно на протяжении сенситивных периодов применяемые средства и методы физического воспитания достигают наилучшего тренирующего эффекта. В последующие периоды те же средства и объемы тренировочных нагрузок подобного прироста физических качеств не обеспечивают.

Основные закономерности роста и развития

К основным закономерностям роста и развития относятся:

1. *Эндогенность*. Рост и развитие организма совершаются по внутренним, присущим самому организму и запечатленным в наследственной программе законам. Внешние воздействия вносят свои коррективы в эту программу, отражаясь на темпах роста и развития. При неблагоприятных условиях среды темпы роста замедляются, сменяясь в дальнейшем убыстрением при улучшении условий.

2. *Необратимость*. Человек не может вернуться к тем особенностям строения организма, которые были у него в младенчестве, детстве или хотя бы мгновение назад. Сегодня мы не те, что были вчера, а завтра – не те, что сегодня.

3. *Цикличность*. Развитие ребенка, возрастное становление морфологических признаков, функциональных параметров и двигательных функций происходит неравномерно, волнообразно (например, периоды усиленного роста).

4. *Постепенность*. Человек в своем развитии проходит ряд этапов последовательно один за другим (например, сначала появляются молочные зубы и только потом постоянные, рост человека может прекратиться только после достижения костями определенных размеров и закрытия хрящевой зоны роста). При нормальном развитии организм не может пропустить какой-либо из этапов.

5. *Синхронность*. Возрастные изменения в разных органах и системах тела, процессы старения различных морфологических структур происходят относительно одновременно.

Акселерация и ретардация развития

Под акселерацией понимается ускорение темпов роста и развития детей и подростков, а также абсолютное увеличение размеров тела взрослых. Этот термин был предложен Е. Кохом (1935). Акселерация была отмечена при сопоставлении антропометрических данных, полученных в начале 20-х гг. XX в. с данными 30-х гг. XIX в., когда начали проводить антропометрические исследования детей.

Термином «*акселерация развития*» обозначают:

- 1) ускорение ростовых процессов;
- 2) более раннее половое созревание;
- 3) достижение к периоду зрелости больших размеров тела у представителей одновозрастной популяции по сравнению со сверстниками предыдущего поколения.

За рубежом пользуется признанием английский термин *secular trend* – «вековая тенденция» (кратковременная в масштабах истории, которым обозначают не только свойственное современности ускорение морфофункциональных изменений человека в период роста (предифинитивный период), но и изменения в развитии взрослых людей (постдифинитивный период) за те же 100–150 лет, имеющие прямо противоположную направленность, а именно:

- сдвиг на более поздние сроки возраста прекращения репродуктивных функций организма;
- увеличение продолжительности жизни;
- сохранение работоспособности в более пожилом возрасте.

В антропологии существует термин «*эпохальный сдвиг*». К эпохальным (или долговременным – *long-term trend*) относят прослеживаемые на протяжении тысячелетий и столетий изменения размеров головного мозга, формы черепа и массивности скелета, а также колебания длины тела, изменения продолжительности жизни и процессы популяционной дифференциации.

В настоящее время выделяют акселерацию эпохальную и внутригрупповую.

Эпохальная акселерация – ускорение физического развития современных детей и подростков в сравнении с предшествующими поколениями. Она проявляется уже на стадии внутриутробного развития. У современных новорожденных длина тела больше на 0,7–1 см, а вес на 60–100 г. По мере роста эти различия возрастают. У современных детей раньше происходит становление репродуктивных функций (на 2 года раньше). Существуют доказательства акселерации развития сердечно-сосудистой, дыхательной и двигательной систем (современные подростки быстрее бегают, дальше прыгают в длину с места, большее число раз подтягиваются на перекладине). У мужчин изменения в процессе акселерации выражены сильнее, чем у женщин.

Внутригрупповая акселерация – ускоренное физическое развитие отдельных детей и подростков в определенных возрастных группах. Внутригрупповые акселераты характеризуются более высоким ростом, большей мышечной силой и возможностями дыхательной системы. У них значительно быстрее происходит половое созревание и раньше заканчиваются процессы роста. Таким образом, внутригрупповая акселерация часто сочетается с повышением физиологических возможностей организма. Однако индивидуальная акселерация нередко сопровождается дисгармоническим развитием различных систем и функций, что приводит к физиологической дезинтеграции и снижению функциональных возможностей. У детей с повышенными темпами развития чаще наблюдаются эндокринные расстройства, хронический тонзиллит, нервные расстройства, кариес зубов, повышенное артериальное давление. После 60–70-х гг. стали проявляться негативные явления акселерации. В первую очередь, диспропорциональность физического развития, особенно в сторону избыточности массы тела. Вторым негативным явлением акселерации является уменьшение жизненной емкости легких и снижение мышечной силы. Причиной дисгармоничности физического развития современных детей и подростков является низкая двигательная активность.

Биологические механизмы акселерации пока не выяснены. Но существует ряд гипотез причин акселерации, их условно можно разделить на 3 основные группы.

В первую группу входят физико-химические гипотезы. Е. Кох считал, что современные дети подвергаются более интенсивному воздействию солнечных лучей, являющихся, по его мнению, стимулятором роста. По мнению Тайбера, стимулирующее влияние на рост и развитие оказывают электромагнитные волны, возникающие при работе многочисленных радиостанций. Д'Руддер связывает акселерацию с возможным изменением уровня радиации. Но большинство исследователей склоняются к гипотезе о стимулирующем влиянии отходов промышленного производства. Промышленные отходы, оказываясь в воздушной среде, попадая с питьевой водой, продуктами питания в небольших дозах обладают мутагенными свойствами и поэтому способны оказывать биостимулирующий гетерозисоподобный эффект. Подтверждением могут служить сроки регистрации акселерации в разных странах. Так, акселерация первоначально проявилась в Англии, Норвегии, Франции (с 1830–1840 гг.), в Швеции, Дании (с 1860 г.), затем в России, Японии и т.д.

Во вторую группу входят гипотезы, объясняющие акселерацию изменением социальных условий: улучшение питания (Н. Ленч), медицинского обслуживания (М. Кривогорский) и стимулирующее влияние условий городской жизни на темпы физического развития.

Третья группа – это гипотезы, согласно которым акселерация является результатом циклических биологических изменений гетерозиса и других явлений. Эффект гетерозиса связан с широкой миграцией современного населения и увеличением количества смешанных браков. При этом потомство первого поколения обладает временным преимуществом в физическом развитии. Более правильным будет согласиться с мнением большинства авторов, считающих, что причина акселерации лежит в комплексном влиянии ряда факторов, причем в разных местах и в разное время ведущая роль принадлежит различным факторам.

Анализ материалов последних антропометрических измерений показывает, что акселерация не является этапом прогрессирующего увеличения размеров тела человека, а представляет лишь фазу его развития. Начиная с 70-х гг. XX в. в наиболее экономически развитых странах, например США, Англии, Швеции, уже отмечено снижение темпов акселерации или даже ее прекращение. По всей видимости, для акселерации конец XX и начало XXI столетия будут характерны полной ее стабилизацией, а затем, возможно, началом обратного процесса.

Ретардация – явление, противоположное акселерации, – замедление физического развития и формирования функциональных систем организма детей и подростков.

Биологические механизмы ретардации мало изучены. На современном этапе изучения выделяют две основные причины ретардации. Первая – различные наследственные, врожденные и приобретенные в постнатальном онтогенезе органические нарушения; вторая – различные факторы социального характера. Наследственные ретарданты, как правило, к моменту окончания процессов роста не уступают в этом показателе своим сверстникам, просто достигают этих величин они на 1–2 года позже. Причиной отставания могут явиться и перенесенные заболевания, но они приводят к временной задержке роста и после выздоровления темпы роста становятся выше, т.е. генетическая программа реализуется за более короткий срок. Существенное отрицательное влияние оказывает социальный фактор. В меньшей степени – низкий материальный доход семьи и в большей – отрицательный эмоциональный микроклимат, окружающий ребенка в семье или в детских учреждениях. Дети, воспитывающиеся в условиях недостаточного внимания со стороны родителей, и дети, воспитывающиеся в детских домах и школах-интернатах, отстают в своем развитии на 1,5–2 года от сверстников. Таким образом, ретардация, независимо от причин, ее обуславливающих, сказывается как на темпах физического, так и психического развития.

И.И. Бахрах и Р.Н. Дорохов (1980) считают целесообразным выделить в пределах одного поколения варианты ускоренного (индивидуальная акселерация), обычного и замедленного (индиви-

дуальная ретардация) развития. При этом индивидуальная акселерация и индивидуальная ретардация могут быть гармоничными и негармоничными.

Гармоничная акселерация – вариант развития, при котором индивидуум опережает сверстников по всем морфофункциональным параметрам и биологическому возрасту.

Негармоничная акселерация – опережение сверстников лишь по одному или нескольким морфофункциональным показателям. Более чем у 10% школьников отмечается несоответствие между величиной тотальных размеров тела и уровнем развития вторичных половых признаков.

Гармоничная ретардация – отставание индивидуума от сверстников по всем морфофункциональным показателям и биологическому возрасту.

Негармоничная ретардация – отставание индивидуума от сверстников по отдельным морфофункциональным показателям. Она отмечается у 5% школьников.

Варианты развития по Р.Н. Дорохову (1985):

– укороченный вариант развития – ВР «А» – рост заканчивается в 14–15 лет (индекс зрелости 0,7–1,0);

– обычный вариант развития – ВР «В» – рост заканчивается в 17–18 лет (индекс зрелости 0,3–0,56);

– растянутый вариант развития – ВР «С» – рост заканчивается в 22–23 года (индекс зрелости 0,1–0,43); такие подростки имеют наибольшую длину тела (опережают сверстников на 3–4 см), но отстают по массе тела и по выраженности мышечной массы.

$$ИЗ = \frac{МТ \cdot [(ОПВ \cdot 0,5 \cdot ДР) + (ОБВ \cdot 0,5 \cdot ДНК)]}{ДТ_1 \cdot [(ОП + ОТ) \cdot 0,5 \cdot ДТ_2]},$$

где ИЗ – индекс зрелости; МТ – масса тела; ДТ₁ – длина тела; ОПВ – окружность плеча на уровне прикрепления дельтовидной мышцы; ДР – длина руки; ОБВ – окружность бедра на уровне ягодичной складки; ДНК – длина нижней конечности; ОП – обхват плеча по максимуму дельтовидной мышцы; ОТ – обхват таза по

максимуму ягодич; ДТ₂ – длина туловища от яремной вырезки до симфиза.

Акселерация развития и спорт

Внутригрупповая акселерация ставит вопрос о возможности снижения у многих детей возрастных сроков для начала занятий спортом, о необходимости учета индивидуальных морфофункциональных особенностей при регламентировании физических нагрузок, определении нормативов физической подготовленности, оценки функциональных возможностей и двигательных способностей с целью спортивной ориентации и отбора. Если дозировать физическую нагрузку исходя из средних возможностей детей одного паспортного возраста, то акселеранты на данном этапе будут недополучать какую-то дозу нагрузки, а ретарданты наоборот.

Спортивные перегрузки опасны также для детей с негармоничной акселерацией, у которых развитие и созревание какого-либо органа или системы отстает от роста соматометрических показателей. Например, у детей с гипозволютивным сердцем спортивные тренировки, особенно в видах спорта «на выносливость», вызывают перенапряжение сердца. Здесь же таится возможность ошибок в спортивном отборе. Превосходство детей с ускоренным физическим и половым развитием над их сверстниками по ряду морфофункциональных параметров зачастую бывает временным. Но оно создает иллюзию спортивной одаренности, особенно если выражается в основном в высокой физической подготовленности. Тренеры делают ставку на таких детей, усиленно тренируя их, а они после временных успехов останавливаются в спортивном росте. Отставшие же поначалу сверстники обгоняют их.

У детей и подростков, опережающих по росту и развитию своих сверстников, отмечаются ускоренные темпы формирования физических качеств. Они имеют преимущество при занятиях баскетболом, волейболом, теннисом, греблей, плаванием. Замедленный рост длины и массы тела у детей-ретардантов создают преимущества в развитии относительной силы и прыгучести. Благодаря

меньшему весу и большей гибкости девочки-ретардантки предпочтительнее в спортивной гимнастике, акробатике, фигурном катании. Более медленное созревание мозга также приводит к лучшему развитию и более высоким умственным способностям. Доказано, что у спортсменов сердце растет медленнее и достигает большего объема и большей мощности сердечной мышцы, чем у нетренированных сверстников.

Вопросы для самоконтроля

1. Дайте характеристику процессам роста и развития.
2. Что такое «скачок роста»?
3. Перечислите факторы роста и развития.
4. В чем разница между критическими и сенситивными периодами?
5. Охарактеризуйте критические периоды развития.
6. Охарактеризуйте основные закономерности роста и развития.
7. Что такое акселерация и ретардация развития?
8. Перечислите виды акселерации.
9. Какие существуют варианты развития по Р.Н. Дорохову (1985)?
10. Влияет ли акселерация развития на спортивную деятельность?

1.3. Биологический возраст

Одним из актуальных вопросов, привлекающих в последнее время внимание представителей многих научно-практических дисциплин (спортивной медицины, педиатрии, возрастной физиологии, педагогики, антропологии и т.д.), является соотношение между паспортным (хронологическим, календарным) и биологическим возрастом детей и подростков. При описании основных морфологических особенностей в разные возрастные периоды используют, как правило, средние показатели. Однако индивидуальные различия в процессах роста и развития могут варьировать в широ-

ких пределах. Особенно сильно эти различия проявляются в период полового созревания, когда за короткий период происходит весьма существенная морфологическая и функциональная перестройка организма.

Существование индивидуальных колебаний процессов роста и развития послужило основанием для введения такого понятия как биологический возраст. Определение биологического возраста имеет большое значение, так как для многих практических целей важна группировка детей не по паспортному возрасту, а по степени их развития. У значительной части детей паспортный и биологический возраст не совпадают. Встречаются дети, у которых биологический возраст опережает хронологический или, наоборот, отстает от него. Паспортный возраст – это число прожитых лет. Биологический возраст ребенка определяется степенью приближенности организма к дефинитивному состоянию, возникающему при достижении организмом зрелости. Биологический возраст взрослого человека определяется степенью подверженности организма действию процессов старения. Надо уметь сопоставлять биологический и паспортный возраст. Это бывает необходимо, например, при сопоставлении уровня спортивных нагрузок реальным биологическим возможностям организма.

Понятие биологического возраста обязано необходимостью свести в единую систему обилие данных об индивидуальных особенностях протекания онтогенеза в периодах, соответствующих единому паспортному возрасту. Период времени, прошедший в абсолютном выражении (т.е. в годах, месяцах, днях и т.п.) с момента рождения человека до данного конкретного момента называется *хронологическим*, или *паспортным, возрастом*. Спрашивая человека о возрасте, мы интересуемся этой цифрой. Возраст человека, оцененный по степени развития (или зрелости) отдельных признаков и систем признаков, получил название биологического возраста. Иначе говоря, **биологический возраст** – это достигнутый организмом уровень морфофункционального созревания, который мы получаем, сравнивая развитие по разным критериям. Чем больше

критериев мы при этом рассматриваем, тем более точной становится интегральная оценка морфофункционального статуса.

Введение в 30–40-е гг. нашего столетия в научный оборот термина «биологический возраст» связано с именами В.Г. Штефко, Д.Г. Рохлина и П.Н. Соколова. Биологический возраст отражает основные характеристики онтогенетического развития и, прежде всего, гетерохронность роста, созревания и старения на разных уровнях организации. Определение термина «биологический возраст» до сих пор не сформулировано окончательно. По мнению В.Г. Властовского (1976), *биологический возраст – это достигнутый отдельным индивидуумом уровень развития морфологических структур и связанных с ними функциональных явлений жизнедеятельности организма, соответствующий среднему для всей популяции уровню, характерному для данного хронологического возраста*. О.М. Павловский, М.С. Архангельская и Н.С. Смирнова (1987) определяют *биологический возраст* как *степень соответствия морфофизиологического статуса данного лица (или группы лиц, заведомо связанных объединяющими факторами) некоторому общему уровню аналогичных показателей в когорте сверстников*.

Для различных практических и научных целей группируют детей, подростков, взрослых по принципу хронологического возраста. Между тем индивидуумы одного паспортного возраста могут находиться на различных этапах анатомо-физиологического развития, что зависит как от наследственности, так и от средовых факторов. Биологический и паспортный возраст совпадают примерно в 50–60% случаев, но у 40% существуют различия – одни опережают в развитии, другие отстают от своих сверстников.

Определение биологического возраста

Одного универсального критерия биологического возраста не существует. Ряд критериев зрелости хорошо «работают» только на ограниченном хронологическом интервале.

Общие требования к показателям биологического возраста:

1) измеряемость показателей – критерий, по которому мы оцениваем биологический возраст, должен быть измеряем легко и точно;

2) универсальность показателей и связь их с хронологическим возрастом – ценность критерия прямо пропорциональна ширине возрастного диапазона, в котором корректно и оперативно измеряется биологический возраст;

3) прогрессирующий характер изменений, описываемых показателями, чем более простой характер имеет возрастное изменение признака, тем эффективнее оценка по нему. Изменение показателя не должно быть периодическим;

4) закономерность изменения показателей и их скоррелированность – наличие связи критериев биологического возраста с определенными эндогенными механизмами развития и четкие предположения об их экзогенной обусловленности. Это проявляется во взаимном изменении показателей биологического возраста и связи этого изменения с общей причиной (ведущим фактором).

Критериями могут быть морфологические, функциональные и биохимические показатели, диагностическая ценность которых меняется в зависимости от этапов онтогенеза.

Основные критерии биологического возраста группируются по системам признаков:

1) *показатели морфологической зрелости* – общее соматическое развитие, зубная зрелость, скелетный возраст, развитие репродуктивной системы;

2) *функциональные, физиологические и биохимические показатели* – прежде всего показатели основного, углеводного и липидного обмена, секреция ферментов и гормонов, особенности сердечно-сосудистой системы, нейродинамические и нейрофизиологические характеристики;

3) *показатели возрастной динамики психики* – в принципе, любые изменяемые с возрастом и измеряемые «черты», относящиеся к сфере психологии и соответствующие прочим упомянутым требованиям.

Лучше всего разработаны критерии первой группы.

При проведении спортивно-медицинских обследований детей и подростков для диагностики биологического возраста используют в качестве индикаторов такие морфологические показатели, как:

- 1) зубная зрелость;
- 2) костная (скелетная) зрелость;
- 3) половая зрелость;
- 4) морфологическая (соматическая) зрелость.

Эти показатели относятся к периодам предифинитивного онтогенеза, как правило, не имеют аналогов в период старения, за исключением костного возраста. Индикаторы биологического возраста можно использовать в качестве критериев отбора и регламентации тренировочных и соревновательных нагрузок в детском и юношеском спорте.

Определение биологического возраста по степени зубной зрелости

Выпадение молочных и появление постоянных зубов имеют определенную закономерность и отражают индивидуальные темпы роста и формирования организма. По этой причине данные о развитии зубов можно использовать в качестве индикатора биологического возраста, однако хронологические рамки действия этого критерия имеют максимум в 13–14 лет (до появления признаков полового созревания).

***Зубная зрелость** обычно определяется путем подсчета числа прорезавшихся зубов, последовательности их прорезывания и сопоставления его с существующими стандартами.*

Зубная система современного человека имеет 2 смены – молочную и постоянную – и носит гетеродонтный характер (деление на функциональные группы – классы: резцы (I, i – dentes incisivei), клыки (C, c – dentes canini), премоляры (P – dentes praemolares), моляры (M, m – dentes molares).

Зубная формула постоянных зубов (типичное число зубов – 32):

$$I \frac{2}{2} \quad C \frac{1}{1} \quad P \frac{2}{2} \quad M \frac{3}{3}.$$

Зубная формула молочных зубов (типичное число зубов – 20):

$$i \frac{2}{2} \quad c \frac{1}{1} \quad m \frac{2}{2}.$$

Зубы начинают развиваться у человеческого эмбриона примерно на 6-й неделе беременности. Через 6–8 месяцев после рождения рост корней выталкивает коронки зубов сквозь десну, этот процесс называется прорезыванием. Первые зубы называются первичными, или молочными. Прорезывание имеет специфический порядок и продолжается до 2 лет. Обычно нижние центральные резцы прорезываются первыми, затем идут верхние центральные резцы. Набор молочных зубов не включает премоляров. Зубы, относящиеся ко второй смене, развиваются вместе с первым набором. Эти постоянные зубы остаются «спящими» до 5–7 лет. Затем они начинают расти, вызывая разрушение корней молочных зубов. Такое разрушение ведет к выпадению первичных зубов. Новые зубы растут до 10–12 лет. Появление происходит по предыдущей схеме, но при этом между клыками и молярами появляются премоляры.

Формула прорезывания постоянных зубов фиксирует гетерохронность их появления: $M^1 I^1 I^2 P^1 P^2 C M^2 M^3$ (верхний зубной ряд) и $M_1 I_1 I_2 C P_1 P_2 M_2 M_3$ (нижний ряд). Эта неодновременность связана с тем, что в нижней челюсти клык обычно появляется раньше премоляров, а в верхней – позже. Соблюдая общую последовательность, постоянные зубы нижней челюсти появляются немного раньше, чем зубы верхнего ряда, а скорость их появления выше, чем в верхнем ряду (табл. 1). Наконец, различна и длительность прорезывания отдельных зубов постоянной генерации: самым долгим этот период бывает у вторых премоляров, а наиболее коротким – у первых моляров и первых резцов. Постоянный набор зубов имеет дополнительные третьи моляры – «зубы мудрости», которые прорезываются в возрасте 15–25 лет (возможно и более позднее прорезывание).

Половой диморфизм проявляется в особенностях размеров и морфологии зубов, впрочем, весьма слабо. А вот сроки прорезывания отчетливо выше у девочек, в сравнении с мальчиками. Максимальные отличия отмечены для времени появления клыков нижней челюсти (до 11–12 месяцев быстрее у девочек). То же относит-

ся и к скорости, с которой идет появление зубов постоянной генерации – в среднем она выше у девочек.

На протяжении последних столетий отмечается ретардация прорезывания M^3_z (третьих постоянных моляров). Срок прорезывания их чрезвычайно непостоянен – от 7,5–8,0 до 18–27 лет и старше. Например, в 22 года они отсутствуют у 30% мужчин и почти у 50% женщин. Хотя еще в первой половине XX в. обычными были цифры 17–19 лет и меньше.

Таблица 1

**Нормальные сроки прорезывания молочных и постоянных зубов
(для европеоидных популяций)**

Зубы (название и обозначение)	Возрастные пределы	
	Молочная смена	Постоянная смена
<i>Резцы</i>		
Внутренние (медиальные) (i1 и I1)	6–8 месяцев	6–8 лет
Наружные (латеральные) (i2 и I2)	7–12 месяцев	7–9 лет
<i>Клыки</i>		
Клыки (с или С)	16–20 месяцев	10–14 лет
<i>Премоляры (предкоренные)</i>		
Первые (P1)	нет	9–12 лет
Вторые (P2)	нет	11–13 лет
<i>Моляры (коренные)</i>		
Первые (m1 и M1)	12–16 месяцев	6–7 лет
Вторые (m2 и M2)	20–30 месяцев	12–13 лет
Третьи (m3 и M3)	нет	(7,5)17–22(28) лет

Вполне обычной становится также и их полная редукция (т.е. все чаще встречается зубная формула $I^2_2 C^1_1 P^2_2 M^2_2$). Причина этих перемен – эпохальные изменения морфологии черепа и связанная с этим тенденция укорочения альвеолярных дуг верхней и нижней челюсти. Редукция третьих моляров далеко не единственный одонтологический признак, демонстрирующий эпохальную тенденцию ретардации. К числу близких явлений относится и ряд других отклонений:

- нарушение последовательности прорезывания зубов (часто встречается последовательность $I^1_1 M^1_1, I^2_2 M^1_1$ или даже $P^1_1 C$);

- проявления гиподонтии (кроме M^3_3 встречается полная редукция I^2, I^1 и P);

- случаи ретенции, краудинг и так называемые «волчьи» зубы (анормальное развитие зуба, который выходит в сторону от обычного места своего прорезывания в зубном ряду);

- наконец, встречается персистенция молочных зубов – молочный зуб не рассасывается и остается в одном ряду с зубами постоянной генерации.

Очень редко наблюдается гипердонтия – развитие «лишнего», 33-го зуба, как правило, одного. Наконец, чрезвычайно редки случаи необычного явления – так называемые натальные, или неонатальные, зубы, которые присутствуют у ребенка на момент рождения или прорезываются в течение первого месяца жизни. Зубы такой добавочной «предмолочной» генерации быстро выпадают.

Получены значительные корреляции между сроками прорезывания зубов и другими показателями биологического возраста. Некоторые авторы пришли к выводу, что по состоянию прорезывания зубов скорее можно судить о паспортном, чем о биологическом возрасте.

Определение биологического возраста по степени скелетной зрелости

В качестве показателя биологического возраста используется уровень окостенения костей пястья, запястья и дистальных эпифи-

зов предплечья. Оссификация костей кисти происходит в разные сроки: головчатая и крючковидная – в 1 год, трехгранная – в 3 года, полулунная – в 4 года, ладьевидная – в 6 лет, трапецевидная – в 7 лет, гороховидная – в 12 лет.

Костный возраст определяют рентгенологически по стадиям оссификации скелета, при этом учитываются:

- число точек окостенения;
- время и последовательность их появления;
- сроки наступления синостозов.

При анализе степень синостозирования трубчатых костей оценивается на рентгенограммах в баллах по схеме, предложенной Л.Е. Полушкиной, Б.А. Никитюком и В.В. Бевзюком (табл. 2). Существует взаимосвязь между половым созреванием и оссификацией скелета: при раннем половом развитии созревание скелета ускоряется, а при позднем – задерживается. Диапазон – от месяца до 20 лет после рождения.

Т а б л и ц а 2

Схема оценки синостозирования трубчатых костей

0 баллов	Эпифизарная линия открыта
1 балл	Начало синостозирования, закрыто менее 1/2 протяжения линии
2 балла	Синостозирование охватило от 1/2 до 2/3 эпифизарной линии
3 балла	Синостозирование охватило почти всю эпифизарную зону, по краям которой сохранились небольшие, свободные от костной ткани участки
4 балла	Синостозирование закончено, на месте эпифизарной линии остается в виде белой полосы участок склерозированной кости
5 баллов	Зона склероза на месте эпифизарной линии исчезла

Костный возраст имеет ряд явных преимуществ в сравнении с другими приемами прямого определения биологического возраста. Темп окостенения определяется не только наследственными, но и внешними влияниями. Сроки окостенения хорошо отражают процессы акселерации и ретардации развития. Применение костной зрелости ограничено, во-первых, из-за необходимости приобрете-

ния дорогостоящего оборудования, во-вторых, из-за отрицательно-го влияния рентгеновских лучей на организм ребенка, а в-третьих, этот метод требует высоких профессиональных знаний.

Определение биологического возраста по степени развития вторичных половых признаков

Это наиболее доступная оценка при массовых обследованиях. Для определения используется схема, предложенная В.Г. Штефко и А.Д. Островским, где степень развития признака выражена в баллах (табл. 3). Результаты обследования записывают в виде «половой формулы», в которой у основания символа отмечается стадия развития признака. Каждой стадии развития того или иного признака соответствует определенное число баллов. Сумма полученных очков, деленная на число изучаемых признаков, является показателем общей степени полового развития каждого индивида в виде численного выражения, которое может варьировать от 0 до 12. Степень биологического развития необходимо оценивать, учитывая паспортный возраст индивида. Например, индивиды 16 лет относятся к акселерантам, если степень их биологического развития оценена в 10–12 баллов; если их развитие оценивается числом баллов от 6 до 10, оно считается средним; если меньше 6 – отстающим.

Вторичные половые признаки появляются в определенной последовательности, которая более четко выражена у женского пола.

У девочек сначала появляются молочные железы. Затем примерно через полтора года появляются первые волосы на лобке. Через несколько месяцев после лобковых волос начинается развитие волосяного покрова в подмышечных впадинах, а при определенном уровне развития указанных признаков – первая менструация. Обычно первая менструация наступает после того, как пройден пик второго ростового скачка.

Из вторичных половых признаков мальчиков раньше других появляются волосы на лобке (между 12-ю–13-ю годами), волосы в подмышечных впадинах начинают расти между 13-ю–14-ю годами. Примерно в то же время начинается рост усов, тогда как воло-

сы на подбородке появляются на 2 года позже, а волосы на груди – после 15–16 лет. У мальчиков-подростков в среднем между 13-ю и 14-ю годами отмечается пубертатное набухание сосков. Через несколько месяцев после этого начинает выступать кадык. Изменение голоса происходит постепенно после 13 лет и нередко завершается лишь после окончания подросткового периода. Поллюции у мальчиков появляются между 14-ю и 15-ю годами.

Т а б л и ц а 3

Схема оценки развития вторичных половых признаков

Признак и стадия	Балл	Характеристика признаков
1	2	3
<i>Ma (mammae) – степень развития грудных желез</i>		
Ma ₀	0	Железы не выступают над поверхностью грудной клетки
Ma ₁	3	Выступают в виде конуса околососковый кружок вместе с соском
Ma ₂	6	Значительное конусообразное выступание желез
Ma ₃	9	Сосок поднимается над околососковым кружком
Ma ₄	12	Железа достигает размеров и формы, характерных для взрослой женщины
<i>P (pubis) – степень развития волос на лобке</i>		
P ₀	0	Волосы на лобке отсутствуют
P ₁	4	Единичные волосы
P ₂	8	Выраженный волосистой покров
P ₃	12	Длинные, густые волосы по всему лобку
<i>Ax (axillaris) – степень развития волос в подмышечной впадине</i>		
Ax ₀	0	Отсутствие волос
Ax ₁	4	Единичные волосы
Ax ₂	8	Выраженный волосистой покров
Ax ₃	12	Полный волосистой покров
<i>C – степень пубертатного набухания сосков</i>		
C ₀	0	Маленький сосок
C ₁	6	Набухание околососкового кружка
C ₂	12	Околососковый кружок плоский, темнопигментированный, с редкими волосками по краю

1	2	3
<i>Г – степень перелома голоса</i>		
Γ_0	0	Детский голос (детская стадия)
Γ_1	6	Смена голоса (пубертатная стадия)
Γ_2	12	Мужской голос (зрелая стадия)

Развитие половой системы сочетается со значительными морфологическими и функциональными изменениями всех органов и систем организма. Единство формирования организма проявляется, в частности, в том, что под влиянием эндокринной системы степень развития половых признаков связана с ростом размеров тела. Таким образом, определение биологического возраста подростков по степени развития вторичных половых признаков может служить надежным критерием для правильной оценки их развития, но эти показатели могут быть использованы только в период полового созревания и при унифицированной системе оценки.

Вопросы для самоконтроля

1. В чем разница между биологическим и паспортным возрастом?
2. Какие существуют требования к показателям биологического возраста?
3. Перечислите основные критерии биологического возраста.
4. Как определяется биологический возраст по зубной зрелости?
5. Как определяется биологический возраст по скелетной зрелости?
6. Как определяется биологический возраст по степени развития вторичных половых признаков?

1.4. Конституция человека

Конституция – явление многопрофильное. В его основе лежит изучение многообразия особенностей телосложения (соматотипов). В современной медицинской антропологии и медицине *конституция*

(от лат. *constitutio* – состояние, сложение, свойство) оценивается как комплекс индивидуальных морфофункциональных особенностей индивида. Часто конституцию понимают как синоним телосложения, но телосложение является лишь одной из сторон конституции – ее внешним морфологическим проявлением.

Конституция – комплекс относительно устойчивых морфологических и функциональных свойств человека, складывающихся в процессе реализации его генотипа, в конкретных условиях окружающей среды.

Конституция определяет:

- 1) внешние морфологические проявления;
- 2) функциональные способности организма:
 - резистентность организма (сопротивление внешним воздействиям);
 - реактивность организма (стремление приспособиться к внешним воздействиям).

Изучение проблемы конституции необходимо для выработки прогноза: как будет вести себя индивид в непривычных условиях среды, как он будет реагировать на ее воздействие. При этом выясняются слабые и сильные стороны организации и функционирования органов и систем, наличие или отсутствие предрасположенности к отдельным патологическим состояниям.

Конституция – это мера способности к адекватной реакции на изменения внешних условий в процессе роста и развития организма.

Вместе с этим, как и любое другое биологическое явление, конституцию удобно рассматривать в ее отдельных проявлениях – аспектах (рис. 1):

- 1) общая конституция;
- 2) частная конституция;
- 3) конституционально-зависимые фенотипические признаки.

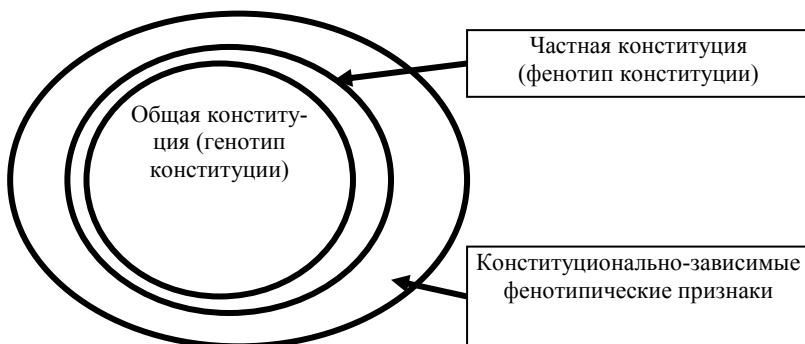


Рис. 1. Схематическое представление конституции

Под *общей конституцией* понимается интегральная характеристика организма человека, его «суммарное» свойство определенным образом реагировать на средовые воздействия, не нарушая при этом связи отдельных признаков организма как целого. Это качественная характеристика всех индивидуальных особенностей субъекта, генетически закрепленных и способных меняться в процессе роста и развития под воздействием факторов среды. Общая конституция обуславливает многие физические, физиологические и психические свойства личности, но они могут изменяться в зависимости от условий развития.

Под *частной конституцией* понимаются отдельные морфологические и (или) функциональные комплексы организма, способствующие его благополучному существованию. В это понятие входят габитус (внешнее строение организма, его общий вид), соматический тип, тип телосложения, особенности функционирования гуморальной и эндокринной систем, показатели обменных процессов и др.

Конституция характеризуется четырьмя особенностями:

- 1) устойчивостью;
- 2) сочетанием с определенным состоянием реактивности организма;
- 3) ассоциативностью с темпами онтогенеза;

4) связанностью с характером процессов жизнедеятельности.

Генетические и фенотипические маркеры

Конституциональные признаки:

- морфологические характеристики организма (телосложение);
- физиологические показатели;
- психические свойства личности.

Маркеры могут быть абсолютными и условными. Их разграничивает мера наследственной обусловленности, большая в первом и меньшая во втором случае.

Генетические маркеры – это наследственно устойчивые на протяжении индивидуального развития признаки, выявляющие ассоциированность с отдельными состояниями организма в условиях нормы и патологии. Генетические маркеры как составные части конституции человека позволяют оценить меру реактивности организма в ответ на средовое или организменное воздействие, характеризуя также профиль индивидуального развития данного индивида. Абсолютные (генетические) маркеры зависят от наследственности на 99%. К ним относятся:

- серологические факторы (например, эритроцитарные антигены);
- некоторые признаки одонтоглифики (рисунок жевательной поверхности премоляров и моляров);
- цвет радужной оболочки глаз;
- хромосомный набор;
- дерматоглифика – кожный узор на подушечках пальцев, ладони и подошве.

Условные маркеры-фены:

- соматотип;
- типы темперамента;
- типы высшей нервной деятельности.

Фены – маркирующие фенотипические признаки, в значительной степени генетически детерминированные, но изменяющиеся под влиянием внешней среды.

Особый интерес представляет связь дерматоглифики и конституции, выяснение сопряженности дерматоглифических признаков с двигательными качествами.

Дерматоглифика

Дерматоглифика как самостоятельная дисциплина сложилась на рубеже XIX и XX столетий, но корни ее уходят в глубокую древность. В 1892 г. английский ученый Френсис Гальтон впервые со-
здал и сформировал *биологические принципы кожных узоров*:

- 1) не подвергаются внешним влияниям и не изменяются;
- 2) генетические детерминированы;
- 3) узоры строго индивидуальны и не повторяются даже у монозиготных и дизиготных близнецов;
- 4) несмотря на исключительно высокую вариабельность, их можно классифицировать.

Ф. Гальтон предложил следующую *классификацию кожных узоров*:

- 1) дуга;
- 2) петля;
- 3) завиток;
- 4) сложные, составные узоры со многими типами (выделен позже).

Кожные узоры возникают в связи с различным расположением папиллярных линий (кожных гребешков), покрывающих всю ладонную и подошвенную поверхность кожи человека. Развиваются кожные гребешки из эпидермальной эктодермы. Закладка их начинается к 3-му месяцу внутриутробного развития, а полностью они формируются у плода к 18-й неделе. Темпы роста и дифференцировки производных эпидермальной эктодермы определяют форму рисунка кожных гребешков на кончиках пальцев – дактилотипа.

При замедленных темпах роста и дифференцировки образуется упрощенный узор типа дуги (рис. 2, а). Гребешки, начинаясь с одного края подушечки, идут к другому краю. Бывает дуга Т-образная (рис. 2, б), более сложная, в середине как бы прерывается. При средних темпах образуется узор типа петли (рис. 2, в). Это

открытый узор – гребешки от апикального конца идут к дистальному и назад к апикальному. При ускоренных темпах развития формируется наиболее сложный узор – завиток (рис. 2, *г*).

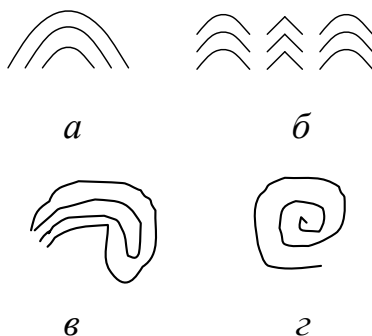


Рис. 2. Типы кожных узоров: *а* – дуга; *б* – Т-образная дуга; *в* – петля; *г* – завиток

Понятие о соматотипах

Для характеристик конституции, основанной на морфологических критериях, используется термин «соматотип». **Соматотипирование** – объединение индивидуальных конституций по общности строения тела. Соматотип человека – это тип строения тела, телосложение.

Для определения соматотипов используют *методы*:

- описательные (рассматривают признаки, которые мало меняются, стабильны и определяются в баллах);
- измерительные (основаны на результатах антропометрии, считаются более точными и объективными);
- переходные.

На начальном этапе – ранней спортивной ориентации – соматотип рассматривается как фактор, определяющий не только величину абсолютных размеров тела, но и темп онтогенеза, столь важный для длительного спортивного прогноза. Для этого пригодны качественные методики соматотипирования, например Штефко–Островского.

На этапе спортивного совершенствования учет соматотипа спортсмена позволяет адекватно оценить соответствие его морфологического статуса модельной характеристике вида спорта. Здесь при соматотипировании рационально использовать количественные методики (Хит–Картера, Чтецова), которые опираются не только на абсолютные размеры тела, но и на их соотношения. При диагностике конституций используются или схемы, предназначенные для взрослых, если не оговаривается невозможность их применения для оценки конституции детей, или специальные схемы, разработанные для детей.

Конституциональные схемы

Разработке конституциональных схем посвящены труды огромного числа антропологов, медиков и психологов. Возникает вопрос: почему же этих схем так много, ведь речь всегда идет об одном и том же – о выделении «реально существующих устойчивых типов» телосложения? Ответ и прост и сложен одновременно: хотя основным определяемым показателем во всех схемах является телосложение, авторы по-разному понимают его значение в обеспечении жизнеспособности организма, используют разные системы признаков и различно оценивают уровень их связей с физиологическими показателями. Наконец, авторы стремятся к все более объективному описанию явления, учитывая недостатки ранее предложенных систем. Как же достигается эта «объективность»? Прежде всего, выделенные конституциональные типы должны отвечать реально существующим закономерностям морфологической изменчивости в группах человека, т.е. фиксировать устойчивые комплексы сочетаний признаков, исходя из представлений об их морфофункциональных связях и корреляциях, а также возрастных закономерностей и генетических данных.

Конституциональная схема представляет своеобразную систему координат (из 2, 3 и более осей изменчивости), в которой должны найти свое место прежде всего наиболее типичные (нормальные) из возможных вариантов сочетания признаков. Но лучше, если схема будет максимально описывать всю изменчивость. Проблема заклю-

чается как всегда в том, какое «место» этого координатного пространства мы будем считать нулевой точкой отсчета. Вспомните о бегунах-стайерах и борцах сумо: если мы захотим описать морфологическую изменчивость при помощи всего трех типов, то бегуны и сумоисты составят ее два крайних варианта, а подавляющее число других людей попадут в одну среднюю «нормальную» группу. Но ведь и между этими людьми существуют колоссальные морфологические отличия. Таким образом конституциональные схемы помогают корректно описать непрерывность изменчивости при помощи поиска объективных дискретных комплексов признаков.

Конституциональные схемы разделяются на:

- 1) нормальные (собственно антропологические);
- 2) специальные – разработанные для специфических прикладных целей (например, для диагностики ярко выраженных патологий, в спорте, для качественного профессионального отбора и т.п.).

Конституциональные схемы основываются на антропоскопии (описании признаков), антропометрии (измерении признаков) или могут сочетать оба этих принципа. Наконец, конституциональная схема должна учитывать особенности изменчивости, связанные с факторами полового диморфизма и возрастной вариации.

Конституциональные классификации можно разделить еще на две группы:

- морфологические, или соматологические, схемы, в которых конституциональные типы определяются на основе внешних признаков сомы;
- функциональные схемы, в которых особое внимание отводится функциональному состоянию организма.

Координаты телосложения

В антропологии для мужчин и женщин чаще разрабатываются отдельные конституциональные схемы. Отдельные схемы предлагаются также для детей и подростков. Однако эта условность, необходимая для более качественной классификации отдельных индивидов разного пола и возраста, отнюдь не означает, что мы в

каждом случае описываем организм с разных позиций. На самом деле конституциональные схемы очень похожи. Практически все они построены с использованием так называемых векторов, или координат, телосложения, представляющих собой обычный возрастающий ряд изменчивости отдельного признака (от малых его величин к большим) или комплекса признаков (например, компонентов тела или его общей формы):

1. *Степень развития и топография жировой и мышечной ткани* (определяют форму тела и лучше всего объясняют морфофункциональный статус организма). На основе только этих двух показателей возможно построение нескольких осей абсолютной и относительной изменчивости.

2. *Андро- и гинекоморфия*.

3. *Макро- и микросомия* (ось абсолютных размеров тела). Люди бывают большие и маленькие, высокие и низкие, легкие и тяжелые. Макросомия соответствует крупным размерам, микросомия – малым. Хотя в характеристику макро- и микросомии в принципе могут входить любые антропометрические признаки, чаще определяется рост человека (правильнее говорить – длина тела), его вес и обхват груди, т.е. тотальные размеры тела.

4. *Узко- и широкосложенность* (относительная координата), а также *брахи- и долихоморфия*. Люди могут иметь длинные ноги при коротком туловище с узкими плечами и тазом (долихоморфия), а могут иметь длинное туловище с широкими плечами и тазом при относительно коротких ногах (брахиморфия). Наиболее обычен средний – пропорциональный вариант (мезоморфия). При этом стоит отличать широкосложенность от полноты. Широкоплечий человек вполне может иметь слабо развитую жировую компоненту, а толстый человек – узкие плечи и таз. Обычно в понятие брахи- и долихоморфии вкладывают развитие именно поперечных размеров – ширины таза и плеч, но иногда учитывается и передне-заднее развитие грудной клетки и тазовой области.

5. *Признаки лица и головы* используются реже. Считается, что эти показатели в большей степени отражают другие аспекты из-

менчивости (например, расовый) и потому не могут использоваться при создании конституциональных схем.

Всевозможные сочетания этих и других векторов изменчивости позволяют описать практически весь возможный спектр индивидуальной вариабельности телосложения. Различия схем разных авторов объясняются приданием большего или меньшего значения тем или иным осям и связям морфологии человека с физиологическими процессами.

Схемы Г. Виола и Л. Мануврие (конституции по пропорциям тела). Эта классификация, созданная в 1909 г. на основании обследования всего 400 мужчин венецианцев, была *первой схемой, основанной на системе антропометрических признаков*. Из них следовало рассчитать 4 эмпирически установленных индекса, по соотношению которых индивид классифицировался в один из типов:

- *лонгитип* (микропланхния) – длинные конечности по отношению к туловищу, относительно широкая грудная клетка и преобладание поперечных размеров над передне-задними;

- *нормотип* (нормоспланхния) – пропорциональное (нормальное) соотношение размеров, так называемый «средний» человек;

- *брахитип* (макроспланхния) – противоположные соотношения по сравнению с лонгитипом;

- *смешанный тип* – включает все случаи несоответствия четырех индексов, когда один из индексов соответствует одному типу, второй – другому и т.д.

Таким образом, в противоположность *нормальному типу* со средним ростом и пропорциональным строением, по Г. Виола, существуют два крайних: с преобладающим развитием конечностей (чрезмерно выраженный тип «взрослого») и с преобладающим развитием туловища (приближающийся в пропорциях к типу «ребенка»).

Близкий вариант классификации был предложен еще в конце XIX в. французским антропологом Л. Мануврие, различавшим среди населения Франции аналогичные *типы пропорций по индексу скелети*. Выделяют следующие варианты:

- *макроскелетия* – длинные относительно тела конечности;
- *мезоскелетия* – пропорциональное развитие;
- *брахискелетия* – короткие конечности.

Таким образом, конституции Л. Мануврие соответствуют вариантам строения, выделенным по координате брахи- и долихоморфии. Системы Л. Мануврие и, особенно, Г. Виола были в свое время положены в основу многих работ, посвященных морфологическому анализу, различиям в восприимчивости к болезням и, в меньшей степени, физиологическим и психологическим соотношениям у человека. Однако с точки зрения методики выделения реально существующих и устойчивых вариантов они были далеки от совершенства. Сомнение вызывает «точка отсчета» координат и исключительный акцент на использовании индексов.

Один из таких оригинальных подходов был воплощен в мужской конституциональной схеме К. Сиго (табл. 4), разработанной им и его учениками в 1914 г. Авторы предполагали, что за формирование телосложения целиком ответственны условия окружающей среды. Эти факторы воздействуют на индивида «через воздух, воду и землю». Длительное воздействие одних и тех же факторов усиливает проявление признаков соответствующего типа, а результат – особенности формы тела – может закрепляться наследственностью.

Т а б л и ц а 4

Мужская конституциональная схема К. Сиго (1914)

Фактор среды	Тип	Характеристика типа
Воздушная среда	<i>Респираторный</i>	Значительное развитие носа, щек, вообще среднего отдела лица. Лоб и нижняя часть лица развиты при этом незначительно. Шея у людей респираторного типа длинная, с большим кадыком, рост высокий. Из мускулатуры сильно развита только дыхательная часть. Соответственно, грудная клетка очень большая, в отличие от брюшной полости. Руки и ноги довольно длинные, но не мускулистые. Респираторный тип по Сиго развивается у людей в самом раннем возрасте и сохраняется в течение всей жизни. Внутри него Сиго выделял два варианта: один с прямым носом и широким лицом, <i>брахицефальный</i> , другой – с орлиным носом, узким лицом и <i>долихоцефальный</i> . Здесь К. Сиго явно смешивал конституциональные и расовые признаки. Описанный им комплекс черт лица респираторного типа наиболее напоминает вариант индосредиземноморской расы

Фактор среды	Тип	Характеристика типа
Обилие пищевых ресурсов	<i>Дигестивный</i>	В лице наиболее развита нижняя часть – углы нижней челюсти развернуты, рот широкий, а губы толстые, тогда как нос и лоб небольшие. Шея короткая и жирная, в туловище преобладающим отделом является живот. Грудная клетка тоже широкая, но очень короткая и выдается вперед меньше, чем живот. Конечности человека дигестивного типа короткие, полные, со слабо развитыми мышцами. Складывается этот вариант в раннем детстве
Большая подвижность	<i>Мускулярный</i>	Голова сложена гармонично, ее три отдела – верхний, средний и нижний равны между собой по размерам. Лоб, нос и рот умеренных размеров. Шея широкая, но длина может быть разной. В форме туловища выделяются широкие плечи, а мускульный рельеф хорошо развит. Кисти рук таких людей могут быть очень широкими. В целом, мускулярный тип соответствует идеалу красоты древних греков и является наиболее часто встречающимся. По К. Сиге, он развивается у человека поздно, между 16-ю и 18-ю годами. Внутри типа Сиге выделил два варианта: <i>короткий</i> – отличается коренастостью, медленными движениями, некоторой неуклюжестью и <i>длинный</i> – более грациозный
Нехватка ресурсов	<i>Церебральный</i>	Голова кажется непропорционально большой в сравнении с худым невысоким телом. Верхняя часть лица очень большая, с широким и высоким лбом, а нижняя – маленькая, отчего лицо кажется треугольным. Тело людей церебрального типа маленькое, грудь плоская и узкая, конечности тонкие, с очень слабой мускулатурой. Сложение такого типа заканчивается к концу периода полового созревания

Схема К. Сиге не основана на какой-то определенной системе морфологических признаков, выглядит хаотичной и искусственной. Указанные в характеристике типов признаки в реально существующих группах населения встречаются в самых разных комбинациях (особенно это касается черт лица). Наконец, Сиге смешивал конституциональные признаки с расовыми, придавая им к тому же определенное социальное значение. Не выдерживают серьезной критики и основные исходные посылки построения схемы. Сложение конституциональных типов в ней объясняется исключительно влиянием среды, а генетический фактор практически полностью игнорируется.

Э. Кречмер предложил конституциональную схему (табл. 5), где главная роль отведена наследственности.

Недостатки этой схемы:

- целиком базируется на антропоскопических наблюдениях;
- в ней содержится типичная для ранних конституциональных систем ошибка: автор искренне полагал, что людей действительно можно классифицировать на дискретные, четко разграниченные категории и лишь небольшое число индивидов останется «за рамками» этих категорий;
- выделенные конституциональные типы Э. Кречмер считал одинаково применимыми к мужчинам и женщинам, хотя и отмечал, что у последних ярко выраженные типы встречаются реже;
- типология основана на слишком небольшой по меркам антропологии выборке.

Т а б л и ц а 5

Схема Э. Кречмера

Тип	Основные характеристики
<i>Астенический, или лептосомный</i>	Отличается узкосложенностью, которая проявляется во всех частях тела и видах тканей. Астеник имеет узкие плечи, таз, тощую шею, тонкие конечности. Благодаря такой вытянутости телосложения астеник кажется более высоким, чем он есть в действительности. Жировой и мышечный компонент развиты крайне слабо. Жироотложения у астеников практически нет. Кости также тонкие, но в относительном выражении оказываются преобладающим компонентом тела. Грудная клетка длинная, узкая и плоская, с острым надчревым углом (образованным нижними ребрами, сходящимися к груди). Живот худой, впалый или плоский. Лицо астеников также узкое и вытянутое, со слабым «убегающим» подбородком и выступающим носом. Э. Кречмер подробно описывал форму носа астеников, например, говорил о его узости, остром опущенном кончике, что в действительности является скорее расовым, а не конституциональным признаком. Астенические особенности складываются в раннем детстве и остаются постоянными во всех возрастах. Ни в детстве, ни в старости астеники не проявляют склонности к накоплению жира или развитию мышц. Специфика этого типа, связанная с полом, проявляется в большей частоте низкорослости среди астеничных женщин

Тип	Основные характеристики
Атлетический	Характеризуется сильным развитием костного и мышечного компонентов. Плечи широкие, грудная клетка широкая и выпуклая. Надчревный угол близок к прямому. Живот упругий, с выраженным рельефом мышц. В целом туловище расширяется вверх. Шея массивная, кажется еще массивнее из-за большого развития трапециевидной мышцы. Кости массивные и толстые, что обусловлено значительным развитием мышц. Руки несколько удлинненные, с большим мускульным рельефом. Рост таких людей по Кречмеру средний или выше среднего. Лицо атлетов грубоватое, высокое, несколько угловатое, с выраженным костным рельефом. Сильно развиты надбровные дуги, скулы выступают, нижняя челюсть широкая с большим «волевым» подбородком. Нос крупный, притупленный. Согласно Кречмеру, характерный комплекс атлетического типа складывается в период полового созревания, а после 25 лет становится еще отчетливее. Половая специфика типа проявляется в большем развитии жировой компоненты у женщин по сравнению с мужчинами
Пикнический	Характеризуется склонностью к жиротложению при относительно слабом развитии мышечного и костного компонента. Грудь и живот пикника большие, широкие и объемистые. Шея короткая, толстая. Туловище, напротив, длинное. Грудная клетка выпуклая, заметно расширяется вниз, бочкообразная. Надчревный угол широкий. Живот толстый. Руки и ноги коротковатые, пухлые, со слабо развитой мускулатурой. Лицо пикников широкое, округлых форм, за счет обильного подкожного жира кажется уплощенным. Лоб широкий и выпуклый, нос средней величины, с прямой или вогнутой спинкой. Нижняя челюсть кажется шире за счет пухлых щек. Пикнический тип, в отличие от астенического и атлетического, достигает полного развития только после 30 лет, хотя склонность к развитию этого типа проявляется намного раньше. Половые различия заключаются в несколько разном распределении жира на туловище: у мужчин оно концентрируется в основном на руках, плечах и, особенно, в области живота, а у женщин – на груди и на бедрах

И.Б. Галант предложил схему (табл. 6) описывающую различные женские конституции. Признаками, по которым выделяются конституциональные типы, являются длина тела, степень жиротложения, развитие мускулатуры, форма грудной клетки и живота, пропорции тела. Отдельные типы объединены в три группы:

- *лептосомные конституции* – характеризуются прежде всего узкосложенностью, преобладанием роста в длину;
- *мезосомные конституции* – главной характеристикой является средне- или широкосложенность, преобладание роста в ширину;
- *мегалосомные конституции* – отличаются прежде всего массивностью сложения и крупными размерами, равномерным ростом в длину и ширину.

Таблица 6

Женские конституции по И.Б. Галанту

Группы	Типы	Характеристика типов
Лептосомные (узкосложенные)	Астенический	Тело астеничек худое, с узкой, длинной и плоской грудной клеткой, узкими плечами и бедрами, сутулыми плечами, впалым животом. Руки и ноги тонкие, при смыкании ног между бедрами остается свободное пространство. Мускулатура и жировая ткань развиты очень слабо. Согласно оригинальному описанию Галанта, рост невысокий, однако в действительности высокий рост встречается чаще, чем низкий. Типичные черты лица – узость, бледность, сухость, угловатость, малые размеры подбородка
	Стенопластический	Отличается от астенического большей упитанностью. При этом пропорции тела почти такие же, но жировая и мышечная компоненты развиты значительно. На практике рост обычно средний или ниже среднего. Иногда для наглядного описания стенопластического типа указывают, что это тип Венеры Милосской
Мезосомные (средне- и широкосложенные)	Мезопластический	Фигура такой женщины имеет коренастые пропорции, широкие плечи и таз. Костная и мускульная компоненты развиты значительно, но не чрезмерно. Жировая компонента развита также умеренно. Рост обычно средний. Для описания этого типа применяют описание «женщина-работница». Лицо, согласно Галанту, округленное, широкое, особенно в средней части, с несколько уменьшенной нижней челюстью
	Пикнический	Отличается прежде всего повышенным жиротложением. Конечности кажутся укороченными из-за большой толщины. Туловище полное, с укороченной шеей, широкими округлыми плечами, цилиндрической грудной клеткой, выпуклым животом, широким тазом. Ноги толстые, бедра сомкнуты. Рост обычно средний или ниже среднего. Голова и лицо округленные
Мегалосомные (массивность сложения)	Субатлетический	Похож на стенопластический, но заметно отличается высоким ростом, лучшим развитием мускулатуры, атлетическими пропорциями при сохранении женственности. Тип часто встречается среди фотомodelей
	Атлетический	Прежде всего эти женщины характеризуются очень мощным скелетом и сильной мускулатурой. Жировая компонента, напротив, развита очень слабо. Пропорции атлетичек больше напоминают мужские – широкие плечи, выпуклая грудная клетка, узкий таз, крупная нижняя челюсть. Тип чаще встречается среди профессиональных спортсменов
	Эурипластический	Сочетает признаки атлетического типа с повышенным жиротложением. У эурипластичек широкие плечи, большой рост и значительные отложения подкожного жира. Наглядное описание эурипластического типа – «женщины-гренадерши»

Система, разработанная американским антропологом У. Шелдоном, еще более полно учитывает непрерывность изменчивости по сравнению со схемами В.В. Буака и И.Б. Галанта. Он предложил оценивать конституцию человека по трем осям – векторам изменчивости. Эти векторы примерно соответствуют развитию зародышевых листков (эндо-, мезо- и эктодермы), из которых возникают, соответственно, внутренние органы, опорно-двигательный аппарат и покровы тела с нервной системой. Таким образом, первая ось представляет характеристику *эндоморфии*, выраженную в жировом компоненте и развитии внутренних органов. По второй оси оценивается *мезоморфия*, или костно-мускульный компонент. Третья ось описывает *этоморфию* – относительное развитие покровов тела и нервной системы. Степень выраженности признаков по трем названным векторам оценивается баллами от 1 (минимум) до 7 (максимум). Допустимо использование также и дробных показателей (например, 1,5 и т.п.). В результате каждый индивид может быть описан в виде трехзначного кода и находит свое четкое положение в системе координат (X–Y–Z). Для определения женского соматотипа по схеме У. Шелдона применяются те же категории и та же система координат, что и для мужчин, а это ведет к избытку эндоморфных типов и полному отсутствию баллов 6 и 7 по мезоморфному компоненту.

Для оценки координат телосложения Б. Хит и Л. Картер предложили использовать открытую шкалу, начинающуюся с нуля и не имеющую верхнего предела. Соответственно, суммы баллов, при помощи которых описывается соматотип, может теоретически быть меньше 3 и больше 12. Метод основан на расчете стандартных уравнений множественной регрессии между соматотипом и антропометрическими размерами тела и призван более прямолинейно соотнести компоненты с такими удобными признаками, как длина тела, вес, толщина жировых складок и ширина кости. Используется также и весо-ростовой индекс. Б. Хит и Л. Картер полагали, что их «универсальный соматотипологический метод» позволяет описывать конституцию «людей всех национальностей и рас, любого возраста и пола».

Для формализации методики В.П. Чтецовым, М.И. Уткиной и Н.Ю. Лутовиновой была предпринята попытка сделать основой соматической схемы антропологические измерения. Согласно этой схеме множество антропологических измерений (24 признака для мужчин и 10 для женщин) по специальным таблицам преобразуются в баллы. Отдельно определяются баллы скелетного, мышечного и жирового компонентов, а для женщин – только костного и жирового. Далее по специальной сетке находится соответствующий конституциональный тип. Исходное определение значений баллов основано на уравнениях множественной регрессии (как и в системе Б. Хит и Л. Картера). Для мужчин, в отличие от схемы В.В. Бунака, дополнительно выделены астенический и эурисомный типы. Астенический тип характеризуется минимальным развитием мышечного и жирового компонентов. Эурисомный тип, напротив, отличается максимальным развитием мышечного, костного и жирового компонентов. Для женщин, в дополнение к схеме И.Б. Галанта, выделены подварианты астенического типа – узко- и ширококостный, а также низкорослый эурипластический. Несмотря на то что при создании схемы была поставлена цель простоты и доступности ее использования, в действительности ее применение достаточно.

Отечественный антрополог В.Е. Дерябин выделил два общих подхода к решению проблемы непрерывности и дискретности в конституциологии (Дерябин В.Е., 1993):

1. При *априорном подходе* автор схемы еще до ее создания имеет собственное представление о том, какие бывают типы телосложения. Исходя из этого, исследователь конструирует свою типологию, делая акцент на тех признаках или их комплексах, которые отвечают его априорным представлениям о закономерности морфологической изменчивости. Этот принцип использован в подавляющем большинстве рассмотренных выше конституциональных схем.

2. *Апостериорный подход* предполагает не простое наложение схемы индивидуального морфологического разнообразия на объективно существующую изменчивость – сама конституциональная система строится исходя из зафиксированного масштаба изменчивости, с учетом ее закономерностей. При таком подходе теорети-

чески лучше будут учитываться объективные закономерности морфофункциональных связей и коррелированности признаков. Сводится к минимуму и субъективность типологии. При этом используется аппарат многомерной математической статистики.

Три главных вектора соматической изменчивости:

– *первая ось* описывает изменчивость общих размеров тела (габаритные размеры скелета) по координате макро- и микросомии. На один ее полюс попадают люди с малыми общими размерами (*микросомия*). С противоположной стороны располагаются индивиды с крупными размерами тела (*макросомия*);

– *вторая ось* разделяет людей по соотношению мышечного и костного компонентов (определяющих форму двигательного аппарата) и имеет вариацию от *лептосомии* (ослабленное развитие мышечного компонента по сравнению с развитием скелета), до *брахисомии* (обратное соотношение компонентов).

– *третья ось* описывает изменчивость величины подкожного жировоголожения разных сегментов тела и имеет два крайних проявления – от *гиподипозности* (слабое жировоеложение) до *гипердипозности* (сильное жировоеложение).

В морфологическом аспекте *изучение конституциональных типов у детей* представляет особый интерес, т.к. в процессе роста и созревания типы физического развития и конституциональные типы находятся в более тесной связи друг с другом, чем у взрослых людей. Например, в период полового созревания у некоторых детей отмечается временное усиление жировоголожения, которое в определенной степени имитирует морфологические черты пикнического телосложения. Таким образом, могут быть допущены ошибки при определении типа конституции. *Эндоморфный тип* – такие дети растут быстрее, раньше появляются вторичные половые признаки, более быстрыми темпами идет окостенение скелета. *Эктоморфный тип* – такие дети растут медленнее и дольше, пубертат начинается позже, и они достигают большей дефинитивной длины тела. *Мезоморфный тип* – у таких детей промежуточные значения.

В схеме по *Харрисону и Уайнеру* (табл. 7) показана связь морфологических особенностей организма человека с его психологическими свойствами и склонностью к болезням.

Т а б л и ц а 7

Соматотипирование по Харрисону и Уайнеру

Тип телосложения	Дигестивный	Мышечный	Торакальный
Внешние признаки: кости скелета	Широкие	Широкие	Узкие
Плечи	Не шире бедер	Шире бедер	Немного шире бедер
Конечности	Сравн. короткие	Сравн. средние	Сравн. длинные
Угол между нижними ребрами	Тупой	Прямой	Острый
Функциональные свойства: объем легких	Относ. малый	Относ. средний	Относ. большой
Мышечная сила	Большая	Большая	Малая
Выносливость	Малая	Средняя	Средняя
Наиболее вероятные заболевания	Диабет, инсульт	Инфаркт миокарда	Болезни легких
Некоторые сопряженные психологические свойства	Любовь к комфорту, жажда похвалы, тяга к людям в тяжелую минуту	Любовь к приключениям, эмоциональная черствость, тяга к действию в тяжелую минуту	Необщительность, эмоциональная сдержанность, тяга к одиночеству в тяжелую минуту

В нашей стране широко применяется *схема В.Г. Штефко и А.Д. Островского (1929)*, пригодная для классификации взрослых, а также для детей и подростков (табл. 8).

По этой схеме выделяют следующие типы:

1. *Торакальный* – с сильным развитием грудной клетки в длину, небольшим животом, большой жизненной емкостью легких и развитием тех частей лица, которые принимают непосредственное участие в дыхании.

2. *Дигестивный* – с развитой нижней третью лица, расходящимися ветвями нижней челюсти и с лицом формы усеченной пира-

миды, короткой шеей; грудная клетка широкая и короткая, живот сильно развит, с выраженными жировыми складками, надчревный угол тупой.

3. *Абдоминальный* – отличается от предыдущего значительным развитием живота при малой грудной клетке, но жировой слой развит умеренно; в настоящее время встречается редко.

4. *Мышечный* – характеризуется лицом квадратной или округлой формы, развитым равномерно туловищем, средним надчревым углом, плечами широкими и высокими; грудная клетка средней длины, резко выражены контуры мышц.

5. *Астеноидный* – с тонким скелетом, длинными нижними конечностями, узкой грудной клеткой, острым надчревым углом, слабо развитым животом.

6. *Неопределенный* – по набору признаков нельзя отнести к какому-либо из перечисленных типов.

Таблица 8

Схема соматотипов Штефко–Островского (1929)

Соматотип	Форма грудной клетки	Форма спины	Форма живота	Форма ног	Костная масса	Мышечная масса	Жировая масса
Астеноидный	уплощенная	сутуловатая	впалая или прямая	О-образная	1	1	1
Торакальный	цилиндрическая	прямая, норма (N)	прямая	О-образная или N	1,5	1,5	1,5
Мышечный	цилиндрическая	N или уплощ.	прямая	О-образная, N, X-образная	2	2	2
Дигестивный	коническая	плоская	выпуклая	X-образная	2,5–3	2,5–3	2,5–3

Торакальный тип часто встречается среди художественных гимнасток, фигуристов, прыгунов в воду. Мышечный тип вообще характерен для типичных представителей спорта.

При описании мужских конституций широко используется *схема В.В. Бунака (1941)*. Всего выделяют 3 основных типа: грудной, мускульный и брюшной и 4 промежуточных подтипа: грудно-мускульный, мускульно-грудной, мускульно-брюшной и брюшно-мускульный (табл. 9).

Т а б л и ц а 9

Соматотипология В.В. Бунака (1941)

Тип		Характеристика
Основные	грудной	См. в тексте
	мускульный	См. в тексте
	брюшной	См. в тексте
Промежуточные	грудно-мускульного	Похож на грудной тип, но грудная клетка не такая плоская, а мускулатура достаточно хорошо развита
	мускульно-грудной	Похож на мускульный тип, но отличается от него низкой степенью жиротложения и более уплощенной грудной клеткой
	мускульно-брюшной	Похож на мускульный тип, но отличается повышенной степенью жиротложения и более конической формой грудной клетки
	брюшно-мускульный	Похож на брюшной тип, но отличается достаточно хорошо развитой мускулатурой
Неопределенные*	собственно неопределенные	Любые другие типы телосложения, не вписывающиеся в представленную схему по сочетанию признаков. Например, <i>грудно-брюшной (Г-Б)</i> и <i>брюшно-грудной (Б-Г)</i> с признаками одновременно грудного и брюшного типов: слабое развитие мускулатуры, низкое жиротложение, при этом могут быть характерны вздутый живот и цилиндрической формы грудная клетка
	аномальные	Широкий спектр аномальных типов телосложения, связываемых с определенной очевидной для исследователя патологией (например, дис-

		трофия, дисплазия, гипотизарное ожирение, гермафродитизм и прочие патологические варианты)
--	--	--

* Неопределенные типы по сути являются тоже промежуточными.

Грудной тип характеризуется слабым развитием жиротложения, слабым и средним развитием мускулатуры, удлиненной или уплощенной грудной клеткой, острым эпигастральным углом, плоской или впалой брюшной стенкой.

Брюшной тип отличается сильным жиротложением, слабым или средним развитием мускулатуры, короткой грудной клеткой, тупым эпигастральным углом, округлым животом, часто со складкой над симфизом.

Мускульный тип занимает промежуточное положение. Он характеризуется слабым или средним развитием жировой клетчатки, сильным развитием мускулатуры, цилиндрической грудной клеткой, прямым эпигастральным углом, прямым, крепким животом.

Помимо этой схемы существуют и другие разработанные схемы этого автора. Возможно использование сочетанной схемы (табл. 10) соматотипов по Бунаку и Штефко–Островскому с применением балльной оценки (от 1 до 3) ряда параметров. В детском возрасте оценка конституциональных типов часто затруднена из-за того, что они еще морфологически недостаточно дифференцированы. Мышечная ткань развита слабо, а значительное развитие подкожно-жировой клетчатки свойственно большинству детей.

Т а б л и ц а 10

Сочетанная схема соматотипов (В.В. Бунак, В.Г. Штефко, А.Д. Островский)

Соматотип	Форма гр. клетки	Форма спины	Форма живота	Форма ног	Костная масса, баллы	Мышечная масса, баллы	Жировая масса, баллы
1	2	3	4	5	6	7	8
Грудной ¹ Астеноидный ²	упл.	сутул.	впалый прямой	О-обр. норм.	1	1	1
Торакальный ²	цилин.	норм.	прямой	О-обр. норм.	1,5	1,5	1,5
Мускульный ¹ Мышечный ²	цилин.	норм. или	прямой	О-обр. норм.	2	2	2

		уплощ.					
--	--	--------	--	--	--	--	--

О к о н ч а н и е т а б л . 10

1	2	3	4	5	6	7	8
Брюшной ¹ Дигестивный ²	конич.	уплощ.	выпукл.	Х- обр.	2–3	2,5–3	2,5–3

¹ – соматотип по Бунаку; ² – соматотип по Штефко–Островскому.

Схемы В.В. Бунака (табл. 11, 12) имеют одно важное свойство – они позволяют достаточно полно и с методической точки зрения вполне корректно описать непрерывную изменчивость телосложения мужчин в виде небольшого числа унифицированных дискретных типов. Однако некоторая и, возможно, существенная доля информации при этом все же теряется: на практике до 30% обследуемых классифицируются как «неопределенный тип».

Т а б л и ц а 11

Соматотипология В.В. Бунака (по ширине плеч и длине ног, 1937)

Признак		Длина ноги		
		малая	средняя	большая
Ширина плеч	малая	Арростоидный тип	Гипогармоноидный тип	Тейноидный тип
	средняя	Гипостифроидный тип	Гармоноидный тип	Паратейноидный тип
	большая	Стифроидный тип	Парагармоноидный тип	Гигантоидный тип

Т а б л и ц а 12

Соматотипология В.В. Бунака (3-я схема, 1931 г.)

Признак		Мышечный тонус		
		Слабый	Средний	Сильный
1		2	3	4
Жироотложение	малое	Гипотонический тип (ослабленный грудной)	Олиготонический мускулярный тип (грудной)	Гетеротонический мускулярный (мускульно-грудной)

Окончание табл. 12

1		2	3	4
Жироотложение	среднее	Олиготонический нутритивный тип (грудно-брюшной)	Мезотонический тип (грудно-мускульный)	Архитонический мускулярный тип (мускульный)
	сильное	Гетеротонический нутритивный тип (брюшно-мускульный)	Архитонический нутритивный тип (брюшной)	Гипертонический тип (мускульно-брюшной)

Многоплановость техники соматотипирования, наличие различных школ (табл. 13) и традиций не приводят к рассогласованию результатов, так как в конечном счете все многообразие телесных проявлений сводится к двум крайним соматотипам – эктоморфному (долихоморфный, грудной, астенический) против эндоморфного (брахиморфный, дигестивный, гиперстенический) и одному промежуточному – мезоморфному (мускульный, нормостенический).

Таблица 13

Характеристика пропорций тела по П.Н. Башкирову (1962)

Тип пропорций	Размеры тела, выраженные в процентах его длины				
	Длина туловища	Длина ноги	Длина руки	Ширина плеч	Ширина таза
долихоморфный	29,5	55,0	46,5	21,5	16,0
мезоморфный	31,0	53,0	44,5	23,0	16,5
брахиморфный	33,5	51,0	42,5	24,5	17,5

Факторы формирования соматотипов

Соматотип, как и все составляющие организма, испытывает влияние наследственности и внешней среды. Доля наследственных влияний на формирование мускулатуры и пропорций тела составляет 70–80%. Была показана также связь условий внешней среды и развития преимущественно мускульного компонента в более суро-

вых климатических условиях, в то время как грудной и брюшной типы чаще встречаются в районах более умеренного и теплого климата. Эта связь носит причинно-следственный характер – с ухудшением погодных условий (низкая температура, сильный ветер) возрастает теплоотдача организма, для компенсации расхода энергии она должна вырабатываться организмом в повышенных количествах, а главный энергопроизводитель – мускулатура, мышечный компонент соматотипа – хорошо выраженный мезоморфный компонент.

Степень воздействия внешней среды на формирование разных соматотипов неодинакова. Установлено, что самым устойчивым к влияниям внешних факторов является дигестивный тип, так как у него наследственность предопределяется почти на 100%. Велика роль наследственности и для астеноидного типа. Наиболее изменчив торакальный тип, который занимает промежуточное положение между мышечным и астеноидным и может перейти в первый при благоприятных условиях, а во второй – при неблагоприятных. Мышечный тип наследуется на 60–65%. Эти данные являются практическим выходом на спортивный отбор.

Механизм соматэкологических связей включает как прямую трансформацию соматотипа соответственно условиям среды, так и своеобразный экологический отбор, сохраняющий лиц с соматическими особенностями, адекватными требованиям среды.

Влияние внешней среды существенно усиливается в критические периоды онтогенеза – у новорожденных и в период пубертатного развития, когда у детей происходит резкая эндокринная перестройка организма. Гормоны (рис. 3) принадлежат к факторам, наиболее эффективно влияющим на дифференциацию как темпов развития, так и соматического статуса. Представители различных соматотипов обладают гормональным своеобразием. Четко прослеживаются вариации содержания и экскреции гормонов в связи с пропорциями тела (у девочек эти особенности проявляются с 9 лет, такие же взаимосвязи обнаруживаются у мальчиков). Чем выше тестостеронная насыщенность организма, тем меньше развитие подкожного жира, более уплощенная грудная клетка, уже та-

лия и лицо, т.е. соматотип характеризуется большей узкосложностью и меньшим жиронакоплением.



Рис. 3. Схема влияния одного фактора (уровень половых гормонов) на формирование соматотипа

Таким образом, регулируя уровень половых гормонов, можно влиять на сроки полового созревания и формирование соматотипа.

Соотношение темпов онтогенеза и конституционально-зависимых признаков

Конституционально-зависимые признаки – особенности индивидуального стиля жизнедеятельности, поведения, любых типов деятельности в связи с определенной принадлежностью к определенной частной конституции, с наличием одного или нескольких маркерных признаков.

Костная система и соединения. Показано отличие темпов костного созревания и неравномерность старения костей и суставов у лиц различной конституциональной принадлежности. Так как человек в ходе спортивной деятельности постоянно испытывает механические толчки и сотрясения, воспринимаемые скелетом и передающиеся от одной кости к другой, результатом этих механических воздействий служат изменения скелета в виде деформирующего артроза или артрозоподобных состояний. Мера устойчивости скелета к механическим перегрузкам также обусловлена конституцией (более низкая при эндоморфии соматотипа и более высокая при эктоморфии).

Мышечная система. Отношение силы мышцы к ее анатомическому поперечнику (удельная сила) индивидуально многообразно и в числе прочих факторов зависит от конституции и пола. Величина удельной силы выше у представителей эктоморфного типа и ниже у эндоморфного соматотипа.

Сердечно-сосудистая система. Общий план строения венозного русла (сетевидный и магистральный венотипы) определяется наследственностью. Однако при неблагоприятных условиях среды более онтогенетически ранняя сетевидная фаза строения вен сохраняется чаще, чем при отсутствии вредностей. А при сетевидном венотипе чаще встречается варикозное расширение подкожных вен нижних конечностей. В практике спорта нередко применяются упражнения, связанные с изометрическими сокращениями. Между тем именно при этом режиме мышечной работы создаются все условия для формирования варикозных расширений, так как при этом затрудняется отток крови по глубоким венам и избыток крови поступает в подкожное венозное русло. При сетевидном расположении эвакуаторные возможности вен затруднены, так как диаметр в среднем меньше, чем при магистральном расположении, и хуже развиты мышечные структуры. Из-за дефицита гладкомышечных элементов возникает гипомобильность венозной стенки, снижаются эвакуаторные возможности, что способствует застою крови в подкожных венах и образованию варикозных расширений. Таким образом, сетевидность венотипа – фактор риска возникновения варикозной болезни у спортсменов. Сетевидность венотипа – это результат задержки возрастной перестройки в направлении сетевидность – магистральность.

Ведущая роль в формировании конституциональных признаков принадлежит биохронологическому фактору – темпам онтогенеза. Ускорение – средний уровень – замедление темпов онтогенеза обнаруживают свое действие при различных проявлениях конституции. Следует, однако, отметить, что такое сведение воедино общих, частных и региональных проявлений конституции человека возможно только в случае синхронного развития органов при ускорении и замедлении темпов онтогенеза. Если же происходит

рассогласование темпов роста и развития разных частей организма, органов и их структур, то это отражается на результативности, ослабляя устойчивость организма к ряду заболеваний. Так, соматически акселерированный ребенок или подросток может быть задержан в развитии двигательных функций. Нередко у высокорослого подростка сердце не достигает должных размеров и имеет каплевидную форму, возникают явления дистонии с повышением или понижением уровня артериального давления. Синхронность развития при ускорении темпов онтогенеза нарушается чаще, чем при их замедлении или сохранении на среднем уровне.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое конституция человека?
2. Перечислите генетические и фенотипические маркеры конституции человека.
3. Что изучает дерматоглифика?
4. Что такое соматотипирование?
5. Какой принцип построения конституциональных схем?
6. Какие существуют координаты телосложения?
7. Дайте характеристику конституциональной схемы В.Г. Штефко и А.Д. Островского (1929).
8. Дайте характеристику конституциональной схемы В.В. Бунака (1941).
9. Перечислите факторы формирования соматотипов.
10. Каково соотношение темпов онтогенеза и конституционно-зависимых признаков?

2. ЧАСТНАЯ ВОЗРАСТНАЯ МОРФОЛОГИЯ

2.1. Возрастная периодизация

Индивидуальное развитие, или развитие в онтогенезе, происходит во все периоды жизни – от зачатия до смерти. Понятие «*онтогенез*» было введено в биологию Э. Геккелем в 1866 г. при формулировании им биогенетического закона – онтогенез повторяет филогенез. Однако с понятием онтогенеза Э. Геккель связывал только внутриутробное развитие. Академик А.Н. Северцов расширил это понятие, выделив два периода в жизненном цикле:

- период собственно индивидуального развития, или онтогенеза;
- период половой зрелости, или взрослого состояния, когда осуществляются функции размножения.

В дальнейшем с понятием *онтогенеза* стали связывать *всю совокупность последовательных изменений организма от момента оплодотворения яйцеклетки до естественного окончания индивидуальной жизни*.

Онтогенез делится на 2 периода – пренатальный (внутриутробный) и постнатальный (внеутробный). Постнатальный период начинается от рождения человека. Он подразделяется на 3 этапа: эволюционный, стабильный и инволюционный. На всем протяжении этих этапов клетки и ткани организма непрерывно обновляются. На смену разрушающимся образуются новые. Однако выраженность процесса разрушения или образования новых структур на разных этапах онтогенеза различна.

Эволюционный этап характеризуется преобладанием образующихся структур над разрушающимися. В результате этого нарастает масса тела, увеличиваются его размеры. Увеличение массы тела или органа, обусловленное увеличением количества и размеров клеток, именуется ростом. Таким образом, рост – это количественное прибавление клеточной массы. При достижении опреде-

ленного уровня количественных изменений происходит смена одного качественного состояния другим, т.е. происходит развитие.

Стабильный этап характеризуется уравниванием процессов образования и разрушения клеток и сохранением относительно неизменными массы и размеров тела. Стабильность, конечно, условная и воспринимается как таковая по сравнению с предыдущим и последующим этапами. Прекращение роста говорит о наступлении зрелости. Масса тела может увеличиваться за счет отложения жировой ткани.

Инволюционный этап отличается преобладанием разрушающихся структур над образующимися. В результате происходит постепенное уменьшение доли специфических тканей и разрастание стромы органа, что сопровождается ослаблением функциональной активности органа.

Схемы периодизации

Многофакторное явление, каковым является процесс развития человека, нелегко представить в виде простой схемы. Дело в том, что при строгом научном подходе, такая периодизация должна одновременно учитывать закономерности возрастной изменчивости комплекса разнородных признаков и явлений, относящихся к сферам биологии, психологии и социологии и др. И при этом она должна быть достаточно простой и наглядной, чтобы иметь применимость в практике той же биологии, психологии, медицины и педиатрии.

Существует огромное количество разных вариантов периодизации онтогенеза человека и ни один из них нельзя на настоящий момент признать более правильным, чем другой. Однако среди них есть менее и более удачные. Древнейшие периодизации онтогенеза восходят к античности. Пифагор (VI в. до Р.Х.) выделял четыре периода человеческой жизни: весну (от рождения до 20 лет), лето (20–40 лет), осень (40–60 лет) и зиму (60–80 лет). Эти периоды соответствуют *становлению, молодости, расцвету сил и их угасанию*. Гиппократ (V–IV вв. до н.э.) разделил весь жизненный путь человека с момента рождения на десять равных семилетних циклов-

этапов. Русский статистик и демограф первой половины XIX в. А.П. Рославский-Петровский выделил следующие категории:

- *подрастающее поколение* – малолетние (от рождения до 5 лет) и дети (6–15 лет);
- *цветущее поколение* – молодые (16–30 лет), возмужалые (30–45 лет) и пожилые (45–60 лет);
- *увядающее поколение* – старые (61–75 лет) и долговечные (75–100 лет и старше).

Близкая схема была предложена немецким физиологом М. Рубнером (1854–1932 гг.). Постнатальный онтогенез подразделен им также на семь этапов:

- *младенчество* (от рождения до 9 месяцев);
- *раннее детство* (от 10 месяцев до 7-летнего возраста);
- *позднее детство* (от 8 до 13–14 лет);
- *юношеский возраст* (от 14–15 до 19–21 лет);
- *зрелость* (до 41–50 лет);
- *старость* (50–70 лет);
- *почетная старость* (старше 70 лет).

В ряде интересных схем начала XX в. особое внимание уделяется периодизации детского возраста. Среди них:

- схема Н.П. Гундобина (основана на данных анатомии и физиологии);
- схема С. Штраца (в основе – данные по интенсивности роста тела и созреванию половых желез);
- схема Г. Гримма (в основе – данные по развитию психических функций и собственно ауксологии).

В педагогике нередко используется подразделение детского и подросткового периода на *младенчество* (до 1 года), *преддошкольный возраст* (1–3 года), *дошкольный возраст* (3–7 лет), *младший школьный возраст* (от 7 до 11–12 лет), *средний школьный возраст* (до 15 лет) и *старший школьный возраст* (до 17–18 лет).

Практическое применение находят системы А.В. Нагорного, И.А. Аршавского, В.В. Бунака, А.Ф. Тура, Д. Гайера и др. В них выделяется от 3 до 15 стадий и периодов. В 60-х гг. XX в. в работах А.В. Нагорного и учеников его школы была предложена *общая*

фундаментальная схема, по которой полный цикл индивидуально-го развития млекопитающих и человека разделяется на два знакомых нам крупных этапа: *пренатальный* (внутриутробный) и *постнатальный* (внеутробный), а последний подразделен на следующие периоды:

- *период роста* – формирование морфологических, физиологических и биохимических особенностей организма;

- *период зрелости* – все особенности организма достигают своего полноценного (дифинитивного) развития и остаются в основном неизменными;

- *период старости* – уменьшение размеров тела и ослабление физиологических функций.

Детальная схема онтогенеза человека представлена В.В. Бунаком в 1965 г. По ней всё развитие человека разделено на три крупные стадии:

- *прогрессивная* – включает в себя внутриутробный период, детство и юность, в течение прогрессивной стадии идет собственно продольный рост тела и функциональных параметров;

- *стабильная* – идет увеличение жирового слоя, продолжается нарастание веса тела, уровень функциональных показателей стабилен;

- *регрессивная* – происходит падение веса тела, снижение функциональных показателей, изменение покровов тела, осанки, скорости движений.

В свою очередь эти крупные стадии подразделяются на 24 этапа (табл. 14).

Наконец, наиболее широкое применение в отечественной науке нашла схема, принятая на VII Всесоюзной конференции по проблемам возрастной морфологии, физиологии и биохимии (Москва, 1965 г.) (табл. 15).

Сразу после рождения наступает период *новорожденности* (1–10 дней). В это время в течение 8–10 дней происходит вскармливание ребенка молозивом. Новорожденные разделяются по уровню зрелости на доношенных (39–40 недель, масса тела не менее 2500 г, длина тела

не менее 45 см) и недоношенных (28–38 недель, масса тела меньше 2 500 г). Начало ускорения роста в длину. Часто падение веса тела.

Таблица 14

**Периодизация индивидуального развития человека,
предложенная В.В. Бунаком в 1965 г.**

Стадия	Период	Возраст	Пол	
			Мужской	Женский
Прогрессивная	Внутриутробный цикл			
	Эмбриональный		0–8 недель	
	Переходный		9–16 недель	
	Фетальный	Ранний	4–6 месяцев	
		Средний	7–8 месяцев	
		Поздний	8–10 месяцев	
	Внеутробный цикл			
	Младенческий	Начальный	1–3 месяцев	
		Средний I	4–6 месяцев	
		Средний II	7–9 месяцев	
		Конечный	10–13 месяцев	
	Первое детство	Начальный	1–4 лет	
		Конечный	5–7 лет	
	Второе детство	Начальный	8–10 лет	8–9 лет
Конечный		11–13 лет	10–12 лет	
Подростковый		14–17 лет	12–16 лет	
Юношеский		18–21 лет	17–20 лет	
Стабильная	Взрослый	Первый	22–28 лет	21–26 лет
		Второй	29–35 лет	27–32 лет
	Зрелый	Первый	36–45 лет	33–40 лет
		Второй	46–55 лет	41–50 лет
Регрессивная	Пожилой (пред-старческий)	Первый	56–63 лет	51–57 лет
		Второй	64–70 лет	58–63 лет
	Старческий	Первый	71–77 лет	64–70 лет

		Второй	78–83 лет	71–77 лет
	Позднестарческий		84 лет и более	78 лет и старше

**Возрастная периодизация, принятая на VII Всесоюзной конференции
по проблемам возрастной морфологии, физиологии и биохимии (1965 г.)
и краткая характеристика этапов**

Период	Возраст и пол	
	Мужской	Женский
Новорожденные	От рождения до 10 дней	
Грудной возраст	От 10 дней до 1 года	
Раннее детство	1–3 года	
Первое детство	4–7 лет	
Второе детство	8–12 лет	8–11 лет
Подростковый возраст	13–16 лет	12–15 лет
Юношеский возраст	17–21 лет	16–20 лет
Первый зрелый возраст	22–35 лет	21–35 лет
Второй зрелый возраст	36–60 лет	36–55 лет
Пожилой возраст	61–74 лет	56–74 лет
Старческий возраст	75–90 лет	
Долгожители	Старше 90 лет	

Грудной период продолжается до года. Начало этого периода связано с переходом к питанию «зрелым» молоком. Во время грудного периода наблюдается наибольшая интенсивность роста, по сравнению со всеми остальными периодами жизни. Длина тела увеличивается от рождения до года в 1,5 раза, а масса тела – в 3 раза. С 6 месяцев начинают прорезываться молочные зубы. В грудном возрасте ярко выражена неравномерность в росте тела. В первом полугодии грудные дети растут быстрее, чем во втором. В каждом месяце первого года жизни появляются новые показатели развития. Начало выпрямления тела (формирования изгибов позвоночника), сидение, стояние и первые шаги. Начало познавательного развития (осматривание и узнавание), подражание, призывающие жесты, «детская» речь.

Период *раннего детства* длится от 1 года до 4 лет. В конце второго года жизни заканчивается прорезывание зубов. После 2 лет абсолютные и относительные величины годовых приростов размеров тела быстро уменьшаются. Узнавание картинок, фантазирование, одушевление предметов, выбор объекта привязанности и выделение «Я», взрослая речь.

С 4 лет начинается период *первого детства*, который заканчивается в 7 лет. Начиная с 6 лет появляются первые постоянные зубы (первый моляр и медиальный резец на нижней челюсти). Возраст от 1 года до 7 лет называют также периодом нейтрального детства, поскольку мальчики и девочки почти не отличаются друг от друга размерами и формой тела. Часто фиксируется первый ростовой скачок. В самом конце периода первые проявления полового диморфизма и начало половой идентификации (осознание пола). Наглядно символическое мышление, освоение пространства и понятия последовательности времени. Основы этики и группового поведения. Осознанное упорство. Ведущая деятельность – сюжетно-ролевая игра.

Период *второго детства* длится у мальчиков с 8 до 12 лет, у девочек – с 8 до 11 лет. В этот период выявляются половые различия в размерах и форме тела, 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 (особенно у девочек) обуславливает развитие вторичных половых признаков. Прорезывание постоянных зубов (кроме третьих моляров – «зубов мудрости»). Переход от наглядно-образного к логически-оперативному мышлению, истинные волевые акты и социальная адаптация. Развитие внимания и произвольной памяти. Избирательное рисование и перспектива. Строение внутренних органов, сосудов, мускулатуры приближается к состоянию их у взрослого человека. Адаптация к новым условиям (обучению в школе) сопровождается интенсивным развитием нервной системы – формированием центров речи (письменной, слуховой, зрительной), интенсивно развиваются лобные доли мозга.

Следующий период – *подростковый* – 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 скоростей роста – пубертатный скачок, который касается всех размеров тела. Наибольшие прибавки в длине тела у девочек имеют место 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. Все это определяет крупнейшие морфофункциональные сдвиги, затрагивающие все системы организма. В подростковый период происходит интенсивное половое созревание мальчиков. У мальчиков, по сравнению с девочками, более продолжителен пубертатный период и сильнее выражен пубертатный скачок роста. Интенсивное интеллектуальное развитие (самоанализ, самовоспитание), высокая половая идентификация, личностная и эмоциональная нестабильность.

Юношеский возраст продолжается у юношей от 18 до 21 года, а у девушек – от 17 до 20 лет. В этот период в основном заканчиваются процесс роста и формирование организма и все основные размерные признаки тела достигают дефинитивной (окончательной) величины. Начало периода стабилизации личности, самоопределения и формирования мировоззрения. При этом часто социальная активность выражается в деструктивных проявлениях.

В *зрелом возрасте*, который продолжается у мужчин от 22 до 60 лет, а у женщин от 21 до 55 лет, форма и строение тела изменяются мало. Между 30 и 50 годами длина тела остается постоянной, а потом начинает уменьшаться. Окончание формирования «типично женских» и «типично мужских» черт строения и психики. Ведущее значение приобретает циркадная, бициркадная, недельная, сезонная и др. ритмичность физиологических функций. В конце периода – окончание женского репродуктивного цикла – менопауза и комплекс психофизиологических изменений (климакс).

В *пожилом* (мужчины – 61–74 года, женщины – 56–74 года) и *старческом* (75–90 лет) *возрасте* происходят постепенные инволютивные изменения организма. Продолжение периода оптимальной

социальной активности. Начало и развитие инволютивных изменений организма, в том числе истинный отрицательный рост. Падение адаптационных возможностей. Дезинтеграция функций организма на всех уровнях организации. Обычно окончание мужского репродуктивного периода. Структурные и функциональные изменения центральной нервной системы, а в конце этапа обычны яркие признаки «психического старения». Выделяют еще один возрастной период – *долгожительство* (свыше 90 лет). Доживших до этого периода характеризует относительная стабильность всех параметров на достигнутом качественном и количественном уровнях, в том числе за счет компенсаторных (компенсаторно-старческих) процессов.

Две последние системы на настоящий момент следует признать наиболее удачными и применимыми для решения вопросов возрастной антропологии, педиатрии и педагогики – они наилучшим образом описывают основные закономерности развития человека и соответствуют им. Большинство схем похоже в общих чертах. Часто в них используются одинаковые названия периодов, возрастные пределы которых также часто совпадают. Отличия же связаны с тем, какому аспекту развития человека автор уделяет большее внимание и насколько удачно удастся отразить в дробной схеме комплексность проблемы. Необходимо помнить, что *всякая возрастная периодизация условна*, так как любой возрастной период сохраняет остатки предыдущего и в то же время в нем имеются зачатки будущего.

Физическое развитие

Физическое развитие ребенка представляет собой процесс биологического созревания клеток, тканей, органов и всего организма в целом. Внешне оно характеризуется увеличением размеров частей тела ребенка и изменением функциональной деятельности его различных органов и систем. Основными показателями физического развития являются длина, масса тела и окружность грудной клетки. Это тотальные (общие) размеры тела. Помимо этого существуют парциальные (частичные) размеры тела, кото-

рые являются слагаемыми тотального размера и характеризуют величину отдельных частей тела. Однако, оценивая физическое развитие ребенка, руководствуются не только этими соматическими величинами, а используют также результаты физиометрических измерений (ЖЕЛ, сила сжатия кисти рук, становая сила, давление и т.д.) и соматоскопические данные (развитие костно-мышечной системы, кровенаполнение, жировотложение, половое развитие, различные отклонения в телосложении). Только по совокупности этих показателей можно установить уровень физического развития. В настоящее время разработаны оценочные таблицы, содержащие антропометрические показатели физического развития детей и подростков.

Выделяют несколько групп физического развития по пропорциям тела:

1. Пропорциональное развитие, когда масса тела и окружность грудной клетки соответствуют росту;
2. Хорошее развитие – когда масса тела и окружность грудной клетки могут превышать должные показатели за счет мускулатуры, но не более чем на 2σ ;
3. Плохое развитие – масса тела и окружность грудной клетки отстают от должных более чем на 2σ ;
4. Ожирение – масса тела и окружность грудной клетки больше чем на $2M$ превышают должные показатели за счет жировотложения.

Отклонения антропометрических показателей от среднеарифметического значения (M) в пределах 1σ рассматриваются как варианты нормы для данного признака.

σ (сигма, среднеквадратичное отклонение) – статистический параметр, отражающий разброс индивидуальных показателей в вариационном ряду.

Выделяют также несколько групп физического развития по росту:

1. Низкий – от $(M-2\sigma)$ и ниже.
2. Ниже среднего – от $(M-1\sigma)$ до $(M-2\sigma)$.
3. Средний – от $(M-1\sigma)$ до $(M+1\sigma)$.
4. Выше среднего – от $(M+1\sigma)$ до $(M+2\sigma)$.

5. Высокий – от ($M+2\sigma$) и выше.

Если масса тела соответствует росту (т.е. колебания этих признаков не выходят за пределы 1σ), то физическое развитие надо считать гармоничным, если нет – дисгармоничным. Большинство отечественных физиологов склонны считать, что физические упражнения стимулируют рост скелета как в длину, так и в ширину. Наряду с этим в литературе накоплен огромный материал о негативном влиянии интенсивных физических нагрузок на растущий скелет. Исследования показывают, что при более ранней интенсивной тренировочной деятельности у детей чаще выявляются хронические заболевания суставов, которые трудно поддаются лечению. Таким образом, только рациональная программа физического воспитания в сочетании с другими благоприятными факторами (полноценное питание, хорошие социальные условия и т.д.) являются естественными стимуляторами роста.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое онтогенез?
2. Перечислите этапы онтогенеза.
3. Что такое возрастная периодизация?
4. Какие схемы возрастной периодизации существуют?
5. Охарактеризуйте периоды онтогенеза по В.В. Бунаку (1965).
6. Охарактеризуйте периоды онтогенеза по схеме, принятой на VII Всесоюзной конференции в 1965 г.
7. Что такое физическое развитие?

2.2. Возрастные изменения скелета

Скелет человека проходит 3 стадии развития – перепончатую, хрящевую и костную. Кости формируются или непосредственно из эмбриональной соединительной ткани (мезенхимы), минуя стадию хряща – перепончатый остеогенез (так развиваются кости свода

черепа, кости лица, часть ключицы, конечные фаланги пальцев), или на основе хрящевой модели – хрящевой остеогенез. В ходе развития скелета одна опорная ткань, менее дифференцированная, замещается другой, имеющей более высокие механические свойства, костной тканью.

При развитии кости из мезенхимы в последней появляются одна или несколько точек окостенения – остеогенные островки, состоящие из молодых костных клеток – остеобластов, вырабатывающих остеоид и оссеиновые волокна. Остеоид (аморфное вещество) постепенно обызвествляется. Замурованные в нем остеобласты превращаются в остеоциты. В результате образуются костные перекладины (трабекулы). Формирование кости происходит благодаря слиянию трабекул друг с другом в единую сеть, в которой оссеиновые волокна проходят не ориентированно, рыхло. Так образуется сравнительно непрочная грубоволокнистая костная ткань, замещающаяся в дальнейшем пластинчатой костной тканью, из которой состоят кости взрослого.

Кости туловища, конечностей, основания черепа развиваются на основе хряща. Первоначально формируется хрящевая модель будущей кости, которая служит основой для ее развития, а в дальнейшем она разрушается и замещается костью. Модель образована гиалиновым хрящом и сходна по форме с будущей костью, отличаясь от нее только отсутствием диафизарной полости. Хрящ покрыт снаружи надхрящницей. В средней части хрящевой модели – будущем диафизе – остеобласты внутреннего росткового слоя надхрящницы начинают синтезировать костное межклеточное вещество, и формирующиеся из него трабекулы образуют костную манжетку, охватывающую хрящ. Образованная перихондрально (вокруг хряща) кость постепенно утолщается и разрастается в стороны эпифизов. Первоначально она является грубоволокнистой, в дальнейшем волокна и костные пластинки приобретают ориентированное расположение. Кость становится пластинчатой. Пластинки костной ткани, располагаясь концентрически вокруг врастающих в кость сосудов, формируют остеоны – структурно-функциональные единицы костной ткани. Надхрящница превра-

щается в надкостницу. За счет клеток ее росткового слоя кость продолжает расти в толщину.

Одновременно с перихондральной костной тканью образуется костная ткань внутри хряща – энхондральная. Вместе с мезенхимой, окружающей кровеносные сосуды, врастающие в надкостницу, туда проникают остеогенные клетки, дифференцирующиеся в остеокласты, разрушающие хрящ, и остеобласты, создающие кость на месте разрушенного хряща.

Очаги пери- и энхондрального окостенения сливаются, образуя диафиз, и распространяются на эпифизы. Разрушение кости в центральной части диафиза остеокластами приводит к образованию костно-мозговой полости.

Развитие кости на месте хряща начинается на 2-м месяце эмбриогенеза. Вскоре после рождения вторичные очаги, или точки окостенения, появляются в проксимальных, а затем – дистальных эпифизах, где в дальнейшем формируются пластинки губчатой кости, а неизменный гиалиновый хрящ в эпифизах сохраняется только на суставной поверхности и в области, прилежащей к диафизу. Эта хрящевая пластинка между эпифизом и диафизом (метаэпифизарная) за счет размножения образующих ее клеток обеспечивает рост кости в длину.

У новорожденного ребенка скелет состоит из 270 костей (у взрослого их 207). Кость новорожденного характеризуется большим количеством хрящевой ткани, надкостница ее толстая, сосудистая сеть богата, гаверсовы каналы не имеют правильного расположения, коллагеновые волокна тонкие, кристаллы апатита малого размера. Доля неорганического вещества составляет половину массы кости, а не 70%, как у взрослого. Кости новорожденного менее плотные, гибкие, более упруги, эластичны и в большей степени склонны к деформации. Грубоволокнистая костная ткань в течение первых 2 месяцев жизни превращается в пластинчатую, но остеоны ее еще не развиты. Гаверсовы каналы в костной ткани широкие, контуры их неровные. Построение остеонов начинается с 5 месяцев, а у детей 9 месяцев возникает уже система остеонов, развитие которой заканчивается к 2 годам. Толщина коллагеновых

волокон и минерализация костей увеличиваются по мере освоения ребенком вертикального положения и ходьбы.

ГРУБОВОЛОКНИСТАЯ КОСТНАЯ ТКАНЬ характеризуется неупорядоченным расположением коллагеновых волокон, отличается относительно небольшой механической прочностью. Остеоциты в ней не имеют закономерной ориентации, их в ней больше, чем в пластинчатой кости; минеральных компонентов в межклеточном веществе меньше.

ПЛАСТИНЧАТАЯ КОСТНАЯ ТКАНЬ состоит из костных пластинок, образующих в кости несколько систем — остеонов — с остеоцитами, находящимися в полостях (лакунах), располагающимися упорядоченно между пластинками высокоминерализованного межклеточного вещества.

КОМПАКТНОЕ ВЕЩЕСТВО КОСТИ сравнительно плотное, тяжелое, составляет 80% массы скелета взрослого человека. Оно образует диафизы трубчатых костей и формирует наружный слой костной ткани всех других костей. Его обновление протекает медленнее, чем губчатого вещества. Оно в меньшей мере подвергается изменениям при старении. Компактное вещество обладает большой механической прочностью и располагается снаружи от менее прочного губчатого вещества, защищая его от повреждений. Оно испытывает значительные нагрузки крепящихся к костям мышц.

ГУБЧАТОЕ ВЕЩЕСТВО КОСТИ относительно легкое, состоит из трехмерной сети трабекул, разделенных пространствами, содержащими костный мозг. Трабекулы образованы параллельно лежащими костными пластинками неправильной формы. Остеоциты располагаются между пластинками. Такое строение губчатого вещества обеспечивает не только большую площадь поверхности, на которой осуществляются метаболические процессы, но и придает кости высокую механическую прочность при относительно небольшой массе. Наиболее толстые и мощные трабекулы располагаются в направлении действия максимальных механических нагрузок.

Развитие костной ткани после рождения обеспечивает дальнейшее формирование и рост костей в детском и подростковом возрасте. На 1–6-м годах после рождения появляются точки окостенения в эпифизах трубчатых костей, костях запястья, предплюсны. Только таранная и пяточная кости начинают окостеневать до рождения.

Начиная с 8–9 лет с появлением добавочных точек окостенения в бугорках, гребнях, отростках костей происходит полное формирование их рельефа. Эти точки появляются до 16–18 лет. Появление каждой из них происходит в определенное время. По числу и срокам их появления можно судить о возрасте ребенка.

Рост плоских костей происходит за счет надкостницы и соединительной ткани швов, рост трубчатых костей в толщину – также за счет надкостницы, а в длину – за счет эпифизарных хрящей, расположенных между эпифизом и диафизом. Рост трубчатых костей в основном заканчивается у женщин в 17–18 лет, у мужчин – после 18 лет. В малой степени рост костей может происходить и после окостенения эпифизарных хрящей – за счет гиалиновой хрящевой ткани суставных поверхностей.

Рост костей в организме регулируется гормонами гипофиза, щитовидной, парашитовидных, половых желез, поджелудочной и других эндокринных желез. Важнейшим регулятором роста является соматотропный гормон гипофиза. Недостаточная выработка его приводит к карликовости, а избыточная – к гигантизму. Половые гормоны необходимы для роста костей, в то же время резкое повышение уровня их секреции при преждевременном половом созревании вызывает прекращение роста и замещение хрящевой пластинки роста в трубчатых костях костной тканью. Лица с недостаточной функцией половых желез обычно имеют высокий рост, длинные конечности.

При завершении роста кости в длину, когда метаэпифизарная хрящевая пластинка замещается костной тканью, способность кости расти в толщину сохраняется. В процессе развития рост трубчатых костей в толщину сочетается с ростом их в длину. Утолщение кости идет благодаря постоянному отложению новых слоев

костной ткани на наружной поверхности диафиза. Остеогенные клетки находятся во внутреннем слое надкостницы. Они способны превращаться в активные остеобласты. Одновременно происходит разрушение костной ткани со стороны костномозговой полости, которая при этом постепенно расширяется. Отложение костной ткани снаружи происходит более активно, чем ее разрушение (резорбция) изнутри, в связи с этим увеличивается не только диаметр диафиза, но и толщина компактного вещества кости.

На протяжении жизни кость постоянно перестраивается. Разрушение старого и образование нового костного вещества происходит периостально (со стороны надкостницы), эндостально (со стороны костномозговой полости) и мезоостально (в толще кости). Подсчитано, что средняя продолжительность жизни одной костной клетки (остеоцита) составляет около 25 лет, т.е. на протяжении жизни костное вещество не раз обновляется полностью.

С возрастом у детей и подростков размеры костей увеличиваются, они становятся более массивными, толщина их компактного вещества нарастает, перекладины губчатого вещества разрастаются. Активное костеобразование в первые годы жизни сменяется пониженным к концу первого десятилетия, а затем снова нарастает в период полового созревания, снижаясь до минимальных значений к 30–40 годам, затем вновь повышаясь в пожилом и старческом возрасте. За 10–20 лет у человека обновляется примерно половина скелета.

Масса скелета составляет у новорожденных примерно 11% массы тела, у детей других возрастных групп – от 9 до 18%. У взрослых людей на протяжении большей части жизни соотношение массы скелета и тела удерживается на уровне 20%. У пожилых и старых людей масса скелета несколько уменьшается. Максимум массы костной ткани в организме достигается примерно к 25 годам.

Инволютивные изменения костей начинаются очень рано. Начальные их признаки могут обнаруживаться в костях, подвергающихся механической перегрузке, уже на 2-м десятилетии жизни: истончение суставного хряща и появление по периферии суставных поверхностей костных выростов – краевых остеофитов.

В период старения масса костного вещества уменьшается, однако при этом нагрузки на кость не только не снижаются, а могут даже возрасти из-за излишка жировой клетчатки в организме. В маломассивных трубчатых костях, приспособляющихся к сохранению механической прочности, расширяются диафизы и эпифизы, т.е. повышается периостальное костеобразование. Приспособительным изменениям подвергаются и структурно-функциональные единицы кости – остеоны; их диаметр увеличивается.

На поздних этапах остеогенеза в старческом возрасте преобладают процессы периостального костеразрушения: уменьшаются размеры кости, диаметр остеонов, ухудшается их трофика.

Остеогенез сопровождается постоянной внутренней перестройкой костей. В пластинчатой кости происходит непрерывный процесс разрушения старых и формирования новых остеонов и трабекул, особенно активизирующийся в ответ на возрастающие физические нагрузки, различные повреждения, травмы.

В период прогрессирующего развития костной ткани остеосинтез преобладает над ее резорбцией, что характерно для детского возраста. Скорость обновления костной ткани у детей достигает 30–100% в год, и осуществляется оно на всей поверхности кости, в отличие от перестройки костной ткани у взрослых, которая затрагивает лишь около 20% костной поверхности. У взрослых скорость обновления костной ткани резко снижается и составляет в среднем 2–5% в год.

Абсолютное значение максимума массы костной ткани, достигнутое примерно к 25 годам, зависит от пола, расовой принадлежности, наследственных факторов, физической активности и количества кальция, полученного в детском и подростковом возрасте.

После 25 лет отмечается некоторое превышение процессов резорбции костной ткани над ее образованием; в результате происходит постепенная потеря массы костной ткани. При этом наблюдаются выраженные различия в течении этого процесса у мужчин и женщин. Так, у молодых женщин потеря костной ткани происходит с такой же скоростью, как у мужчин – около 0,4% массы костной ткани в год, а после менопаузы резорбция резко ускоряет-

ся – 1% в год. К старости у мужчин теряется 5–15% кортикальной кости (компактного вещества) и 15–45% трабекулярной (губчатого вещества), а у женщин, соответственно, 25–30% компактного и 35–50% губчатого вещества. Кости при этом становятся ломкими, легко деформируются. Особенно опасно разрежение костной ткани в позвонках, шейке бедра, костях предплечья, где оно достигает 40–60%, что предрасполагает к частым переломам. Скорость резорбции костной ткани увеличивается при курении, злоупотреблении алкоголем, неправильном питании, гиподинамии.

Остеопороз – избыточная потеря костной ткани (по отношению к нормальному показателю возрастной группы), при которой данный объем кости содержит меньшую массу костной ткани. Остеопороз – одно из самых распространенных обменных заболеваний костной системы, поражающих преимущественно пожилых людей, особенно женщин. Он выявляется у 30–80% людей 70–80-летнего возраста. Факторы, способствующие его развитию: снижение физической активности, гормональные, обменные нарушения, воздействие токсических веществ. При длительной гиподинамии, например вынужденном пребывании в постели, потеря массы костной ткани может достигать 30% за полгода. К значительным потерям костной ткани приводят длительные космические полеты.

Гормональные и обменные нарушения, вызывающие и усиливающие остеопороз, – это повышенная активность паращитовидных желез, усиливающих продукцию паратгормона, повышенная продукция или введение кортикостероидов – гормонов коры надпочечников, гипертиреоз (повышенная секреция гормонов щитовидной железы), снижение функции половых желез, особенно яичников у женщин в период менопаузы. Остеопороз возникает также при недостаточном поступлении кальция в организм, в том числе в связи с заболеваниями пищеварительного тракта, гиповитаминозом *D*.

Возрастные особенности костей туловища

Позвоночный столб у новорожденного составляет 40% длины его тела. К моменту рождения в нем 33–34 позвонка (у зародыша их закладывается 38, в ходе эмбриогенеза значительная часть копчиковых позвонков редуцируется). Форма позвонков – такая же, как у взрослого, но они в основном хрящевые и с трудом отграничиваются от межпозвоночных дисков. Позвоночник новорожденного открыт сзади по линии всех дуг позвонков. Только к 7 годам все дуги оказываются закрытыми. Исключением может быть дуга первого крестцового позвонка, закрывающаяся позднее. Передняя дуга атланта (первого шейного позвонка) может оставаться открытой до 9 лет. В период до 1-го года ядра окостенения появляются в телах и дугах позвонков, к 2–3 годам сливаются ядра окостенения дуг, а в возрасте 3–6 лет тела позвонков срастаются с дугами, формируя позвоночный канал. В это же время зуб второго шейного позвонка срастается с его телом. С 15 до 24 лет происходит срастание костных эпифизарных дисков с телом позвонка. Раньше этот процесс происходит в грудном отделе, затем – в шейном и поясничном. Полный синостоз всех частей позвонков наступает к 22–24 годам. Срастание крестцовых позвонков между собой начинается с 16 лет, причем сначала срастаются дуги, затем – тела позвонков. Окончательный синостоз крестца наступает к 25 годам. Копчиковые позвонки окостеневают до 18 лет.

Ребра. К моменту рождения имеется семь пар истинных, две пары ложных и три пары колеблющихся ребер (десятая пара ребер еще не соединилась с реберной дугой), это соединение произойдет к 8–15 годам. Окостенение реберных тел начинается во внутриутробном периоде. Головка и бугорок ребра, часть его шейки и нижний край ребра у новорожденного хрящевые. Вторичные ядра окостенения формируются в 8–10 лет. До 7 лет ребра интенсивно растут, а их строение мало меняется. К 8–15 годам формируются реберные углы. Слияние (синостоз) костных частей тела и бугорка ребра происходит в возрасте 18–20 лет, а тела и головки ребра – в 20–25 лет.

Грудина. Окостенение ее начинается во внутриутробном периоде. Она развивается из множества парных точек окостенения, которые медленно сливаются. Отдельные части сегментированного тела грудины срастаются в единое костное тело к 15–20 годам. В мечевидном отростке грудины ядро окостенения появляется в 6–12 лет. Окостенение рукоятки заканчивается к 21–25 годам, а мечевидного отростка – к 30 годам. Слияние всех трех частей грудины в единую кость происходит значительно позднее и далеко не у всех людей. Развитие грудины происходит в несколько этапов: в первые два года жизни отмечается ее ускоренный рост, до 10 лет рост замедляется, а новое ускорение наступает в период полового созревания.

Возрастные особенности костей верхней конечности

Ключица у новорожденного имеет типичную S-образную форму. Ее окостенение начинается во внутриутробном периоде. Грудной конец ее окостеневает лишь к 16–28 годам. Окончательный синостоз ключицы завершается к 20–25 годам.

Лопатка у новорожденного лежит на грудной клетке латеральнее и под углом 45° к фронтальной плоскости. Ядра окостенения имеются в теле и ее ости, остальные части – хрящевые. Развитие лопатки сопровождается перемещением ее кзади и уменьшением ее угла с фронтальной плоскостью до 30° . К 12 годам суставной отросток лопатки еще хрящевой. В 13–17 лет точка окостенения появляется в акромиальном отростке. В клювовидном отростке точка окостенения формируется к концу первого года жизни. Полный синостоз и окончательное формирование рельефа лопатки происходит в 18–25 лет.

Плечевая кость. Диафиз ее у новорожденного костный, но костномозговой полости еще нет. Эпифизы хрящевые. Хрящевая головка образует с телом угол в 170° . В период до года плечевая кость довольно быстро растет, в головке ее появляется ядро окостенения, а в диафизе начинает формироваться костномозговая полость. К 7 годам рельеф кости хорошо выражен. В проксимальном эпифизе ядро окостенения появляется от 1 до 5 лет, в эти же годы начинается окостенение мышечков дистального эпифиза, в надмы-

щелках оно начинается позже – с 4 до 11 лет. С 7 до 12 лет кость быстро растет в длину. Все части кости синостозируют к 20–25 годам. Угол наклона головки плеча по отношению к диафизу уменьшается до 140° . Формирование полости завершается к 18 годам.

Локтевая кость к моменту рождения имеет костный диафиз. Ядра окостенения в локтевом отростке появляются в 8–12 лет. Полный синостоз кости происходит в 20–25 лет, позднее всего развивается и синостозирует дистальный эпифиз.

Лучевая кость к моменту рождения состоит из костного диафиза, хрящевых эпифизов и лишена полости. Головка ее резко отклонена вперед, шейка слабо выражена. К 3 годам длина кости возрастает в 1,5 раза, а толщина – вдвое. К 10–12 годам эпифизы оссифицируются, после 14 лет – окостеневают полностью. Синостоз диафиза с проксимальным эпифизом происходит в 16–20 лет, а с дистальным – в 20–25 лет.

Кости запястья. Окостенение хрящей, из которых образуются кости запястья, начинается после рождения. На 1–2-м году точки окостенения появляются в головчатой и крючковидной костях, на 3-м году – в трехгранной, на 4-м – в полулунной, на 5-м – в ладьевидной, на 6–7-м – в кости-трапеции и трапецевидной, на 8-м году – в гороховидной кости. Оценка процесса окостенения запястья может служить своего рода календарем биологического костного возраста.

Пястные кости и фаланги пальцев. В их диафизах окостенение начинается во внутриутробном периоде. Точки окостенения появляются в эпифизах в период от полугода до 7 лет. Окончательное формирование костей пясти происходит в 15–25 лет, фаланг – в 14–21 год. На процессы синостозирования, а также размеры, форму и пропорции кисти оказывают влияние конституциональные и наследственные факторы, а также характер профессиональной и спортивной деятельности.

Ростовые процессы в скелете верхней конечности сопровождаются удвоением длины руки к 6–7 годам у мальчиков (у девочек – на год позже) и утроением ее линейного размера к 13–14 годам.

Возрастные особенности костей нижней конечности

Тазовая кость к моменту рождения состоит из 3 частей, в каждой из которых имеются ядра окостенения, появившиеся еще во внутриутробном периоде. Все 3 части – подвздошная, седалищная и лобковая – соединены прослойками хряща в области вертлужной впадины. Сама впадина мелкая. Подвздошная ямка практически отсутствует. Седалищный бугор хрящевой. К 3 годам тело кости увеличивается в 1,5 раза, а к 7 годам размер тазовой кости возрастает вдвое. От 7 до 12 лет рост ее замедляется, синостизируют нижняя ветвь лобковой кости и ветвь седалищной, углубляется подвздошная ямка, заканчивается оссификация седалищной и лобковой костей. К 13–18 годам части тазовой кости срастаются, заканчивается их окостенение и формирование рельефа. Окончательный синостоз всех элементов тазовой кости завершается к 25 годам.

Бедренная кость у новорожденного имеет костный диафиз, а головка, оба вертела, верхняя треть шейки состоят из хряща. Шейка короткая, соединяется с телом под углом в 150° . Оба мыщелка к моменту рождения хрящевые и одинаковой величины. Межмыщелковая ямка мелкая. В период от года до 3 лет интенсивно растет тело кости и его размеры увеличиваются вдвое, в 2 раза длиннее становится шейка, происходит дальнейшая ее оссификация, в то время как головка бедра растет медленнее. До 7 лет быстро растут все отделы кости, увеличивается поперечник диафиза, намечается его рельеф, заметно удлиняется шейка. Угол ее соединения с телом кости к этому возрасту становится равным 140° . На дистальном конце быстрее растет внутренний – медиальный – мыщелок. В 7–12 лет рост кости в длину продолжается, а поперечник почти не меняется, концы кости растут неравномерно, головка бедра почти полностью окостеневает. Заметно растет шейка, угол ее соединения с телом кости становится равным 130° . После 12 лет проксимальный эпифиз продолжает расти быстрее дистального. К 16 годам завершается окостенение эпифизов и диафиза, заканчивается формирование рельефа кости. С 18 лет начинается общий синостоз. В области проксимального конца он завершается к 20 го-

дам, в области дистального – к 20–25 годам. К 18 годам заканчивается формирование полости диафиза.

Большая берцовая кость у новорожденного обладает костным диафизом. Проксимальный конец ее утолщен, суставные поверхности мыщелков скошены назад. Мыщелки, большеберцовая бугристость и межмыщелковое возвышение хрящевые. Медиальный мыщелок больше латерального. К 3 годам длина и толщина кости возрастает вдвое. Усиленно растет проксимальный конец, и мыщелки приобретают почти горизонтальное положение. В возрасте от 3 до 7 лет кость усиленно растет в длину, а поперечник ее в средней части становится в 3 раза больше, чем у новорожденного. Проксимальный эпифиз, за исключением бугристости, становится костным. Окостеневают дистальный эпифиз и часть медиальной лодыжки. К 12 годам рост кости в длину замедляется, увеличиваются размеры эпифизов, окостеневают большеберцовая бугристость (место прикрепления связки надколенника), полностью окостеневают дистальный эпифиз, включая медиальную лодыжку. В 18–20 лет синостиозирует дистальный эпифиз, а в 20–25 лет – проксимальный.

Малая берцовая кость. К моменту рождения ее диафиз костный, эпифизы хрящевые, причем дистальный массивнее. В 1-й год жизни увеличивается в основном проксимальный конец кости, появляется ядро окостенения в дистальном. До 3 лет длина кости удваивается. К 7 годам она заметно увеличивается в длину, при этом поперечник ее меняется мало. Выраженным становится рельеф кости. В 8–12 лет рост кости замедляется, эпифизы оссифицируются. Полный синостоз дистального конца кости наступает к 18–20 годам, проксимального – к 20–25 годам.

Кости стопы. Кости предплюсны стопы развиваются раньше костей запястья кисти. Ядра окостенения в пяточной, таранной и кубовидной костях появляются еще во внутриутробном периоде. В клиновидных костях они возникают в 1–3–4 года, а в ладьевидной – в 4,5 года. Окостенение пяточной кости заканчивается в 12–16 лет. Кости плюсны окостеневают позже костей предплюсны – в 3–6 лет. Окостенение фаланг происходит на 3–4-м году. В 8–12 лет

рельеф всех костей стопы такой же, как у взрослых, но растут отдельные кости неравномерно. Усиленно растет пяточная кость, 1-я и 5-я плюсневые и основные фаланги 1-го и 5-го пальцев. К 16–17 годам полностью оксифицируются ладьевидная и 5-я плюсневая кости, у остальных костей оксификация завершается в период между 18 и 25 годами.

Наиболее значительный рост нижней конечности, в целом, и бедра, в частности, отмечается в 12 и 15 лет у мальчиков и в 13–14 лет у девочек. Прирост длины голени и стопы у мальчиков ярко выражен в 12 и 14 лет, у девочек наибольший прирост длины голени – в 13 и 16 лет, стопы – в 14 лет. Наибольшей длины по отношению к длине туловища ноги достигают у мальчиков к 15 годам, у девочек – к 13 годам.

У новорожденного ребенка длина верхних конечностей составляет 44% общей длины тела, а нижних – 40,3%. В возрасте от 3 до 7 лет длина верхней конечности составляет лишь 42,5% от общей длины тела, а после 12 лет рост ее опять усиливается, и к 20 годам устанавливаются окончательные отношения – длина верхней конечности составляет 45,3% от общей длины тела.

Длина нижней конечности по отношению к общей длине тела с возрастом постоянно увеличивается и составляет к 3 годам 45,5%, к 7 – 49,8%, к 20 – 52,1%.

Для верхних и нижних конечностей новорожденных характерны относительно короткие проксимальные отделы и удлиненные дистальные, но к моменту наступления синостозов (20–25 лет) длина проксимальных частей конечностей увеличивается больше, чем дистальных: бедра и плеча – в 4,5 раза, голени и предплечья – в 3,5–3,7 раза, стопы и кисти – в 3 раза.

Возрастные особенности костей черепа

Кости черепа новорожденного тонкие; из двух пластин компактного вещества сформирована только наружная, внутренняя едва различима. Число костей черепа у новорожденного больше, чем у взрослого. Так, части лобной, затылочной, височных, клино-

видной костей, нижней челюсти еще не срослись и разделены прослойками соединительной ткани и хряща. Воздухоносные полости в костях почти не развиты.

В процессе роста черепа отмечают 3 периода:

1. От рождения до 7 лет – характеризуется быстрым ростом. На 1-м году примерно в 3 раза увеличивается толщина костей черепа, в костях свода начинают формироваться наружная и внутренняя пластинки компактного вещества и губчатое вещество между ними. В растущих костях сливаются точки окостенения. От 1 года до 3 лет кости лицевого и крыши мозгового черепа растут быстрее костей его основания. Активный рост задней части черепа (затылочной кости) связан с переходом ребенка на 2-м году жизни к прямохождению. На 2–3-м году жизни в связи с окончанием прорезывания молочных зубов и усилением функции жевательных мышц значительно усиливается рост костей лицевого черепа. Лицевой череп растет в высоту и ширину. От 3 до 7 лет рост черепа замедлен. Основание мозгового черепа растет быстрее, чем крыша. У новорожденного ребенка череп составляет $1/4$ длины тела, к концу 3-го года жизни – $1/5$, а к 7 годам – $1/6$. Емкость мозгового черепа новорожденного – $350\text{--}370\text{ см}^3$, к 3 годам – $1050\text{--}1120\text{ см}^3$.

2. От 7 лет до начала периода полового созревания (12–13 лет) – происходит замедленный, но равномерный рост черепа, особенно его основания. Рост свода черепа усиливается в 6–8 лет и 11–13 лет. Объем мозгового отдела достигает к 10 годам 1300 см^3 . К 12 годам череп составляет $1/7$ часть длины тела.

3. От 13 до 23–25 лет характеризуется интенсивным ростом преимущественно лицевого отдела черепа: увеличивается в размерах лобный отдел крыши, расширяется и углубляется основание. Лицевой череп становится длиннее и уже. К концу пубертатного периода емкость мозгового черепа достигает $1\,400\text{--}1\,500\text{ см}^3$. Происходит дальнейшее утолщение костей черепа, продолжается их пневматизация.

В пожилом и старческом возрасте рельеф костей черепа сглаживается. Кости становятся тоньше, в них частично рассасывается губчатое вещество, уменьшается их эластичность. Череп становит-

ся хрупким и ломким. Потеря зубов приводит к сглаживанию зубных альвеол (ячеек) челюстей, частичная атрофия жевательных мышц изменяет рельеф костей.

Возрастные изменения длины тела

Размеры тела новорожденного лежат в пределах 49–54 см. Наибольший прирост длины тела детей наблюдается на 1-м году жизни. Он колеблется от 21 до 25 см (в среднем 23,5 см). К году жизни длина тела достигает в среднем 74–75 см. В период от 1-го года до 7 лет как у мальчиков, так и у девочек годовые прибавки длины тела постепенно уменьшаются с 10,5 до 5,5 см в год. От 7 до 10 лет длина тела увеличивается в среднем на 5 см в год. С 9 лет начинают проявляться половые различия в скорости роста. У девочек особенно заметное ускорение роста наблюдается в возрасте от 10 до 13 лет; после 15 лет рост их резко тормозится. У мальчиков наиболее интенсивный прирост длины тела происходит от 13 до 15 лет, затем наступает замедление роста.

Максимальная скорость роста в пубертатном периоде у девочек – между 11 и 12 годами, у мальчиков – на 2 года позже. Различия в длине тела между отдельными детьми, достигнутое к возрасту полового созревания, как правило, сохраняется с небольшими отклонениями и в дальнейшем.

Уменьшение длины тела при старении связано, прежде всего, с уплощением межпозвоночных дисков и увеличением сутулости, т.е. развитием старческого кифоза – изгиба грудного отдела позвоночника. Наиболее выражено увеличение сутулости после 65 лет, но оно может появиться и раньше, что связано с индивидуальными особенностями осанки, зависит от конституции, образа жизни. Уменьшение роста происходит после 60 лет в среднем на 0,5–1 см за пятилетие.

Возрастные изменения пропорций тела

Новорожденные дети имеют относительно большую голову, длинное, узкое туловище и короткие ноги. В процессе развития

пропорции их тела постепенно изменяются за счет различной скорости роста отдельных его частей.

Для детей допубертатного периода характерны относительно короткие ноги и большой корпус. После 10–11 лет выявляется свойственная подросткам длинноноготь, к 15–16 годам устанавливаются дефинитивные соотношения размеров корпуса и нижних конечностей.

ДЛИНА КОРПУСА – длина тела за вычетом длины нижних конечностей.

ДЛИНА ТЕЛА (рост) – высота вершечной точки испытуемого над площадью опоры.

Характерное для взрослого соотношение длины верхних и нижних конечностей устанавливается на 11–12-м году жизни.

Большая относительно продольных размеров величина верхней части – головы и шеи – постепенно уменьшается на протяжении всего периода роста.

В пубертатном периоде подростки по сравнению с детьми и взрослыми имеют более длинные ноги, узкие плечи и более короткое туловище.

До пубертатного возраста у мальчиков и девочек наблюдается сходство в соотносительном росте плечевого и тазового диаметров. У девочек, начиная с 14 лет, резко возрастает скорость роста тазового диаметра, а у мальчиков с 15 лет – плечевого. По достижении дефинитивных размеров при сравнении относительных параметров мужчин и женщин выявляются некоторые половые различия. Так, у женщин несколько уже плечи и значительно шире таз. В среднем, у них немного короче руки и ноги, а туловище и корпус длиннее.

Вопросы для самоконтроля

1. Перечислите особенности скелета новорожденного.

2. Как происходит рост костей?
3. Дайте характеристику возрастным изменениям костей туловища.
4. Дайте характеристику возрастным изменениям костей верхних конечностей.
5. Дайте характеристику возрастным изменениям костей нижних конечностей.
6. Дайте характеристику возрастным изменениям костей черепа.
7. Дайте характеристику возрастным изменениям длины тела.
8. Дайте характеристику возрастным изменениям пропорций тела.

2.3. Возрастные изменения соединений костей

Различают 3 вида соединений костей:

1) **непрерывные**, синартрозы, в которых между костями имеется прослойка соединительной ткани; в зависимости от ее разновидности выделяют:

– фиброзные соединения – в них кости соединены при помощи плотной волокнистой соединительной ткани, или синдесмозы.

Разновидности синдесмозов – связки, мембраны, швы;

– хрящевые соединения, или синхондрозы;

– костные соединения, или синостозы;

2) **прерывные**, синовиальные соединения, или диартрозы, или суставы, которые включают в себя следующие обязательные компоненты: суставные поверхности сочленяющихся костей, покрытые гиалиновым хрящом; суставную капсулу, имеющую два слоя – фиброзный внешний и синовиальный внутренний; суставную полость с небольшим количеством синовиальной жидкости;

3) **симфизы**, или полусуставы, которые имеют небольшую щель в хрящевой или соединительнотканной прослойке между соединяющимися костями (переходная форма от непрерывных соединений к прерывным).

Кости скелета новорожденного ребенка, как у взрослых, соединяются с помощью синартрозов и диартрозов. Непрерывные соединения к моменту рождения представлены синдесмозами и синхондрозами. Синостозы практически отсутствуют. У новорожденного – 2 вида синдесмозов – мембраны и связки. Те и другие тонкие, содержат прослойки рыхлой соединительной ткани, менее прочно прикрепляются к костям. Количество эластических элементов в связках невелико. Швы к моменту рождения не сформированы. Прерывные соединения – суставы – у новорожденного анатомически сформированы, но тканевая структура и их элементы значительно отличаются от дефинитивных. Суставные концы костей при рождении целиком состоят из хряща. Суставной хрящ имеет волокнистое строение. К концу 1-го года жизни молодой гиалиновый хрящ с большим количеством клеточных элементов (хондробластов и хондроцитов) постепенно оттесняется к периферии: в результате роста эпифизов костей. В первую очередь, происходит преобразование хрящей, несущих большую физическую нагрузку. Так, суставной хрящ в центре суставной ямки там, где наибольшее давление, всегда тоньше, чем к периферии ямки. При значительных амплитудах движений он переходит в особые волокнистые или хрящеподобные структуры – губы (на суставной поверхности лопатки в плечевом суставе, по краю вертлужной впадины тазовой кости). Наоборот, в области суставной головки наибольшая толщина суставного хряща приходится на ее центр (точка максимального давления), а наименьшая – на периферию.

В возрасте 4–5 лет уменьшается количество клеточных элементов на единицу площади хряща, увеличивается масса межклеточного вещества. До 7 лет этот процесс продолжается, клетки в поверхностных слоях принимают ориентацию, параллельную действию сил тяжести. К этому периоду становится четкой граница между гиалиновым хрящом суставной поверхности и хрящевой тканью еще не окостеневших эпифизов.

В первые 10 лет жизни человека созревающие хондробласты активно синтезируют коллагеновые белки, идущие на построение волокон, и основное аморфное вещество хряща (хондромукоид).

С 12 до 16 лет существенной перестройки суставного хряща не наблюдается. В последующие годы в зоне соприкосновения хряща и кости начинается обызвествление и окостенение (оссификация) хрящевой ткани, что приводит к уменьшению толщины суставного хряща. Типично дефинитивное строение суставные хрящи приобретают к 18–20 годам.

Особенности строения суставного хряща определяют его свойства. Суставной хрящ обладает высокими пружинящими свойствами благодаря тому, что его клетки и волокна в глубине хряща ориентированы перпендикулярно по отношению к его свободной поверхности, навстречу силам давления, а в поверхностных слоях – вдоль поверхности хряща – навстречу силам трения. Пружинящий суставной хрящ не только сглаживает толчки при движениях, ходьбе, беге, но и равномерно распределяет давление на суставные поверхности сочленяющихся костей.

Суставной гиалиновый хрящ лишен надхрящницы. Ее функции в других хрящах – трофическая, регенераторная, механическая, опорная.

В суставном хряще нет сосудов.

В составе межклеточного вещества хряща главным компонентом являются протеогликаны. Они связывают большое количество воды, что обеспечивает упругость хряща. С возрастом эта способность протеогликанов снижается и механические свойства хряща ухудшаются. Однако состав протеогликанов в хрящевой ткани взрослого медленно обновляется.

Интерстициальная вода обладает способностью перемещаться в пределах межклеточного вещества хряща. Она вытесняется из участка, испытывающего давление, и вновь возвращается в него после прекращения воздействия. В воде находятся ионы и низкомолекулярные белки. Благодаря своей несжимаемости вода обеспечивает жесткость хрящевой ткани.

Суставной хрящ покрывает суставные поверхности в виде слоя толщиной 0,1–6 мм. Он прочно прикреплен к кости, имеет гладкую поверхность и не только обеспечивает скольжение, но и способствует амортизации толчков. Питание его осуществляется из

двух источников: из синовиальной жидкости (основной путь поступления метаболитов) и со стороны подлежащей кости, контактирующей с обызвествляющимся хрящом.

Суставной хрящ в период активного роста имеет для растущего эпифиза такое же значение, что и метаэпифизарная хрящевая пластинка роста кости: его клетки пролиферируют и производят межклеточное вещество, тем самым компенсируя убыль обызвещенного хряща, который постоянно замещается костной тканью. Когда рост эпифиза завершается, рост суставного хряща и его замещение костной тканью прекращается. В дальнейшем хондроциты вырабатывают значительное количество межклеточного вещества, но уже не делятся. Поскольку суставной хрящ лишен надхрящницы, он не обладает способностью к регенерации.

В нормальных условиях жизнедеятельности суставы долго сохраняют неизменный объем движений и мало подвергаются старению. Движения, занятия физкультурой и спортом сохраняют форму и подвижность суставов. При длительных и чрезмерных нагрузках, а также с возрастом в строении и функциях суставов появляются изменения:

- истончается и деформируется суставной хрящ, уменьшаются его пружинящие свойства;
- склерозируются фиброзная мембрана суставной капсулы и связки;
- по периферии суставных поверхностей образуются костные выступы – остеофиты.

Анатомические изменения приводят к функциональным – ограничению подвижности, уменьшению амплитуды движений.

После 30 лет происходит постепенное истончение пластинки суставного хряща, появляются неровности, хотя даже в глубокой старости исчезновения гиалиновой хрящевой ткани на суставных поверхностях костей не наблюдается. Инволютивные процессы проявляются также уменьшением клеточных элементов, увеличением пространств межклеточного вещества, изменением его качественного состояния.

Капсула сустава. Синовиальная оболочка капсулы во всех возрастах зависит от размеров сустава и на всем протяжении полностью покрывает внутреннюю поверхность капсулы, прикрепляясь всегда на границе суставного хряща. Синовиальная оболочка у новорожденного имеет неровные контуры, образуя невысокие складки и возвышения. Она довольно рыхлая, с большим количеством сосудов. Иногда она имеет единичные ворсинки. В течение 1-го года жизни ее коллагеновые волокна приобретают выраженную волнистость, складчатость оболочки усиливается, гуще становятся сети кровеносных сосудов. К концу 1-го года жизни ворсинки все еще малочисленны. Развитие ворсинок тесно связано с общим увеличением синовиальной полости и ее функциональной поверхности. Максимальное их количество приходится на молодой и зрелый возраст, а минимальное (в связи с инволютивными изменениями) – на старческий.

С началом активной двигательной деятельности на 2-м году жизни количество ворсинок заметно увеличивается, они приобретают разнообразную форму. До 5 лет ворсинки имеют простое строение, а от 6 до 10 лет появляются сложные ворсинки 2-го и 3-го порядков. К 12–14 годам нарастает складчатость синовиальной оболочки. Это связано с дальнейшим развитием пучков коллагеновых волокон и сосудов, что способствует более интенсивному обновлению синовиальной жидкости.

У юношей и подростков ворсинки синовиальной оболочки имеют разнообразную форму и строение. В крупных ворсинках увеличивается количество коллагеновых волокон, появляется жировая ткань, разрастается густая капиллярная сеть. К 18–29 годам рельеф синовиальной оболочки достигает оптимального уровня и отличается большим количеством складок, ворсинок, сильно развитой сосудистой сетью. В пожилом и старческом возрасте заметно уменьшается количество клеток, выстилающих синовиальную оболочку, снижаются ее регенераторные возможности. В ней появляются единичные, а порой и группы хрящеподобных клеток. Ворсинки истончаются, сосуды в них заустевают, в результате чего они гибнут, отторгаются, постепенно рассасываются. В то же

время волокнистых структур в синовиальной оболочке становится больше, они более толстые и менее эластичные, что ограничивает подвижность костей в суставах.

Фиброзная оболочка капсулы является продолжением соединительной ткани, окружающей кость. Места ее прикрепления к сочленяющимся костям зависят от характера и обширности движений, а толщина и прочность – от интенсивности нагрузок. При недостаточном укреплении суставов мышцами фиброзная оболочка утолщается, образуя тесно спаянные с ней связки, подобные шнурам или пластинам.

Фиброзный слой капсулы сустава к моменту рождения состоит из рыхло расположенных пучков коллагеновых волокон. Между ними много рыхлой соединительной ткани, в которой проходят сосуды и нервы. Аналогично построены связки новорожденного. С возрастом происходит морфофункциональная перестройка структур: усиливается коллагенизация, увеличиваются размеры и количество волокон, что обусловлено действием сил растяжения. В связи с увеличением разнообразия движений коллагеновые и эластические волокна приобретают более упорядоченное расположение, совпадающее с направлением действия сил растяжения. К 14–16 годам рыхлая соединительная ткань остается только в наружных слоях капсулы.

В 7–8-летнем возрасте морфологические особенности фиброзного слоя капсулы таковы, что создают оптимальные условия для подвижности и увеличения объема движений в суставах: в нем преобладают эластические волокна, а коллагеновые имеют выраженную извилистость, что создает предпосылки для более свободного растяжения.

К 14–16 годам структурные элементы фиброзного слоя достигают высокой степени дифференцированности, характерной для взрослого. С этого возраста начинается процесс формирования хряща в некоторых отделах капсулы и связок.

К 22–25 годам волокнистые образования связочно-суставного аппарата достигают максимального развития. В пожилом и старче-

ском возрасте фиброзный слой капсулы и связки уплотняются и становятся тоньше, утрачивают эластичность и прочность.

Различают пассивную подвижность в суставах, когда речь идет о движениях в суставе под действием внешней силы, и активную, когда движение осуществляется за счет сокращения мышц. Подвижность зависит от формы суставных поверхностей, их соответствия друг другу, состояния капсулы и связочного аппарата, мышц, температуры окружающей среды, возраста, пола, времени суток, характера деятельности. Чем больше соответствуют по форме сочленяющиеся поверхности костей друг другу, тем меньше суставная щель и меньше подвижность. Чем крепче и толще суставная капсула и связки, чем менее растяжимы мышцы, тем подвижность в суставе меньше. При высокой температуре окружающей среды подвижность выше, чем при низкой. Утром подвижность меньше, чем вечером, что объясняется, в частности, застоем лимфы в тканях. Максимальная подвижность в течение суток приходится на период между 12 и 14 часами. Чем младше дети, тем больше суточные колебания подвижности в суставах.

У детей подвижность в суставах больше, а конгруэнтность суставных поверхностей меньше, чем у взрослых. К старости подвижность в суставах уменьшается в связи с уменьшением эластичности связок и мышц и из-за обезвоживания тканей, в связи с разрастанием костной ткани по краям суставных поверхностей сочленяющихся костей. У женщин подвижность в суставах больше, чем у мужчин (эластичнее ткани, менее выражен тонус мышц-антагонистов).

В развитии пассивной подвижности в суставах различают 3 этапа:

- 1) до 12 лет – сокращение размаха движений;
- 2) 12–40 лет – стабилизация подвижности;
- 3) после 40 лет – уменьшение подвижности.

В возрасте 7–8 лет связь между силой мышц и подвижностью в суставах невелика, однако к 9–14 годам она увеличивается. В 15–17 лет между мышечной силой и подвижностью в суставах может установиться обратно пропорциональная зависимость.

Возрастные особенности позвоночного столба

После рождения заметно изменяются размеры и форма позвоночного столба. Длина его у новорожденного составляет 40% длины тела. Наиболее быстро позвоночник растет первые 2 года – с 20–22 см у новорожденного до 45–47 см к 2 годам. Большая нагрузка на поясничный отдел сопровождается более заметным ростом последнего, но после 5 лет соотношения между отделами становятся такими же, как у взрослого. К началу периода полового созревания рост позвоночного столба замедляется. Новое ускорение его наблюдается у девочек к 12–13 годам, у мальчиков – к 13–14 годам. К 16 годам его длина составляет 59 см, у взрослого – 73 см.

У новорожденных 50% длины позвоночного столба составляет суммарная высота всех межпозвоночных дисков. У взрослого высота дисков достигает лишь 25% от общей длины позвоночного столба. Изменение толщины дисков с возрастом является одним из факторов уменьшения подвижности позвоночного столба: степень подвижности в каждом сегменте прямо пропорциональна квадрату высоты и обратно пропорциональна площади поперечного сечения межпозвоночных дисков сегмента.

Подвижность позвоночного столба в младшем и среднем школьном возрасте увеличивается, затем постепенно уменьшается, особенно после 50–60 лет. Темп прироста ее при сгибании и разгибании более высокий, чем при боковых движениях (наклонах в сторону).

У пожилых людей вследствие уменьшения толщины дисков и увеличения грудного кифоза (его кривизны) длина позвоночного столба уменьшается на 3–7 см. Наблюдается общее разрежение костного вещества позвонков (остеопороз), обызвествление межпозвоночных дисков и передней продольной связки. Все это уменьшает рессорные свойства позвоночного столба, его подвижность и крепость.

Характерную форму позвоночный столб приобретает постепенно в процессе индивидуального развития. У новорожденного он имеет вид пологой дуги, вогнутой спереди. Изгибы начинают

формироваться только с 3–4-го месяца, когда ребенок начинает держать голову. Первоначально возникает шейный лордоз, обращенный выпуклостью кпереди. К 6-му месяцу, когда ребенок уверенно сидит, появляется грудной кифоз, и несколько позднее, по мере овладения вертикальной стойкой и ходьбой, у детей формируется поясничный лордоз и крестцовый кифоз – в 9–12 месяцев.

При неправильном развитии мышц правой и левой стороны тела, неправильном положении за работой, учебным столом, а у спортсменов из-за асимметричной работы мышц могут возникать патологические изгибы позвоночника – сколиозы.

Средствами физической культуры можно сформировать правильную осанку, исправить ее нарушения. Следует иметь в виду, что прямое положение головы увеличивает шейный лордоз, отведение лопаток кзади, а также выпрямление туловища уменьшает грудной кифоз. Наклон головы вперед и положение сидя, напротив, увеличивает грудной кифоз. Это следует иметь в виду при выборе физических упражнений для исправления осанки.

Возрастные изменения грудной клетки

У новорожденного она конусовидная. Переднезадний диаметр ее больше поперечного, ребра лежат почти горизонтально. В первые 2 года жизни идет быстрый рост грудной клетки. В 6–7 лет рост ее замедляется, а в 7–18 лет наиболее увеличивается ее средний отдел.

Окостенение ребер заканчивается приблизительно к 20 годам, а синостозирование рукоятки, тела грудины и мечевидного отростка в среднем завершается к 30 годам.

Подгрудинный угол у новорожденного составляет примерно 93° , через год он – около 70° , а в 5 лет равен 60° , в 15 лет и у взрослого его величина составляет 70° .

Максимальный прирост грудной клетки у мальчиков отмечается в 12–13 лет, а у девочек – на 1–2 года раньше. Половые различия в форме грудной клетки определяются примерно с 15 лет. Окружность грудной клетки у мальчиков с 8 до 10 лет увеличивается на 1–2 см в год, с 11 лет и до периода полового созревания – на 2–5 см в год.

Подвижность грудной клетки в периоды усиленного роста уменьшается. По мере снижения тонуса мышц, окружающих грудную клетку, в пожилом возрасте размеры ее уменьшаются, особенно поперечный. В старческом возрасте наклон ребер увеличивается, подвижность становится меньше в связи с окостенением реберных хрящей.

Регулярные занятия спортом, физическими упражнениями отодвигают момент наступления инволюционных изменений, однако размеры и подвижность грудной клетки в разных видах спорта изменяются неодинаково.

Возрастные изменения таза

Соединение лобковых костей у новорожденного представляет собой синхондроз. На 1–2-м году жизни ребенка в центре хряща намечается полость в виде узкой сагиттальной щели, формирующаяся к 5–7 годам. В пубертатном периоде отчетливо выражены половые различия лобкового симфиза. У мужчин хрящ тоньше и волокнистее, у женщин – толще и мягче. Вертикальный размер его больше у мужчин, а горизонтальный – у женщин.

Крестцово-подвздошные суставы. Капсула сустава у новорожденного тонкая, но сильно натянута; укрепляющие ее связки выражены, особенно межкостные. По мере оксификации и формирования рельефа костей капсула и связочный аппарат дифференцируются, достигая дефинитивного состояния к 10–12 годам.

Таз новорожденного имеет воронкообразную форму. Мыс его выражен слабо, крылья подвздошных костей плоские, расположены почти вертикально. Граница между большим и малым тазом не резкая, контур ее близок к кругу. К 7 годам размеры таза увеличиваются, почти втрое возрастает расстояние между передними верхними подвздошными осями, но он сохраняет воронкообразную форму. После 8 лет в период интенсивного роста таза появляются нерезкие, а к 16–18 годам – отчетливые половые различия его формы: усиливается кривизна крыльев подвздошных костей,

углубляются подвздошные ямки, изменяется угол наклона таза и т.д. – таз приобретает дефинитивное строение.

Возрастные изменения суставов

Формирование суставов в онтогенезе человека связано со сроками окостенения участвующих в их образовании костей, определяющих форму и рельеф суставных поверхностей, а также с особенностями развития суставных капсул и связок.

К моменту рождения все суставы имеют основные анатомические структуры, подвергающиеся в течение жизни изменениям. Ведущая роль в процессе их дальнейшего формирования и развития принадлежит силе тяжести вышележащих частей тела (статическим нагрузкам) и уровню физической активности в различных возрастных периодах.

Грудино-ключичный сустав. Грудинный конец ключицы у новорожденного имеет шаровидную форму; седловидный изгиб его начинает формироваться на первом году жизни, к 2–3 годам он хорошо выражен, а к 5–7 годам имеет форму такую же, как у взрослого, в дальнейшем увеличиваясь в размерах. Суставная поверхность рукоятки грудины растет, одновременно углубляясь, такими же темпами. Одновременно с суставными концами костей растет и диск между ними, но медленнее. Толщина диска с возрастом уменьшается, он плотнее срастается с капсулой сустава. Капсула постепенно утолщается. К 10–12 годам заметно утолщаются укрепляющие ее связки. Окончательного развития все элементы сустава достигают к 18–20 годам.

Акромиально-ключичный сустав. Его щелевидная полость у новорожденного относительно больше, чем у взрослого, что при слабости капсулы и связок его обеспечивает и больший, чем у взрослого, объем движений в суставе. Утолщение капсулы и связок начинается с 2–3 лет. К 12–14 годам сустав достигает дефинитивного состояния.

Плечевой сустав. У новорожденного он образован полностью хрящевой суставной впадиной лопатки, имеющей овальную форму, с плоской поверхностью и невысокой хрящевой губой, а также

полностью хрящевой шаровидной головкой плечевой кости, имеющей с телом (диафизом) кости угол 170° (на 30° больше, чем у взрослого). Суставная капсула тесная, сильно натянута. В нижнем ее отделе имеются складки. Из-за неравномерного расположения волокнистых структур ее толщина в разных отделах неодинакова. Клювовидно-плечевая связка, идущая от основания клювовидного отростка лопатки и вплетающаяся в капсулу сустава, короткая, плотная, хорошо развита. Клювовидно-акромиальная связка лопатки имеет косое направление и тесно прилежит к капсуле сустава. Все эти анатомические особенности: положение отростков лопатки, связок, угол наклона эпифиза плеча к его диафизу, малые размеры капсулы резко ограничивают отведение плеча, вращение его вокруг вертикальной оси.

Развитие костей и нарастающая двигательная активность изменяют структуру плечевого сустава. К 4 годам суставная впадина лопатки увеличивается в размерах и приобретает овоидную форму и вогнутость, свойственную взрослому, разрастается хрящевая суставная губа. Полное формирование суставной впадины лопатки заканчивается к концу пубертатного периода – к 15–16 годам. К 10–12-летнему возрасту клювовидный отросток лопатки занимает типичное положение, смещаясь вверх, что изменяет положение клювовидно-акромиальной связки. Угол между головкой и телом плечевой кости уменьшается до 140° . Это способствует увеличению объема движений. Максимум подвижности в суставе приходится на 8–10 лет. В укреплении плечевого сустава ведущая роль принадлежит мышцам. Будучи рыхло связанными с капсулой в первые месяцы жизни, они в дальнейшем своими сухожильными частями вплетаются в нее по всей поверхности, за исключением нижнего отдела, остающегося наиболее слабым местом капсулы.

Подвижность в соединениях пояса верхней конечности и в плечевом суставе увеличивается до 10–12 лет, до 16 лет показатели ее сохраняются на высоком уровне, а затем начинают снижаться, особенно резко после 50 лет.

Локтевой сустав. К моменту рождения концы плечевой, локтевой и лучевой костей хрящевые. Венечная ямка, локтевая и луче-

вая ямки плеча и борозда блока выражены слабо. Это же относится и к лучевой вырезке локтевой кости. Слабо развит локтевой отросток. Размеры суставной капсулы относительно велики, ее толщина спереди больше, чем сзади. Коллатеральные связки развиты слабо и еще не дифференцируются от суставной капсулы. Кольцевая связка лучевой кости слабая. Просторная капсула образует вдавление в полость сустава в области локтевой, лучевой и венечной ямок, а между плечевой и лучевой костями образуется своеобразный мениск – складка синовиальной оболочки с подлежащей жировой тканью. Самое слабое место капсулы – область ее прикрепления к краям венечной ямки.

На первом году жизни складка (мениск), разделявшая плечевую и лучевую кости, исчезает. В раннем детстве капсула остается просторной, коллатеральные связки удлинняются, объем движений возрастает. Анатомическая структура локтевого отростка в раннем детстве создает предпосылки для переразгибания предплечья в суставе. Сохраняющаяся тонкость и слабость кольцевой связки, а также скошенность головки лучевой кости являются условиями для выскальзывания последней из связки, в результате чего возможны подвывихи в плечелучевом суставе у детей раннего возраста. Большую роль в укреплении локтевого сустава в первые годы жизни играет мышца-супинатор. В ней два слоя – поверхностный и глубокий. Сухожильные волокна глубокого слоя вплетаются в капсулу сустава с лучевой стороны, укрепляя коллатеральную лучевую связку.

К 16 годам капсула и связочный аппарат сустава достигают дефинитивного состояния. Сгибательно-разгибательная подвижность увеличивается в локтевом суставе до 11–12 лет и долго сохраняется примерно на одном уровне, снижаясь после 40 лет. Пронаторно-супинаторная подвижность предплечья увеличивается только до 8–10 лет.

Ранние занятия спортом (гимнастикой) при слабости мышц, принимающих участие в укреплении локтевого сустава, и незавершенности его развития при больших нагрузках могут привести к деформации сустава, нежелательному переразгибанию, сохра-

няющемуся на всю жизнь, что создает дополнительную нагрузку на мышцы-сгибатели предплечья в локтевом суставе, способствует повреждению капсулы, вывихам, переломам костей.

Лучезапястный сустав. На первом году жизни он образован хрящевым дистальным эпифизом лучевой кости и хрящевыми телами развивающихся костей проксимального ряда запястья – ладьевидной, полулунной и трехгранной. Его суставная капсула тесно натянута в большей степени с ладонной стороны, что ограничивает разгибание кисти. Связки плохо дифференцированы от капсулы. Дальнейшее формирование сустава определяется сроками окостенения образующих его костей.

В первые годы жизни лучезапястный сустав практически отсутствует, становясь выраженным к 7 годам, а полностью формируется к 10–13 годам, канал кисти – углубление на ладонной поверхности сустава, служащее ложем для сухожилий мышц-сгибателей. Канал кисти с его поперечной связкой создает достаточную опору идущим в нем сухожилиям к 16 годам.

Связочный аппарат сустава, в частности коллатеральные связки, достигают максимальной прочности к периоду полового созревания.

Капсула сустава в течение всей жизни имеет ряд слабых мест, преимущественно на тыльной стороне, что служит предпосылкой возникновения выпячиваний ее, при повреждении которых могут возникать воспалительные процессы.

Ранняя спортивная специализация без учета степени развития образующих сустав структур может существенно сказаться на его формировании. Так, при начале занятий гимнастикой с 5–6 лет типичная для сустава эллипсоидная форма может преобразоваться в шаровидную, обеспечивающую больший объем движений вокруг всех осей, включая вертикальную. В противоположность этому у баскетболистов сустав становится менее подвижным, приобретая форму более вытянутого в поперечном направлении эллипса, что ограничивает боковые движения (вокруг сагиттальной оси), одновременно увеличивая объем сгибания и разгибания в общей сложности до 200°.

Увеличение активной подвижности в суставе наблюдается до 31–40 лет, объем пассивных движений кисти уменьшается после 8–9 лет.

Тазобедренный сустав. У новорожденного он образован преимущественно хрящевой вертлужной впадиной тазовой кости и полностью хрящевой головкой бедренной кости. Вертлужная впадина имеет овальную форму размером 18×14 мм, по краям ее расположена невысокая хрящевая губа. Сама впадина уплощена, особенно сглажен ее верхний край, что является предпосылкой для врожденных вывихов бедра. В связи с прямохождением и под действием сил тяжести объем вертлужной впадины быстро увеличивается. К 6 годам она приобретает округлые очертания (размер ее становится равным 31×30 мм), более высокой становится хрящевая губа. Быстро изменяется и бедренная кость. Укороченная поначалу ее шейка, расположенная при рождении под углом к телу кости в 150°, к 5–6 годам удлиняется, а величина угла уменьшается до 140°.

Капсула сустава у новорожденного тонкая, натянутая. Толщина ее переднего отдела – 1–2 мм, а сзади и снизу – 0,2–0,3 мм. Связки плохо дифференцируются. Синовиальная оболочка прикрепляется к наиболее выступающим частям суставной губы и по границе суставной поверхности головки бедра. Она менее обширная, чем фиброзная оболочка капсулы, прикрывающая также шейку бедренной кости и крепящаяся по межвертлужному гребню и межвертлужной линии. Синовиальная оболочка образует круговой карман вокруг вертлужной впадины, который покрывает край суставной губы, а на бедренной кости образует ряд складок в виде валика, содержащего значительное количество жировой ткани.

Связка головки бедра первично плоская, ее длина примерно равна диаметру головки бедра – 8–11 мм. В толще этой связки (а ширина ее у места начала в ямке вертлужной впадины – 4–7 мм и 4–6 мм – у головки бедра при толщине на всем протяжении равной 1–2 мм) проходит от 3 до 20 артерий небольшого калибра, питающих головку бедра. Связка выдерживает нагрузку при испытании прочности на разрыв до 7–8 кг.

Подвздошно-бедренная связка у новорожденного хорошо развита – толстая, треугольной формы, длиной около 1,5 см. Лобково-бедренная и седалищно-бедренная связки тонкие, едва намечены, плотно сращены с фиброзной оболочкой капсулы. В связи с осо-

бенностями расположения связок и строения впадины наиболее слабым местом сустава является верхнезадний отдел, что необходимо учитывать при воздействии избыточных вертикальных нагрузок в детском возрасте. Короткость и прочность подвздошно-бедренной связки при рождении резко ограничивают разгибание и вращение кнаружи бедра в тазобедренном суставе.

К концу 1-го года жизни с началом хождения подвздошно-бедренная связка удлиняется, капсула сустава становится несколько свободнее, размах движений в суставе увеличивается. Параллельно развиваются лобково-бедренная и седалищно-бедренная связки. Седалищно-бедренная связка, разрастаясь, покрывает капсулу сустава сзади и сверху к периоду раннего детства. В дальнейшем она продолжает утолщаться, достигая достаточной прочности к 10–12 годам.

Головка бедренной кости на 1–2-м году жизни постепенно погружается в суставную впадину и круговая зона (внутрикапсулярная связка) смещается с головки на шейку. Этот процесс заканчивается к 12–16 годам.

Тазобедренный сустав в основном принимает дефинитивное строение к 15–16 годам, однако в течение всей жизни наиболее слабым местом его капсулы остается задненижний отдел, наименее укрепленный связками и мышцами, что редко, но при достаточно большом внешнем усилии при отведении в сочетании с вращением бедра внутрь (шпагат) у нетренированных людей может привести к вывиху.

В тазобедренном суставе наиболее интенсивный прирост подвижности характерен для младшего школьного возраста, в 12–15 лет ее изменения невелики, а с 16 лет подвижность сустава несколько снижается, стабилизируясь в интервале 20–50 лет и вновь уменьшаясь после 50 лет.

Ранняя специализация в различных видах спорта оказывает существенное влияние на формирование тазобедренного сустава. У футболистов размеры головки бедра и глубина вертлужной впадины, охватывающей головку, возрастают, что ограничивает объем движений в суставе. У гимнастов, наоборот, диаметр головки

бедренной кости меньше, а вертлужная впадина мельче. Объем суставной впадины оказывается значительно меньше головки, и размах движений в суставе большой.

Коленный сустав. Мениски сустава при рождении тонкие, эластичные и легко смещаются. Поперечная связка обычно хорошо выражена, а крестообразные – тонкие, короткие и почти одинаковой длины. Капсула сустава тонкая, особенно в верхнем отделе. Наружные связки слабые, особенно медиальная коллатеральная. Связка надколенника короткая. Синовиальные сумки малы или отсутствуют.

В период раннего детства изменяется положение проксимального эпифиза большой берцовой кости и ее суставные поверхности занимают более горизонтальное положение (у новорожденного они обращены в большей степени назад). Неравномерно растущие мышечки бедра из горизонтального положения переходят в косое. Наружный мыщелок постепенно опускается. Усиление этого процесса может привести к О-образному искривлению нижних конечностей, а в других случаях – к Х-образному, что особенно часто происходит при увеличении вертикальной нагрузки на коленные суставы в возрасте от 4–5 до 10–12 лет. Положение эпифизов бедра и большеберцовой кости устанавливается к 10–12 годам. К этому периоду завершается оссификация надколенника, дифференцирование связочного аппарата. Синовиальные сумки в окружности сустава развиваются по мере дифференцирования прикрепляющихся здесь мышц.

В коленном суставе сгибательно-разгибательная подвижность начинает снижаться уже с 7 лет. Пронаторно-супинаторная подвижность голени увеличивается до 10–11 лет, затем снижается.

Голеностопный сустав. У новорожденного он образован суставными поверхностями блока таранной кости, уже имеющей точки окостенения, и полностью хрящевых дистальных эпифизов большой берцовой и малой берцовой костей. Блок таранной кости имеет форму неправильной трапеции. Латеральная лодыжка отстоит кзади по сравнению с медиальной. Капсула сустава плотная. Связки хорошо выражены. Из них дельтовидная (медиальная)

сравнительно более прочная, относительно короткая и затрудняет супинирование и подошвенное сгибание стопы.

Максимальной подвижности сустав достигает к 7–8 годам, когда практически завершается формирование его структур.

При систематических занятиях силовыми видами спорта с раннего возраста происходит уплощение блока таранной кости, значительно уменьшающее подвижность в суставе, что сказывается на устойчивости тела при выполнении характерных для этих видов спорта приемов и движений.

Стопа. Становление ее опорной и рессорной функции начинается, когда ребенок впервые самостоятельно принимает вертикальное положение. Рессорные свойства стопы определяются степенью выраженности ее сводов и их прочностью. Своды стопы, удерживаемые пассивными и активными затяжками, формируются еще до рождения ребенка. Стопа новорожденного выглядит плоской, так как на ней хорошо развит слой подкожной жировой клетчатки. Период активного формирования сводов приходится на возраст от 3 до 7 лет. В этот период наиболее часто возникает плоскостопие. В период второго детства (8–12 лет) скелет стопы фактически заканчивает формирование. Рост отдельных костей идет неравномерно. Прочность связочного аппарата значительно нарастает за счет изменения соотношения коллагеновых и эластических волокон в сторону увеличения первых. Интенсивный рост пяточной и всех плюсневых костей приводит к 12-летнему возрасту к качественно новому соотношению между отделами стопы, характерному для взрослого человека.

Окончательно рессорные свойства стопы, обусловленные степенью выраженности ее сводов, устанавливаются к 16–20 годам, после чего плоскостопие (если оно не появилось раньше), как правило, не развивается.

В возрастных изменениях подвижности стопы выделяют три этапа:

- от 1 года до 11–13 лет – уменьшение размаха движений;
- до 40 лет – стабилизация подвижности;

– после 40 лет – снижение подвижности, особенно прогрессирующее к 70 годам.

Вопросы для самоконтроля

1. Перечислите особенности соединений костей новорожденного.
2. Какие изменения появляются в суставах при длительных и чрезмерных нагрузках?
3. Дайте характеристику возрастным особенностям позвоночного столба.
4. Дайте характеристику возрастным особенностям грудной клетки.
5. Дайте характеристику возрастным особенностям соединений костей таза.
6. Дайте характеристику возрастным изменениям грудиноключичного, акромиально-ключичного и плечевого суставов.
7. Дайте характеристику возрастным изменениям локтевого и лучезапястного суставов.
8. Дайте характеристику возрастным изменениям тазобедренного сустава.
9. Дайте характеристику возрастным изменениям коленного сустава.
10. Дайте характеристику возрастным изменениям голеностопного сустава и суставов стопы.

2.4. Возрастные изменения скелетных мышц

Мышечные волокна развиваются из одноядерных малодифференцированных веретенообразных клеток – миобластов, которые, сливаясь, превращаются в многоядерные миосимпласты. На 5–6-й неделе эмбриогенеза в последних появляются миофибриллы. В дальнейшем во внутриутробном периоде количество миофибрилл в миосимпластах нарастает, увеличивается диаметр мышечных волокон, формируются синаптические контакты с нервными

волокнами. Часть миобластов, оказавшихся в составе сарколеммы мышечного волокна, превращается в клетки-сателлиты, активизирующиеся всякий раз при повреждении мышечных волокон в постнатальном онтогенезе.

К моменту рождения формообразование всех мышц в основном завершено, однако, развитие, связанное с их внутренним строением, еще продолжается, заканчиваясь примерно к 25 годам.

В первые годы жизни ребенка в строении скелетной мышечной ткани сохраняются черты, характерные для внутриутробного периода: слабое развитие миофибрилярного аппарата – немногочисленность миофибрилл, рыхлое их расположение в волокне, богатство саркоплазмы в волокне, изобилие соединительнотканых клеток между волокнами скелетных мышц, недоразвитость коллагеновых и эластических фибрилл их каркаса, примитивность нервно-мышечных контактов (синапсов), расположение их по всей мышце. К рождению наиболее толстыми являются мышечные волокна диафрагмы, а самые тонкие находятся в мышцах голени.

По мере роста ребенка и формирования двигательных навыков изменяется внутреннее строение мышц. Сократительный аппарат мышечных волокон становится более развитым, вследствие чего поперечная исчерченность становится более четкой. В первые 3 года количество миофибрилл в волокнах возрастает в 4–5 раз, а диаметр мышечного волокна увеличивается в 1,5 раза. При этом мышечные волокна из округлых становятся многогранными. Развиваются кровеносные сосуды, улучшается кровоснабжение мышечных волокон, активно развивается иннервационный аппарат. Рост мышечных волокон в длину происходит по концам волокна в ответ на тягу, создаваемую растущими костями, к которым крепится мышца.

В период от 3 до 7 лет количество миофибрилл в волокне увеличивается по сравнению с новорожденными в 15–20 раз, соответственно, увеличивается и диаметр мышечных волокон.

По мере развития мышечного аппарата изменяется только микроструктура мышечных волокон. Мышечная композиция, т.е. соотношение в мышце медленных и быстрых волокон, определена

генетически и на протяжении жизни остается неизменной. Общее количество мышечных волокон в мышце также почти не изменяется. Прирост мышечной массы происходит за счет увеличения размеров каждого мышечного волокна. В основе увеличения поперечника мышечного волокна лежит интенсивный синтез мышечных сократительных белков – актина и миозина, приводящий к увеличению количества миофибрилл.

В дошкольном и младшем школьном возрасте (5–8 лет) происходит перестройка иннервационного аппарата мышц: увеличиваются размеры и дифференциация элементов мышечных, сухожильных и суставных рецепторов. На протяжении этого периода происходит перераспределение положения чувствительных мышечных веретен в скелетных мышцах – расположенные в мышце новорожденного равномерно по длине, они концентрируются затем в концевых отделах мышц, подвергающихся наибольшему растяжению. Совершенствуется структура двигательных мионевральных синапсов – моторных бляшек.

НЕРВНО-СУХОЖИЛЬНЫЕ ВЕРЕТЕНА – чувствительные веретеновидные инкапсулированные образования, возбуждение рецепторов которых возникает при растяжении сухожилий во время мышечного сокращения. Расположены в области соединения поперечнополосатых мышечных волокон с коллагеновыми волокнами сухожилий.

НЕРВНО-МЫШЕЧНЫЕ ВЕРЕТЕНА – инкапсулированные образования, расположенные параллельно ходу мышечных волокон, являющиеся рецепторами растяжения поперечнополосатых мышц.

МОТОРНАЯ БЛЯШКА содержит терминальное разветвление аксона мотонейрона, лежащего в передних рогах спинного мозга, контактирующего с оболочкой поперечнополосатого мышечного волокна.

К 7–8 годам иннервационный аппарат скелетных мышц приобретает структуру, свойственную взрослому. В этот период усиливается рост сухожилий мышц, заметно утолщаются апоневрозы и фасции, разрастается внутримышечная соединительная ткань, раз-

вивается сосудистое русло мышц, гуще становится сосудистая сеть, появляются новые капилляры.

В период полового созревания (11–15 лет) идет интенсивный прирост мышечной массы, при этом длина мышц увеличивается больше, чем их поперечник. Продолжается совершенствование соединительнотканых образований мышц: в эндомизии и перимизии волокнистые структуры преобладают над клетками соединительной ткани, возрастает количество эластических волокон.

Наиболее интенсивный рост мышечных волокон и мышц в целом происходит в детском и подростковом возрасте. В развитии мышц важную роль играют половые гормоны – андрогены. У мужчин они вырабатываются в половых железах (яичках) и коре надпочечников, у женщин – только в надпочечниках. У лиц мужского пола в любом возрасте их концентрация в крови выше, чем у лиц женского пола. Увеличение мышечной массы в интервале 20–30 лет идет параллельно с ростом продукции андрогенов, стимулирующих синтез миозина и актина скелетных мышц. Прирост мышечной массы регулируется также соматотропным гормоном гипофиза, инсулином поджелудочной железы, тироксином и трийодтиронином щитовидной железы.

У новорожденного скелетные мышцы составляют 20–22% от общей массы тела. В возрасте 1–2 лет масса мышц снижается до 15–16%. В 6 лет в связи с высокой двигательной активностью ребенка масса скелетных мышц увеличивается, достигая более 21% от общей массы тела, и в дальнейшем продолжает нарастать: у 8-летних – 27%, в 15 лет – 32%, в 18 лет – 44% от общей массы тела. В возрасте от 18–20 до 35–40 лет масса мышц колеблется незначительно, стабилизируется, в дальнейшем – уменьшается. У женщин масса мышц в среднем равна 33%, у мужчин – 36–40% от общей массы тела.

У взрослых форма и размеры скелетных мышц относительно устойчивы. Даже у людей пожилого возраста инволютивные изменения их обычно невелики. Они заключаются лишь в некотором уменьшении поперечника мышечных волокон, нарастании коллагеновых волокон в мышце, развитии жировой ткани. В старческом возрасте инволютивные изменения усиливаются, мышцы подвергаются функциональной атрофии.

В первые годы жизни ребенка быстро растут мышцы верхних и нижних конечностей. В период от 2 до 4 лет отмечается усиленный рост длинных мышц спины и большой ягодичной мышцы. Мышцы, обеспечивающие вертикальное положение тела, интенсивно растут после 7 лет, особенно у подростков 12–16 лет.

У новорожденных длина брюшка большинства мышц относительно велика, а сухожилий – мала по сравнению с мышцами взрослых. В первые годы жизни мышцы растут в основном за счет удлинения сухожилий, а мышечная часть растет в области перехода в сухожилие, в связи с чем становится выраженнее перистость мышц, увеличивается площадь прикрепления сухожилий к костям, фасциям.

В ходе развития происходит перераспределение мышечной массы в организме. Мышцы нижних конечностей растут быстрее, чем мышцы туловища, а последние, в свою очередь, опережают в росте мышцы головы. На конечностях в первые 8–9 лет быстрее растут мышцы кисти и стопы.

Мышцы спины. У новорожденного ребенка мышцы спины, особенно глубокие, развиты слабо. Развитие мускулатуры спины идет постепенно. Уже в первые годы более выраженными становятся ременные мышцы, мышцы затылочной группы, подвздошно-реберные. Усиленное развитие мускулатуры спины происходит в 5–6 лет, но особенно увеличивается ее объем в период полового созревания.

Мышцы груди. К моменту рождения поверхностные мышцы груди развиты лучше глубоких. Межреберные мышцы развиты слабо, особенно внутренние, и к моменту рождения ребенка существенной роли в акте дыхания они не играют. Дифференцируются мышцы груди постепенно. В 5–6 лет все они уже четко контурируются. Существенное нарастание мышечной массы, проявление индивидуальных особенностей мышечного рельефа начинается с 10–12 лет.

Диафрагма. У новорожденного диафрагма сравнительно хорошо развита. Ее масса составляет 5,3% от массы всей мускулатуры (у взрослых – только 1%). Это объясняется ее участием в акте дыхания, в котором слабые межреберные мышцы участвуют мало. Дифференцирование мышечных волокон в диафрагме новорожденного еще не закончено, но, по сравнению с другими мышцами,

волокна здесь более зрелые и толстые, а все виды волокнистых структур рыхлой соединительной ткани представлены богаче. Диафрагма вдавливается в грудную полость в виде двух куполов, правый из которых выше и шире. После первых дыхательных движений купол опускается от уровня 5-го ребра до 7-го ребра. Экскурсии диафрагмы при вдохе и выдохе у новорожденного – 3 ребра. С возрастом меняется положение диафрагмы и совершенствуется ее строение. По мере роста ребенка меняются пропорции между ее сухожильной и мышечной частями. Чем старше ребенок, тем сухожильный центр больше.

У пожилых людей диафрагма плоская. После 60–70 лет в ее мышечной части обнаруживаются признаки атрофии на фоне увеличения сухожильного центра.

Мышцы живота. Передняя брюшная стенка у новорожденного выпячена; форма живота конусообразная. Косые и поперечные мышцы живота развиты слабо, апоневрозы их нежные, широкие. Прямые мышцы живота тонкие и узкие. Их поперечные сухожильные перемышки лежат высоко и не всегда симметрично. Фасции, покрывающие косые и поперечные мышцы, очень тонкие, поэтому мышцы с трудом отделяются одна от другой. Белая линия живота в верхней части и области пупка имеет истонченные участки с продолговатыми узкими щелями.

Интенсивное развитие мышц живота наблюдается со времени, когда ребенок начинает ходить. Апоневрозы укрепляются, мышечная масса нарастает. Так, ширина прямых мышц живота к концу 1-го года жизни ребенка увеличивается вдвое. Выпячивание живота характерно только для раннего детства, с развитием мышц оно постепенно исчезает. У 7-летних детей живот подтянут. Фасции, разграничивающие мышцы, уплотняются. Белая линия живота незначительно расширяется, а с ростом ребенка – удлиняется. В период полового созревания передняя брюшная стенка становится плоской, ее мышцы, особенно прямые, четко контурируются, суживается белая линия живота.

Мышцы плечевого пояса и свободной верхней конечности. К моменту рождения сформированы все мышцы пояса и свобод-

ной верхней конечности, но развиты они слабо. Их мышечная часть преобладает над сухожильной. На плече передняя и задняя группа мышц разделены тонкими соединительнотканными перегородками. Форма мышц почти прямоугольная. Мышцы передней поверхности предплечья лежат в 4 слоя, на задней поверхности – в 2 слоя. Костно-фиброзные каналы, через которые мышцы предплечья направляются на кисть, в основном сформированы. Сухожилия мышц одеты синовиальными влагалищами. Мышцы кисти у новорожденного очень нежные.

Дифференцирование мышц верхней конечности идет постепенно и с разной скоростью в различных отделах. Быстрее всего дифференцируются мышцы кисти. К 5–6 годам они значительно увеличиваются в размерах, а к 10–12 годам практически ничем не отличаются от мышц взрослого. Мышцы предплечья развиваются медленнее, чем мышцы кисти, а мышцы плеча и плечевого пояса – еще медленнее. С возрастом не только увеличивается масса мышц, но удлиняются их сухожилия. Для плеча и предплечья становится характерной коническая или веретенообразная форма, в отличие от цилиндрической у новорожденного. Масса мышц предплечья, плеча и плечевого пояса достаточно интенсивно увеличивается в 5–6 лет, затем развитие мускулатуры этих отделов замедляется, после чего мышечный рельеф верхней конечности мощно развивается в период полового созревания. Параллельно с развитием мускулатуры уплотняются фасции, увеличивается количество жировой клетчатки в межмышечных пространствах.

Мышцы нижней конечности. Передняя, задняя и медиальная группы мышц бедра у новорожденного сформированы и отделены одна от другой межмышечными соединительнотканными перегородками. Длина сухожилий невелика, поэтому форма бедра цилиндрическая. Для каждой мышцы голени к моменту рождения характерны относительно большое брюшко и короткое сухожилие. Мышцы передней группы голени хорошо разграничиваются; малоберцовые мышцы (латеральная группа) имеют поначалу почти одинаковую ширину; икроножная мышца составляет единое целое с камбаловидной (задняя группа). Мышцы глубокого слоя также

образуют единый пласт. В области голеностопного сустава за счет утолщения фасций образуются костно-фиброзные каналы для сухожилий мышц голени, направляющихся на стопу. Сухожилия в каналах окружены синовиальными влагалищами. С возрастом мышцы нижней конечности дифференцируются. На стопе уже на первом году жизни сливаются изолированные сначала брюшки коротких, сгибателя и разгибателя пальцев. Нарастает масса мышц подошвенной поверхности, утолщается подошвенный апоневроз. Ускоренное развитие мышц стопы вызвано необходимостью укрепления ее к моменту, когда ребенок начинает стоять и ходить, при этом стопа испытывает большую осевую нагрузку. К 5–6 годам мышцы стопы заметно увеличиваются в размерах, а к 10–12 годам мало отличаются от таковых у взрослого человека.

К 4–6 годам интенсифицируется развитие мышц голени, увеличиваются размеры мышц передней группы, обособляются длинная и короткая малоберцовые мышцы латеральной группы, в задней группе отделяются икроножная и камбаловидная мышцы, разграничиваются глубокие мышцы. В этот период не только нарастает масса мышц, но и удлиняются сухожилия, цилиндрическая форма голени сменяется на коническую или веретенообразную. В 10–14 лет мышцы голени хорошо развиты, их поперечник по сравнению с 5-летним возрастом увеличивается более чем в 2 раза.

Мышцы бедра и таза дифференцируются медленнее, чем мышцы голени и стопы. Их развитие идет по пути увеличения мышечной массы и изменения соотношения мышечной и сухожильной частей в пользу сухожильной. Усиленное развитие мышц бедра происходит в 4–5 лет, но особенно быстро увеличивается мышечная масса бедра в 12–14 лет, когда проявляется мышечный рельеф конечности. Параллельно развитию мышц конечностей утолщаются межмышечные перегородки, уплотняются фасции, окончательного развития достигают синовиальные влагалища и синовиальные сумки.

Мышцы шеи. У новорожденного ребенка они относительно короткие из-за высокого стояния грудной клетки, имеют цилиндрическую форму и слабо развиты. Их особенностью является почти

полное отсутствие сухожилий в местах фиксации. Развитие мускулатуры шеи идет постепенно. К 5–7 годам все мышцы хорошо выражены, среди них выделяются мышцы передней группы, лежащие выше и ниже подъязычной кости. В них не только нарастает мышечная масса, но хорошо различимыми становятся сухожильные элементы. Увеличивается масса лестничных и предпозвоночных мышц. К 10–14 годам мускулатура шеи мало чем отличается от таковой у взрослого. По мере развития мышц уплотняются фасции, увеличиваются размеры межмышечных и межфасциальных пространств. Количество рыхлой клетчатки в них нарастает к 7 годам и в период полового созревания.

Мышцы головы. К моменту рождения мышцы головы в целом развиты слабо, степень дифференциации отдельных мышечных групп неодинакова. Надчерепная мышца достаточно хорошо выражена. Ее лобная и затылочная части тонкие, а сухожильный шлем связан с кожей рыхло, из-за чего кожа головы весьма подвижна. Все мимические мышцы слаборельефны и расположены вплотную одна к другой. Лучше всех дифференцированы мышцы окружности рта и щечные, обеспечивающие акт сосания. Хорошо развит жировой комок щеки, имеющий тонкую соединительнотканную оболочку и фиксированный к щечной мышце. Комок препятствует втягиванию мягких тканей лица в ротовую полость во время сосания. Жевательные мышцы слабо развиты и почти не имеют в точках фиксации сухожильных элементов.

С возрастом мышцы головы развиваются неравномерно. Для надчерепной мышцы характерно постоянное нарастание мышечной массы ее лобной и затылочной частей, утолщение сухожильного шлема, который к 5–7 годам прочно срастается с кожей головы. В течение первого года жизни очень быстро развиваются мышцы окружности рта и щечные. Остальные несколько отстают в развитии.

К концу преддошкольного периода мимическая мускулатура, за исключением мышц окружности уха, в достаточной мере дифференцирована. В дальнейшем ее развитие в значительной степени индивидуально. Жировой комок щеки с развитием мимических мышц уплощается, смещается кзади.

Жевательные мышцы дифференцируются в связи с развитием зубочелюстного аппарата. Интенсивный рост их отмечается с 3-летнего возраста. К 7–8 годам увеличивается не только масса, но и сухожильные отделы этих мышц. Дефинитивного развития жевательная мускулатура достигает ко времени прорезывания постоянных зубов.

Вопросы для самоконтроля

1. Перечислите особенности строения скелетной мышечной ткани у детей первых лет жизни.
2. Какие гормоны стимулируют прирост мышечной массы?
3. Как происходит рост мышц?
4. Дайте характеристику возрастным изменениям мышц головы и шеи.
5. Дайте характеристику возрастным изменениям мышц туловища.
6. Дайте характеристику возрастным изменениям мышц нижних конечностей.
7. Дайте характеристику возрастным изменениям мышц верхних конечностей.

2.5. Возрастные изменения системы крови

Количество крови в организме человека меняется с возрастом. У детей крови относительно массы тела больше, чем у взрослых. У новорожденных кровь составляет 14,7% массы, у детей одного года – 10,9%, у детей 14 лет – 7%. Это связано с более интенсивным протеканием обмена веществ в детском организме. Общее количество крови у новорожденных в среднем составляет 450–600 мл, у детей 1 года – 1,0–1,1 л, у детей 14 лет – 3,0–3,5 л, у взрослых людей массой 60–70 кг общее количество крови 5–5,5 л.

У здоровых людей соотношение между *плазмой* и форменными элементами колеблется незначительно (55% плазмы и 45% форменных элементов). У детей раннего возраста процентное содержание форменных элементов несколько выше.

Количество форменных элементов крови также имеет свои возрастные особенности. Так, количество *эритроцитов* (красные кровяные клетки) у новорожденного составляет 4,3–7,6 млн на 1 мм³ крови, к 6 месяцам количество эритроцитов снижается до 3,5–4,8 млн на 1 мм³, у детей 1 года – до 3,6–4,9 млн на 1 мм³ и в 13–15 лет достигает уровня взрослого человека. Надо подчеркнуть, что содержание форменных элементов крови имеет и половые особенности, например количество эритроцитов у мужчин составляет 4,0–5,1 млн на 1 мм³, а у женщин – 3,7–4,7 млн на 1 мм³.

Осуществление эритроцитами дыхательной функции связано с наличием в них *гемоглобина*, являющегося переносчиком кислорода. Содержание гемоглобина в крови измеряется либо в абсолютных величинах, либо в процентах. За 100% принято наличие 16,7 г гемоглобина в 100 мл крови. У взрослого человека обычно в крови содержится 60–80% гемоглобина. Причем содержание гемоглобина в крови мужчин составляет 80–100%, а у женщин – 70–80%. Содержание гемоглобина зависит от количества эритроцитов в крови, питания, пребывания на свежем воздухе и других причин.

Содержание гемоглобина в крови также меняется с возрастом. В крови новорожденных количество гемоглобина может варьировать от 110 до 140%. К 5–6-му дню жизни этот показатель снижается. К 6 месяцам количество гемоглобина составляет 70–80%. Затем к 3–4 годам количество гемоглобина несколько увеличивается (70–85%), в 6–7 лет отмечается замедление в нарастании содержания гемоглобина, с 8-летнего возраста вновь нарастает количество гемоглобина и к 13–15 годам составляет 70–90%, т.е. достигает показателя взрослого человека. Снижение числа эритроцитов ниже 3 млн и количества гемоглобина ниже 60% свидетельствует о наличии анемического состояния (малокровия).

Малокровие – резкое снижение гемоглобина крови и уменьшение количества эритроцитов. Различного рода заболевания и осо-

бенно неблагоприятные условия жизни детей и подростков приводят к малокровию. Оно сопровождается головными болями, головокружением, обмороками, отрицательно сказывается на работоспособности и успешности обучения. Кроме того, у малокровных учащихся резко снижается сопротивляемость организма, и они часто и длительно болеют.

Первейшей профилактической мерой против малокровия оказываются правильная организация режима дня, рациональное питание, богатое минеральными солями и витаминами, строгое нормирование учебной, внеклассной, трудовой и творческой деятельности, чтобы не развивалось переутомление, необходимый объем суточной двигательной активности в условиях открытого воздуха и разумное использование естественных факторов природы.

Одним из важных диагностических показателей, свидетельствующих о наличии воспалительных процессов и других патологических состояний, является *скорость оседания эритроцитов*. У мужчин она составляет 1–10 мм/ч, у женщин – 2–15 мм/ч. С возрастом этот показатель изменяется. У новорожденных скорость оседания эритроцитов низкая (от 2 до 4 мм/ч). У детей до 3 лет величина СОЭ колеблется в пределах от 4 до 12 мм/ч. В возрасте от 7 до 12 лет величина СОЭ не превышает 12 мм/ч.

Другим классом форменных элементов являются *лейкоциты* – белые кровяные клетки. Важнейшей функцией лейкоцитов является защита от попадающих в кровь микроорганизмов и токсинов. По форме, строению и функции различают разные типы лейкоцитов. Основные из них: лимфоциты, моноциты, нейтрофилы. *Лимфоциты* образуются в основном в лимфатических узлах. Они вырабатывают антитела и играют большую роль в обеспечении иммунитета. *Нейтрофилы* вырабатываются в красном костном мозге: они играют основную роль в фагоцитозе. Способны к фагоцитозу и *моноциты* – клетки, образующиеся в селезенке и печени.

Существует определенное соотношение между разными типами лейкоцитов, выраженное в процентах, так называемая *лейкоцитарная формула*. При патологических состояниях изменяется как общее число лейкоцитов, так и лейкоцитарная формула.

Количество лейкоцитов и их соотношение изменяются с возрастом. Так, в крови взрослого человека содержится 4 000–9 000 лейкоцитов в 1 мкл. У новорожденного лейкоцитов значительно больше, чем у взрослого человека (до 20 тыс. в 1 мм³ крови). В первые сутки жизни число лейкоцитов возрастает (происходит рассасывание продуктов распада тканей ребенка, тканевых кровоизлияний, возможных во время родов) до 30 тыс. в 1 мм³ крови.

Начиная со вторых суток число лейкоцитов снижается и к 7–12-му дню достигает 10–12 тыс. Такое количество лейкоцитов сохраняется у детей первого года жизни, после чего оно снижается и к 13–15 годам достигает величин взрослого человека. Кроме того, было выявлено, что чем меньше возраст ребенка, тем больше незрелых форм лейкоцитов содержит его кровь.

Лейкоцитарная формула в первые годы жизни ребенка характеризуется повышенным содержанием лимфоцитов и пониженным числом нейтрофилов. К 5–6 годам количество этих форменных элементов выравнивается, после этого процент нейтрофилов растет, а процент лимфоцитов понижается. Малым содержанием нейтрофилов, а также недостаточной их зрелостью объясняется большая восприимчивость детей младших возрастов к инфекционным болезням. К тому же фагоцитарная активность нейтрофилов у детей первых лет жизни наиболее низкая.

Тромбоциты (кровяные пластинки) – самые мелкие из форменных элементов крови. Количество их варьирует от 200 до 400 тыс. в 1 мм³ (мкл). Днем их больше, а ночью меньше. После тяжелой мышечной работы количество кровяных пластинок увеличивается в 3–5 раз.

Образуются тромбоциты в красном костном мозге и селезенке. Основная функция тромбоцитов связана с их участием в свертывании крови. Нормальное функционирование кровообращения, препятствующее как кровопотере, так и свертыванию крови внутри сосуда, достигается определенным равновесием двух существующих в организме систем – свертывающей и противосвертывающей.

Свертывание крови у детей в первые дни после рождения замедленно, особенно это заметно на 2-й день жизни ребенка. С 3-го по 7-й день жизни свертывание крови ускоряется и приближается

к норме взрослых. У детей дошкольного и школьного возраста время свертывания крови имеет широкие индивидуальные колебания. В среднем начало свертывания в капле крови наступает через 1–2 мин, конец свертывания – через 3–4 мин.

В эритроцитах содержатся особые вещества *антигены*, или *агглютиногены*, а в белках плазмы *агглютинины*, при определенном сочетании этих веществ происходит склеивание эритроцитов – *агглютинация*. Одним из наиболее существенных агглютиногенов для возрастной физиологии является *резус-фактор*. Он содержится у 85% людей (резус-положительные), у 15% этого фактора в крови нет (резус-отрицательные). При переливании резус-положительной крови резус-отрицательному человеку в крови появляются резус-отрицательные антитела, и при повторном переливании резус-положительной крови могут наступить серьезные осложнения в виде агглютинации. Резус-фактор в особенности важно учитывать при беременности. Если отец резус-положительный, а мать резус-отрицательная, кровь плода будет резус-положительная, так как это доминантный признак. Агглютиногены плода, поступая в кровь матери, вызовут образование антител (агглютининов) к резус-положительным эритроцитам. Если эти антитела через плаценту проникнут в кровь плода, наступит агглютинация и плод может погибнуть. Поскольку при повторных беременностях в крови матери увеличивается количество антител, опасность для детей возрастает. В таком случае либо женщине с резус-отрицательной кровью вводят заблаговременно антирезус гаммаглобулин, либо только что родившемуся ребенку производят заменное переливание крови.

Вопросы для самоконтроля

1. Дайте характеристику возрастным особенностям лейкоцитарной формулы.
2. Дайте характеристику возрастным изменениям содержания гемоглобина.
3. Что такое малокровие?

4. Перечислите возрастные особенности свертывающей системы крови.

2.6. Возрастные изменения сердца и сосудов

В различные периоды онтогенеза сердечно-сосудистая система претерпевает существенные возрастные изменения, наиболее выраженные из которых наблюдаются в период внутриутробного развития, у новорожденных и в грудном возрасте (т.е. на первом году жизни), в период полового созревания и в старости.

До рождения сердце функционирует иначе, чем после рождения в связи с отсутствием легочного дыхания. Кровообращение плода характеризуется тем, что богатая питательными веществами и кислородом кровь от матери из сосудов плаценты собирается в пупочные вены и по ним направляется в организм плода. В области ворот печени пупочная вена делится на две ветви. Одна из них проникает в печень и, пройдя через ее паренхиму, по системе печеночных вен впадает в нижнюю полую вену. Другая ветвь пупочной вены (аранциев проток) большую часть плацентарной крови направляет непосредственно в нижнюю полую вену плода, где кровь матери смешивается с венозной кровью из нижней половины тела и нижних конечностей плода. Смешанная кровь по нижней полой вене поступает в правое предсердие, куда впадает также верхняя полая вена, несущая кровь от верхней половины тела плода и верхних конечностей. Большая часть крови из нижней полой вены, благодаря особой складке на стенке правого предсердия, направляется к овальному окну в перегородке между предсердиями и через него – в левое предсердие, а оттуда – в левый желудочек и аорту.

Кровь, поступившая в правое предсердие по верхней полой вене, не смешивается с потоком крови нижней полой вены и переходит из правого предсердия в правый желудочек, а затем – в легочный ствол. Между легочным стволом и нисходящей частью

аорты у плода функционирует артериальный (боталлов) проток. По нему кровь поступает в нисходящую аорту, т.е. ниже места отхождения от аорты сосудов, питающих сердце, мозг и верхние конечности плода.

После рождения в сосудистой системе новорожденного происходят существенные изменения. Начинают функционировать легкие, легочные артерии и вены (малый круг кровообращения). Перевязанные пупочные сосуды запусевают, превращаясь в дальнейшем в связки. Артериальный (боталлов) проток становится артериальной связкой, соединяющей легочный ствол с аортой. Овальное отверстие в межпредсердной перегородке постепенно зарастает. Заращение его происходит на 5–10-м месяце жизни. Однако складка эндокарда, выполняющая роль клапана, закрывает окно, препятствуя движению крови из правого предсердия в левое до его полного закрытия. У 50% детей небольшое отверстие в перегородке сохраняется до 5 лет.

Сердце у новорожденного почти шарообразное, диаметром 3,0–3,5 см, предсердия по сравнению с желудочками велики, и правое предсердие значительно больше левого.

Сердце особенно быстро растет в длину в течение первого года жизни ребенка. Отдельные части сердца в разные возрастные периоды изменяются неодинаково: в течение первого года жизни предсердия растут интенсивнее желудочков; в возрасте от 2 до 5 лет и особенно в 6 лет рост предсердий и желудочков одинаково интенсивен; после 10 лет желудочки увеличиваются быстрее.

Масса сердца новорожденного – 24 грамма (0,8–0,9% от массы тела ребенка), в конце первого года жизни она удваивается, к 4–5 годам – в 3 раза превышает первоначальную, в 9–10 лет возрастает в 5 раз, а к 15–16 годам – в 10–11 раз. Масса сердца до 5–6 лет больше у мальчиков, чем у девочек, в 9–13 лет – наоборот, больше у девочек, а в 15 лет – снова больше у мальчиков. Объем сердца от периода новорожденности до 16 лет возрастает в 3–3,5 раза, причем более интенсивно – от 1 до 5 лет и в период полового созревания.

Миокард левого желудочка растет быстрее правого, и к концу 2-го года жизни его масса – вдвое больше миокарда правого желудочка. Это соотношение сохраняется и в 16 лет.

У новорожденных и детей всех возрастных групп предсердно-желудочковые клапаны эластичны, створки их тонкие, блестящие. Эластический аппарат сердца и гладкомышечный слой эндокарда (внутренней оболочки сердца) формируется к 5–6 годам. К 20–25 годам створки клапанов уплотняются, края их приобретают неровности. В старческом возрасте происходит частичная атрофия сосочковых мышц, управляющих клапанами, в связи с чем их функция может быть нарушена.

У новорожденных и детей грудного возраста сердце располагается высоко и лежит поперечно. Переход сердца из поперечного в косое положение начинается в конце 1-го года жизни. У 2–3-летних детей преобладает косое положение сердца. Нижняя граница сердца у детей до года расположена на один межреберный промежуток выше, чем у взрослых.

Просвет коронарных сосудов с возрастом непрерывно увеличивается, при этом левая венечная (коронарная) артерия всегда шире правой. Наиболее интенсивно емкость коронарных сосудов нарастает на 1-м году жизни и в пубертатном периоде. Особенность коронарной системы детского сердца – обилие анастомозов между левой и правой коронарными (венечными) артериями. В раннем детском возрасте имеется густая сеть сосудов с широкими петлями, затем они сужаются. В первые 2 года жизни детей происходит ветвление коронарных артерий по рассыпному типу, т.е. основной ствол непосредственно у корня делится на ряд периферических артериальных ветвей почти одинакового калибра. Между 2-м и 7-м годами диаметр основных стволов начинает увеличиваться, а периферические ветви подвергаются обратному развитию. К 11 годам появляется магистральный тип кровоснабжения сердца, при котором основные коронарные сосуды (правая и левая коронарные артерии) сохраняют свой калибр на всем протяжении, а от них отходят уменьшающиеся в диаметре боковые ветви.

Артериолы переходят в мышечном слое сердца в капилляры. У новорожденного на 4 мышечных волокна (кардиомиоцита) приходится 1 капилляр, а к 15 годам на 2 мышечных волокна приходится 1 капилляр.

В первые годы жизни из-за преобладания симпатических влияний со стороны вегетативной нервной системы частота сердечных сокращений достигает 120 ударов в минуту. К 5–7 годам волокна парасимпатической вегетативной нервной системы уже хорошо сформированы и через них усиливается влияние блуждающего нерва, приводящее к урежению ритма сердечной деятельности.

В подростковом периоде, когда происходит перестройка и созревание всех функциональных систем организма, масса сердца и размеры его камер увеличиваются быстрее, чем диаметр кровеносных сосудов, что приводит к относительному стенозу аорты и легочного ствола. В некоторых случаях увеличивающемуся в объеме сердцу не соответствует отстающее в развитии сосудистое русло, что вызывает повышение кровяного давления – юношескую гипертензию.

Развитие поперечнополосатой мускулатуры миокарда опережает развитие других тканей стенки сердца. В итоге рост клапанов не поспевает за развитием миокарда, что может привести к временной их недостаточности. Ее усиливает незрелость регуляции сосочковых мышц, что приводит к несинхронности в работе клапанов. Из-за этого у подростков могут появляться функциональные шумы, выслушиваемые при аускультации.

У подростков-акселератов темп развития сердца отстает от темпов увеличения размеров тела. При этом могут отмечаться признаки недостаточности периферического кровообращения, трофики растущих органов.

В подростковом периоде усиливаются различия сердечно-сосудистой системы в зависимости от пола. Миокарду мальчиков обычно свойственны большие функциональные возможности, чем девочкам.

В юношеском возрасте созревание сердечно-сосудистой системы практически завершается, достигнув дефинитивного состояния, и функции системы кровообращения сохраняются на опти-

мальном уровне активности примерно до 35 лет, т.е. до завершения 1-го периода зрелости.

В процессе старения вес сердца постепенно увеличивается к 60–70 годам за счет гипертрофии миокарда левого желудочка, затем уменьшается. Происходит расширение верхней и средней и сужение нижней части желудочков, удлинение артериальных конусов. Старееющее сердце характеризуется развитием субэпикардальной жировой ткани, утолщением эндокарда, огрублением створок клапанов, нарушением их смыкания, укорочением сосочковых мышц, уменьшением поперечной исчерченности мышечных волокон (кардиомиоцитов). Изменение проводящей системы сердца заключается в разрастании и огрубении соединительной ткани, окружающей клетки узлов-водителей ритма и клетки пучка Гисса и его ножек, что затрудняет передачу импульсов на волокна Пуркинье, а с них – на кардиомиоциты миокарда желудочков. Клетки проводящей системы сердца являются наиболее чувствительными к кислородной недостаточности при ишемических состояниях, развивающихся в старческом возрасте из-за склеротических изменений коронарных сосудов.

Возрастные особенности регуляции кровообращения

К моменту рождения ребенка в сердечной мышце достаточно хорошо выражены нервные окончания симпатических и парасимпатических нервов. В раннем детском возрасте (до 2–3 лет) преобладают тонические влияния симпатических нервов на сердце, о чем можно судить по частоте сердечных сокращений (у новорожденных до 140 ударов в минуту). Тонус центра блуждающего нерва в этом возрасте низок.

Первые признаки влияния блуждающего нерва на сердечную деятельность обнаруживаются в 3–4-месячном возрасте. В этом возрасте можно вызвать рефлекторное замедление сердечного ритма, надавливая на глазное яблоко. В первые годы жизни ребенка формируются и закрепляются тонические влияния блуждающего нерва на сердце. В младшем школьном возрасте роль блужда-

ющего нерва значительно усиливается, что проявляется в снижении частоты сердечных сокращений.

Возрастные особенности реакции сердечно-сосудистой системы на физическую нагрузку

По мере роста и развития сердечно-сосудистой системы изменяются и ее реакции у детей и подростков на физическую нагрузку. Возрастные особенности этих реакций отчетливо проявляются как при постановке специальных функциональных проб, направленных на выявление состояния сердечно-сосудистой системы, так и в процессе выполнения физических упражнений, общественно полезного, производительного труда.

На *динамическую физическую нагрузку* дети и подростки реагируют повышением частоты сердечных сокращений, максимального артериального давления (ударного объема). Чем младше дети, тем в большей мере, даже на наименьшую физическую нагрузку, они реагируют повышением частоты пульса, меньшим увеличением ударного объема, обеспечивая примерно одинаковый прирост минутного объема.

Дети и подростки, систематически занимающиеся физической культурой, постоянно выполняющие общественно полезные работы при строгом нормировании физических нагрузок, тренируют сердце, повышают его функциональные возможности.

Минутный объем сердца тренированные дети и подростки по сравнению со своими нетренированными сверстниками обеспечивают за счет увеличения ударного объема и в меньшей степени за счет частоты сердечных сокращений. Проявляется и другая примечательная особенность: время восстановления гемодинамических показателей у тренированных учащихся короче, чем у нетренированных. В ответ на большую нагрузку у тренированных школьников 15 лет количество крови, выбрасываемое за 1 мин, достигает такого объема, которое позволяет обеспечить кислородом работающие органы. При большой нагрузке особенно ярко проявляются различия в реакциях сердечно-сосудистой системы тренированного и нетренированного школьника.

У юных спортсменов (16–18 лет) после дозированной физической нагрузки (20 приседаний за 30 с или 60 подскоков) частота сердечных сокращений увеличивается на 60–70%, максимальное артериальное давление повышается на 25–30%, а минимальное снижается на 20–25%; пульс возвращается к исходной частоте через 1,0–1,5 мин. Такая реакция расценивается как благоприятная. На аналогичную нагрузку нетренированные подростки реагируют повышением частоты сердечных сокращений на 100%, максимального артериального давления на 30–40% и снижением минимального на 10–15%; пульс возвращается к величинам до нагрузки через 2–3 мин после ее завершения.

Важная роль, которую выполняет сердце в организме, диктует необходимость применения профилактических мер, способствующих его нормальной функции, укрепляющих его, предохраняющих от заболеваний, которые вызывают органические изменения клапанного аппарата и самой сердечной мышцы. Занятия физической культурой и трудом в пределах возрастных границ допустимых физических нагрузок – наиважнейшая мера укрепления сердца.

Вопросы для самоконтроля

1. Перечислите особенности строения сердечно-сосудистой системы плода.
2. Какие изменения в строении сердечно-сосудистой системы возникают в течение первого года жизни?
3. Дайте характеристику возрастным особенностям регуляции кровообращения.
4. Дайте характеристику возрастным особенностям реакции сердечно-сосудистой системы на физическую нагрузку.

2.7. Возрастные изменения органов пищеварительной системы

Ротовая полость. У новорожденных и грудных детей в области щек хорошо развита подкожная жировая клетчатка, формирующая жировой комок (комок Биша). Он располагается под кожей щеки и заключен в капсулу. Этот жировой комок (его размеры 25х20 мм) облегчает скольжение во время сосания и жевания, препятствует втягиванию мягких тканей щеки в ротовую полость при сосании, способствует сохранению отрицательного давления в ротовой полости. С возрастом жировое тело щеки сглаживается, отодвигается кзади за жевательную мышцу в промежуток между ветвью нижней челюсти и последним коренным зубом и атрофируется.

Полость рта у новорожденных незначительных размеров, широкая и низкая. Альвеолярные отростки челюстей еще не выражены, а из-за отсутствия у нижней челюсти сформированных суставных бугорков она легко может перемещаться кзади. Плоское твердое небо находится на уровне свода глотки, а мягкое небо – короткое – и располагается горизонтально так, что край его не касается задней стенки глотки, чем достигается свободное дыхание при сосании. Слизистая оболочка твердого неба имеет поперечные складки. Слизистая оболочка полости рта тонкая, нежная, бедна железами, отличается относительной сухостью.

У детей после 1-го года жизни длина твердого неба начинает превышать его ширину, а к 1–5 годам небо приобретает форму, присущую взрослому, становясь узким и высоким.

Язык. У новорожденного он широкий, толстый, короткий, целиком заполняет полость рта. Сосочки его слизистой оболочки выражены и вкусовой анализатор воспринимает сладкое, горькое, кислое и соленое. Имеются все виды сосочков – нитевидные, грибовидные, листовидные и желобовидные. Уздечка языка короткая и малоподвижная. Язычная миндалина у новорожденного развита слабо.

Небные миндалины быстро растут на первом году жизни. Так, к концу 1-го года небная миндалина увеличивается в 3,5 раза, а к 5 годам масса ее утраивается по отношению к достигнутой к году.

Слюнные железы у новорожденных развиты слабо. Особенно интенсивно они растут в течение первых 2 лет, при этом их протоки становятся более разветвленными. До 15 лет происходит рост всех структур слюнных желез, сильно увеличивается масса их паренхимы, образуются новые ацинусы, разрастается строма, в которой появляется жировая ткань. Максимум развития желез приходится на возраст 20–25 лет.

Самая крупная околоушная слюнная железа к моменту рождения весит 0,9–2,4 г. К 3 месяцам вес ее удваивается, а к 2 годам – возрастает в 5–6 раз, после чего интенсивность ее роста снижается. В организме взрослого ее вес составляет около 43 г.

Поднижнечелюстная слюнная железа имеет изначальную массу при рождении около 1 г, достигая у взрослого 24 г.

Подъязычная слюнная железа растет в постнатальном периоде менее значительно. Ее масса при рождении составляет 0,4 г, а у взрослого – около 6 г.

Зубы. У новорожденного нет зубов, однако в глубине десен имеются уже сформированные зачатки молочных зубов, а под ними – закладки некоторых постоянных зубов. Молочные зубы начинают прорезываться на 6–7-м месяце жизни. Все 20 молочных зубов появляются к 2 годам. У девочек прорезывание молочных зубов происходит раньше, чем у мальчиков. Преждевременное удаление молочных зубов может оказать неблагоприятное влияние на прорезывание постоянных зубов, изменив их положение.

К концу 1-го года жизни при нормальном развитии должно быть 8 зубов, а к 2,5–3 годам – все 20 зубов. С 5-го года начинается процесс постепенного рассасывания корней молочных зубов.

Прорезывание постоянных зубов начинается с конца периода первого детства, т.е. после 7 лет. В их развитии отмечается три периода: первое появление постоянных зубов; смена молочных зубов на постоянные (в 14–15 лет); появление зубов мудрости (в 18–25 лет). Всего 32 постоянных зуба.

Постоянные зубы ребенка и взрослого имеют существенные отличия. Так, у детей постоянные зубы имеют полость больших размеров, стенки полости зуба тонкие, легко подвергаются кариесу,

что облегчает нарушение развития пульпы. Постоянные зубы детей короче, корневые каналы их шире, стенки каналов развернуты по направлению к верхушке корня.

В старческом возрасте изменения ротовой полости выражаются ослаблением жевательной мускулатуры и костей лицевого черепа, уменьшением размеров челюстей, ослаблением связок, удерживающих зубы в костных альвеолах, изменением прикуса, стиранием в той или иной степени эмали коронки, уменьшением массы слюнных желез, снижением их функции, из-за чего наблюдается сухость полости рта, трещины губ, языка. Высота нитевидных сосочков языка уменьшается, поверхность слизистой оболочки языка сглаживается.

Глотка. У новорожденного она имеет вид конусовидной трубки, обращенной суженным концом книзу. Длина ее составляет около 4 см. Нижний край глотки находится на уровне межпозвоночного диска между III и IV шейными позвонками. В период раннего детства нижняя граница глотки соответствует IV шейному позвонку, к 11–12 годам она опускается до уровня V–VI шейного позвонка.

У новорожденного носоглотка короткая и широкая, а свод ее еще не сформирован. Усиленный рост носоглотки происходит от 3 до 7 лет, но уже к 2 годам размеры носоглотки увеличиваются вдвое. Заканчивается ее рост к 16 годам. Глоточные отверстия слуховых труб, имеющие вид зияющих щелей и находящиеся у новорожденных на уровне твердого неба близко к занавеске, после 2–4 лет перемещаются в верхнезаднем направлении. К 12–14 годам они сохраняют щелевидную или приобретают овальную форму.

Миндалины глотки наиболее интенсивно развиваются в первые два года жизни, затем растут медленнее. Глоточная миндалина, расположенная в виде нескольких мелких валиков на своде глотки, у новорожденного развита слабо. Интенсивный рост ее приходится на возраст 5–7 лет, в дальнейшем замедляется и продолжается до 12–14 лет с последующим обратным развитием (инволюцией). Гипертрофия глоточной миндалины в детском возрасте иногда может

существенно затруднять носовое дыхание вплоть до полного перекрытия верхних дыхательных путей.

Трубные миндалины располагаются в устье глоточных отверстий слуховых труб. При их гипертрофии отверстия слуховых труб могут оказаться сдавленными, что приводит к снижению слуха.

Пищевод. К моменту рождения длина пищевода – 11–13 см, его начало находится на уровне диска между III и IV шейными позвонками. К концу периода второго детства (11–12 лет) его длина удваивается, практически достигая дефинитивного размера (22–23 см). При этом верхняя граница его оказывается на уровне VI шейного позвонка. Нижняя граница брюшной части пищевода у грудных детей находится на уровне X–XI грудных позвонков.

У детей сужения пищевода едва заметны. Слизистая оболочка и железы пищевода у новорожденных и детей грудного возраста развиты слабо. Продольные складки слизистой оболочки появляются после 2 лет. Мышечная оболочка, поначалу слабая, интенсивно развивается до 12–15 лет, в дальнейшем мало изменяясь.

У пожилых людей и стариков усиление грудного кифоза сопровождается удлинением пищевода, искривлением его, снижается тонус его мышечной стенки, при этом отмечаются симптомы вялости глотания, ощущения комка за грудиной, затруднения прохождения пищи.

Желудок. Темпы роста желудка опережают темпы роста тела. Средняя емкость желудка у новорожденного составляет 7–14 см³, а уже через 3 дня она увеличивается вдвое, через 18 дней достигает 80 см³, а в дальнейшем ежемесячно увеличивается на 20–25 см³, так что к году она достигает 250–300 см³. В 2 года емкость составляет 490–580 см³ в 3 года – 570–680 см³, в 12–14 лет и у взрослого – 1 200–1 600 см³.

К концу 1-го года жизни масса желудка составляет 18 г, к 5 годам она увеличивается в 6 раз, к 10 годам – в 10 раз, к 20 годам – в 24 раза.

Изменяется по мере роста и форма желудка: от округлого или веретенообразного у новорожденных к мешковидному в детстве,

причем начиная с 1-го детства он приобретает форму, характерную для взрослого – крючковидную или в виде рога, чулка.

Положение желудка у детей чаще всего вертикальное, однако начиная с юношеского возраста оно становится косым, как у взрослых.

Передняя стенка желудка у новорожденных скрыта печенью. В раннем детстве прикрытыми ею остаются кардиальный отдел и часть малой кривизны, а начиная с 1-го детства, положение желудка становится таким же, как у взрослого. По мере развития желудок опускается. Так, его входное отверстие у новорожденных находится на уровне VIII–IX грудного позвонка, а выходное привратниковое отверстие – на уровне XI–XII грудного позвонка. К 7 годам входное отверстие проецируется между XI–XII грудными позвонками, а выходное – на уровне XII грудного – I поясничного позвонка. Начиная с раннего детства уровень кардиального отдела желудка смещается вниз на высоту тел 2 позвонков и 2 межпозвоночных дисков, а привратник смещается вниз на высоту тел 2 позвонков и 2,5 межпозвоночных дисков.

Слизистая оболочка желудка к моменту рождения недостаточно дифференцирована, хотя приспособлена для переработки пищи новорожденного (молока). Ее эпителий однослойный, клетки ниже, чем у взрослого. Железы слизистой оболочки простые, трубчатые, малоразветвленные. Количество их у новорожденного невелико – около 0,5 млн, у 2-летних – 8 млн, в 6 лет – 10 млн, а у взрослых – 35 млн. Окончательное дифференцирование слизистой оболочки желудка завершается к 15 годам.

Мышечная оболочка к моменту рождения имеет все 3 слоя – циркулярный, продольный и косой. Особенно хорошо развит пилорический (привратниковый) сфинктер. Максимальной толщины мышечная оболочка достигает к 15–20 годам. К концу периода зрелости тонус желудка снижается, меняются его положение и форма. Под влиянием изменений позвоночника и из-за ослабления связочного аппарата и мускулатуры брюшной стенки нижний полюс желудка опускается. Отмечаются возрастные нарушения кро-

воснабжения, уменьшается количество желез, снижается желудочная секреция.

Тонкая кишка. Соотношение между длиной кишечника и длиной тела у детей 1-го года жизни составляет 6,6:1. У 2–3-летнего ребенка длина тонкой кишки составляет 2,8 м. К юношескому возрасту она достигает дефинитивных размеров (5–6 м). Диаметр ее к концу 1-го года жизни составляет 16 мм, к 3 годам – 23 мм.

Интенсивный рост всех отделов тонкой кишки отмечается до 3 лет, затем он замедляется и в 10–15 лет усиливается вновь.

Двенадцатиперстная кишка растет в длину относительно быстрее, чем тощая и подвздошная. У новорожденного она имеет округлые очертания – форму кольца, а окончательное положение и выраженные изгибы приобретает к 12 годам.

К моменту рождения стенка кишки имеет все оболочки. Ее слизистая оболочка преобладает по толщине и содержит многочисленные ворсинки. Мышечная оболочка слаба, особенно ее продольный слой. Кишка интенсивно, но неравномерно растет в длину в течение 1-го года жизни, толщина и мощность ее мускулатуры возрастают, а количество ворсинок слизистой оболочки увеличивается в 5–6 раз.

На протяжении периодов детства интенсивно развивается лимфоидная ткань тонкой кишки: появляются одиночные и групповые фолликулы. Количество последних возрастает до 13-летнего возраста, после чего несколько уменьшается.

В детстве слабо развита баугиниева заслонка – складка слизистой оболочки на границе тонкой и толстой кишки, из-за чего возможен заброс масс из толстого кишечника в тонкий.

В пожилом и старческом возрасте несколько увеличивается длина кишечника из-за потери мышечного тонуса его оболочкой. Стенки кишечника претерпевают атрофические изменения, в слизистой оболочке уменьшается количество функционирующих желез, уменьшается число ворсинок на единицу площади поверхности слизистой оболочки, уменьшается толщина слоев стенки. Все это приводит к функциональным нарушениям: запорам, вздутию живота, высокому положению диафрагмы, затрудняющему дыхание, изменению положения сердца; ослабевает всасывание в тонком кишечнике.

Толстая кишка. Длина толстой кишки у новорожденного – около 63 см. В ней отсутствуют гаустры (они появляются с 6 месяцев) и салъниковые отростки (они формируются с 2 лет). К концу 1-го года жизни длина толстой кишки достигает 83 см, к 10 годам – 118–120 см, к 16 годам – 150–160 см. Длина толстой кишки у взрослого человека примерно соответствует его росту.

Слепая кишка типичную для взрослого форму приобретает к 7 годам. У новорожденного она воронкообразная и располагается над подвздошным гребнем. В правую подвздошную ямку она опускается к середине подросткового периода – к 14 годам – по мере того, как удлиняется ободочная кишка. Отверстие, сообщающее тонкую кишку с толстой, у новорожденного зияет, так как заслонка его не выражена. Это создает условия для осеменения тонкой кишки микрофлорой толстой. После года отверстие становится щелевидным, формируется клапан заслонки. На 1-м году жизни быстро растет аппендикс и у годовалого ребенка формируется клапан, закрывающий вход в него. К 10 годам отросток достигает длины, характерной для взрослого. Наибольшего развития лимфоидные фолликулы аппендикса достигают к 10–14 годам.

Восходящая ободочная кишка только у подростков и юношей приобретает строение, характерное для взрослого.

Поперечная ободочная кишка у новорожденного скрыта печенью, имеет короткую брыжейку. К 1,5–2 годам брыжейка увеличивается (от 2 до 8 см) и подвижность кишки возрастает. Длина кишки к году составляет около 28 см, а к 10 годам – до 35 см. Наибольшая длина ее – у пожилых людей и стариков.

Нисходящая ободочная кишка имеет у новорожденного длину около 5 см. К году ее линейный размер удваивается, к 5–6 годам – утраивается.

Сигмовидная кишка у грудных детей и в раннем детстве достигает длины 20 см. Она имеет протяженную брыжейку, находится высоко в брюшной полости, подвижна, может соприкасаться со слепой кишкой, образовывать петли. К 5-летнему возрасту ее брыжейка укорачивается, кишка становится фиксированной, подвижность ее уменьшается. У ребенка 5 лет она располагается у

входа в малый таз, а к 10 годам, достигнув длины 38 см, опускается в малый таз, занимая левую подвздошную ямку. После 60–70 лет она постепенно подвергается атрофическим изменениям, стенка ее становится тоньше.

Прямая кишка у новорожденного цилиндрическая, ампула отсутствует, изгибы выражены слабо, стенка тонкая, заднепроходные столбы и синусы между ними не сформированы. Ее первоначальная длина составляет 5–6 см. Жировая клетчатка, окружающая прямую кишку, не развита, поэтому кишка плохо фиксирована. В некоторых случаях при увеличении внутрибрюшного давления, чрезмерном напряжении брюшного пресса, при кашле, натуживании может произойти выпадение прямой кишки. В период 1-го детства завершается формирование ампулы, а после 8 лет – изгибов. Значительный рост кишки наблюдается в период 2-го детства. К концу подросткового периода она имеет длину 15–18 см и диаметр 3,2–5,4 см.

Брюшина. У новорожденных париетальная и висцеральная брюшина тонкая и лежит на слабой подсерозной основе. Отсутствует жировая ткань в брыжейках, связках, сальниках. Она появляется в них с 2 лет, и количество жировой ткани заметно нарастает к 7 годам. Из-за отсутствия жировой ткани в брюшине внутренние органы брюшной полости детей более подвижны, чем у взрослых. До 6–7 лет между листками большого сальника имеется полость. К 7 годам структура большого сальника становится дефинитивной. К этому возрасту и связки брюшины достигают дифференцированного состояния. К 16–18 годам в сальниках, связках, брыжейках, забрюшинном пространстве количество жировой ткани резко увеличивается и органы брюшной полости приобретают более прочную фиксацию. К 20 годам устанавливаются те топографические отношения брюшины к органам, которые характерны для взрослых.

Печень у новорожденного занимает половину или 2/3 брюшной полости. Ее масса составляет 5% массы тела – 135 г. В младшем школьном возрасте отношение массы печени к массе тела составляет 3,3%, у взрослых – 2% и вес ее – 1300–1800 г.

К двум годам масса печени удваивается, к 4 – утраивается, к 9 годам она в 6 раз больше по массе, чем у новорожденного, а к 25–28 годам увеличивается в 10–12 раз, достигая дефинитивного максимума.

Период усиленного роста печени – с момента рождения до юношеского возраста; период умеренного ее роста – от юношеского возраста до 35 лет; стабилизация массы печени отмечается между 35 и 74 годами, после чего масса ее снижается.

У новорожденного диафрагмальная поверхность печени имеет выраженную выпуклость, в то время как висцеральная поверхность плоская. К 6–8 месяцам выпуклость диафрагмальной поверхности уменьшается, а вогнутость висцеральной увеличивается.

Левая доля печени у новорожденного больше или равна правой. Нижний край печени по правой среднеключичной линии выступает из-под реберной дуги на 2,5–4 см, а по средней линии – на 2,5–4 см ниже мечевидного отростка. У новорожденного верхняя поверхность печени соприкасается с диафрагмой и на значительном протяжении – с передней брюшной стенкой.

К моменту рождения дольки печени развиты слабо. Формирование долек связано с изменением сосудов печени, которое происходит после рождения. Диаметры ветвей воротной вены и печеночной артерии одинаковы. Значительное дифференцирование их по диаметру происходит в первые месяцы жизни. Синусоидные капилляры приобретают радиальное направление, одновременно с этим более четким становится и радиальное расположение печеночных балок. Соединительнотканная строма в печени новорожденных развита слабо, отчего контуры долек нечетки. К году междольковые прослойки несколько разрастаются и границы долек выявляются отчетливее. Дефинитивное строение печень приобретает к 10 годам.

После 7 лет нижний край печени не выходит из-под правой реберной дуги.

У детей печень более подвижна, ее положение в правом подреберье достаточно свободное, что обусловлено слабым развитием ее фиксирующего аппарата.

Желчный пузырь. К моменту рождения он располагается на висцеральной поверхности печени глубоко в ее паренхиме, а с возрастом приобретает все более поверхностное положение. Имея первоначальную длину у новорожденного 3,4 см, он, медленно развиваясь, увеличивается в 2 раза к 10–12 годам, почти достигая дефинитивного размера (у взрослого – 3–12 см).

У новорожденного масса желчного пузыря около 1 г, у годовалого ребенка – около 5 г, у взрослого человека – 13–17 г.

У пожилых и старых людей размеры желчного пузыря несколько увеличиваются, он выступает из-под нижнего края печени. Увеличивается его емкость. Сократительная активность из-за снижения мышечного тонуса его стенки падает, стенка пузыря истончается, соединительнотканых элементов в ней становится больше. Способность к сокращению сохраняет лишь мускулатура шейки пузыря, в то время как дно и тело ее теряют. Это приводит к дискинезии желчных путей, застою желчи, способствует камнеобразованию.

Поджелудочная железа. У новорожденного ее длина – 4–5 см и масса – 2–3 г. Располагается она выше, чем у взрослого. К 3 годам ее масса достигает 20 г, к 10–12 – 30 г, у взрослого ее масса – около 80 г. Интенсивный рост ее происходит в период от 6 месяцев до 2 лет в связи с расширением пищевого рациона. Форма железы устанавливается в 8–12 лет, приобретая дефинитивную структуру, а положение, свойственное взрослому, она приобретает чуть раньше – в 8–10 лет, опускаясь от уровня XII грудного позвонка к III поясничному.

В ранние возрастные периоды происходит усиленное развитие секреторного аппарата железы, продуцирующего поджелудочный сок, и эндокринного, выделяющего в кровь гормоны (инсулин, глюкагон и др.). К 17–20 годам структура железы становится высокодифференцированной. К этому сроку ветвление ее протоков приобретает дефинитивные особенности. До 40–45 лет железа сохраняет морфологическую и функциональную стабильность, в дальнейшем подвергаясь возрастной инволюции: она становится более плотной за счет склерозирования стромы и убыли железистой паренхимы. Эти изменения преобладают в хвостовой ее ча-

сти. При этом дольчатость железы становится более отчетливой, протоки деформируются, сужаясь, вплоть до закрытия, в одних участках и расширяясь в других. Изменяется качественный и количественный характер секреции.

В пожилом и старческом возрасте во всех органах пищеварительной системы возникают изменения, функциональные нарушения, связанные с утратой зубов и изменением качества первичной механической переработки пищи, со снижением функции слюнных желез, с уменьшением числа вкусовых сосочков, с опущением желудка, кишечника и удлинением их из-за ослабления собственной мышечной стенки, связочного аппарата, снижения тонуса мышц передней брюшной стенки, деформации позвоночника, с атрофией желез и снижением секреторной активности, что приводит к ухудшению переваривания и всасывания пищевых веществ, со снижением моторной активности кишечника, способствующим задержке содержимого толстой кишки, с ухудшением кровоснабжения органов, с ухудшением опорожнения желчного пузыря, камнеобразованием.

Особенности обмена веществ у детей и подростков

Процессы обмена веществ и энергии особенно интенсивно идут во время роста и развития детей и подростков, что является одной из характерных черт растущего организма. На этом этапе онтогенеза пластические процессы значительно преобладают над процессами разрушения, и только у взрослого человека между этими процессами обмена веществ и энергии устанавливается динамическое равновесие. Таким образом, в детстве преобладают процессы роста и развития, или ассимиляции, в старости – процессы диссимиляции. Эта закономерность может нарушаться в результате различных заболеваний и действия других экстремальных факторов окружающей среды.

В состав клеток входит около 70 химических элементов, образующих в организме два основных типа химических соединений: органические и неорганические вещества. Непрерывные процессы синтеза и распада, происходящие в организме, требуют регулярного поступления материала, необходимого для замещения уже отжив-

ших частиц организма. Этот «строительный материал» поступает в организм с пищей. Количество пищи, которую съедает человек за свою жизнь, во много раз превышает его собственную массу. Все это говорит о высокой скорости процессов обмена веществ в организме человека.

Обмен белков. Белки составляют около 25% от общей массы тела. Это самая сложная его составная часть. Белки представляют собой полимерные соединения, состоящие из аминокислот. Белковый набор каждого человека является строго уникальным, специфичным. В организме белок пищи под действием пищеварительных соков расщепляется на свои простые составные части – пептиды и аминокислоты, которые затем всасываются в кишечнике и поступают в кровь. Из 20 аминокислот только 8 являются незаменимыми для человека. К ним относятся: триптофан, лейцин, изолейцин, валин, треонин, лизин, метионин и фенилаланин. Для растущего организма необходим также гистидин.

Отсутствие в пище любой из незаменимых аминокислот вызывает серьезные нарушения жизнедеятельности организма, особенно растущего. Белковое голодание приводит к задержке, а затем и к полному прекращению роста и физического развития. Ребенок становится вялым, наблюдается резкое похудание, обильные отеки, поносы, воспаление кожных покровов, малокровие, снижение сопротивляемости организма к инфекционным заболеваниям и т.д. Это объясняется тем, что белок является основным пластическим материалом организма, из которого образуются различные клеточные структуры. Кроме того, белки входят в состав ферментов, гормонов, нуклеопротеидов, образуют гемоглобин и антитела крови.

Если работа не связана с интенсивными физическими нагрузками, организм человека в среднем нуждается в получении в сутки примерно 1,1–1,3 г белка на 1 кг массы тела. С увеличением физических нагрузок возрастают и потребности организма в белке. Для растущего организма потребности в белке значительно выше. На первом году постнатального развития ребенок должен получать более 4 г белка на 1 кг массы тела, в 2–3 года – 4 г, в 3–5 лет – 3,8 г и т.д.

Обмен жиров и углеводов. Эти органические вещества имеют более простое строение, они состоят из трех химических элементов: углерода, кислорода и водорода. Одинаковый химический состав жиров и углеводов дает возможность организму при излишке углеводов строить из них жиры, и, наоборот, при необходимости из жиров в организме легко образуются углеводы.

Общее количество жира в организме человека в среднем составляет около 10–20%, а углеводов – 1%. Большая часть жиров находится в жировой ткани и составляет резервный энергетический запас. Меньшая часть жиров идет на построение новых мембранных структур клеток и на замену старых. Некоторые клетки организма способны накапливать жир в огромных количествах, выполняя в организме роль тепловой и механической изоляции.

В рационе здорового взрослого человека жиры должны составлять около 30% общей калорийности пищи, т.е. 80–100 г в день. Необходимо использовать в пищу жиры и животного, и растительного происхождения в соотношении 2:1, так как некоторые составные компоненты растительных жиров не могут синтезироваться в организме. Это так называемые непредельные жирные кислоты: линолевая, линоленовая и арахидоновая. Недостаточное поступление этих жирных кислот в организм человека приводит к нарушению обмена веществ и развитию атеросклеротических процессов в сердечно-сосудистой системе.

Потребности детей и подростков в жирах имеют свои возрастные особенности. Так, до полутора лет потребности в растительных жирах нет, а общая потребность составляет 50 г в день, с 2 до 10 лет потребность в жирах увеличивается до 80 г в день, а в растительных – до 15 г, в период полового созревания потребность в жирах у юношей составляет 110 г в сутки, а у девушек – 90 г, причем потребность в растительных жирах у обоих полов одинакова – 20 г в сутки.

Углеводы в организме расщепляются до глюкозы, фруктозы, галактозы и т.д. и затем всасываются в кровь. Содержание глюкозы в крови взрослого человека постоянно и равно в среднем 0,1%. При повышении количества сахара в крови до 0,11–0,12% глюкоза

поступает из крови в печень и мышечные ткани, где откладывается в запас в виде животного крахмала – гликогена. При дальнейшем увеличении содержания сахара в крови до 0,17% в его выведение из организма включаются почки, в моче появляется сахар. Это явление называют *гликозурией*.

Организм использует углеводы в основном как энергетический материал. В обычных условиях в среднем для взрослого мужчины, занятого умственным или легким физическим трудом, в день требуется 400–500 г углеводов. Потребности в углеводах детей и подростков значительно меньше, особенно в первые годы жизни. Так, до 1 года потребность в углеводах составляет 110 г в сутки, от 1,5 до 2 лет – 190 г, в 5–6 лет – 250 г, в 11–13 лет – 380 г и у юношей – 420 г, а у девушек – 370 г. В детском организме наблюдается более полноценное и быстрое усвоение углеводов и большая устойчивость к избытку сахара в крови.

Водно-солевой обмен. Для жизнедеятельности организма вода играет намного большую роль, чем остальные составные части пищи. Дело в том, что вода в организме человека является одновременно строительным материалом, катализатором всех обменных процессов и терморегулятором тела. Общее количество воды в организме зависит от возраста, пола и массы. В среднем в организме мужчины содержится свыше 60% воды, в организме женщины – 50%.

Содержание воды в детском организме значительно выше, особенно на первых этапах развития. По данным эмбриологов, содержание воды в теле 4-месячного плода достигает 90%, а у 7-месячного – 84%. В организме новорожденного объем воды составляет от 70 до 80%. В постнатальном онтогенезе содержание воды быстро падает. Так, у ребенка 8 мес. содержание воды составляет 60%, у ребенка 4,5 лет – 58%, у мальчиков 13 лет – 59%, а у девочек этого же возраста – 56%. Большее содержание воды в организме детей, очевидно, связано с большей интенсивностью обменных реакций, связанных с их быстрым ростом и развитием. Общая потребность в воде детей и подростков возрастает по мере роста организма. Если годовалому ребенку необходимо в день примерно 800 мл воды, то в 4 года – 1 000 мл, в 7–10 лет – 1 350 мл, а в 11–14 лет – 1 500 мл.

Минеральный обмен. Роль микроэлементов сводится к тому, что они являются тонкими регуляторами обменных процессов. Соединяясь с белками, многие микроэлементы служат материалом для построения ферментов, гормонов и витаминов.

Потребности взрослого и ребенка в минеральных веществах значительно отличаются, недостаток минеральных веществ в пище ребенка более быстро приводит к различным нарушениям обменных реакций и соответственно к нарушению роста и развития организма. Так, норма потребления кальция в организме годовалого ребенка составляет 1 000 мг в день, фосфора – 1 500 мг. В возрасте от 7 до 10 лет потребность в микроэлементах увеличивается, кальция требуется 1 200 мг в день, фосфора – 2 000 мг. К концу периода полового созревания потребность в микроэлементах немного снижается.

Витамины. Они требуются для нашего организма в ничтожно малых количествах, но их отсутствие приводит организм к гибели, а недостаток в питании или нарушение процессов их усвоения – к развитию различных заболеваний, называемых гиповитаминозами.

Известно около 30 витаминов, влияющих на различные стороны обмена веществ как отдельных клеток, так и всего организма в целом. Это связано с тем, что многие витамины являются составной частью ферментов. Следовательно, отсутствие витаминов вызывает прекращение синтеза ферментов и, соответственно, нарушение обмена веществ.

Человек получает витамины с пищей растительного и животного происхождения. Для нормальной жизнедеятельности человеку из 30 витаминов необходимо обязательно поступление 16–18. Особенно важное значение имеют витамины В₁, В₂, В₁₂, РР, С, А и D. До одного года норма потребности витамина А составляет 0,5 мг, В₁ – 0,5 мг, В₂ – 1 мг, РР – 5 мг, В₆ – 0,5 мг, С – 30 мг, D – 0,15 мг. В период от 3 до 7 лет норма потребности витамина А составляет 1 мг, В₁ – 1,5 мг, В₂ – 2,5 мг, РР – 10 мг, В₆ – 1,5 мг, С – 50 мг, а потребность в витамине D остается такой же – 0,15 мг. На момент полового созревания норма потребности витамина А составляет 1,5 мг, В₁ – 2 мг, В₂ – 3 мг, РР – 20 мг, В₆ – 2 мг, С – 70 мг, D – 0,15 мг.

Растущий организм обладает высокой чувствительностью к недостатку витаминов в пище. Наиболее распространенным гиповитаминозом среди детей является заболевание, называемое рахитом. Оно развивается при недостатке в детском питании витамина D и сопровождается нарушением формирования скелета. Встречается рахит у детей до 5 лет.

Следует также отметить, что поступление в организм избыточного количества витаминов может вызвать серьезные нарушения его функциональной деятельности и даже привести к развитию заболеваний, получивших название гипervитаминозы. Поэтому не следует злоупотреблять препаратами витаминов а включать их в питание только по рекомендации врача.

Энергетический обмен у детей и подростков

Обмен веществ в организме тесно связан с превращением энергии. Определить количество продуцируемой в организме энергии можно методами прямой и непрямой калориметрии. Одним из важнейших показателей интенсивности обменных процессов в организме является величина основного обмена, под которой понимается уровень обменных реакций при комнатной температуре и в полном функциональном покое. Величина основного обмена зависит от возраста, пола и массы.

В среднем величина основного обмена у мужчин составляет в сутки 7 140–7 560 кДж, а у женщин 6 430–6 800 кДж. Интенсивность обменных реакций у детей в пересчете на 1 кг массы тела или 1 м² его поверхности значительно выше, чем у взрослых, хотя абсолютные величины меньше. Так, у мальчиков 8 лет величина основного обмена в пересчете на 1 м² поверхности составляет 6190 кДж, а у девочек – 5 110 кДж. Далее с возрастом величина основного обмена уменьшается и у юношей 15 лет она составляет – 4 800 кДж, у девушек – 4 480 кДж.

Зная энергетические затраты организма, можно составить оптимальный пищевой рацион так, чтобы количество энергии, поступающее с пищей, полностью покрывало энергетические расхо-

ды организма. Для детей и подростков особенно важным является состав пищи, так как детский организм для нормального развития и роста нуждается в определенном количестве белков, жиров, углеводов, минеральных солей, воды и витаминов. Важно помнить, что для детей и подростков нормальное питание – необходимое условие их физического и психического развития.

Вопросы для самоконтроля

1. Перечислите особенности органов пищеварительной системы у новорожденных и грудных детей.
2. Возрастные изменения зубной формулы.
3. Дайте характеристику возрастных изменений желудочно-кишечного тракта.
4. Дайте характеристику возрастных изменений пищеварительных желез.
5. Дайте характеристику особенностям обмена веществ у детей и подростков.
6. Дайте характеристику особенностям энергетического обмена у детей и подростков.

2.8. Возрастные изменения органов дыхательной системы

Легкие и воздухоносные пути начинают развиваться у эмбриона на 3-й неделе из мезодермальной мезенхимы. В дальнейшем в процессе роста формируется долевоe строение легких, после 6 месяцев образуются альвеолы. В 6 месяцев поверхность альвеол начинает покрываться белково-липидной выстилкой – сурфактантом. Его наличие является необходимым условием нормальной аэрации легких после рождения. При недостатке сурфактанта после попадания в легкие воздуха альвеолы спадаются, что приводит к тяжелым расстройствам дыхания и без лечения.

Легкие плода как орган внешнего дыхания не функционируют. Но они не находятся в спавшем состоянии, альвеолы и бронхи плода заполнены жидкостью. У плода, начиная с 11-й недели, появляются периодические сокращения инспираторных мышц – диафрагмы и межреберных мышц.

В конце беременности дыхательные движения плода занимают 30–70% всего времени. Частота дыхательных движений обычно увеличивается ночью и по утрам, а также при увеличении двигательной активности матери. Дыхательные движения необходимы для нормального развития легких. После их прекращения развитие альвеол и увеличение массы легких замедляется. Помимо этого дыхательные движения плода представляют собой своего рода подготовку дыхательной системы к дыханию после рождения.

Рождение вызывает резкие изменения состояния дыхательного центра, расположенного в продолговатом мозгу, приводящие к началу вентиляции. Первый вдох наступает, как правило, через 15–70 с после рождения. Основными условиями возникновения первого вдоха являются:

- 1) повышение в крови гуморальных раздражителей дыхательного центра, CO_2 , H^+ и недостатка O_2 ;

- 2) резкое усиление потока чувствительных импульсов от рецепторов кожи (холодовых, тактильных), проприорецепторов, вестибулорецепторов. Эти импульсы активируют ретикулярную формацию ствола мозга, которая повышает возбудимость нейронов дыхательного центра;

- 3) устранение источников торможения дыхательного центра. Раздражение жидкостью рецепторов, расположенных в области ноздрей, сильно тормозит дыхание (рефлекс ныряльщика). Поэтому сразу после появления головы плода акушеры удаляют с лица слизь и околоплодные воды.

Таким образом, возникновение первого вдоха является результатом одновременного действия ряда факторов.

Строение и функция путей проведения воздуха и органов газообмена в течение жизни человека претерпевают значительные из-

менения. Так, у детей первого года жизни, как правило, отсутствует достаточная координация носового и ротового дыхания, которая в сочетании с очень широким просветом гортани, трахеи и бронхов, покрытых слабодифференцированным мерцательным эпителием, создает предпосылки для развития воспалительных изменений этих органов: риниты (насморк), трахеит, бронхит. Из дыхательных путей воспаление спускается в альвеолы – развивается бронхопневмония. Вокруг мелких бронхов и альвеол у маленьких детей очень много рыхлой соединительной ткани и сосудов. Воспалительный процесс проникает в эту соединительную ткань, возникает так называемая межуточная (интерстициальная) пневмония, которая легко переходит в хроническую форму.

Тип дыхания у маленьких детей преимущественно брюшной (за счет диафрагмы), и только с возрастом он приобретает характер грудно-брюшного. Учитывая эти особенности, очень важно следить за осанкой детей. Сколиозы ведут к асимметрии грудной клетки, затрудняют работу дыхательных мышц.

Полость носа. У новорожденного полость носа низкая и узкая. Носовые раковины относительно толстые. Нижняя носовая раковина касается дна полости носа. Общий носовой ход свободный, хоаны расположены низко. К 6 месяцам формируется средний носовой ход, к 2 годам – нижний, после 8 лет – верхний. К 10 годам полость носа увеличивается в длину в 1,5 раза. Формирование и развитие околоносовых пазух продолжается до подросткового возраста. У новорожденного имеются только верхнечелюстные (гайморовы) пазухи, но развиты они слабо. Остальные формируются после рождения: лобная появляется на 2-м году жизни, клиновидная – к 3 годам, ячейки решетчатой кости – к 3–6 годам. К 8–9 годам верхнечелюстная пазуха занимает почти все тело кости. Ячейки решетчатой кости в 7-летнем возрасте плотно прилежат друг к другу, лишь к 14 годам они похожи на ячейки взрослого. Формирование лобных пазух завершается к 11–12 годам, пазухи клиновидной кости – к 12–15 годам.

Слизистая оболочка полости носа новорожденного тонкая, нежная, в ней хорошо развиты кровеносные сосуды, но сосуди-

стых сплетений на участках, соприкасающихся с вдыхаемым воздухом, еще нет.

Гортань. К моменту рождения длина гортани – около 1,5 см. Интенсивный рост ее происходит в течение 1-го года жизни и в период полового созревания, когда длина ее удваивается по сравнению с первоначальной. У новорожденного она широкая, короткая, имеет воронкообразную форму и располагается выше, чем у взрослого – на уровне II–IV шейных позвонков. Пластинки щитовидного хряща располагаются изначально под тупым углом друг к другу, выступ гортани отсутствует. Из-за высокого расположения гортани у новорожденных и грудных детей надгортанник находится несколько выше корня языка, поэтому жидкая пища обходит надгортанник по сторонам от него и ребенок может одновременно и дышать, и глотать, что имеет большое значение при акте сосания.

В грудном возрасте нижняя граница гортани находится на уровне IV шейного позвонка, к 7 годам она опускается на один позвонок, к 13 годам достигает VI шейного позвонка.

Вход в гортань у новорожденного относительно шире, чем у взрослого. Преддверие гортани короткое, и голосовая щель расположена высоко. Длина голосовой щели первоначально – 6,5 мм, что в 3 раза короче, чем у взрослого. В первые 3 года жизни голосовая щель заметно увеличивается, позднее значительное увеличение ее приходится на период полового созревания. Активный рост гортани, идущий в период полового созревания, продолжается у женщин до 22–23 лет, у мужчин – до 25 лет (у некоторых лиц голосовые связки могут расти до 30 лет).

Вместе с ростом гортани в детском возрасте она постепенно опускается, расстояние между нею и подъязычной костью увеличивается. Положение, характерное для взрослого, она занимает после 17–20 лет.

В раннем детском возрасте половых различий в строении гортани не наблюдается. После 6–7 лет гортань у мальчиков становится крупнее, чем у девочек. В 10–12 лет у мальчиков становится отчетливым выступ гортани на передней поверхности шеи.

Хрящи гортани у новорожденных тонкие, с возрастом они утолщаются, долго сохраняют гибкость. В пожилом и старческом возрасте в гиалиновых хрящах гортани могут откладываться соли кальция. Хрящи могут окостеневать, становясь хрупкими, ломкими.

Трахея и главные бронхи. Длина трахеи у новорожденного – 3,2–4,5 см, ширина ее просвета – около 0,8 см. Перепончатая часть ее стенки относительно широкая, хрящи развиты слабо, тонкие, мягкие. Слизистая оболочка трахеи тонкая, нежная, железы слабо развиты. Интенсивный рост органа приходится на первые 6 месяцев жизни и в 14–16 лет. Длина трахеи к 10 годам увеличивается вдвое, а к 25 годам – в 3 раза. Уже к 3–4 годам ширина ее просвета увеличивается в 2 раза.

Бифуркация трахеи (место деления ее на главные бронхи) к 7 годам находится на уровне IV грудного позвонка, устанавливаясь в дальнейшем на уровне V грудного позвонка, как у взрослого, к 12 годам.

Трахея занимает центральное положение среди органов средостения. У взрослых ее расположение соответствует срединной линии тела. У новорожденных и грудных детей она отклонена вправо, но с 4–5-летнего возраста начинает приближаться к центру, постепенно занимая срединное положение.

Легкие. Легкие с момента новорожденности до юности сильно увеличиваются: объем альвеол возрастает примерно в 20 раз. Функция легких оценивается по жизненной емкости (*ЖЕЛ*), больше всего зависящей от работы дыхательных мышц (межреберных и диафрагмы), а также силы сокращения мышц живота, обеспечивающих глубокий выдох. У взрослых людей, не занимающихся спортом, ЖЕЛ равна примерно 3,5 литрам.

Складывается ЖЕЛ из трех объемов: дыхательный объем, резервный объем вдоха и резервный объем выдоха. ЖЕЛ – величина изменчивая: хорошо развитая грудная клетка, мощные межреберные мышцы и диафрагма (например, у пловцов), выпрямленная осанка способствуют увеличению ЖЕЛ (до 8 л); немалую роль имеет сила мышц живота, обеспечивающих наиболее полный выдох. Нарушение осанки, курение, как правило, могут значительно сни-

зитель ЖЕЛ. Пожилые люди часто жалуются на одышку, кашель. Явления эти связаны с возрастными изменениями легких.

Легочные альвеолы в норме пронизаны большим числом эластических волокон, позволяющих альвеолам легко растягиваться и спадаться. С возрастом эластическая ткань альвеол заменяется рубцовой, альвеолы, растягиваясь, разрываются – образуются огромные воздушные пузыри. Это состояние носит название эмфиземы легких. На рентгеновском снимке такие легкие выглядят повышено воздушными, в то время как ЖЕЛ может быть уменьшена на половину. Воздушность легких объясняется повышением доли остаточного воздуха, заполняющего огромные разорванные альвеолы, но не участвующего в газообмене. Существенно снижают функциональные возможности легких нарушения осанки (сутулость) и ослабление брюшного пресса.

У новорожденного имеются все ветвления бронхиального дерева начиная с главного бронха – 18–19 генераций бронхов и бронхиол, но количество и размеры их невелики. Респираторные отделы легких новорожденного (альвеолярное дерево) характеризуются преобладанием альвеолярных мешочков, в то время как у более старших детей преобладают альвеолы и альвеолярные ходы. Количество эластических элементов в легких новорожденных незначительно.

Воздухоносные пути и паренхима легкого формируются и дифференцируются преимущественно после рождения благодаря дыхательной функции. В постнатальном периоде до 4–5 лет происходит образование новых ацинусов с последующим удлинением их внутренних структур в 5–8 лет. В первые 3 года в 10–18 раз увеличивается число альвеол, а затем до 4–5 лет происходит образование новых альвеолярных мешочков, при этом альвеолярные ходы становятся респираторными бронхиолами, а респираторные бронхиолы (существующие к этому моменту) – терминальными бронхиолами. В этот период увеличивается количество эластических волокон в стенке воздухоносных путей и структурах ацинусов легкого.

К 5–8 годам ребенок дышит новыми, сформированными после рождения ацинусами. До 7–8 лет увеличивается количество альве-

ол, в дальнейшем возрастает их объем. Диаметр альвеол с 7 до 12 лет удваивается, а к взрослому состоянию увеличивается в 3 раза. Полного развития легкие достигают к 18 годам. Если у новорожденного количество альвеол – около 20 млн, то у взрослого их количество сильно варьирует – от 200 до 600 млн.

Размеры всех частей бронхиального дерева к 20 годам увеличиваются в 3,5–4 раза по сравнению с таковым у новорожденного. Масса легких новорожденного – 50 г, 12-летнего подростка – 500 г, взрослого – около 1 000 г у женщин и до 1 300 г у мужчин.

После 40–50 лет легочная ткань постепенно претерпевает возрастные изменения (в период от 25 до 40 лет строение легочных ацинусов практически не меняется): альвеолярные мешочки изменяют форму, раздуваются, сливаясь друг с другом, увеличивается диаметр альвеол, исчезает часть межальвеолярных перегородок. Дыхательная поверхность легких уменьшается. Происходят инволюционные изменения гладкой мускулатуры бронхов, бронхиол. В пожилом и старческом возрасте длина и просветы некоторых бронхов уменьшаются, иногда появляются четкообразные выпячивания их стенок (бронхоэктазы) из-за ослабления гладкой мускулатуры и фрагментации эластического каркаса.

После рождения с развитием дыхательной функции рост легкого опережает развитие других органов грудной клетки. В течение 1-го года жизни легкое увеличивается в 4 раза, к 8 годам – в 8 раз, к 12 годам – в 10 раз, к 20 годам – в 20 раз. Наиболее интенсивно легкие растут до 3 лет, затем в интервалах от 3 до 7 лет и от 10 до 20 лет.

Границы легких изменяются с возрастом. Верхушки их у новорожденных находятся на уровне 1-го ребра. В дальнейшем, по мере роста, они выступают над 1-м ребром и к 20–25 годам располагаются на 2 см выше ключицы. Нижняя граница правого и левого легких у новорожденного проходит на одно ребро выше, чем у взрослого. По мере увеличения возраста ребенка эта граница постепенно опускается. В пожилом возрасте после 60 лет нижние границы легких располагаются на 1–2 см ниже, чем у 30–40-летних. Строение плевры, содержащей у новорожденных много

клеточных элементов и мало эластических волокон, приближается к дефинитивному к 7–10 годам.

Таким образом, развитие дыхательной функции легких происходит неравномерно. Наиболее интенсивное развитие отмечается в возрасте 6–8, 10–13, 15–16 лет. В эти возрастные периоды преобладают рост и расширение трахеобронхиального дерева. Кроме того, в это время наиболее интенсивно протекает процесс дифференцировки легочной ткани, который завершается к 8–12 годам. Критические периоды для развития функциональных возможностей системы дыхания наблюдаются в возрасте 9–10 и 12–13 лет.

Этапы созревания регуляторных функций легких делятся на три периода: 13–14 лет (хеморецепторный), 15–16 лет (механорецепторный), 17 лет и старше (центральный). Отмечена тесная связь формирования дыхательной системы с физическим развитием и созреванием других систем организма.

Интенсивное развитие скелетной мускулатуры в возрасте 12–16 лет сказывается на характере возрастных преобразований дыхательной системы подростка. В частности, у подростков с высокими темпами роста часто отмечается отставание развития органов дыхания. Внешне это проявляется в форме одышки даже при выполнении небольших физических нагрузок. Такие дети жалуются на быструю утомляемость, имеют низкую мышечную работоспособность, избегают занятий с интенсивными физическими упражнениями. Для них рекомендуется постепенное увеличение занятий физической культурой под контролем врача.

В отличие от них, у подростков, занимающихся спортом, годовые прибавки роста меньше, а функциональные возможности легких выше. Но в целом развитие органов дыхания у подавляющей части детей несет на себе «отпечатки цивилизации». Низкая двигательная активность ограничивает подвижность грудной клетки. Дыхание в этом случае поверхностное, а его физиологическая ценность невелика. Необходимо учить детей правильному и глубокому дыханию, что является необходимым условием сохранения здоровья, расширения возможности адаптации к физическим нагрузкам.

Вопросы для самоконтроля

1. Дайте характеристику возрастным изменениям полости носа.
2. Дайте характеристику возрастным изменениям гортани.
3. Дайте характеристику возрастным изменениям трахеи и бронхов.
4. Дайте характеристику возрастным изменениям легких.
5. Дайте характеристику возрастным изменениям жизненной емкости легких.

2.9. Возрастные изменения органов мочевыделительной системы

Почки у новорожденных и детей грудного возраста округлые, поверхность их бугристая за счет дольчатого строения (имеется 10–20 долек), что связано с недостаточным развитием коркового вещества. Дольчатость сохраняется до 2–3-х лет. Длина почек при рождении – 4,2 см, масса – 12 г. В грудном возрасте размеры почек увеличиваются в 1,5 раза, а масса – в 3 раза (37 г). В период 1-го детства длина почки – 7,9 см, а масса – 56 г. У подростков длина ее достигает 10,7 см, а масса – 120 г.

К моменту рождения толщина коркового слоя почки составляет примерно 2 мм, а мозгового – 8 мм (1:4). Почечные тельца располагаются в корковом веществе в 10–12 рядов (их концентрация в срезе на единицу площади в 3 раза больше, чем у годовалого ребенка, и в 5–7 раз больше, чем у взрослого). Извитые канальцы и петли нефронов у новорожденного относительно короткие и занимают меньший объем, чем в почке старшего ребенка и взрослого. Диаметр канальцев на всем их протяжении одинаков. Почечные тельца коркового вещества, непосредственно прилежащие к капсуле почки, более мелкие, чем тельца нефронов более глубоких слоев. В первые месяцы после рождения просветы некоторых канальцев подкапсульных нефронов закрыты, также закрыты про-

светы капилляров многих клубочков почечных телец поверхностно расположенных нефронов. Из-за морфологической незрелости почечного барьера скорость фильтрации невелика. Она значительно нарастает в течение 1-го года жизни. В моче присутствует небольшое количество белка и аминокислот.

В дальнейшем происходит постепенное увеличение размеров почечных телец и дифференцирование клеток структурно-функциональных единиц почек – нефронов. В первое полугодие эти процессы интенсивно идут в нефронах более глубоких отделов коркового вещества, а к концу первого года – в нефронах поверхностных отделов.

У детей 5 лет размер почечных телец почти достигает дефинитивных показателей.

Уже на первом году жизни быстро увеличивается длина канальцев нефронов. За счет роста проксимальных канальцев в периферической части коркового вещества происходит образование наружного слоя коры, в связи с чем постепенно (к 2 годам) границы между почечными дольками стираются. Почечные тельца оттесняются от поверхности, лишь немногие из них сохраняют прежнее положение. Тканевое дифференцирование почки завершается в основном к 5–7 годам.

Рост почек происходит неравномерно, наиболее интенсивен он на первом году жизни. В период 5–9 лет и особенно в 16–19 лет размеры почек увеличиваются за счет развития коркового вещества, рост мозгового вещества прекращается к 12 годам. Толщина коркового слоя у взрослого по сравнению с таковым при рождении увеличивается в 4 раза, а мозгового – в 2 раза.

Почечные лоханки новорожденного широкие, ампуловидные, располагаются внутривисцерально, от них под углом отходят мочеточники. Окончательное формирование полости и стенок лоханок происходит к началу периода раннего детства. Они опускаются и занимают внепочечное положение к 5–10 годам. Ворота почек у детей раннего возраста обращены кпереди и только к 10 годам жизни поворачиваются медиально.

Фиброзная капсула почки становится хорошо выраженной к 5 годам, а к 10–14 годам она такая, как у взрослых. Листки почечной

фасции, тонкие у новорожденных, постепенно утолщаются по мере роста ребенка. Жировая капсула начинает формироваться лишь к периоду 1-го детства, продолжая затем утолщаться. К 40–50 годам ее толщина максимальна, а в пожилом и старческом возрасте она истончается и иногда исчезает.

Положение почек с возрастом меняется – они опускаются. После 5–7 лет их положение относительно позвоночника приближается к таковому у взрослых – уровень XI грудного – III поясничного позвонков. В возрасте старше 50 лет отмечается тенденция к некоторому опусканию почки. Во все периоды жизни эти парные органы расположены асимметрично – правая почка ниже левой.

Продольные оси почек у детей до 3–4 лет параллельны, к 5–6 годам они принимают наклонное положение (их продольные оси сходятся, будучи продолженными, вверх). В связи с ростом тела изменяется положение почки и относительная длина ее артерии и вены (почечной ножки). У новорожденного почечная ножка относительно длиннее, поэтому сосуды расположены косо, т.е. начало почечной артерии и устье почечной вены находятся выше ворот почки. В дальнейшем почечная ножка принимает горизонтальное положение, а после 50 лет вместе с опускающейся почкой она направляется книзу.

В старческом возрасте уменьшается масса почки, после 70 лет теряется 1/3–1/2 нефронов, прогрессивно уменьшается число почечных клубочков в результате рано наступающих, но медленно прогрессирующих изменений. До 40 лет существует около 95% нормальных клубочков, а к 90-летнему возрасту их остается около 60%. Изменения затрагивают и другие части нефронов. Ухудшается кровоток в сосудах почек, в корковом веществе разрастается соединительная ткань, оно грубеет, сморщивается, что снижает функциональную активность органа.

Мочеточники. К моменту рождения мочеточники извилистые, длиной до 7 см. К 4 годам их длина достигает 15 см. Мышечная оболочка их у детей развита слабо.

В процессе старения снижаются сила и скорость сокращения мускулатуры почечных чашек и лоханок, их объем увеличивается.

Нарушается динамика поступления мочи из чашек в лоханки и мочеточники. Мочеточники утрачивают эластичность и, претерпевая атрофию мышечной ткани, их стенки расширяются, деформируются, снижается тонус их сфинктеров, ослабевает функция.

Мочевой пузырь. У новорожденных мочевой пузырь веретенообразный, в первые годы жизни – грушевидный, к 8–12 годам – яйцевидный, а у подростков его форма такая же, как у взрослых.

Емкость мочевого пузыря растет от начальной 50–80 см³ до 180 см³ к 5 годам, а в 12 лет составляет 250 см³. Физиологический объем мочевого пузыря, т.е. степень его наполнения, вызывающая позыв к мочеиспусканию, также растет по мере увеличения анатомического объема, но в меньшей степени, что предохраняет мочевой пузырь от перерастяжения.

У новорожденного дно мочевого пузыря не сформировано, треугольник его расположен фронтально на задней стенке пузыря. Циркулярный мышечный слой развит слабо. Слизистая оболочка имеет хорошо развитые складки. У детей 1–3 лет дно пузыря располагается на уровне верхнего края лобкового симфиза, а у юношей и девушек – на уровне нижнего края симфиза. В дальнейшем происходит опускание дна мочевого пузыря в зависимости от состояния мочеполовой диафрагмы тазового дна.

Снижение в старческом возрасте растяжимости мочевого пузыря ведет к увеличению частоты позывов к мочеиспусканию. Вместе с тем уменьшение с возрастом из-за дегенеративных процессов числа механорецепторов в мочевом пузыре и повышение порога восприятия ими давления мочи могут вести к его расширению из-за атонии и задержке мочи у стариков. Затруднению мочеиспускания у мужчин способствует развитие у них аденомы предстательной железы, сдавливающей начальный отдел мочеиспускательного канала.

Вопросы для самоконтроля

1. Дайте характеристику возрастным изменениям почки.

2. Дайте характеристику возрастным изменениям мочеточников и мочевого пузыря.

3. Какие дегенеративные процессы возникают в мочевыделительной системе в старческом возрасте?

2.10. Возрастные изменения нервной системы

Развитие нервной системы имеет решающее значение в становлении деятельности всего организма. К моменту рождения нервная система морфологически, а тем более функционально еще не сформирована и является наименее развитой из всех систем. Нервной системе принадлежит ведущая роль в интеграционных и адаптационных процессах, происходящих в организме в ходе индивидуального развития. Поэтому динамика морфофункциональных изменений в этой системе сказывается на функциях всех систем организма и его жизнедеятельности в целом.

Нервная ткань. Структурной единицей нервной ткани является нейрон. Нейроны у новорожденных имеют веретенообразную форму с небольшим количеством отростков. Общее количество клеток такое же, как у взрослого. С возрастом происходит дифференцирование нейронов – рост аксонов, их миелинизация, увеличение разветвленности дендритов. Однако вначале нейроны не имеют нейрофибрилл (они появляются позже), развиваются синапсы. Нервные волокна новорожденных лишены миелинового покрова, лишь с 3–6-й недели развивается быстрая миелинизация, раньше она заканчивается на черепных нервах, позже – на нервах конечностей (к 3 годам). Окончательная миелинизация всех проводящих путей и нервов происходит к 3–4 годам.

Максимальное количество нейронов центральной нервной системы отмечается у плода в возрасте 4 месяцев и остается постоянным до пожилого возраста. В процессе дифференцирования нейроны утрачивают способность к делению и приобретают сложную структуру, обеспечивающую накопление и хранение информации. Глиальные клетки нервной ткани сохраняют способность делиться и после рождения. У новорожденного насчитывается 14–

16 млрд нейронов. Нейроны коры головного мозга новорожденно-го имеют веретеновидную форму, отростки (дендриты) их развиты слабо. Мозг плода характеризуется низкой чувствительностью к гипоксии, низким уровнем метаболизма и преобладанием анаэробных процессов получения энергии.

Топографически нервную систему человека подразделяют на центральную и периферическую. К центральной нервной системе относят спинной и головной мозг. Периферическую нервную систему составляют спинномозговые и черепные нервы, их корешки, ветви, нервные окончания, сплетения и узлы, лежащие во всех отделах тела человека. Согласно анатомо-функциональной классификации, нервную систему условно подразделяют на соматическую и вегетативную. Соматическая нервная система обеспечивает иннервацию тела – кожи, скелетных мышц. Вегетативная нервная система регулирует обменные процессы во всех органах и тканях, а также рост и размножение, иннервирует все внутренние органы, железы, гладкую мускулатуру органов, сердце.

Нервная система развивается из эктодермы, через стадии нервной полоски и мозгового желобка с последующим образованием нервной трубки. Из ее каудальной части развивается спинной мозг, из ростральной части формируется сначала 3, а затем 5 мозговых пузырей, из которых в дальнейшем развиваются конечный, промежуточный, средний, задний и продолговатый мозг. Такая дифференцировка центральной нервной системы происходит на третьей-четвертой неделе эмбрионального развития.

Нервная система начинает формироваться с 3-й недели развития зародыша. Развитие отделов мозга идет в той же последовательности, как и в филогенезе. Наиболее развитым к рождению является спинной мозг. Рост его в процессе развития отстает от роста позвоночника, вследствие этого нижний конец его как бы перемещается кверху, у новорожденных он заканчивается на уровне 3–4-го поясничного позвонка (у взрослого еще выше).

Развитию ЦНС в значительной степени способствуют гормоны щитовидной железы. Снижение выработки тиреоидных гормонов в плодном и постнатальном периоде приводит к кретинизму в связи с уменьшением числа и размеров нейронов и их отростков, нарушением метаболизма в мозге белка, нуклеиновых кислот, а также нарушением передачи возбуждения в синапсах.

В сравнении со взрослыми дети имеют более возбудимые нервные клетки, меньшей специализацией обладают нервные центры их мозга. В раннем детстве многие нервные волокна еще не имеют миелиновой оболочки, обеспечивающей изолированное быстрое проведение нервных импульсов. Вследствие этого процесс возбуждения легко распространяется на соседние волокна. С плохой изоляцией нервных волокон во многом связана высокая иррадиация нервных процессов, несовершенство координации рефлекторных реакций, обилие ненужных движений, неэкономность вегетативного обеспечения. Процессы миелинизации нормально протекают под влиянием тиреоидных и стероидных гормонов.

После рождения ребенка, в первую очередь, происходит миелинизация спинномозговых нервов, затем – проводящих путей спинного мозга и ствола головного мозга. Основная масса волокон черепных нервов миелинизируется к 1,5–2 годам. В среднем к 3 годам большая часть нервных волокон миелинизирована, остальные завершают этот процесс к 6–7 годам. Относительно поздно завершается миелинизация тангенциальных волокон коры полушарий конечного мозга – к 30–40 годам. В процессе миелинизации происходит концентрация ионных каналов в области узловых перехватов нервных волокон, повышается возбудимость волокон и лабильность передачи нервных импульсов. Так, у новорожденного немиелинизированное нервное волокно способно проводить только 4–10 импульсов в секунду, в то время как у взрослого – 300–1 000 импульсов в секунду.

По мере развития нейронов и межнейронных связей координация нервных процессов улучшается и достигает совершенства к 18–20 годам.

Спина́льный мозг у новорожденного является наиболее зрелой частью ЦНС. Он весит 5,5 г. У детей 1-го года его масса составляет около 10 г, к 3 годам она превышает 13 г, а к 7 годам равна примерно 19 г. Масса спинного мозга взрослого – около 40 г, т.е. в 8 раз больше, чем у новорожденного.

У новорожденного нижний конец спинного мозга находится на уровне III поясничного позвонка, у взрослого – на уровне II поясничного позвонка. Корешки спинномозговых нервов удлиняются, принимая косое положение, а внизу – вертикальное. Быстрей всего растут сегменты грудного отдела спинного мозга.

Спина́льный мозг к моменту рождения имеет длину 14 см, к 2 годам длина его достигает 20 см, а к 10 годам – удваивается по сравнению с периодом новорожденности. Длина спинного мозга взрослого составляет 42–45 см.

У новорожденного центральный канал спинного мозга шире, чем у взрослого. Уменьшение его просвета происходит, главным образом, в течение первых 2 лет, а также в более поздние возрастные периоды, когда увеличивается масса серого и белого вещества спинного мозга. Объем белого вещества возрастает быстрее, особенно за счет собственных пучков сегментарного аппарата, формирование которого происходит в более ранние сроки по сравнению с более поздним развитием проводящих путей.

Головной мозг. Наиболее интенсивно головной мозг развивается в первые 2 года после рождения. Затем темпы его развития несколько снижаются, но продолжают оставаться высокими до 6–7 лет, когда масса мозга ребенка достигает 80% массы мозга взрослого. Максимальную массу головной мозг приобретает к 20–30 годам.

У новорожденного масса головного мозга в среднем – 390 г (340–430 г) у мальчиков и 355 г (330–370 г) у девочек, что составляет 12–13% массы тела (у взрослого – около 2,5% массы тела). К концу 1-го года жизни масса головного мозга удваивается, а к 3–4 годам – утраивается. В дальнейшем (после 7 лет) прирост массы мозга идет медленнее, достигая к 20–30 годам у мужчин 1 355 г, у женщин 1 220 г. В последующие возрастные периоды масса го-

лового мозга существенно не изменяется, а после 55–60 лет отмечается некоторое ее уменьшение.

Головной мозг развивается гетерохронно. Быстрее всего идет созревание стволовых, подкорковых и корковых структур, регулирующих вегетативные функции организма. Эти отделы по своему развитию уже к 2–4 годам приближаются к дефинитивному состоянию.

Масса ствола мозга к моменту рождения равна 10,0–10,5 г, что составляет примерно 2,7% массы мозга (у взрослых – 2%). Дефинитивную структуру ствол головного мозга приобретает в 13–16 лет.

Структуры среднего мозга к моменту рождения дифференцированы недостаточно. Такие ядра, как красное, черная субстанция созревают позднее в постнатальном периоде, формируя нисходящие пути экстрапирамидной системы.

Промежуточный мозг новорожденного развит относительно хорошо. К моменту рождения дифференцированы специфические и неспецифические ядра таламуса, благодаря чему функционируют все виды чувствительности. Окончательное созревание таламических ядер заканчивается примерно к 13 годам.

Структуры гипоталамуса у новорожденного недостаточно дифференцированы, в связи с чем у них несовершенна терморегуляция, регуляция обменных процессов. Дифференцирование ядер гипоталамуса идет неравномерно. К 2–3 годам большинство гипоталамических ядер сформировано, но их окончательное функциональное созревание происходит к 15–16 годам.

Мозжечок. Его масса у новорожденного составляет 20 г (5,4% массы мозга). К концу 1-го полугодия жизни она увеличивается в 3 раза, а к 9 месяцам – в 4 раза (ребенок в этот период умеет стоять, начинает ходить). У годовалого ребенка масса мозжечка составляет 90 г. К 7 годам она достигает нижней границы массы мозжечка взрослого (130 г). Особенно интенсивно развитие структур мозжечка происходит в период полового созревания. Серое и белое вещество мозжечка развивается неодинаково. У ребенка рост серого вещества осуществляется относительно медленнее, чем белого. Так, от периода новорожденности до 7 лет количество серого вещества увеличивается приблизительно в 2 раза, а белого – почти в

5 раз. Из ядер мозжечка раньше других формируется зубчатое ядро. Начиная от периода внутриутробного развития и до первых лет жизни детей ядерные образования выражены лучше, чем нервные волокна. Клеточное строение коры мозжечка у новорожденного значительно отличается от взрослого. Ее клетки во всех слоях отличаются по форме, размерам и количеству отростков. У новорожденного еще не полностью сформированы клетки Пуркинье, в них не развито тигроидное вещество, ядро почти полностью занимает клетку, ядрышко имеет неправильную форму, дендриты клеток слаборазвиты. Формирование этих клеток идет бурно после рождения и заканчивается к 3–5 неделям жизни. Клеточные слои коры мозжечка у новорожденного значительно тоньше, чем у взрослого. К концу 2-го года жизни их размеры достигают нижней границы величины у взрослого. Полное формирование клеточных структур мозжечка осуществляется к 7–8 годам.

Кора больших полушарий. К 7-летнему возрасту клеточное строение, форма и размеры борозд и извилин проекционных зон коры приобретают сходство с таковыми у взрослого человека. Формирование структур лобных долей совершается дольше – к 12 годам. Созревание коры больших полушарий полностью завершается только к 20–22 годам.

Развитие корковых центров у детей происходит в следующие возрастные периоды: кожной чувствительности – к 2 годам, устной речи – к 3 годам, слуха и зрения – в первые годы жизни, двигательная зона – к 4–7 годам.

После 12 лет формируется свойственная взрослому человеку пространственно-временная организация корковых процессов. Активно включаются в деятельность лобные отделы, играющие ведущую роль в установлении системы межцентральных связей. В старшем школьном возрасте упорядочиваются взаимоотношения коры и подкорки, усиливаются тормозные процессы. Внимание становится избирательным, зависящим от направленности интересов, идет формирование интеллекта.

Базальные ядра созревают неравномерно. Бледный шар достаточно сформирован к моменту рождения. Хвостатое ядро и скор-

лупа чечевицеобразного ядра формируются к концу 1-го года жизни. К 7-летнему возрасту происходит окончательное созревание базальных ядер и формирование их связей с корой, что и обеспечивает выполнение более точных и координированных произвольных движений.

Характерными функциональными особенностями *вегетативной нервной системы* детей первых лет являются повышенная возбудимость, непостоянство вегетативных реакций, значительная их выраженность и легкая генерализация возбуждения. У детей, особенно грудного возраста, наблюдаются неустойчивость показателей вегетативных функций, таких как частота дыхания, пульса. Устойчивость их начинает формироваться на втором году жизни.

В первые годы жизни главную роль в регуляции функций играет симпатический отдел вегетативной нервной системы. Однако это преобладающее влияние симпатической нервной системы сохраняется до 7 лет. По мере созревания структур мозга влияние вегетативной нервной системы на деятельность внутренних органов усиливается.

Начиная с 40 лет отмечаются возрастные дегенеративные изменения в ЦНС. Возможна демиелинизация нервных волокон задних корешков и проводящих путей спинного мозга. Падает скорость распространения возбуждения по нервам, замедляется проведение сигнала в синапсах, снижается лабильность нервных клеток, ослабевают тормозные процессы на разных уровнях. Неравномерные разнонаправленные изменения в ядрах гипоталамуса приводят к нарушению его функций, изменениям вегетативных рефлексов, что снижает надежность гомеостатического регулирования.

У пожилых людей снижается реактивность ЦНС, ограничиваются возможности адаптации организма к нагрузкам. Со стороны вегетативной нервной системы наиболее заметно ослабевает влияние парасимпатической нервной системы.

Оболочки спинного и головного мозга. Твердая оболочка к моменту рождения тонкая, отростки ее развиты слабо, синусы твердой оболочки головного мозга тонкостенные, просветы их относительно широкие. После 10 лет строение и положение синусов приобретает дефинитивное состояние.

Паутинная и мягкая оболочки головного и спинного мозга у новорожденного тонкие, нежные. Подпаутинное пространство относительно большое. Его первоначальная вместимость составляет около 20 см³, затем довольно быстро увеличивается к концу 1-го года жизни до 30 см, а к 5 годам – до 40–60 см. У детей 8 лет объем подпаутинного пространства достигает 100–140 см³, у взрослых – 120–140 см³.

Основные этапы развития высшей нервной деятельности

Низшая и высшая нервная деятельность ребенка формируются в результате морфофункционального созревания всего нервного аппарата. Нервная система, а вместе с ней и высшая нервная деятельность у детей и подростков достигают уровня взрослого человека примерно к 20 годам. Весь сложный процесс развития ВНД человека определяется как наследственно, так и многими другими биологическими и социальными факторами внешней среды. Последние приобретают ведущее значение в постнатальном периоде, поэтому на семью и учебные заведения ложится основная ответственность за развитие интеллектуальных возможностей человека.

ВНД ребенка от рождения до 7 лет. Ребенок рождается с набором безусловных рефлексов, рефлексорные дуги которых начинают формироваться на 3-м месяце внутриутробного развития. Тогда у плода появляются первые сосательные и дыхательные движения, а активное движение плода наблюдается на 4–5-м месяце. К моменту рождения у ребенка формируется большинство врожденных рефлексов, которые обеспечивают ему нормальное функционирование вегетативной сферы.

Возможность простых пищевых условных реакций возникает уже на 1–2-е сутки, а к концу первого месяца развития образуются условные рефлексы с двигательного анализатора и вестибулярного аппарата.

Со 2-го месяца жизни образуются слуховые, зрительные и тактильные рефлексы, а к 5-му месяцу развития у ребенка вырабатываются все основные виды условного торможения. Большое значение в совершенствовании условно-рефлекторной деятельности имеет обу-

чение ребенка. Чем раньше начато обучение, т.е. выработка условных рефлексов, тем быстрее идет их формирование впоследствии.

К концу 1-го года развития ребенок относительно хорошо различает вкус пищи, запахи, форму и цвет предметов, различает голоса и лица. Значительно совершенствуются движения, некоторые дети начинают ходить. Ребенок пытается произносить отдельные слова, и у него формируются условные рефлексы на словесные раздражители. Следовательно, уже в конце первого года полным ходом идет развитие второй сигнальной системы и формируется ее совместная деятельность с первой.

На 2-м году развития ребенка совершенствуются все виды условно-рефлекторной деятельности и продолжается формирование второй сигнальной системы, значительно увеличивается словарный запас; раздражители или их комплексы начинают вызывать словесные реакции. Уже у двухгодовалого ребенка слова приобретают сигнальное значение.

2-й и 3-й год жизни отличаются живой ориентировочной и исследовательской деятельностью. Этот возраст ребенка характеризуется «предметным» характером мышления, т.е. решающим значением мышечных ощущений. Эта особенность в значительной степени связана с морфологическим созреванием мозга, так как многие моторные корковые зоны и зоны кожно-мышечной чувствительности уже к 1–2 годам достигают достаточно высокой функциональной полноценности. Основным фактором, стимулирующим созревание этих корковых зон, являются мышечные сокращения и высокая двигательная активность ребенка.

Период до 3 лет характеризуется также легкостью образования условных рефлексов на самые различные раздражители. Примечательной особенностью 2–3-летнего ребенка является легкость выработки динамических стереотипов – последовательных цепей условно-рефлекторных актов, осуществляющихся в строго определенном, закреплённом во времени порядке. Динамический стереотип – это следствие сложной системной реакции организма на комплекс условных раздражителей (условный рефлекс на время – прием пищи, время сна и др.).

Возраст от 3 до 5 лет характеризуется дальнейшим развитием речи и совершенствованием нервных процессов (увеличивается их сила, подвижность и уравновешенность), процессы внутреннего торможения приобретают доминирующее значение, но запаздывательное торможение и условный тормоз вырабатываются с трудом.

К 5–7 годам еще более повышается роль сигнальной системы слов и дети начинают свободно говорить. Это обусловлено тем, что только к семи годам постнатального развития функционально созревает материальный субстрат второй сигнальной системы – кора больших полушариев.

ВНД детей от 7 до 18 лет. Младший школьный возраст (с 7 до 12 лет) – период относительно «спокойного» развития ВНД. Сила процессов торможения и возбуждения, их подвижность, уравновешенность и взаимная индукция, а также уменьшение силы внешнего торможения обеспечивают возможности широкого обучения ребенка. Но только при обучении письму и чтению слово становится предметом сознания ребенка, все более отдаляясь от связанных с ним образов, предметов и действий. Незначительное ухудшение процессов ВНД наблюдается только в 1-м классе в связи с процессами адаптации к школе.

Особое значение для педагогов имеет *подростковый* (с 11–12 до 15–17 лет) период. В это время нарушается уравновешенность нервных процессов, большую силу приобретает возбуждение, замедляется прирост подвижности нервных процессов, значительно ухудшается дифференцировка условных раздражителей. Ослабляется деятельность коры, а вместе с тем и второй сигнальной системы. Все функциональные изменения приводят к психической неуравновешенности и конфликтности подростка.

Старший школьный возраст (15–18 лет) совпадает с окончательным морфофункциональным созреванием всех систем организма. Повышается роль корковых процессов в регуляции психической деятельности и функций второй сигнальной системы. Все свойства нервных процессов достигают уровня взрослого человека, т.е. ВНД старших школьников становится упорядоченной и гармоничной. Та-

ким образом, для нормального развития ВНД на каждом отдельном этапе онтогенеза необходимо создание оптимальных условий.

Типологические особенности ВНД ребенка. Н.И. Красногорский, изучая ВНД ребенка на основе силы, уравновешенности, подвижности нервных процессов, взаимоотношений коры и подкорковых образований, соотношения между сигнальными системами, выделил 4 типа нервной деятельности в детском возрасте.

1. Сильный, уравновешенный, оптимально возбудимый, быстрый тип. Характеризуется быстрым образованием прочных условных рефлексов. Дети этого типа имеют хорошо развитую речь с богатым словарным запасом.

2. Сильный, уравновешенный, медленный тип. У детей этого типа условные связи образуются медленнее и прочность их меньше. Дети этого типа быстро обучаются речи, только речь у них несколько замедленная. Активны и стойки при выполнении сложных заданий.

3. Сильный, неуравновешенный, повышено возбудимый, безудержный тип. Условные рефлексы у таких детей быстро угасают. Дети такого типа отличаются высокой эмоциональной возбудимостью, вспыльчивостью. Их речь быстрая с отдельными выкрикиваниями.

4. Слабый тип с пониженной возбудимостью. Условные рефлексы образуются медленно, неустойчивы, речь часто замедленная. Дети этого типа не переносят сильных и продолжительных раздражений, легко утомляются.

Существенные различия основных свойств нервных процессов у детей, относящихся к разным типам, определяют их разные функциональные возможности в процессе обучения и воспитания, но пластичность клеток коры больших полушарий, их приспособляемость к меняющимся условиям среды является морфофункциональной основой преобразования типа ВНД. Так как пластичность нервных структур особенно велика в период их интенсивного развития, педагогические воздействия, корректирующие типологические особенности, особенно важно применять в детском возрасте.

Возрастные особенности психофизиологических функций

Восприятие. Ему принадлежит важнейшая роль в обеспечении контактов с внешней средой и в формировании познавательной деятельности. **Восприятие** – сложный активный процесс, включающий анализ и синтез поступающей информации.

Постепенность и неодновременность созревания областей коры в процессе онтогенеза определяют существенные особенности процесса восприятия в различные возрастные периоды. Определенная степень зрелости корковых зон к моменту рождения ребенка создает условие для осуществления приема информации и элементарного анализа качественных признаков сигнала уже в период новорожденности. В течение первых месяцев жизни усложняется анализ сенсорных стимулов в коре, что свидетельствует о начале сенсорного воспитания.

Качественный скачок в формировании системы восприятия отмечен после 5 лет. К 5–6 годам существенно облегчается опознавание сложных, ранее незнакомых предметов, сличение их с эталоном. Это дает основание рассматривать дошкольный возраст как сенситивный период развития зрительного восприятия. В школьном возрасте формируется произвольное избирательное восприятие, существенные изменения которого отмечены к 10–11 годам. Заключительный этап развития воспринимающей системы обеспечивает оптимальные условия для адекватного реагирования на внешние воздействия.

Внимание является одной из важнейших психофизиологических функций, обеспечивающих оптимизацию процессов воспитания и обучения. Внимание – сложный системный акт, в котором принимают участие различные структуры мозга. Признаки непроизвольного внимания обнаруживаются уже в период новорожденности в виде элементарной ориентировочной реакции на раздражитель. Критическим периодом в формировании непроизвольного внимания является 2–3-месячный возраст, когда ориентировочная реакция приобретает черты исследовательского характера. В грудном, так же как и в младшем дошкольном возрасте, произвольное внимание характеризуется эмоциональным аспектом, так как внима-

ние ребенка в основном привлекают эмоциональные раздражители.

По мере формирования системы восприятия речи формируется социальная форма внимания, опосредованная речевой инструкцией. Однако вплоть до 5-летнего возраста эта форма внимания легко оттесняется произвольным вниманием, возникающим на новые привлекательные раздражители. В 6–7-летнем возрасте существенно возрастает роль речевой инструкции в формировании произвольного внимания. Вместе с тем в этом возрасте еще велико значение эмоционального фактора. Качественные сдвиги в формировании внимания отмечены в 9–10 лет. В начале подросткового периода (12–13 лет) внимание ослабляется, а к концу – процесс внимания соответствует таковому взрослого.

Память. Важнейшим свойством нервной системы является способность накапливать, хранить и воспроизводить поступающую информацию. Память, основанная на хранении следов возбуждения в системе условных рефлексов, формируется на ранних этапах развития. Относительная простота системы памяти в детском возрасте определяет устойчивость, прочность условных рефлексов, выработанных в раннем детстве. По мере структурно-функционального созревания мозга происходит значительное усложнение системы памяти. Это может привести к неравномерному и неоднозначному изменению показателей памяти с возрастом. Так, в младшем школьном возрасте объем памяти достоверно возрастает, а скорость запоминания уменьшается, увеличиваясь затем к подростковому возрасту. Созревание высших корковых центров с возрастом определяет постепенность развития и совершенствования словесно-логической абстрактной памяти.

Мотивации, потребности и эмоции. Мотивации – активные состояния мозговых структур, побуждающие совершать действия, направленные на удовлетворение своих потребностей. С мотивациями неразрывно связаны эмоции. Достижение цели и удовлетворение потребности вызывают положительные эмоции, обратное приводит к отрицательным эмоциям.

Роль эмоций особенно велика в детском возрасте. У детей очень велика потребность в новизне. Удовлетворение этой потребности способствует положительным эмоциям, и те, в свою очередь, стимулируют деятельность ЦНС. Тесная связь эмоций с потребностями определяет необходимость учета возрастных особенностей эмоциональной сферы ребенка в процессе воспитания. Эмоции детей из-за слабости контроля со стороны высших отделов ЦНС неустойчивы, их внешние проявления несдержанны. Ребенок легко и быстро плачет и так же быстро от плача может перейти к смеху. С возрастом сдержанность эмоциональных проявлений возрастает. В этом немалую роль играют воспитательные воздействия, направленные на совершенствование внутреннего торможения.

Вопросы для самоконтроля:

1. Дайте характеристику возрастным изменениям нервной ткани.
2. Дайте характеристику возрастным изменениям нервной системы.
3. Дайте характеристику возрастным изменениям спинного мозга.
4. Дайте характеристику возрастным изменениям головного мозга.
5. Дайте характеристику этапам развития высшей нервной деятельности.
6. Перечислите типологические особенности высшей нервной деятельности ребенка.
7. Дайте характеристику возрастным особенностям психофизиологических функций.

2.11. Возрастные изменения сенсорных систем

Элементарная рефлекторная деятельность человека, его сложные поведенческие акты и психические процессы зависят от функционального состояния его органов чувств: зрения, слуха, обоняния, вкуса, соматической и висцеральной чувствительности, с помощью

которых осуществляются восприятие и анализ бесконечного потока информации из окружающего материального мира и внутренней среды организма. Без этой информации была бы невозможна оптимальная организация как самых примитивных функций человеческого организма, так и высших психических процессов.

Среди сенсорных систем организма различают вкусовую, слуховую, зрительную, вестибулярную, обонятельную и соматосенсорную системы. Рецепторы последней расположены в коже и воспринимают прикосновения, вибрацию, тепло, холод, боль. Выделяют также проприоцептивную систему, куда относятся проприорецепторы, воспринимающие движения в суставах и мышцах. Изучение интерорецепторов, расположенных во всех внутренних органах, путей проведения и переработки, поступающих от них сигналов дало основание говорить о висцеральной сенсорной системе, которая воспринимает различные изменения во внутренней среде организма.

Различные сенсорные системы начинают функционировать в разные сроки онтогенеза. Вестибулярный анализатор как филогенетически наиболее древний созревает еще во внутриутробном периоде. Рефлекторные акты, связанные с активностью этого анализатора (при поворотах тела, при изменении положения конечностей), отмечаются у плодов и недоношенных детей. Также рано созревает кожный анализатор. Первые реакции на раздражение кожи отмечены у эмбриона в 7,5 недели. Уже на 3-м месяце жизни ребенка параметры кожной чувствительности практически соответствуют таковым взрослого.

Адекватные реакции на раздражения вкусового анализатора наблюдаются с 9–10-го дня жизни. Дифференцировка основных пищевых веществ формируется лишь на 3–4-м месяце жизни. До 6-летнего возраста чувствительность к вкусовым раздражителям повышается и в школьном возрасте не отличается от чувствительности взрослого. Обонятельный анализатор функционирует с момента рождения ребенка, а дифференцировка запахов отмечается на 4-м месяце жизни.

Созревание сенсорных систем определяется развитием звеньев органов чувств. Периферические звенья являются сформированными к моменту рождения. Позже других формируется периферическая часть зрительного анализатора – сетчатка глаза, ее развитие заканчивается к 6-му месяцу жизни. Миелинизация нервных волокон в течение первых месяцев жизни обеспечивает значительное увеличение скорости проведения возбуждения и, следовательно, развитие проводящего отдела анализатора. Позже других – корковые звенья органов чувств. Именно их созревание определяет особенности функционирования сенсорных систем в детском возрасте. Наиболее поздно завершают свое развитие корковые звенья слуховой и зрительной сенсорной системы.

При изучении движения глаз ребенка установлено, что он способен воспринимать элементы предъявляемых изображений с момента рождения. Считают, что отдельные элементы изображения в младенческом возрасте отождествляются с целостным предметом. Об этом свидетельствуют данные, показавшие, что младенцы, у которых вырабатывался условный рефлекс на целостную геометрическую фигуру, реагировали также на ее компоненты, предъявляемые в отдельности, и только с 16 недель ребенок воспринимал целостную фигуру, которая становилась стимулом условной реакции.

По мере созревания корковых нейронов и их связей в течение первых лет жизни ребенка анализ внешней информации становится более тонким и дифференцированным, совершенствуется процесс опознания сложных стимулов. Период интенсивного созревания систем наиболее пластичен. Созревание коркового звена анализатора в значительной степени определяется поступающей информацией. Известно, что если лишить организм новорожденного притока сенсорной информации, то нервные клетки проекционной коры не развиваются; в сенсорно обогащенной среде развитие нервных клеток и их контактов происходит наиболее интенсивно.

Отсюда очевидно значение сенсорного воспитания в раннем детском возрасте, т.е. сенсорная информация имеет значение не только для организации деятельности внутренних органов и поведения, но и является важным фактором развития ребенка.

Функциональное созревание сенсорных систем продолжается и в другие возрастные периоды, поскольку в переработку поступающей информации вовлекаются и другие корковые зоны (ассоциативные), которые созревают в течение длительного периода развития, включая подростковый возраст. Постепенность их созревания определяет особенность процесса восприятия информации в школьном возрасте. Так, восприятие сложных зрительных стимулов становится идентичным таковому взрослого к 11–12 годам.

Особо важное значение для нормального физического и психического развития детей и подростков имеют органы *зрения* и *слуха*. Это обусловлено тем, что подавляющая часть всей информации из окружающего мира (примерно 90%) поступает в наш мозг через зрительные и слуховые каналы.

Возрастные особенности зрительной сенсорной системы

После рождения органы зрения человека претерпевают значительные морфофункциональные изменения. Например, длина глазного яблока у новорожденного составляет 16 мм, а его масса – 3,0 г, к 20 годам эти цифры увеличиваются до 23 мм и 8,0 г. В процессе развития меняется и цвет глаз. У новорожденных в первые годы жизни радужка содержит мало пигментов и имеет голубовато-сероватый оттенок. Окончательная окраска радужки формируется только к 10–12 годам.

Развитие зрительной сенсорной системы также идет от периферии к центру. Миелинизация зрительных нервных путей заканчивается к 3–4 месяцам жизни. Причем развитие сенсорных и моторных функций зрения идет синхронно. В первые дни после рождения движения глаз независимы друг от друга и, соответственно, механизмы координации и способность фиксировать взглядом предмет несовершенны и формируются в возрасте от 5 дней до 3–5 месяцев. Функциональное созревание зрительных зон коры головного мозга по некоторым данным происходит уже к рождению ребенка, по другим – несколько позже.

Оптическая система глаза в процессе онтогенетического развития также изменяется. Ребенок в первые месяцы после рождения путает верх и низ предмета. То обстоятельство, что мы видим предметы не в их перевернутом изображении, а в их естественном виде, объясняется жизненным опытом и взаимодействием сенсорных систем.

Аккомодация (способность глаза к четкому видению предметов, находящихся на различных расстояниях) у детей выражена в большей степени, чем у взрослых. Эластичность хрусталика с возрастом уменьшается и, соответственно, падает аккомодация. Вследствие этого у детей встречаются некоторые нарушения аккомодации. Так, у дошкольников вследствие более плоской формы хрусталика очень часто встречается дальнозоркость. В 3 года дальнозоркость наблюдается у 82% детей, а близорукость – у 2,5%. С возрастом это соотношение изменяется и число близоруких значительно увеличивается, достигая к 14–16 годам 11%. Важным фактором, способствующим появлению близорукости, является нарушение гигиены зрения: чтение лежа, выполнение уроков в плохо освещенной комнате, увеличение напряжения на глаза и др.

В процессе развития существенно меняются цветоощущения ребенка. У новорожденного в сетчатке функционируют только палочки, колбочки еще незрелые и их количество невелико. Элементарные функции цветоощущения у новорожденных, видимо, есть, но полноценное включение колбочек в работу происходит только к концу 3-го года. Однако и на этой возрастной ступени оно еще неполноценно. Своего максимального развития ощущение цвета достигает к 30 годам и затем постепенно снижается. Большое значение для формирования цветоощущения имеет тренировка. Интересно то, что быстрее всего ребенок начинает узнавать желтые и зеленые цвета, а позднее – синий. Узнавание формы предмета появляется раньше, чем узнавание цвета. При знакомстве с предметом у дошкольников первую реакцию вызывает его форма, затем размеры и в последнюю очередь цвет.

С возрастом повышается острота зрения и улучшается стереоскопия. Наиболее интенсивно стереоскопическое зрение изменяется до 9–10 лет и достигает к 17–22 годам своего оптимального

уровня. С 6 лет у девочек острота стереоскопического зрения выше, чем у мальчиков. Глазомер у девочек и мальчиков 7–8 лет значительно лучше, чем у дошкольников, и не имеет половых различий, но приблизительно в 7 раз хуже, чем у взрослых. В последующие годы развития у мальчиков линейный глазомер становится лучше, чем у девочек.

Поле зрения особенно интенсивно развивается в дошкольном возрасте, и к 7 годам оно составляет приблизительно 80% от размеров поля зрения взрослого. В развитии поля зрения наблюдаются половые особенности. В 6 лет поле зрения у мальчиков больше, чем у девочек, в 7–8 лет наблюдается обратное соотношение. В последующие годы размеры поля зрения одинаковы, а с 13–14 лет его размеры у девочек больше. Указанные возрастные и половые особенности развития поля зрения должны учитываться при организации индивидуального обучения детей, так как поле зрения (пропускная способность зрительного анализатора и, следовательно, учебные возможности) определяет объем информации, воспринимаемой ребенком.

В процессе онтогенеза пропускная способность зрительной сенсорной системы также изменяется. До 12–13 лет существенных различий между мальчиками и девочками не наблюдается, а с 12–13 лет у девочек пропускная способность зрительного анализатора становится выше, и это различие сохраняется в последующие годы. Интересно, что уже к 10–11 годам этот показатель приближается к уровню взрослого человека, который в норме составляет 2–4 бит/с.

Возрастные особенности слуховой сенсорной системы

Уже на 8–9-м месяце внутриутробного развития ребенок воспринимает звуки в пределах 20–5000 Гц и реагирует на них движениями. Четкая реакция на звук появляется у ребенка в 7–8 недель после рождения, а с 6 месяцев грудной ребенок способен к относительно тонкому анализу звуков. Слова дети слышат много хуже, чем звуковые тоны, и в этом отношении сильно отличаются от взрослых. Окончательное формирование органов слуха у детей заканчивается к 12 годам. К этому возрасту значительно повышается острота слуха, которая достигает максимума к 14–19 годам и после 20 лет уменьшается. С возрастом также изменяются пороги слышимости и падает верхняя частота воспринимаемых звуков.

Функциональное состояние слухового анализатора зависит от многих факторов окружающей среды. Специальной тренировкой можно добиться повышения его чувствительности. Например, занятия музыкой, танцами, фигурным катанием, художественной гимнастикой вырабатывают тонкий слух. С другой стороны, физическое и умственное утомление, высокий уровень шума, резкое колебание температуры и давления снижают чувствительность органов слуха. Кроме того, сильные звуки вызывают перенапряжение нервной системы, способствуют развитию нервных и сердечно-сосудистых заболеваний. Необходимо помнить о том, что порог болевых ощущений для человека составляет 120–130 дБ, но даже шум в 90 дБ может вызывать у человека болевые ощущения (шум промышленного города днем составляет около 80 дБ).

Во избежание неблагоприятного воздействия шума необходимо соблюдать определенные гигиенические требования. *Гигиена слуха* – система мер, направленная на охрану слуха, создание оптимальных условий для деятельности слуховой сенсорной системы, способствующих нормальному ее развитию и функционированию.

Различают *специфическое* и *неспецифическое* действие шума на организм человека. Специфическое действие проявляется в нарушении слуха, неспецифическое – в отклонениях со стороны ЦНС, вегетативной реактивности, в эндокринных расстройствах, функ-

циональном состоянии сердечно-сосудистой системы и пищеварительного тракта.

У лиц молодого и среднего возраста уровни шума в 90 дБ, воздействуя в течение часа, понижают возбудимость клеток коры головного мозга, ухудшают координацию движений, отмечается снижение остроты зрения, устойчивости ясного видения и чувствительности к оранжевому цвету, нарастает частота срывов дифференцировки. Достаточно побыть всего 6 ч в зоне шума 90 дБ (шум, испытываемый пешеходом на сильно загруженной транспортом улице) чтобы снизилась острота слуха. При часовой работе в условиях воздействия шума в 96 дБ наблюдается еще более резкое нарушение корковой динамики. Ухудшается работоспособность и снижается производительность труда.

Труд в условиях воздействия шума в 120 дБ через 4–5 лет может вызвать нарушения, характеризующиеся неврастеническими проявлениями. Появляются раздражительность, головные боли, бессонница, расстройства эндокринной системы, нарушается тонус сосудов и ЧСС, возрастает или понижается артериальное давление. При стаже работы в 5–6 лет часто развивается профессиональная тугоухость. По мере увеличения срока работы функциональные отклонения перерастают в невриты слухового нерва.

Весьма ощутимо влияние шума на детей и подростков. Более значительными оказываются повышение порога слуховой чувствительности, снижение работоспособности и внимания у учащихся после воздействия шума в 60 дБ. Решение арифметических примеров требовало при шуме в 50 дБ на 15–55%, а в 60 дБ на 81–100% больше времени, чем до действия шума, а снижение внимания достигало 16%.

Снижение уровней шума и его неблагоприятного воздействия на учащихся достигается проведением ряда мероприятий: строительных, архитектурных, технических и организационных. Например, участок учебных заведений ограждают по всему периметру живой изгородью высотой не менее 1,2 м. Большое влияние на величину звукоизоляции оказывает плотность, с какой закрыты двери. Если они плохо закрыты, то звукоизоляция снижается на 5–

7 дБ. Большое значение в снижении шума имеет гигиенически правильное размещение помещений в здании учебного заведения. Мастерские, гимнастические залы размещаются на первом этаже здания, в отдельном крыле или в пристройке. Восстановлению функционального состояния слуховой сенсорной системы и сдвигов в других системах организма детей и подростков способствуют небольшие перерывы в тихих комнатах.

Возрастные особенности других сенсорных систем

Вестибулярная сенсорная система играет важную роль в регуляции положения тела в пространстве и его движений. Развитие вестибулярного аппарата у детей и подростков в настоящее время мало изучено. Существуют данные о том, что ребенок рождается с достаточно зрелыми подкорковыми отделами вестибулярного анализатора.

Проприоцептивная сенсорная система также участвует в регуляции положения тела в пространстве и обеспечивает координацию абсолютно всех движений человека – от локомоторных до сложнейших трудовых и спортивных двигательных навыков. В процессе онтогенеза формирование проприорецепции начинается с 1–3 месяцев внутриутробного развития. К моменту рождения проприорецепторы и корковые отделы достигают высокой степени зрелости и способны к выполнению своих функций. Особенно интенсивно идет совершенствование всех отделов двигательного анализатора до 6–7 лет. С 3 до 7–8 лет быстро нарастает чувствительность проприорецепции, идет созревание подкорковых отделов двигательного анализатора и его корковых зон. Формирование проприорецепторов, расположенных в суставах и связках, заканчивается к 13–14 годам, а проприорецепторов мышц – к 12–15 годам. К этому возрасту они уже практически не отличаются от таковых у взрослого человека.

Под *соматосенсорной* системой понимают совокупность рецепторных образований, обеспечивающих температурные, тактильные и болевые ощущения. *Температурные* рецепторы играют важную роль в сохранении постоянства температуры тела. Экспериментально показано, что чувствительность температурных рецепторов на первых

этапах постнатального развития ниже, чем у взрослых. *Тактильные* рецепторы обеспечивают восприятие механических воздействий, чувство давления, прикосновения и вибрации. Чувствительность этих рецепторов у детей ниже, чем у взрослых. Уменьшение порогов восприятия происходит до 18–20 лет. *Боль* воспринимается специальными рецепторами, представляющими собой свободные нервные окончания. Болевые рецепторы у новорожденных детей имеют более низкую чувствительность, чем у взрослых. Особенно быстро возрастает болевая чувствительность с 5 до 6–7 лет.

Периферическая часть *вкусовой* сенсорной системы – вкусовые рецепторы расположены в основном на кончике, корне и по краям языка. Новорожденный ребенок уже обладает способностью дифференцировать горькое, соленое, кислое и сладкое, хотя чувствительность вкусовых рецепторов невысока, к 6 годам она приближается к уровню взрослого.

Периферическая часть *обонятельной* сенсорной системы – обонятельные рецепторы располагаются в верхней части носовой полости и занимают не более 5 см². У детей обонятельный анализатор начинает функционировать уже в первые дни после рождения. С возрастом чувствительность обонятельного анализатора нарастает особенно интенсивно до 5–6 лет, а затем постоянно снижается.

Вопросы для самоконтроля

1. Как отражается процесс миелинизации на функционировании сенсорных систем?
2. Дайте характеристику возрастным изменениям зрительной сенсорной системы.
3. Дайте характеристику возрастным особенностям цветоощущения.
4. Дайте характеристику возрастным изменениям слуховой сенсорной системы.
5. Что включает в себя гигиена слуха?

6. Дайте характеристику возрастным изменениям проприоцептивной и соматосенсорной систем.

2.12. Возрастные изменения эндокринной системы

Эндокринные железы посредством выделяемых ими в кровь гормонов участвуют в координации всех физиологических функций. *Гормоны* – важнейшие специализированные химические регуляторы. Они могут производить пусковой эффект, включая деятельность органа, коррегирующий эффект, усиливая или подавляя функции, изменять интенсивность обмена веществ, влиять на рост и развитие.

В организме человека и высших животных имеются следующие железы внутренней секреции: гипофиз, эпифиз, поджелудочная железа, щитовидная железа, надпочечники, половые, околощитовидные железы, вилочковая железа. Поджелудочная и половые железы смешанные, так как часть их клеток выполняет внешне-секреторную функцию.

Эндокринные железы, находясь в тесном взаимодействии с нервной системой, осуществляют общую интеграционную нейрогуморальную регуляцию организма.

Железы внутренней секреции начинают функционировать во внутриутробном периоде, влияя на рост и развитие тканей и органов эмбриона и плода. Большая часть гормонов синтезируется ими уже на 2-м месяце внутриутробного развития. Дифференцирование и рост эндокринных желез осуществляются гетерохронно на протяжении детства, максимальной инкреторной активности они достигают в юности и в начале зрелого возраста, затем сохраняют относительно стабильный уровень секреции, медленно и неравномерно снижая функциональную активность в старости.

До начала периода полового созревания ведущая роль в регуляции процессов развития органов и систем принадлежит гипоталамическому гормону роста, гормонам щитовидной железы, инсулину

поджелудочной железы, а затем – половым гормонам. Период полового созревания (пубертатный) является критическим. В это время происходит перестройка в эндокринной системе, усиливается рост половых желез, который до этого периода сдерживался гормонами эпифиза, повышается активность надпочечников и щитовидной железы.

Второй критический период – климактерический. У женщин он приходится на 45–55 лет, у мужчин – на 55–60 лет. В это время угасают функции половых желез, изменяются интеграционные связи между эндокринными железами и гормональный гомеостаз в организме в целом.

Гипофиз. Благодаря выработке тропных гормонов клетками его передней доли, он выполняет роль одной из главных желез эндокринной системы, оказывая влияние почти на все эндокринные органы. Его деятельность, в свою очередь, функционально связана с гипоталамусом (отделом промежуточного мозга). Гипоталамо-гипофизарная система формируется с ослаблением тормозных влияний эпифиза – к 7-летнему возрасту. Посредством этой системы передается влияние центральной нервной системы на различные железы внутренней секреции, а через них – на все органы и системы организма. Гипоталамус освобождает релизинг-факторы, направляемые в гипофиз по сосудисто-нервному пучку, служащие регуляторами активности клеток передней доли гипофиза (аденогипофиза) по продукции ими соответствующих гормонов.

Гормоны эпифиза – шишковидной железы – угнетают функцию гипофиза, снижая, с одной стороны, выработку либеринов (активирующих релизинг факторов) гипоталамусом, а с другой – непосредственно угнетая активность аденогипофиза, подавляя образование гонадотропных гормонов. Под действием гормонов эпифиза сдерживается преждевременное развитие половых желез, формируется цикличность половых функций, определяется длительность менструального цикла и др. Возрастная инволюция эпифиза в среднем школьном возрасте способствует усилению взаимосвязи гипоталамуса и гипофиза. Гипоталамус начинает стимулировать секреторную активность гипофиза. В результате гипофиз резко усиливает

выброс в кровь соматотропного и гонадотропных гормонов, которые усиливают секрецию половых гормонов половыми железами и надпочечниками. В организме под влиянием этих гормонов усиливаются процессы роста, ускоряется половое созревание.

Масса гипофиза у новорожденного – 0,12 г, к 10 годам она удваивается, к 15 годам – утраивается. К 20 годам масса его достигает максимума – 0,53–0,56 г. В последующие годы она почти не меняется, чуть уменьшаясь после 60 лет. Уровень соматотропного гормона гипофиза наиболее высок у новорожденных, затем нарастает постепенно, а в 6 лет более значительно, обуславливая прибавку в росте и весе. Самый значительный подъем его секреции приходится на переходный период (средний школьный возраст), вызывая резкое увеличение длины тела. В этот период формируются первичные половые признаки (половые железы и половые органы) и вторичные половые признаки (характерное оволосение, изменение тембра голоса, рост молочных желез). В это же время происходит формирование индивидуального морфологического типа со специфическими особенностями формы и размеров тела, соотношением мышечной и жировой ткани, распределением последней в организме, а также завершается становление поведенческих реакций личности подростка.

Значительная перестройка деятельности всей эндокринной системы в переходный период отражается на изменениях во всех органах и системах организма. Отмечается несогласованность морфологического и функционального развития отдельных органов и систем. Происходит отставание скорости роста сердца от темпов увеличения длины тела, отставание роста просвета сосудов от повышения мощности сокращений миокарда, темпов роста туловища от скорости удлинения конечностей. Эти изменения вызывают временное нарушение координации движений, снижают умственную и физическую работоспособность. Снижение работоспособности связано также с повышением энерготрат при увеличении размеров тела, что ограничивает возможности энергообеспечения мышечной работы организма подростка. У подростков, переходящих в юношеский возраст, мор-

фологические показатели организма приближаются к таковым у взрослого, но функциональные резервы у них недостаточны.

Секреция гонадотропных гормонов гипофиза, незначительная в первые годы жизни, нарастает в период полового созревания, продолжает увеличиваться до менопаузы, спадая в старости.

Надпочечники. У новорожденного за первую неделю жизни теряется почти половина массы органа, достигнутой к концу внутриутробного периода. Происходит это в связи с высоким функциональным напряжением – стрессом, испытываемым новорожденным в период родов и первые дни жизни, когда идет приспособление к новым условиям жизни. После рождения параллельно с инволюцией зародышевой коры формируется дефинитивная кора, ее клубочковая и пучковая зоны. Сетчатая зона до периода полового созревания развита слабо. В конце периода полового созревания корковое вещество надпочечников приобретает дефинитивное строение.

Масса надпочечников у новорожденного составляет около 7 г. Рост их продолжается до 29–30 лет. К 20 годам их масса в 1,5–2 раза больше, чем у новорожденных. В дальнейшем их размеры почти не изменяются. У женщин надпочечники имеют несколько большие размеры, чем у мужчин.

Основной рост мозгового вещества надпочечников наблюдается у детей 3–8 лет и в пубертатном периоде. Функциональная активность его, почти не меняясь в зрелом возрасте, снижается у пожилых людей и стариков.

Активность продукции гормонов различными зонами коркового вещества снижается в пожилом возрасте неравномерно. Клубочковая зона, клетки которой синтезируют минералокортикоиды (альдостерон), долго сохраняется в зрелом возрасте, регулируя в организме минеральный обмен, в старости значительно редуцируется. Пучковая зона длительно функционирует, выработка глюкокортикоидов ее клетками в пожилом возрасте снижается пропорционально уменьшающейся метаболически активной массе тела. Постепенное уменьшение количества глюкокортикоидов приводит к снижению углеводного, белкового и жирового обменов, снижению сопротивляемости организма вредным воздействиям. Функ-

циональная активность клеток сетчатой зоны, вырабатывающих половые гормоны, после 50 лет снижается, однако после инволюции половых желез вновь возрастает и надпочечники снова становятся единственным источником половых гормонов.

Щитовидная железа. У новорожденного ее масса составляет 1–5 г, максимальная масса – 14–15 г – достигается в 15–16 лет. Ее йодсодержащие гормоны регулируют обмен веществ и энергии, окислительные процессы в митохондриях, рост и дифференцирование тканей, формирование пропорций тела, развитие психики. В постнатальном периоде продукция этих гормонов возрастает, обеспечивая физическое, умственное и половое развитие. Гипофункция железы в раннем детском возрасте влечет кретинизм, задержку роста, развитие диспропорций тела, умственную отсталость. В период полового созревания отмечается подъем функциональной активности железы, который проявляется повышенной возбудимостью нервной системы. Снижение активности железы может наблюдаться в зрелом возрасте.

Паращитовидные железы. У новорожденных общая масса их (чаще четырех) составляет около 5 мг, у взрослых – 75–85 мг. Железы новорожденного структурно зрелые и функционально активные. Повышенная функциональная активность их сохраняется в первые 7 лет жизни, особенно в первые 2 года. Паратгормон вместе с тиреокальцитонином щитовидной железы регулирует содержание и обмен кальция в крови. В возрасте 11–13 лет в железах появляются жировые клетки, в дальнейшем доля железистой ткани в них уменьшается, разрастаются жировая и соединительная ткань.

Половые железы. Мужские половые железы. На 11–17-й неделе внутриутробного развития уровень андрогенов у плода мужского пола достигает высоких значений, характерных для взрослого организма, благодаря чему происходит развитие плода по мужскому типу. Масса яичка при рождении составляет 0,3 г. Его активность по продукции гормонов снижена, с 12–13 лет она постепенно возрастает, достигая к 16–17 годам уровня взрослого. Подъем активности вызывает пубертатный скачок роста, появление вторичных половых признаков, а после 15 лет – активацию сперматогенеза.

С этого периода и предстательная железа, бывшая ранее лишь мышечным органом, развивает свою железистую часть.

До полового созревания яички растут медленно. Масса их в возрасте от 1 года до 3 лет составляет 1,48 г, в 5–10 лет – 1,67 г, в 14 лет она равна 7 г, в 15–16 лет – 15,6 г. После 20–22 лет размеры и масса яичка изменяются незначительно.

Предстательная железа до 10–12 лет растет медленно, составляя в подростковом возрасте 8,8 г (против 1,2 г в возрасте 1–2 лет). К 20–25 годам она полностью развита. После 40 лет масса ее часто увеличивается. У 30–50% мужчин после 55 лет наблюдается ее гипертрофия.

Женские половые железы. Яичники у новорожденных располагаются вне полости таза, спускаясь в малый таз в возрасте 4–7 лет, когда они приобретают положение, свойственное взрослым женщинам. Первоначальная масса яичника – 0,16 г, к 4–7 годам – 3,3 г, в подростковом возрасте – 6 г. У женщин после 40–50 лет масса яичников уменьшается в связи с ослаблением их деятельности, уменьшением массы коркового и мозгового вещества.

После рождения выделяют три периода активности яичников: нейтральный (от рождения до 6–7 лет), препубертатный (от 8 лет до первой менструации), пубертатный (от первой менструации до менопаузы). На всех этапах эстрогены продуцируются яичниками в разных количествах. Низкий уровень эстрогенов до 8 лет создает возможность дифференцирования гипоталамуса по женскому типу. Продукция эстрогенов в пубертатном периоде достаточна для скачка роста скелета, а также для развития вторичных половых признаков. Постепенный рост продукции эстрогенов приводит к менархе (первым менструациям) и дальнейшему становлению менструального цикла.

Влияние гормонов на рост организма

Ростовые процессы в организме определяются действием ряда гормональных факторов. Основным из них является соматотропин – гормон передней доли гипофиза. Под его влиянием проис-

ходит новообразование хрящевой ткани эпифизарной зоны и увеличение длины трубчатых костей. Одновременно под влиянием соматотропина активизируется образование мягкой соединительной ткани, что важно для обеспечения надежности соединения частей растущего скелета. Он оказывает стимулирующее действие и на развитие скелетной мышечной ткани.

Влияние соматотропина резко снижается при недостаточном содержании в крови тиреоидных гормонов и инсулина. Тиреоидные гормоны необходимы для нормализации процессов размножения и дифференцировки клеток. Классическими признаками, характеризующими нарушение роста и развития детей и подростков при гипотиреозе, являются отставание длины тела, запаздывание окостенения скелета и развития зубов. Эти проявления сочетаются с замедлением частоты сердечных сокращений, понижением артериального давления, уменьшением тонуса и силы скелетных мышц.

Не менее значительна роль инсулина. Так, он увеличивает транспорт аминокислот через мембраны и участвует в обеспечении белкового синтеза строительных материалов. Кроме того, инсулин способствует углеводному питанию клеток.

Опосредованное влияние на рост оказывает тестостерон. Он стимулирует белковый синтез в хрящевой и костной ткани, скелетных мышцах, миокарде, печени, почках. В наибольшей степени это проявляется в период полового созревания. Стимулирующее воздействие на рост продолжается до закрытия эпифизарных зон роста.

Эстрогены на общий рост организма оказывают тормозящее влияние, активизируя окостенение эпифизарных зон роста трубчатых костей. Эстрогены стимулируют рост и белковый синтез в женских половых органах и в меньшей степени в почках, печени, миокарде.

Нормальное протекание ростовых процессов обеспечивается также паратгормоном, кальцитонином и гормональной формой витамина Д₃. Данная группа гормонов имеет первостепенное значение в формировании костной ткани и поддержании гомеостаза кальция во внутренней среде организма и в клетках. Кальцитонин и паратгормон воздействуют на кальциевый обмен в тесном взаи-

модействии с гормональной формой витамина Д₃, образующейся из холекальциферола, поступающего с пищей.

Совершенно противоположный эффект на рост организма оказывают глюкокортикоиды. Так, при лечении детей и подростков массивными дозами глюкокортикоидов отмечается задержка роста. Этим можно объяснить задержку роста при действии на организм стрессирующих факторов независимо от их природы. Так, при стрессе активируется вся система кортиколиберин–кортикотропин–глюкокортикоиды.

Учитывая этот факт, необходимо исключать продолжительное действие на детский организм стрессирующих факторов, в том числе и физические нагрузки большого объема и интенсивности, а также частое участие в соревнованиях.

Влияние гормонов на развитие нервной системы и поведение

Из гормональных факторов, оказывающих влияние на развитие ЦНС, наиболее значимы гормоны щитовидной железы.

Недостаточное содержание гормонов в последнем триместре беременности и первые недели после рождения является причиной развития такого заболевания, как кретинизм. Высока роль тиреоидных гормонов и в первые 18 месяцев после рождения. Дефицит тироксина и трийодтиронина резко затормаживает дифференцировку нервных клеток. Если недостаток указанных гормонов возникает после 18 месяцев, то нарушается в основном рост, а дефекты умственного развития выражены слабее. Раннее введение тиреоидных гормонов способствует восстановлению умственного развития. Было установлено, что дефицит гормонов щитовидной железы в критические периоды развития мозга приводит к снижению синтеза белков в мозговой ткани и уменьшению содержания в ней белково-синтетических ферментов. Нарушается также развитие сосудистой системы мозга, задерживается морфологическая дифференцировка коры больших полушарий и мозжечка. Следовательно, тиреоидные гормоны необходимы для структурного, биохимического и функционального созревания мозговой ткани.

Значительное влияние на нервную систему оказывают гормоны надпочечников, изменяя силу нервных процессов. Удаление коры надпочечных желез сопровождается нарушением функции всей ВНД.

Половые гормоны влияют на соотношение процессов возбуждения и торможения. На работоспособность нервной системы в большей степени оказывают влияние мужские половые гормоны. Решительность, агрессивность также определяется концентрацией мужских половых гормонов. Удаление половых желез или их патологическое недоразвитие в детском возрасте вызывает нарушение психики и нередко приводит к умственной неполноценности.

Оптимальные физические нагрузки повышают резервные возможности эндокринной системы и тем самым опосредованно влияют на общее состояние нервной системы и всего организма.

Роль гормонов в адаптации организма к физическим нагрузкам

В адаптации организма к физическим нагрузкам гормонам принадлежит важнейшая роль. В ансамбле эндокринных желез на мышечную нагрузку первыми реагируют симпатoadреналовая и гипofизарно-надпочечниковая системы. В процессе выполнения мышечной работы, наряду с высоким уровнем функционирования симпатoadреналовой и гипofизарно-надпочечниковой систем, нарастает содержание альдостерона, вазопрессина и тироксина. Позже включается дополнительная продукция инсулина, соматотропина, глюкагона. Подобное многообразие гормональных веществ необходимо для мобилизации энергетических ресурсов, обеспечения газообмена и питания тканей работающего организма. Продолжительное выполнение мышечной работы приводит к снижению активности гормональных механизмов, обеспечивающих мобилизацию энергетических и пластических ресурсов. Параллельно отмечается увеличение в крови кальцитонина. Эта реакция носит защитный характер, предохраняя организм от критического расходования энергетических и пластических резервов. В период восста-

новления происходит нормализация концентрации гормональных веществ.

У детей младшего возраста (до 7–8 лет) предстартовые и стартовые реакции либо отсутствуют, либо выражены слабо. Они вырабатываются лишь в процессе систематических тренировок и наиболее ярко проявляются в возрасте 13–15 лет, когда стартовые реакции нередко превышают таковые у взрослых спортсменов.

Систематические занятия спортом приводят к повышению активности коры надпочечников. Так, экскреция стероидных гормонов в покое выше у детей, занимающихся спортом. Однако чрезмерные по объему и интенсивности выполняемые на фоне неполного восстановления мышечные нагрузки резко снижают функциональную активность коры надпочечников. Активизация коры надпочечников в ответ на мышечную нагрузку снижается по мере взросления. У детей эти сдвиги носят менее адекватный и более выраженный характер.

Влияние тренировочных нагрузок на функции щитовидной железы, тимуса и эпифиза у детей изучено недостаточно полно. Установлено, что мышечная нагрузка, активизирующая надпочечники, угнетает функцию щитовидной железы.

Функция половых желез стимулируется адекватными для детей и подростков физическими нагрузками. Большие нагрузки истощающего характера приводят к угнетению продукции половых гормонов, задерживают половое созревание, особенно если повышенные физические нагрузки выполняются до наступления пубертатного периода.

Поэтому при оценке адаптивных перестроек, происходящих в системах жизнеобеспечения подростков (в особенности девочек), необходимо принимать во внимание и интенсивность андрогенной функции. Расстройства гормональной функции, связанные с физическим перенапряжением, феноменологически проявляющиеся в увеличенном выведении андрогенов с мочой, должны служить сигналом для уменьшения нагрузки или изменения ее качественного состава.

Вопросы для самоконтроля

1. Когда начинают функционировать железы внутренней секреции?
2. Перечислите критические периоды работы эндокринной системы.
3. Дайте характеристику возрастным изменениям гипофиза.
4. Дайте характеристику возрастным изменениям надпочечников.
5. Дайте характеристику возрастным изменениям щитовидной и паращитовидных желез.
6. Дайте характеристику возрастным изменениям половых желез.
7. Как гормоны влияют на процесс роста организма?
8. Как гормоны влияют на развитие нервной системы?
9. Какова роль гормонов в адаптации организма к физическим нагрузкам?

2.13. Возрастные изменения иммунной системы

К органам иммунной системы относят костный мозг, тимус, селезенку, аппендикс, лимфатические узлы, скопления лимфоидной ткани в стенках полых органов пищеварительной, дыхательной систем и мочеполового аппарата (миндалины, лимфоидные бляшки тонкой кишки, одиночные лимфоидные узелки), а также диффузно рассеянную в слизистой оболочке внутренних органов лимфоидную ткань и многочисленные лимфоциты, находящиеся в крови, лимфе, тканях и органах, где они выполняют функцию поиска, обнаружения и уничтожения генетически чужеродных веществ. Костный мозг и тимус – это центральные органы иммунной системы, где из стволовых клеток дифференцируются лимфоциты. Остальные органы – периферические, в них выселяются лимфоциты из центральных органов.

Для органов иммунной системы характерна ранняя закладка в эмбриональном периоде, и к моменту рождения они достигают высокой морфологической зрелости. Относительная масса костного мозга и тимуса у новорожденных детей примерно такая же, как

и в последующие годы. К моменту рождения органы иммунной системы сформированы до такой степени, что в состоянии выполнять иммунную защиту организма от генетически чужеродных агентов. Все органы иммунной системы быстро увеличиваются в размерах в детском и подростковом возрасте. Для этих возрастных периодов характерно ускоренное дифференцирование лимфоидной ткани.

Можно выделить несколько возрастных периодов в становлении, формировании, развитии иммунной системы:

1. Ранняя закладка органов иммунной системы в онтогенезе. Тимус, красный костный мозг, селезенка закладываются на 4–5-й неделе, миндалины на 9–12-й неделе развития зародыша.

2. К моменту рождения органы иммунной системы достигают морфологической зрелости.

3. Быстрое увеличение размеров органов иммунной системы и дифференцирование лимфоидной ткани происходит в детском возрасте. Тимус достигает максимума развития в 6–12 лет.

4. Во всех органах иммунной системы наблюдается ранняя возрастная инволюция. В результате старческих изменений органов иммунной системы снижается иммунологический контроль за делением клеток, что может быть причиной развития опухолей, появления аутоиммунных заболеваний.

Дети с первых дней жизни соприкасаются с внешней средой во всем ее многообразии, обменные процессы у них протекают с высокой активностью. В поступающем в дыхательные пути воздухе присутствуют пылевые антигены. Пищевые антигены и патогенные микроорганизмы оказывают воздействие на слизистую оболочку органов пищеварения. В самом организме появляются чужеродные продукты жизнедеятельности. Механизмы защиты детского организма от всего генетически чужеродного формируются очень рано.

В первые месяцы и годы жизни ребенка увеличивается масса костного мозга и тимуса, достигая максимума к 6–14 годам. Возрастают относительные и абсолютные размеры органов иммунной системы.

В центральных и периферических органах иммунной системы относительно рано наступают возрастные иволютивные изменения, сопровождающиеся замещением лимфоидной ткани соединительной, жировой тканью. Постепенное уменьшение общего количества лимфоидной ткани начинается с подросткового, юношеского и даже детского возраста. Масса красного костного мозга уменьшается с 10–15-летнего возраста. В диафизах трубчатых костей он замещается жировой тканью, превращаясь в желтый костный мозг. С 10–15-летнего возраста начинает уменьшаться количество лимфоидной ткани в тимусе, разрастаются соединительнотканые перегородки между его дольками, появляется жировая ткань. У новорожденного на долю стромальных структур тимуса приходится около 7%, в то время как в 50-летнем возрасте соединительная и жировая ткань в органе составляет 88–89%. Однако лимфоидная паренхима и в старческом возрасте не исчезает полностью, сохраняясь в виде отдельных островков и мелких долек. В селезенке примерно в 3 раза возрастает количество соединительной ткани – от 6,5% в раннем детстве до 14,5% у людей старческого возраста.

Начиная с юношеского возраста в лимфатических узлах разрастается соединительная ткань. В узлах появляется жировая ткань, а количество паренхимы коркового и мозгового вещества уменьшается, как и число лимфоидных узелков с центрами размножения лимфоцитов, вплоть до полного их исчезновения в лимфатических узлах в пожилом и старческом возрасте. Мелкие лимфатические узлы становятся непроходимыми для лимфы из-за разрастания соединительной ткани. Лежащие рядом лимфатические узлы срастаются друг с другом, образуя крупные лентовидные или сегментарные узлы.

По завершении подросткового периода уменьшается количество лимфоидных узелков в стенках полых органов, в миндалинах, бляшках тонкой кишки. При этом сами узелки становятся меньше, в них исчезают центры размножения. От детского до старческого возраста количество лимфоидных узелков в стенках тонкой и толстой кишки уменьшается в 2–3 раза. Число лимфоидных узелков в

стенке червеобразного отростка в старческом возрасте уменьшается в 7–8 раз по сравнению с таковым у подростков.

Уменьшение массы лимфоидной ткани в органах иммунной системы ведет к снижению уровня защитных сил организма, вместе с тем качественные сдвиги в этих органах обеспечивают у большинства людей достаточно высокий уровень иммунной защиты.

Возрастные изменения иммунитета

Вопрос о развитии иммунологического аппарата в пре- и постнатальном онтогенезе еще далек от своего решения. В настоящее время обнаружено, что плод в материнском организме еще не содержит антигенов, он является иммунологически толерантным. В его организме не образуется никаких антител, и благодаря плаценте плод надежно защищен от попадания антигенов с кровью матери.

Очевидно, переход от иммунологической толерантности к иммунологической реактивности происходит с момента рождения ребенка. С этого времени начинает функционировать его собственный аппарат иммунологии, который вступает в действие на второй неделе после рождения. Образование собственных антител в организме ребенка еще незначительно, и важное значение в иммунологических реакциях в течение первого года жизни имеют антитела, получаемые с молоком матери. Интенсивное развитие иммунологического аппарата идет со второго года примерно до 10 лет, затем с 10 до 20 лет интенсивность иммунной защиты незначительно ослабевает. С 20 до 40 лет уровень иммунных реакций стабилизируется и после 40 лет начинает постепенно снижаться.

Кроме антител, в иммунитете большое значение имеют некоторые белки. Это иммуноглобулины А, М, G, E, D.

IgG – защита от вирусов (корь, оспа, краснуха, свинка и т. д.) и бактериальных инфекций, вызванных грамположительными микробами (стафилококки, стрептококки).

IgM – защита от грамотрицательных бактерий (шигелл, брюшного тифа) и некоторых вирусов.

IgA – активирует местный неспецифический иммунитет – лизоцим, защитные свойства пота, слюны, слезы и т.п.

IgD – подобное действие.

IgE – усиливает фагоцитарную активность лейкоцитов и участвует в аллергических реакциях.

У новорожденных отмечается высокое содержание IgG, так как этот белок получен от матери. Остальные же иммуноглобулины у них или отсутствуют, или их очень мало. Этим объясняется относительно высокая устойчивость детей 1-го месяца жизни к вирусным инфекциям (корь, ветрянка), но, с другой стороны, высокая чувствительность к бактериальным инфекциям.

К 3–6 месяцам материнские иммуноглобулины разрушаются и начинается синтез собственных иммуноглобулинов. К 4–5 годам уровень IgM достигает уровня взрослого, IgG – к 5–6 годам, IgA – к 10–12 годам, IgD – к 5–10 годам. У новорожденных недостаток IgA частично компенсируется молозивом и материнским молоком.

Большое значение в формировании достаточной устойчивости организма детей и подростков к заболеваниям имеют профилактические прививки. До настоящего времени действовала следующая схема основных прививок и их ревакцинации (повторения).

1. Новорожденные (первые 12 часов жизни) – первая вакцинация против вирусного гепатита В.

2. Новорожденные 3–7 дней – вакцинация против туберкулеза.

3. 1 месяц – вторая вакцинация против вирусного гепатита В.

4. 3 месяца – первая вакцинация против дифтерии, коклюша, столбняка и полиомиелита.

5. 4,5 месяца – вторая вакцинация против дифтерии, коклюша, столбняка, полиомиелита.

6. 6 месяцев – третья вакцинация против дифтерии, коклюша, столбняка, полиомиелита.

7. 12 месяцев – вакцинация против кори, краснухи, эпидемического паротита.

8. 18 месяцев – первая ревакцинация против дифтерии, коклюша, столбняка, полиомиелита.

9. 20 месяцев – вторая ревакцинация против полиомиелита.

10. 6 лет – ревакцинация против кори, краснухи, эпидемического паротита.

11. 7 лет – ревакцинация против туберкулеза, вторая ревакцинация против дифтерии и столбняка.

12. 13 лет – вакцинация против краснухи (девочки), вакцинация против вирусного гепатита В (тем, кто раньше не прививался).

13. 14 лет – третья ревакцинация против дифтерии и столбняка, ревакцинация против туберкулеза, третья ревакцинация против полиомиелита.

14. Взрослые – ревакцинация против дифтерии и столбняка каждые 10 лет от момента последней ревакцинации.

Вопросы для самоконтроля

1. Перечислите периоды формирования иммунной системы.
2. Дайте характеристику возрастным изменениям центральных органов иммунной системы.
3. Дайте характеристику возрастным изменениям периферических органов иммунной системы.
4. Дайте характеристику возрастным изменениям иммунитета.
5. Дайте характеристику возрастным изменениям содержания иммуноглобулинов в крови.

2.14. Возрастные особенности адаптации организма к внешним воздействиям

АДАПТАЦИЯ (лат. adaptatio – приспособление) – это приспособление организма к постоянно меняющимся условиям внешней среды. Задача механизмов адаптации состоит в том, чтобы не допустить конфликта между организмом и внешней средой и сохранить при этом гомеостаз.

ГОМЕОСТАЗ (внутреннее равновесие) – это относительное, динамическое, колеблющееся строго в определенных границах по-

стоянство внутренней среды (крови, лимфы) и устойчивость основных физиологических функций. Сохранение гомеостаза (т.е. поддержание констант на постоянном уровне) происходит автоматически путем саморегуляции. В этом процессе участвуют самые различные системы организма, но особенно большое значение принадлежит системам регуляции: нервной, эндокринной, иммунной, сосудистой.

По мнению многих ученых, в основе приспособления заложен количественно-качественный принцип, т.е. в ответ на действие раздражителей, различных по качеству, но одинаковых по силе воздействия, развиваются стандартные реакции (неспецифические), а специфика (качество) лишь накладывается на общий неспецифический фон. Впервые общая неспецифическая реакция организма была описана Г. Селье (1936). Он изучал действие на организм различных по качеству сильных раздражителей и обнаружил, что в организме при этом стандартно развивается один и тот же комплекс изменений. Эту реакцию организма на сильные раздражители он назвал *реакцией напряжения* (стресс-реакцией). Эта реакция протекает фазно.

1-я фаза – аварийная (фаза тревоги). Она сопровождается активацией симпатико-адреналовой системы, сдвигами вегетативных функций. Однако повышение активности всех систем протекает некоординированно с элементами хаотичности. Реакции неэкономны, число измененных показателей неоправданно велико. Фаза протекает на фоне повышенной эмоциональности.

2-я фаза – переходная к устойчивой адаптации – характеризуется уменьшением общей возбудимости центральной нервной системы, постепенно выключаются ряд систем, первоначально вовлеченных в реакцию. В этой фазе начинается формирование функциональных систем саморегуляции. Функциональная система саморегуляции, по П.К. Анохину, состоит из 4 элементов: 1) константы, которую надо поддерживать на постоянном уровне; 2) рецепторов, которые «стерегут» константу; 3) центральной нервной системы, куда рецепторы посылают информацию о том, что кон-

станта изменилась; 4) систем, восстанавливающих константу – их включает в работу центральная нервная система. Например, при выполнении физических упражнений изменяется баланс кислорода–углекислоты в крови, об этом моментально узнают хеморецепторы, находящиеся в стенке кровеносных сосудов, они посылают импульсы в центральную нервную систему, а та изменяет работу сердца, легких – равновесие восстанавливается.

3-я фаза – устойчивой адаптации (стадия резистентности). Она и является собственно адаптацией и характеризуется новым уровнем функционирования систем, адекватным новым условиям. Управляющие механизмы скоординированы, их проявления сведены к минимуму, происходят мобилизация энергетических ресурсов, повышение функции иммунной системы. Идет формирование структурного следа во всех органах. Фаза может длиться долго, но иногда она может перейти в *4-ю фазу* – истощения (стадия дезадаптации), которая характеризуется снижением устойчивости к действующему фактору и возникновением патологических изменений в различных органах.

В последние годы изучена реакция организма на раздражители слабой силы. Установлено, что эта реакция также является неспецифической и протекает фазно. Эта реакция названа *реакцией тренировки*.

1-я фаза этой реакции названа фазой ориентирования. Слабые раздражители не угрожают жизни и организм мог бы на них не реагировать. Но он должен вначале убедиться в том, что это действительно «слабый» раздражитель и на всякий случай приводит свои защитные силы в состояние «боевой готовности». Фаза характеризуется увеличением тимуса, лейкоцитозом, увеличением секреции глюкокортикоидов. Если действующий фактор остается таким же слабым, организм перестает на него реагировать. Для поддержания реакции тренировки нужно специально немного повышать интенсивность раздражителя. При этом в организме будет развиваться *2-я фаза* – перестройки, а затем и *3-я фаза* – тренированности, которая характеризуется новым уровнем функционирования систем. Повышается устойчивость организма к действующим факторам. Эта реакция неспецифическая. Каким бы фактором ни воздействовать на организм – происходит повышение устойчи-

ности его не только к данному воздействию (если он действует в большей дозе), но и к другим факторам. Эта реакция используется для повышения устойчивости организма к любым неблагоприятным воздействиям. Например, закаливание организма можно проводить холодом, водными процедурами. Для повышения устойчивости можно использовать физические упражнения. Однако при применении любых средств повышения устойчивости организма нужно помнить о том, что начинать нужно с очень малых доз раздражителя, постепенно повышать ее в течение длительного времени.

В ходе адаптации происходит напряжение различных систем организма. В связи с тем что у детей многие системы еще функционально несовершенны и морфологически незрелы, адаптационные возможности детей существенно меньше, чем взрослых. Поэтому часто даже слабые раздражители могут стать для ребенка стрессовыми. Следует оберегать детей от резких изменений условий жизни, готовить их к таким переменам.

Медико-биологические исследования процессов адаптации детей при поступлении в ясли, детский сад, школу свидетельствуют о напряженной деятельности всех систем, участвующих в адаптации. В некоторых случаях бывает снижение резистентности и даже развитие заболеваний. Обнаружено, что степень напряжения систем организма при резкой смене условий определяется состоянием нервной системы. Дети с сильной нервной системой обладают большими адаптационными возможностями. Большое значение имеет и возраст. Наиболее тяжело идет процесс адаптации в возрасте от 10 месяцев до 1 года 3 мес., от 2 лет до 3,5 лет; от 6 до 8 лет и от 11–12 до 15 лет.

Структурные изменения в ходе адаптации

Структурные изменения в ходе адаптации выявляются на всех уровнях. *На уровне клеток* происходит изменение процессов внутриклеточной физиологической регенерации под влиянием внешних воздействий. Причем в ходе адаптации может возникнуть несколько вариантов структурных изменений:

1. Убыстрение темпа обновления клеток – внешняя форма и размеры клеток при этом не меняются, а функциональные возможности возрастают.

2. В ходе обновления клеток увеличивается количество ультраструктур (гиперплазия), что приводит к увеличению размеров клеток, а увеличение размеров клеток приводит к увеличению размеров и органа. Эти два варианта возможны лишь в условиях нормального чередования работы и отдыха, необходимого для нормального восстановления структур, поврежденных во время работы.

Грубые нарушения этой периодичности могут привести к преобладанию в клетках процессов разрушения и к гибели клеток. При повреждении большого количества клеток изменяются структура и функция органов. Это третий вариант адаптации.

От чего же зависит, по какому пути пойдет адаптация?

От интенсивности нагрузок. Высокоинтенсивные нагрузки, особенно если они действуют на неподготовленный к ним организм, могут привести к «поломкам» в различных органах.

Недостаточные интервалы отдыха между нагрузками приводят к тому, что клетки не успевают восстановиться и разрушаются.

Имеют значение *индивидуальные особенности организма* (его биоритмы). Одна и та же нагрузка для одного спортсмена может быть адекватной его возможностям, а другого – может привести к разрушению структур.

Морфологические изменения в различных органах и системах под влиянием физических нагрузок

Характер адаптационных изменений в органах под влиянием физических нагрузок зависит от методики построения занятий физической культурой и тренировок. В целом занятия физической культурой и рациональное построение тренировочного процесса оказывают благотворное влияние на детский организм: улучшаются показатели физического развития, дети реже болеют. Под влиянием повышенной двигательной активности у детей отмечается уменьшение величины кожно-жировых складок на спине и животе,

увеличиваются показатели спирометрии. Увеличение двигательной активности детей с помощью средств физического воспитания способствует росту физических возможностей и оказывает положительное влияние на уровень морфологического и функционального развития. С.Д. Антонюк и Т.Н. Маляренко (1987) сопоставили двигательный режим и состав массы тела у 12-летних детей, обучающихся в школах различного типа (общеобразовательных и специализированных с углубленным изучением математики и иностранного языка). Было установлено, что двигательная активность у детей, обучающихся в общеобразовательных школах на 17–20% выше, чем в специализированных. Длина тела у детей, обучающихся в школах разного типа, отличалась мало, а масса тела у школьников общеобразовательных школ была выше. В отношении состава массы тела выраженные различия выявлены в жировом и мышечном компонентах, причем в наибольшей степени у детей, обучающихся в математических школах (самые низкие показатели мышечной массы и самые высокие – жирового компонента, в основном за счет подкожного жира). Авторы исследования делают заключение о необходимости внесения изменений в организацию двигательного режима учащихся специализированных школ.

Умеренные физические нагрузки при занятиях физической культурой и спортом стимулируют факторы неспецифической защиты организма (повышают бактерицидность кожи, увеличивают содержание лизоцима в слюне), активизируют иммунологическую реактивность.

Изменения в опорно-двигательном аппарате сводятся к повышению прочности костей. Это достигается повышением содержания солей кальция, увеличением поперечных размеров костей (ширины диафиза, эпифизов, компактного вещества костей). В губчатом веществе адаптация идет по пути укрупнения ячеек и утолщения перекладин между ними. Это делает кости более легкими и в то же время сохраняет прочность костей.

Изменения суставов идут в направлении повышения их прочности или увеличения их подвижности. Суставная сумка и связки натягиваются сильнее, когда требуется увеличение их прочности и, наоборот, растягиваются, когда требуется подвижность.

В мышечной системе под влиянием систематических физических нагрузок происходит гипертрофия скелетных мышц. Она обусловлена гипертрофией поперечно-полосатых исчерченных мышечных волокон, в саркоплазме которых появляется большое количество органелл, особенно митохондрий, миофибрилл. Кроме того, улучшается кровоснабжение мышц, усиливаются эластические свойства мышц.

Адаптационные изменения в системах обеспечения и регуляции работы опорно-двигательного аппарата

Занятия физической культурой и спортом приводят к увеличению жизненной емкости легких: исчезают физиологические ателектазы, улучшается кровоснабжение органа.

Увеличиваются размеры сердца – сначала за счет расширения полостей, а затем гипертрофии миокарда. Гипертрофия сердечной мышцы обусловлена увеличением числа и размеров органелл в саркоплазме кардиомиоцитов, особенно миофибрилл, митохондрий, рибосом. Улучшается питание сердечной мышцы – увеличивается диаметр артерий, сгущаются капиллярные сети, появляются новые капилляры.

Среди сосудов раньше всего адаптационные изменения под влиянием физических нагрузок появляются в микроциркуляторном русле. Его изменения можно наблюдать у спортсмена методами капилляроскопии в сосудах ногтевого валика и в конъюнктиве глазного яблока. Под влиянием физических нагрузок появляются небольшие извитость артериальной части капилляров и расширение венозной. Увеличивается число капилляров на единице площади.

Интенсивные физические нагрузки, сопровождающиеся небольшими интервалами отдыха, недостаточными для процессов восстановления, могут привести к возникновению в ходе адаптации неблагоприятных изменений в различных органах и системах. При этом в костях может снижаться минеральная насыщенность, в результате разрушения остеоцитов могут возникать явления остеопороза. Эти изменения приводят к снижению прочностных свойств костей и к возникновению переломов. Усиленные трени-

ровки приводят к более быстрому исчезновению метаэпифизарного хряща, уменьшаются амортизационные свойства костей. Другой возможной зоной амортизации механических сотрясений может быть суставной хрящ, покрывающий суставные концы костей. Однако и его толщина уменьшается под влиянием нагрузок и это приводит к ещё большему снижению амортизации. В истонченном суставном хряще могут возникать трещины, дефекты, которые зарастают грубой соединительной тканью. Она не обладает свойствами хряща, поэтому при работе сустава возникают боли, нарушения движения.

Первым сигналом о неблагополучии суставов у спортсменов высокого класса явились наблюдения J.C. Kennedy в период Олимпийских игр в Мюнхене. У пловцов жалобы на боли в плечевом и коленном суставах приобрели массовый характер. Анкетирование выяснило, что спортсмены ощущали боли в суставах чаще всего в возрасте 15–17 лет после 4–5 лет усиленных тренировок, значит, она начинали усиленно тренироваться в 10–11 лет. На рентгенограмме у этих спортсменов отмечалось сужение рентгеновской суставной щели, что говорит об истончении суставного хряща, аналогичные изменения в коленном суставе наблюдаются у фехтовальщиков и футболистов.

В развитии *патологических изменений в мышцах при перетренированности* можно выделить 3 стадии. *1-я стадия* – базофилия – при этом изменяется химизм мышечных волокон, мышца окрашивается в синий цвет, так как накапливаются кислые продукты (неутомленная мышца – розового цвета). Распознать эти явления в мышцах можно при помощи метода пункционной биопсии мышц. *2-я стадия* называется миогелез (или контрактурная дистрофия) – мышечные волокна теряют поперечную исчерченность, в них накапливаются ионы кальция. Субъективно это ощущается как судороги в мышцах. *3-я стадия* – некроз (гибель) мышечных волокон. Если первые две стадии обратимые, то третья стадия необратима. Восстановление структуры мышечного волокна после отдыха не происходит.

Приведенные данные об изменениях скелетных мышц спортсменов подтверждаются экспериментальными исследованиями, проведенными на кафедре анатомии СПбГУФК им. П.Ф. Лесгафта, в которых показано, что интенсивные физические нагрузки, действующие на молодой растущий организм белых крыс, чаще приводят к деструктивным изменениям в скелетных мышцах (некрозу мышечных волокон), чем у половозрелых животных.

Аналогичные изменения могут возникнуть и в скелетной мышце. Ю.М. Шапкайтц (1987) обследовал юных пловцов 12–17 лет, которые начали заниматься спортом в 7 лет (стаж занятий спортом 5–11 лет). Спортсмены имели 1-й спортивный разряд, тренировались 12 раз в неделю. У многих из них выявлены дистрофические изменения в миокарде, особенно у детей с микросомией (низким уровнем физического развития). Значит, микросомия может быть фактором риска.

Дистрофические изменения чаще возникают в гипертрофированном сердце. Гипертрофированные кардиомиоциты плохо снабжаются кислородом. Даже если вокруг клетки увеличивается количество кровеносных капилляров, путь от капилляра до центральных участков клетки удлинится и структуры в центральных отделах кардиомиоцитов разрушаются. Со временем гибнет и вся клетка. Эти данные получены в ходе электронно-микроскопических исследований.

Чрезмерные физические нагрузки могут привести к неблагоприятным изменениям кровеносных сосудов: при капилляроскопии выявляются капилляры в виде «укороченных шпилек», сильно извитые спазмированные капилляры или, наоборот, резко расширенные. Может изменяться проницаемость сосудистой стенки, в результате чего форменные элементы крови выходят за пределы сосудистой стенки в ткани. В капиллярах и более крупных сосудах может наблюдаться неравномерный диаметр сосуда – участки расширения сосуда чередуются с резкими сужениями его. Эти морфологические изменения сосудов затрудняют циркуляцию крови.

Морфологические изменения в органах иммунной системы при интенсивных физических нагрузках могут приводить к снижению

иммунологической реактивности организма детей. Наблюдения за юными спортсменами показывают снижение фагоцитарной активности нейтрофилов, бактерицидности кожи у 8–9-летних гимнастов. У юных пловцов, тренировавшихся 5 раз в неделю, выявлено снижение показателей Т- и В-систем иммунитета.

Морфологические изменения в организме, наблюдающиеся в ходе старения, приводят к снижению функции органов, снижают компенсаторно-приспособительные реакции организма к меняющимся условиям среды и создают условия для развития заболеваний. К сожалению, старение – это реальность, неизбежная биологическая закономерность, остановить которую пока невозможно. Однако предупредить преждевременное старение, сохранить здоровье и бодрость, помочь людям как можно дольше продолжать активный труд – можно и должно. Нет лекарств, которые могут задержать старение, но есть прекрасное средство, которое может отодвинуть этот процесс. Таким средством является движение.

«Движение как таковое может заменить по своему действию любое средство, но все лечебные средства мира не могут заменить действие движения» – утверждал выдающийся клиницист XVIII в. Тиссо. Эти слова, в которых звучит страстная вера в могущество лечебного действия движений, приобретает особое значение в наше время. Это связано с тем, что в наш век, когда машины, механизмы вытеснили физический труд, многие люди испытывают «мышечный голод». Гипокинезия (ограничение двигательной активности) приводит к глубоким нарушениям структуры и функции органов, особенно сильно страдает сосудистая система. Изменения при этом напоминают то, что наблюдается при старении. Ограничение мышечной деятельности у людей старшего возраста приводит к детренированности и разрегулированию и без того несовершенных адаптационных механизмов. Об этом свидетельствуют клинические наблюдения за людьми пожилого возраста и экспериментальные исследования. Вероятно, имеет значение недостаток афферентной стимуляции нервных центров. А в клетке, которая не получает раздражителей из внешней среды, а потому не приходит в возбуждение, не перерабатывает информации и не от-

вечает соответствующей реакцией, неизбежно развиваются инволюция и атрофия. Атрофические процессы в нервной системе отражаются на состоянии всех органов и систем.

Итак, если гипокинезия ускоряет развитие старческих изменений в организме, значит, повышенная двигательная активность должна замедлить наступление старости. Доказательством этого являются следующие факты. Известно, что долгожители отличаются высокой двигательной активностью на протяжении всей жизни. У людей старшего возраста, занимающихся физической культурой систематически, на долгие годы сохраняется достаточный уровень физического развития, выносливость, хорошая функциональная способность опорно-двигательного аппарата. Наблюдения за пожилыми людьми, занимающимися в группах здоровья, показывают, что уже через несколько месяцев занятий улучшается самочувствие, уменьшается число жалоб и болезненных проявлений, нормализуется сон, повышается работоспособность.

Эти данные подтверждаются морфологическими исследованиями. Из всех систем организма наиболее изученной в ходе адаптации к физическим нагрузкам у людей пожилого возраста оказалась костная система. Как известно, при старении в скелете развиваются 3 основных симптома – появление костных разрастаний (остеофитов), остеопороз (разрежение костной ткани) и сужение рентгеновской суставной щели вследствие истончения суставного хряща. А.И. Кураченков (1951), исследовавший спортсменов старшего и пожилого возраста, отметил, что в возрасте 50–59 лет общей рабочей гипертрофии трубчатых костей не происходит. Развитие возрастного остеопороза у спортсменов среднего и пожилого возраста замедляется. У спортсменов иногда появляются признаки старения в виде деформирующего артроза, локализующегося только в одном или двух суставах.

Изучены отдаленные результаты воздействия спортивной деятельности на процессы старения костей. Б.И. Коган (1987) обследовал 139 бывших спортсменов спустя 5–20 лет после ухода их из спорта (стаж занятий спортом составлял от 7 до 25 лет) и контрольную группу, которая включала 146 человек того же возраста,

пола, этнической принадлежности. Результаты обследования показали, что генерализованные признаки старения скелета у бывших спортсменов выражены в меньшей степени, чем в контрольной группе. Но на фоне общего «омоложения» скелета наблюдались локальные изменения в наиболее нагружаемых отделах.

Положительные отдаленные результаты влияния физических нагрузок на старение скелета продемонстрированы в работе З.П. Рязановой и В.В. Симакова (1987). Авторы обследовали 178 бывших спортсменов, спортивный стаж которых был от 13 до 20 лет, квалификация от 1-го разряда до заслуженных мастеров спорта, к моменту обследования спортсмены оставили большой спорт 13–40 лет назад и занялись тренерской работой. У более половины обследуемых никаких признаков старения костно-суставного аппарата не обнаружено, в 47% случаев выявлены признаки ранних фаз старения.

Экспериментальные исследования, проведенные на кафедре анатомии СПбГУФК им. П.Ф. Лесгафта (Ткачук М.Г., 1985; Вихрук Т.И., 1996), позволили проследить влияние систематических физических нагрузок на развитие старческих изменений в органах иммунной системы. Животные были подвергнуты воздействию динамических нагрузок – плаванию. Несмотря на то что все животные получали одинаковую дозу воздействия, уже в ходе экспериментов была выявлена различная реакция животных на нагрузку: часть крыс хорошо плавали и были спокойны после извлечения из воды, у других животных та же по объему нагрузка вызывала двигательное возбуждение, носовое кровотечение, экзофтальм. Изменения в центральном органе иммунной системы – тимусе – у крыс первой группы свидетельствовали о замедлении возрастной инволюции органа (дольки тимуса имели крупные размеры, в них значительную площадь занимало корковое вещество, междольковые перегородки были узкими, доля соединительной ткани в органе была ниже, чем у контрольных животных того же возраста, а количество лимфоцитов на единице площади среза органа значительно выше, чем таковая в контроле). У животных второй группы физические нагрузки привели к ускорению возрастной инволюции тимуса – на месте многих

долек обнаруживалась жировая ткань, оставшиеся дольки были маленькими, границы коркового и мозгового вещества в них различались плохо, содержание лимфоцитов было снижено по сравнению с контролем.

Таким образом, физические нагрузки могут как замедлять, так и ускорять процессы старения в органах. Если нагрузки адекватны возможностям организма, они приводят к положительным результатам, повышают функциональные возможности органов, чрезмерные нагрузки приводят к снижению функции органов, способствуют атрофическим процессам в организме и приближают наступление старения.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое адаптация?
2. Дайте характеристику реакции напряжения.
3. Дайте характеристику реакции тренировки.
4. Перечислите структурные изменения в ходе адаптации.
5. Какие морфологические изменения возникают в различных органах при воздействии физических нагрузок?
6. Какие адаптационные изменения возникают в регуляции работы опорно-двигательного аппарата?
7. Какие патологические изменения в мышцах формируются при перетренированности?

ЛИТЕРАТУРА

- Анатомия человека: В 2 т. / Под ред. М.Р. Сапина. – М.: Медицина, 1997.*
- Андронеску А. Анатомия ребенка. – Бухарест: Меридиане, 1970.*
- Антипов Е.Е., Никитюк В.А. Анатомо-физиологические основы физической культуры и спорта. – М., 1990.*
- Антонова О.А. Возрастная анатомия и физиология. – М.: Высшее образование, 2006. – 192 с.*
- Безруких М.М., Сонькин В.Д., Фарбер Д.А. Возрастная физиология (физиология развития ребенка). – М.: Академия, 2007. – 416 с.*
- Бисярина В.П. Анатомо-физиологические особенности детского возраста. – М: Медицина, 1968.*
- Бочаров В.В. Антропология возраста. – СПб.: СПбГУ, 2000.*
- Бушаров Е.В., Михалаиш В.Л. Основы возрастной морфологии человека: Учеб. пособие. М.: МОГИФК, 1983.*
- Бушаров Е.В., Михалаиш В.Л. Возрастная морфология двигательного аппарата. – Малаховка, 1984.*
- Быков В.Л. Общая гистология. – СПб., 2001.*
- Быков В.Л. Частная гистология человека. – СПб., 2001.*
- Валькер Ф.И. Морфологические особенности развивающегося организма. – Л.: Медгиз, 1959.*
- Валькович Э.И. Общая и медицинская эмбриология. – СПб.: Фолиант, 2003.*
- Вихрук Т.И., Судзиловский Ф.В. и др. Возрастная морфология: Учеб. пособие. – СПб.: СПб ГАФК им. П.Ф. Лесгафта, 1999. – 50 с.*
- Дорохов Р.Н., Губа В.П. Спортивная морфология. – М., 2002.*
- Ермоленко Е.К. Возрастная морфология: Учебник. – Ростов н/Д: Феникс, 2006. – 464 с.*
- Коган Б.И. Влияние интенсивных физических нагрузок на признаки старения скелета // Современная морфология физической культуры и спорта. – Л., 1987.*
- Корнев М.А., Надъярная Т.Н. Анатомия человека от эмбриогенеза до зрелости. – СПб.: Фолиант, 2002.*
- Кураченко А.И. Функциональные изменения в скелете спортсмена // Вестник рентгенологии и радиологии. – 1951. – № 4. – С. 66–76.*
- Лысов П.К., Никитюк Д.Б., Сапин М.Р. Анатомия (с основами спортивной морфологии): В 2 т. – М.: Медицина, 2003.*
- Морфология человека / Под ред. Б.А. Никитюка, В.П. Чтецова. – М.: Изд-во МГУ, 1983. – 320 с.*
- Мотылянская Р.Е. Спорт и возраст. – М.: ФиС, 1950.*
- Обреимова Н.И., Петрухин А.С. Основы анатомии, физиологии, гигиены детей и подростков. – М., 2000.*

- Павловский О.М.* Биологический возраст человека. – М.: Изд-во МГУ, 1987.
- Рябов К.П., Потапова Н.М.* Возрастная адаптация сердца к физическим тренировкам. – Минск: Беларусь, 1969.
- Сапин М.Р., Брыскина З.Г.* Анатомия и физиология детей и подростков. – М., 2005. – 432 с.
- Сапин М.Р., Этинген Л.Е.* Иммунная система человека. – М.: Медицина, 1996.
- Солодков А.С., Сологуб Е.Б.* Возрастная физиология: Учеб. пособие. – СПб.: Изд-во СПб ГАФК им. П.Ф. Лесгафта, 2001. – 187 с.
- Солодков А.С., Сологуб Е.Б.* Физиология человека. – М., 2001.
- Спортивная морфология* / Г.Д. Алексанянц, В.В. Абушкевич, Д.Б. Тлехас и др. – М.: Советский спорт, 2005. – 92 с.
- Страдина М.С.* Возрастная морфология: Учеб. пособие. – СПб.: Изд-во СПб ГАФК им. П.Ф. Лесгафта, 2005. – 86 с.
- Физиологические основы здоровья человека* / Под ред. Б.И. Ткаченко. – Санкт-Петербург; Архангельск, 2001.
- Фомин Н.А.* Морфофункциональные основы адаптации школьников к физическим нагрузкам. – Челябинск, 1984.
- Хрисанфова Е.Н.* Основы геронтологии. – М., 1999.
- Худайбердыев Дж.* Возрастная анатомия пищеварительной и дыхательной систем. – Ашхабад, 1984.
- Человек.* Медико-биологические данные. – М.: Медицина, 1977.

Учебное издание

**Леонид Владимирович Капилевич,
Анастасия Владимировна Кабачкова,
Елена Юрьевна Дьякова**

ВОЗРАСТНАЯ МОРФОЛОГИЯ

Учебное пособие

Редактор – К.В. Полькина
Оригинал-макет – А.И. Лелоюр
Дизайн обложки –

Подписано к печати 2009 г. Формат 60х84/16.
Ризография. Бумага офсетная. Гарнитура Times.
Усл. печ. л. . Тираж экз. Заказ № .

Отпечатано на оборудовании
редакционно-издательского отдела
Томского государственного университета
634050, г. Томск, пр. Ленина, 36. Корп. 4. Оф. 011
Тел. 8+(382-2)–52-98-49