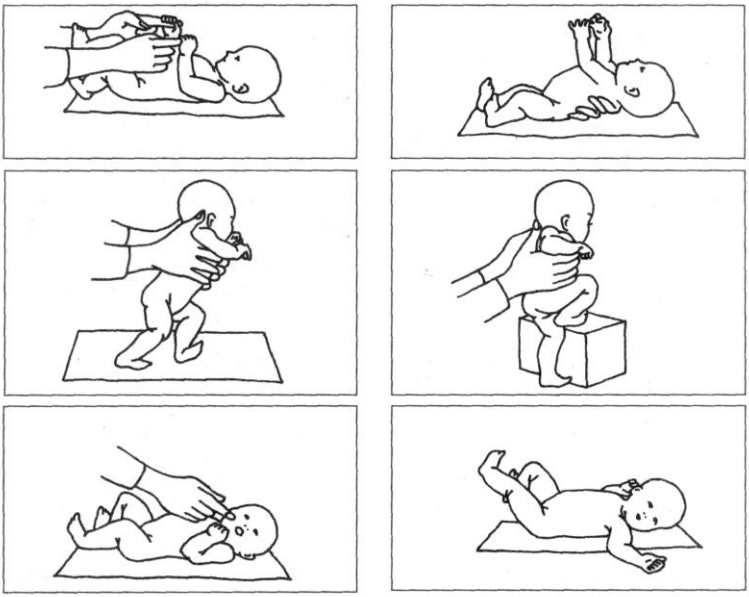
View metadata, citation and similar papers at core.ac.uk
brought to you by CORE

С.А. Есаков

ВОЗРАСТНАЯ АНАТОМИЯ И ФИЗИОЛОГИЯ
(Курс лекций)



Ижевск 2010

Федеральное агентство по образованию
ГОУВПО «Удмуртский государственный университет»
Биолого-химический факультет
Кафедра анатомии и физиологии человека и животных

С.А. Есаков

ВОЗРАСТНАЯ АНАТОМИЯ И ФИЗИОЛОГИЯ
(Курс лекций)

Ижевск 2010

УДК 611/612-053
ББК 28.66
Е 81

Рекомендовано к изданию учебно-методическим советом УдГУ
Рецензент – профессор, д.б.н. И.В. Проничев

Есаков С.А.
Е 81 Возрастная анатомия и физиология (курс лекций) /УдГУ. Ижевск, 2010.

В данном курсе лекций рассмотрены предмет и методы возрастной анатомии и физиологии, отражены основные закономерности роста и развития детского организма, подробно изложены возрастные особенности систем организма и отдельных органов. Рассмотрены морфофункциональные изменения на разных этапах возрастного развития.

Курс лекций предназначен для студентов биологических и психолого-педагогических специальностей очной и заочной форм обучения.

УДК 611/612-053
ББК 28.66
© С.А. Есаков, 2010

ISBN

Содержание

Предисловие……....7
Глава 1. Предмет, методы и задачи возрастной анатомии и физиологии……...9
1.1. Предмет возрастной анатомии и физиологии и связь с другими науками……..9
1.2. Методы возрастной анатомии и физиологии……...11
Глава 2. Общие закономерности роста и развития детей и подростков…….15
2.1. Понятие о росте и развитии детского организма…….15
2.2. Понятие об онтогенезе……15
2.3. Проблема возрастной периодизации и ее критерии…17
2.4. Гетерохронность и гармоничность……19
2.5. Этапность в развитии организма детей и подростков……..20
2.6. Критические периоды в постнатальном развитии детей и подростков…….25
2.7. Резистентность, реактивность, адаптация……27
2.8. Принцип опережающего развития органов и функциональных систем у детей и подростков……..28
2.9. Акселерация и ретардация……...29
Глава 3. Возрастные особенности опорно-двигательного аппарата (костно-мышечной системы)……...33
3.1. Развитие костной ткани……..33
3.2. Развитие суставов……35
3.3. Возрастные особенности позвоночного столба……...36
3.4. Возрастные особенности грудной клетки…….38
3.5. Возрастные особенности верхних конечностей……...40
3.6. Возрастные особенности нижних конечностей……40
3.7. Возрастные особенности черепа……42
3.8. Возрастные особенности скелетной мускулатуры…..46

Глава 4. Возрастные особенности системы крови…….57
4.1. Общее количество крови её основные параметры…..57
4.2. Возрастные особенности форменных элементов крови……59
4.3. Возрастные особенности свертывания крови……...68
4.4. Проблема резус-конфликта в возрастной физиологии……..69
4.5. Возрастные особенности кроветворения (гемопоэза)……...70
Глава 5. Возрастные особенности иммунной системы….71
5.1. Возрастные особенности центральных органов иммунной системы……72
5.2.Возрастные особенности периферических органов иммунной системы……74
5.3. Возрастные особенности функционирования иммунной системы……77
Глава 6. Возрастные особенности сердечно-сосудистой системы……78
6.1. Возрастные особенности сердца……78
6.2.Возрастные особенности сосудов……...85
6.2.1. Возрастные особенности артерий……...85
6.2.2. Возрастные особенности вен……...88
6.3.Возрастные особенности кровяного давления……..90
6.4. Кровообращение плода……...93
Глава 7. Возрастные особенности системы дыхания….101
7.1. Возрастные особенности воздухоносных путей……102
7.2. Возрастные особенности легких……..106
7.3. Возрастные особенности регуляции дыхания……111
Глава 8. Возрастные особенности системы пищеварения……114
Глава 9. Возрастные особенности обмена веществ и энергии……125
9.1. Обмен белков, жиров и углеводов……...125
9.2. Водно-солевой обмен……128

9.3. Витамины……...130
9.4. Энергетический обмен у детей и подростков…….131
Глава 10. Возрастные особенности мочеполовой системы……...134
10.1. Возрастные особенности мочевыделительной системы……...134
10.2. Возрастные особенности половой системы……..137
10.2.1. Возрастные особенности мужской половой системы……...139
10.2.2. Возрастные особенности женской половой системы……...142
Глава 11. Возрастные особенности эндокринной системы……...145
Глава 12. Возрастные особенности нервной системы….159
12.1. Возрастные особенности спинного мозга……161
12.2. Возрастные особенности головного мозга……164
Глава 13. Возрастные особенности анализаторов……175
13.1. Возрастные особенности зрительного анализатора……...175
13.2. Возрастные особенности вестибуло-слухового анализатора……...179
13.3. Возрастные особенности кожного (тактильного) анализатора……...182
13.4. Возрастные особенности вкусового и обонятельного анализаторов……184
Глава 14. Возрастные особенности высшей нервной деятельности……186
Список рекомендуемой литературы……...194

Предисловие

Данное учебное пособие представляет собой теоретическое изложение материала по дисциплине «Возрастная анатомия и физиология» и в первую очередь предназначено для студентов-биологов очной и очно-заочной форм обучения (011600 – «Биология»), а так же для студентов различных психолого-педагогический специальностей: (031000 – «Педагогика и психология»; 031300 – «Социальная педагогика»; 031100 – «Педагогика и методика дошкольного образования»; 031800 – «Логопедия»; 031900 – «Специальная психология» и др.).

Разработка представленного курса лекций продиктована тем, что современные учебники изобилуют материалами по общей анатомии и физиологии, в то время как возрастные аспекты различных систем организма представлены довольно кратко. Кроме этого, в ряде изданий обнаруживаются неточности, а зачастую и прямые ошибки.

Учебное пособие основана на авторском курсе лекций, который я читаю на базе кафедры анатомии и физиологии человека и животных УдГУ с 1998 года. В 2004 году в моем авторстве было издано руководство к лабораторным занятиям по курсу «Возрастная анатомия и физиология», которое может служить хорошим дополнением к предложенному изданию.

В данном курсе лекций подробно рассмотрены предмет и методы возрастной анатомии и физиологии, отражены основные закономерности роста и развития детского организма, приводятся подробные возрастные данные по различным системам организма с учетом современных тенденций развития детей и подростков. Рассмотрены морфофункциональные изменения на разных этапах пре- и постнатального онтогенеза.

Предложенное пособие будет служить хорошим подспорьем для самостоятельной работы студентов (особенно студентов заочной формы обучения), для подготовки к семинарским занятиям и коллоквиумам, а также для выполнения лабораторных и практических работ.

Автор

Глава 1. Предмет, методы и задачи возрастной анатомии и физиологии.

1.1. Предмет возрастной анатомии и физиологии и связь с другими науками.

Как известно ***анатомия человека*** – это наука о строении, а **физиология человека** – наука о функционировании нашего организма. Эти науки очень тесно взаимосвязаны между собой. Так, не зная всех нюансов строения организма, мы не поймем в полной мере особенности его работы и наоборот, не разобравшись в механизмах функционирования тех или иных систем организма не возможно до конца понять принцип их устройства.

В настоящее время анатомия и физиология в результате научного прогресса и постоянной дифференциации представляет собой сложный комплекс общих и специальных научных дисциплин: общая физиология, сравнительная анатомия и физиология, эволюционная физиология, экологическая физиология, анатомия и физиология животных, физиология труда, спортивная физиология, возрастная анатомия и физиология. И у каждой выше названной науки свой объект исследования, цели и методы.

Таким образом, возрастная анатомия и физиология является самостоятельной ветвью анатомии и физиологии человека, в задачу которой входит ***изучение закономерностей становления и развития строения и функций организма на протяжении его жизненного пути - от оплодотворения до конца жизни.***

Не смотря на выделение данной науки в самостоятельную область знаний, возрастная анатомия и физиология не потеряла связи с другими разделами

анатомии и физиологии и широко использует данные их многих других биологических наук. Так открываемые возрастной анатомией и физиологией законы и закономерности развития организма базируются на данных различных биологических наук: общей анатомии и физиологии, генетики (наука о механизмах хранения и реализации наследственной информации), эмбриологии (наука о развитии эмбриона - зародыша), цитологии (наука о клетке), гистологии (наука о тканях), биохимии, биофизики и др.

В свою очередь, законы и закономерности развития детского организма лежат в основе практически всех наук так или иначе связанных с детьми разного возраста. В первую очередь это касается ***педагогики, педиатрии, возрастной психологии, теории и практики спортивного воспитания, хирургии*** и многих других.

Например, любое воспитательное и обучающее влияние со стороны ***педагога*** на ребенка должно полностью соотноситься с его возрастом, с уровнем развития различных систем его организма, особенно, с уровнем развития коры головного мозга. Так в частности, воспитательные и обучающие приемы, применяемые для старших школьников, совершенно неприемлемы для детей первых лет обучения, так они будут совершенно неэффективны, а то и просто вредны.

Знание морфофункционального уровня развития коры головного мозга детей различного возраста необходимо и для работы ***детского психолога***, так как без этого он не сможет правильно объяснить те или иные особенности проявления детской психики, не сможет наладить с ребенком психоэмоциональный контакт.

Что касается ***врача-педиатра***, то знания возрастной анатомии и физиологии необходимы ему для выбора

медикаментов, дозировки лекарств, метода лечения, времени реабилитации и т.п.

Крайне важно учитывать морфофункциональные особенности детей и подростков разного возраста ***детскому тренеру***, так именно они лежат в основе организации тренировочного процесса. Учитывание уровня развития различных систем организма (опорно-двигательного аппарата, нервной системы, сердечно-сосудистой и дыхательных систем) позволяет правильно подобрать физические нагрузки и по времени и по интенсивности для детей разного возраста. Незнание детским тренером основ возрастной анатомии и физиологии может привести к серьезному травмированию детского организма и даже к летальному исходу.

В ***хирургической практике*** очень важно знать уровень развития опорно-двигательного аппарата, в частности скелета, так как особенности срастания костей в разном возрасте влияют, например, на время наложения гипса.

1.2. Методы возрастной анатомии и физиологии.

Возрастная анатомия и физиология – наука экспериментальная. Для изучения проблем данной науки используют два основных метода научного исследования: ***наблюдение и эксперимент.***

Наблюдение это наиболее простой и распространенный метод. Суть его в том, что ученый не «вмешивается» в объект своего исследования, а лишь со стороны фиксирует основные внешние параметры изучаемого объекта. Что касается эксперимента, то это уже не пассивный, а активный метод исследования, где ученый, так или иначе, влияет на изучаемый объект.

По уровню «вмешательства» в объект исследования выделяют ***естественный, лабораторный и острый*** эксперименты. *Естественный* эксперимент проводится в обычных (естественных) условиях жизнедеятельности организма. Так, для того чтобы установить изменение зрения у школьников в процессе учебной деятельности, исследователь определяет у них, например, остроту зрения до и после школьных занятий, то есть в естественных условиях их учебной деятельности.

Метод *лабораторного* эксперимента, когда изучается какая-либо функция организма в специальных организованных условиях, подразумевает использование *функциональных нагрузок (проб).* Изучение функций организма осуществляется с применением дозированных функциональных нагрузок: физические нагрузки (пробежка, приседания), задержка дыхания, умственные нагрузки (решение арифметических примеров и задач в уме) и т.п. Например, исследователь определяет параметры сердечно-сосудистой системы (пульс и артериальное давление) у детей разного возраста в покое и после физической нагрузки (100-метровая пробежка). На основе полученных данных делается вывод об адаптивных возможностях сердечно-сосудистой системы у детей разного возраста.

Что касается *острого* эксперимента, то он проводится в основном в тех случаях, когда методы исследования, необходимые для достижения какой-либо цели, являются неприемлемыми в отношении такого биологического объекта как человек. Речь идет об острых опытах на лабораторных животных (крысы, мыши). Так, например, для изучения динамики увеличения массы сердца с возрастом используется разновозрастная группа лабораторных животных (к примеру, крыс). У трупного материала забирается орган и точно определяется его

масса. Далее строится график, отражающий возрастную картину увеличения массы сердца крыс. Полученные результаты, хотя и косвенно, можно использовать и возрастной анатомии и физиологии человека, так как и крыса и человек относятся к классу млекопитающих, то есть имеют общие основные принципы и закономерности развития организма и его частей.

На основе выше описанных методов научного исследования в возрастной анатомии и физиологии применяются так называемые *специальные* методы: ***методы поперечных и продольных срезов, близнецовый метод и метод телеметрии.***

Метод *«поперечных срезов»* заключается в том, что у большой группы детей различного возраста производится замер основных возрастных показателей организма: **соматометрических** *(рост, вес, окружность головы и грудной клетки)* и **физиометрических** *(сила мышц кисти и спины, жизненная ёмкость лёгких, частота сердечных сокращений, артериальное кровяное давление и др.)* Далее производится усреднение выше указанных показателей по возрасту и полу. Данный метод необходим в создании так называемых «возрастных норм» для анатомических и физиологических параметров организма детей и подростков. Кроме этого, метод «поперечных срезов» позволяет установить уровень развития организма путем осуществления сравнения индивидуальных особенностей развития функций детей и подростов с усредненными данными, характерными для этой возрастной группы. Однако при таком подходе создаются трудности для диагностики и прогнозирования индивидуального развития функций.

Недостатки метода «поперечных срезов» позволяет преодолеть метод *«продольных срезов»* (метод длинника, лонгитюдный метод). Основы этого метода в возрастной

физиологии были заложены В.М. Бехтеревым. Сущность метода длинника заключается в проведении исследований на одних и тех же испытуемых в процессе их индивидуального развития, то есть можно проследить развитие какой-либо функции (например, зрения) у одного и того же человека от рождения до зрелости.

Что касается *близнецового* метода, то он основан на том, что исследуется пара однояйцовых близнецов (у них сходный генотип) путем морфофизиологического обследования и изучения образа жизни, с целью изучения роли генов и среды в формировании тех или иных свойств организма. То есть, близнецовый метод *позволяет определить, в какой мере на тот или иной признак организма влияет генотип и окружающая среда.*

Особо следует отметить метод телеметрии (от лат. tele – далеко, metreo – измерять), позволяющий с помощью легких передающих радиотехнических устройств регистрировать некоторые функции детского организма на расстоянии. Данный метод позволяет получить ценную физиологическую информацию о функциях организма детей и подростков в естественных для них условиях: в процессе игры, учебы, спортивной деятельности, то есть *в динамике их повседневной жизни.*

Вопросы для самоконтроля.

1. Что изучает возрастная анатомия и физиология?
2. Каково практическое значение возрастных аспектов строения и функционирования детского организма?
3. Перечислите методы возрастной анатомии и физиологии.
4. Каковы отличительные особенности поперечного и продольного срезов?

Глава 2. Общие закономерности роста и развития детей и подростков.

2.1. Понятие о росте и развитии детского организма.

Рост – это увеличение длинны, объема и массы тела детей и подростков, связанное с увеличением числа клеток тканей. Таким образом, рост – это *количественные* изменения в организме, нарастание биомассы.

Развитие же это процесс сугубо *качественный.* Под развитием понимается усложнение морфофункциональной организации организма детей и подростков. Рост и развитие ребенка тесно взаимосвязаны и обуславливают друг друга. Постепенные количественные изменения, происходящие в процессе роста организма, приводят к появлению новых качественных особенностей. Так, например, формирование двигательных функций ребенка связано с созреванием нервно-мышечного аппарата: увеличение мышечной массы и количества связей между нервными клетками в головном мозге приводит к тому, что ребенок овладевает сложными целенаправленными двигательными актами (ходьба, тонкая моторика пальцев кисти и др.).

2.2. Понятие об онтогенезе.

Онтогенез (от греч. onthos – сущее, genesis – происхождение) – это период индивидуального развития живого организма от момента оплодотворения яйцеклетки до естественного окончания индивидуальной жизни.

В онтогенезе выделяют два относительно самостоятельных этапа развития: *пренатальный* (внутриутробный, дородовый) и *постнатальный*

(послеродовый). Первый начинается с момента зачатия и продолжается до момента рождения ребенка, второй – от момента рождения до смерти человека.

Продолжительность пренатального периода у человека составляет 9 месяцев, а, например, у мыши этот период составляет 21 день. Время пренатального онтогенеза определяется временем жизни организма.

В свою очередь пренатальный период делится ещё на два периода. От зачатия до 2-х месяцев – это *эмбриональный* период. Он является наиболее важным и чувствительным к разным воздействиям, так как именно в эмбриональный период пренатального онтогенеза происходят процессы закладки тканей и внутренних органов. Со 2-го месяца начинается плодный (фетальный) период, который длится до момента рождения. В течение всего плодного периода происходит рост и дальнейшее развитие уже образовавшихся органов и тканей.

С момента рождения начинается постнатальный онтогенез. Он гораздо продолжительней времени пренатального развития и для человека составляет в среднем 70-80 лет. В идеале резервы человеческого организма рассчитаны на более продолжительный срок жизни (100 лет и более). Доказательством этому служат долгожители. Из книги рекордов Гиннеса известно, что документально зафиксированная максимальная продолжительность жизни на сегодняшнее время составляет 118 лет. Такая низкая средняя продолжительность жизни обусловлена в основном неблагоприятными социальными и экологическими факторами.

Старение – это генетически детерминированный естественный биологический процесс, приводящий к снижению уровня функционирования целостного организма и отдельных его систем. В настоящее время

существует множество теорий старения. Самые известные это *генетическая* и *биохимическая* теории. Суть первой сводится к тому, что с годами снижается активность репарационной системы клеток, и из-за этого накапливаются небольшие соматические мутации в ДНК, приводящие к снижению эффективности в работе клеток и как следствие к старению организма. Вторая теория основано на том, что с возрастом у человека понижается активность антиоксидантных систем клеток и свободные активные радикалы, которые образуются в процессе реакций окисления, разрушают структуры клеток, в частности, мембраны, что и приводит к ухудшению работы клеток и в итоге к старению.

2.3. Проблема возрастной периодизации и ее критерии.

Как известно развитие организма – это непрерывный процесс, где этапы медленный количественных изменений закономерно приводят к резким скачкообразным качественным преобразованиям структуры и функций. Каждая такая качественная ступень характеризуется рядом морфофункциональных особенностей. Эти особенности и ложатся в основу научного построения схемы возрастной периодизации.

Возрастная периодизация – это деление на возрастные периоды постнатального развития человека. Возрастная периодизация основана на ряде критериев. Первый из них это *костный возраст (скелетная зрелость)*, то есть порядок и сроки окостенения скелета. Второй – *зубной возраст* (сроки прорезывания молочных и постоянных зубов) и третий критерий – *уровень половой зрелости* (степень развития вторичных половых признаков).

На основании этих трёх основных критериев вся постнатальная жизнь человека подразделяется на следующие периоды (Маркосян А.А., 1969):

1. Новорожденный – 1 – 10 дней;
2. Грудной возраст – 10 дней – 1 год;
3. Раннее детство – 1 – 3 года;
4. Первое детство – 4 – 7 лет;
5. Второе детство – 8 – 12 лет мальчики, 8 – 11 лет девочки;
6. Подростковый (пубертатный) возраст – 13 – 16 лет мальчики, 12 – 15 лет девочки;
7. Юношеский возраст – 17 – 21 лет юноши, 16 – 20 лет девушки;
8. Первый период зрелого возраста – 22 – 35 лет мужчины, 21 – 35 лет женщины;
9. Второй период зрелого возраста – 36 – 60 лет мужчины, 36 – 55 лет женщины;
10. Пожилой возраст – 61 – 74 года мужчины, 56 – 74 года женщины;
11. Старческий возраст – 75 – 90 лет мужчины и женщины;
12. Долгожители – 90 лет и выше.

Существует и «школьная» система возрастной периодизации:

1. Младенческий возраст – до 1 года;
2. Преддошкольный возраст – с 1 года до 3 лет;
3. Дошкольный возраст – с 3 до 7 лет;
4. Младший школьный возраст – с 7 до 11-12 лет;
5. Средний школьный возраст – с 11-12 до 15 лет;
6. Старший школьный возраст – с 15 до 17-18 лет.

Следует помнить, что всякая возрастная периодизация довольно условна, так как выделяют так называемый *календарный (паспортный) возраст* (конкретное количество лет, прожитых человеком) и *биологический возраст*
(уровень морфофункциональной зрелости организма), которые у детей и подростков не всегда соответствуют друг другу.

2.4. Гетерохронность и гармоничность.

Рост и развитие всех органов и физиологических систем организма детей и подростков происходит неодновременно и неравномерно, то есть ***гетерохронно*** (от греч. getheros – другой, chronos – время).

Прежде всего, развиваются и совершенствуются те органы, функционирование которых жизненно необходимо организму. Например, сердце функционирует уже третьей неделе пренатального развития, а почки формируются значительно позднее и вступают в действие только у новорожденного ребенка.

Гетерохронность развития не отрицает его *гармоничности*, поскольку неодновременное созревание морфофункциональных систем организма ребенка обеспечивает ему необходимую их подвижность, надежность функционирования целостного организма и оптимальное (гармоничное) взаимодействие с усложняющимися в процессе развития условиями внешней среды.

Таким образом, гармоничность развития характеризуется тем, что на каждом возрастном этапе онтогенеза функциональные возможности организма детей

и подростков соответствуют требованиям, предъявляемым к ним со стороны окружающей среды.

Другим аспектом понятия гармоничности в возрастной физиологии является одновременное физиологическое и психическое развитие детей и подростков.

Физическое развитие – это сложный процесс морфологических и физиологических перестроек, который выражается в изменении размеров тела, соотношении отдельных частей тела между собой и уровня активности функций, то есть это 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.

Психическое развитие – это процесс формирования познавательной деятельности детей и подростков (совершенствование процессов ощущения, восприятия памяти и др.), развитие у них чувств и воли, формирование различных свойств личности: темперамента, характера, способностей, потребностей и интересов. Физическое и психическое развитие детей и подростков не только связаны между собой, но и взаимно обуславливают друг друга.

2.5. Этапность в развитии организма детей и подростков.

Характерной особенностью процесса развития детского организма являются его *неравномерность* и *волнообразность*, то есть наблюдается явление когда, например, периоды усиленного роста («скачки», «вытягивание») сменяются его некоторым замедлением («округление»).

Скачковые процессы обусловлены одновременными ростовыми процессами во множестве различных тканей в организме. В первую очередь, это проявляется в резком увеличении продольных размеров тела за счет увеличения длинны туловища и конечностей.

Выделяют пять периодов в постнатальном развитии организма детей и подростков (от рождения до 16 лет):

1. ***Период первого вытягивания (первый «скачок»)*** – от рождения до 1 года. В этот период наблюдается наиболее интенсивные изменения роста и массы тела организма ребенка. Так в течение первого года жизни длинна тела увеличивается в среднем на 21-25 см, а масса тела – на 6 – 7 кг. Если учитывать, что средний рост новорожденного составляет 50-52 см, а вес – 3 – 3,5 кг, то происходит примерно 1,5-кратное увеличение длинны тела (до 75 – 80 см) и 3-4 кратное увеличение массы (до 9,5 – 10 кг). Рост в этот период происходит преимущественно за счет удлинения туловища.

2. ***Период первого округления*** – с 1 года до 3 лет. Темпы роста несколько снижаются.

3. ***Период второго вытягивания («полуростовой скачок»)*** – с 5 до 7 лет. Годовой прирост тела в это время может составить 7 – 10 см. Рост преимущественно происходит за счет удлинения конечностей.

4. ***Период второго округления*** – с 7 до 10-11 лет. Наблюдается вновь замедление роста тела по длине и массе. Ежегодная прибавка массы составляет 1,5 – 2 кг, с увеличением длины тела – 4 – 5 см.

5. ***Период третьего вытягивания (пубертатный «скачек»)*** – с 11-12 до 15-16 лет. Данный скачок в темпах физического развития обуславливается гормональной перестройкой организма (увеличение в крови половых гормонов), которая наблюдается в подростковом

(пубертатном) возрасте. Годичная прибавка длинны тела составляет в среднем 5,8 см у мальчиков и 5,7 см у девочек. Рост происходит как за счет увеличения длинны туловища, так и за счет удлинения конечностей.

Наличие вышеуказанных периодов еще раз указывают на наличие диалектического принципа развития живого организма, когда на базе количественных процессов (роста) возникают качественные изменения (развитие). Бурный рост организма в периоды вытягивания (скачков) сменяется периодами округления, то есть замедлением роста и активации процессов функционального развития, усложнения органов и систем.

Вторым объяснением наличия этапности в развитии организма детей и подростков может служить явление неравномерного протекания энергетического и пластического обмена. Так возможно, что за периоды округления происходит накопление организмом энергетических и пластических ресурсов, а в периоды вытягивания данные ресурсы направляются на интенсивный рост. Это видимо объясняется тем, что организм не может накопить в себе такое количество энергетических и пластических ресурсов, необходимых для непрерывного роста и развития.

В последующие годы темпы физического развития снижаются, и рост у женщин останавливается приблизительно к 18 – 22 годам, а у мужчин к 20 – 22 годам. За тем до 60 – 65 лет длина тела почти не изменяется. Однако в пожилом и старческом возрасте (после 65 – 70 лет) в связи с увеличением изгибов позвоночного столба и изменением осанки тела, истончением межпозвоночных дисков, уплощением сводов стопы длина тела ежегодно уменьшается на 1 – 1,5 см.

В результате каждого скачка роста существенно меняются *пропорции тел*, всё более приближаясь к

взрослым. Новорожденный отличается от взрослого человека относительно короткими конечностями, большим туловищем и большой головой. Высота головы новорожденного составляет ¼ длины туловища, у ребенка 2 лет 1/5 , 6 лет – 1/6, 12 лет – 1/7 и у взрослых – 1/8. С возрастом рост головы замедляется, а рост конечностей ускоряется (Рис. 1).

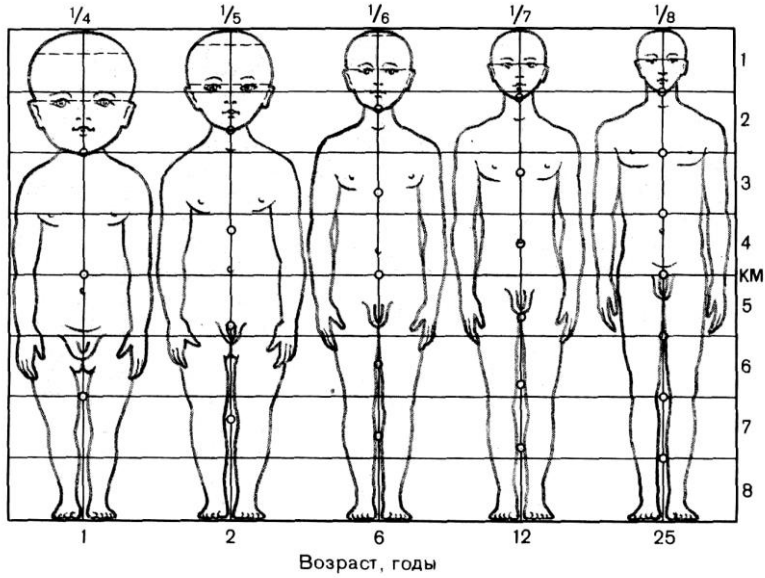


Рис.1. Изменение пропорций отделов тела в процессе роста человека.

КМ – средняя линия; по вертикальной оси - соответствие отделов тела детей и взрослых; по верхней горизонтальной оси – отношение длинны головы к длине тела.

С периода новорожденности и до достижения зрелого возраста длина тела увеличивается в 3,5 раза, длина туловища – в 3 раза, длина руки – в 4 раза, длина ноги – в 5

раз. Можно отметить три периода различия пропорций между длиной и шириной тела: от 4 до 6 лет, от 6 до 15 лет и от 15 до взрослого состояния. Если в предпубертатный период общий рост увеличивался за счет роста ног, то в пубертатном периоде – за счет роста туловища.

Процессы роста и развития детей не имеют резких половых отличий до 8 – 9 лет. В это время происходит *первый перекрест* – длина и масса тела у девочек приближается к уровню данных показателей у мальчиков. С 9 – 10 лет девочки несколько опережают в росте и развитии мальчиков в связи с более ранним (на 1 – 2 года) началом полового созревания. В 11 – 12 лет наблюдается максимальное различие в динамике роста и развития между мальчиками и девочками. В 13 – 14 лет происходит *второй перекрест* кривых роста мальчиков и девочек и, начиная с 14 – 15 лет мальчики опережают девочек по данным показателям (Рис. 2). Превышение роста у мужчин над женщинами сохраняется в течение всей жизни.

Таким образом, у девочек максимальные изменения большинства показателей физического развития отмечаются в более ранние периоды, чем у мальчиков.

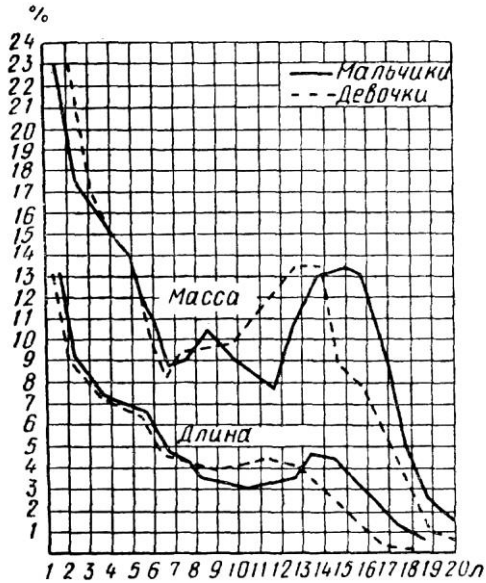


Рис. 2. Изменение темпов роста детей с возрастом

Так у девочек они регистрируются в 7, 9, 11 и 13 лет, у мальчиков в 8, 10 и 12 лет. Скорость роста особенно интенсивно увеличивается в период полового созревания (у девочек в 11 – 13 лет, а у мальчиков в 12 – 14 лет). Рост тела в длину заканчивается у девушек в 16 – 17 лет, у юношей в 18 – 19 лет.

2.6. Критические периоды в постнатальном развитии детей и подростков.

Наряду с гармоничностью развития существуют особые этапы наиболее резких скачкообразных анатомо-физиологических преобразований. В постнатальном развитии выделяют три таких «критических периода», или «возрастных криза».

Первый критический период (информационный) наблюдается у ребенка в возрасте от 2 до 3,5 лет, т. е. в период, когда ребенок начинает активно двигаться, познаёт внешний мир, происходит интенсивное формирование речи и сознания. В это время на ребенка буквально обрушивается огромное количество различного типа информации от внешнего мира, что приводит к напряженной работе центральной нервной системы. Её перенапряжение может привести к нарушению психического развития и появлению различных психических заболеваний.

Второй критический период (школьный) совпадает с началом школьного обучения и приходится на возраст 6-8 лет. В эти годы меняется образ жизни ребенка, происходит «ломка» привычного режима дня, появляются новые обязанности, резко увеличивается поток информации, который воспринимает ребенок. Наряду с этим падает двигательная активность. Все эти факторы в совокупности приводят к напряженной деятельности всех физиологических систем организма, особенно центральной нервной системы. Поэтому в период адаптации к школьным условиям необходимо особо бережное отношение к ребенку со стороны школы и родителей.

Третий критический период (пубертатный) связан с изменением в организме гормонального баланса, с созреванием и перестройкой работы желез внутренней секреции. Обычно это происходит в 11-15 лет, т.е. в подростковом (пубертатном) возрасте когда в крови происходит резкое увеличение количества половых гормонов. Как известно половые гормоны влияют возбуждающе на нервные клетки коры головного мозга и как следствие у подростков наблюдаются изменения в характере, появляется излишняя агрессия, негативизм, капризность, обидчивость, нарушается сон и аппетит. В это

время наблюдается повышенная ранимость нервной системы и повышается риск возникновения психических заболеваний.

2.7. Резистентность, реактивность, адаптация.

При наличии выше указанных критических периодов у ребенка значительно снижаются три основные функциональные свойства организма (резистентность, реактивность и адаптация).

Резистентность - это свойство организма противостоять вредным факторам окружающей среды. Наиболее опасные для ребенка факторы это болезнетворные вирусы и бактерии. Поэтому данное свойство обеспечивается в основном иммунной системой.

Реактивность - это свойство организма адекватно отвечать на стимулы окружающей среды. Это свойство обеспечивается центральной нервной системой.

Адаптация - этой свойство организма приспосабливаться к изменяющимся условиям окружающей среды.

Во все критические периоды в той или иной мере снижаются все три функциональные свойства, но можно проследить зависимость между конкретным возрастным кризисом и степенью снижения того или иного свойства. Так, например, в первый критический период наиболее существенно понижается резистентность организма. Это подтверждается тем, что в возрасте 2-3 лет дети очень часто болеют респираторными инфекционными заболеваниями. Особенно те дети, которые посещают детский сад, то есть находятся в постоянном контакте с другими детьми. Это очень просто объясняется. Если учитывать то положение, что организм человека это единая система, то напряжение в работе центральной нервной

системы негативно сказывается и на весь организм в целом, в частности, и на иммунную систему, ослабляя её активность. Поэтому дети, находясь в непосредственном контакте с другими детьми, легко заражаются инфекционными заболеваниями.

Во второй критический период наиболее резко снижаются адаптационные возможности организма, в то время как у подростков (третий кризис) «страдает» реактивность. Как известно, в пубертатном периоде ребенка отличает излишняя вспыльчивость, капризность и агрессивное поведение.

2.8. Принцип опережающего развития органов и функциональных систем у детей и подростков.

Важной биологической особенностью в развитии детей является то, что формирование их функциональных систем происходит намного раньше, чем это им требуется. Например, в функциональной системе, обеспечивающей ребенку рефлекс сосания, анатомо-физиологическое формирование входящих в нее органов и самой системы происходит задолго до рождения ребенка.

Принцип опережающего развития органов и функциональных систем у детей и подростков является своеобразной «страховкой», которую дает природа человеку на случай непредвиденных обстоятельств. Например, даже в случае преждевременных родов новорожденный встречается с внешней средой во «всеоружии», так как он уже наделен важнейшей для его жизни функцией, обеспечивающей ему питание.

2.9. Акселерация и ретардация.

Акселерация - ускорение возрастного развития путем сдвига морфогенеза на более ранние стадии онтогенеза. Проще говоря, это ускорение роста и физического развития детей по сравнению с предшествующими поколениями. Термин «акселерация» (от лат. acceleratio – ускорение) предложен немецким врачом Кохом в 1935 году. Сущность акселерации состоит в более раннем достижении определенных этапов биологического (физического и полового и др.) развития и завершении созревания организма.

Выделяют ***эпохальную*** акселерацию (ускорение темпов роста и развития современных детей и подростков в сравнении с предшествующими поколениями) и ***внутригрупповую*** акселерацию (ускорение физического развития отдельных детей и подростков в определенных возрастных группах).

Впервые подобные явления были отмечены в середине XIX века в Германии. При сопоставлении результатов антропометрических обследований, проведенных в начале XX века, с данными 30-х гг. XIX в. было установлено, что процесс акселерации охватил население всех экономически развитых стран.

Признаки акселерации отмечаются уже на стадии внутриутробного развития. Так, за последние 70-80 лет длина тела новорожденного увеличилась в среднем на 1 см, масса - на 100-300 г. Значительные изменения в темпах роста и развития наблюдаются у грудных детей: удвоение массы тела, происходившее ранее между 5-м и 6-м месяцем жизни, теперь наблюдается в 4 месяца; окружность груди ребенка становится больше окружности головы не в 6 месяцев, а в 2-5 месяцев. Дети раньше начинают держать головку, в более раннем возрасте у них зарастает родничок,

и прорезываются молочные зубы. С возрастом темпы акселерации растут: длина тела 4 – 7 - летних детей за каждое десятилетие в среднем увеличивается на 1,5 см, масса тела - на 0,5 кг.

Как показывают наблюдения, существенных различий в темпах акселерации детей разных национальностей не обнаружено. Городские дети подвержены акселерации в несколько большей степени, чем сельские.

В 1980-х гг. отмечается замедление темпов акселерации, что свидетельствует об относительной стабилизации темпов развития детей, рождающихся в конце XX века.

В качестве основных проявлений акселерации рассматриваются:

- большую длину и массу тела новорожденных в настоящее время по сравнению с аналогичными величинами новорожденных 20–30-х годов нашего века; в настоящее время рост годовалых детей в среднем на 4–5 см, а масса тела на 1–2 кг больше, чем 50 лет назад
- более раннее прорезывание первых зубов, смена их на постоянные происходит на 1–2 года раньше, чем у детей прошлого столетия;
- более раннее появление ядер окостенения у мальчиков и девочек, а в целом окостенение скелета у девочек заканчивается на 3 года, а у мальчиков – на 2 года раньше, чем в 20– 30-е годы нашего столетия;
- более раннее увеличение длины и массы тела детей дошкольного и школьного возраста, причем, чем старше ребенок, тем в большей степени он отличается по размерам тела от детей прошлого столетия;

- увеличение длины тела у нынешнего поколения на 8–10 см по сравнению с предшествующим;
- половое развитие мальчиков и девочек заканчивается на 1,5–2 года раньше, чем в начале XX века, за каждые 10 лет наступление менструации у девочек ускоряется на 4–6 месяцев.

Что касается внутригрупповой акселерации, то среднем такие дети составляют 13-20% от общего числа детей данного возраста. Для них характерны более высокий рост, большая мышечная сила, большие возможности дыхательной системы. У них значительно быстрее происходит половое созревание, раньше заканчивается рост в длину (обычно к 15-17 годам) и несколько быстрее осуществляется психическое развитие.

Что касается причин акселерации, то можно выделить следующие:

1. ***Эффект гетерозиса***, связанного с широкой миграцией современного населения и увеличением количества смешанных браков (межрасовых и межнациональных). При этом потомство первого поколения обладает временным преимуществом в физическом развитии.
2. ***Урбанизация населения*** (увеличение городского населения) и стимулирующее влияние условий городской жизни на темпы физического развития.
3. ***Увеличение уровня радиации на земле.*** Как известно, радиационное излучение ускоряет темпы деления клеток тканей (митоз), что приводит к более высоким антропометрическим показателям.
4. ***Улучшение социально-гигиенических условий жизни*** населения промышленно развитых стран.

В конце XIX века была столь же сильная волна ретардации (от лат. "retardacio" - "замедление", "задержка"). То, что процесс акселерации в городах начал стабилизироваться, первыми отметили антропологи Норвегии, Италии, Великобритании, Германии и Японии. В нашей стране в конце 70-х – начале 80-х годов 20 века также появляются единичные работы, свидетельствующие о тенденции к затуханию акселерации развития детей. А в середине 80-х годов 20 века появились сообщения о ретардации развития, то есть явлении, противоположном акселерации.

Вопросы для самоконтроля.

1. Что такое рост и развитие детского организма? Чем они принципиально отличаются?
2. Перечислите этапы онтогенеза человека.
3. Перечислите основные периоды основные периоды постнатальной жизни человека.
4. Дайте определения понятиям: гетерохронность, гармоничность, этапность, принцип опережающего развития, акселерация.
5. Перечислите критические периоды в развитии организма детей и подростков.

Глава 3. Возрастные особенности опорно-двигательного аппарата (костно-мышечной системы).

3.1. Развитие костной ткани.

В развитии скелета человека выделяют три стадии: ***перепончатую, хрящевую*** и ***костную***. У человека костная ткань появляется на 6 – 8-й неделе внутриутробной жизни. Кости формируются или непосредственно из эмбриональной соединительной ткани – мезенхимы (перепончатый остеогенез), или на основе хрящевой модели кости (хрящевой остеогенез). Из эмбриональной соединительной ткани, минуя стадию хряща, развиваются кости свода черепа, кости лица, часть ключицы. Такие кости называют ***первичными, покровными костями.*** При развитии таких костей в молодой соединительной ткани (примерно в центре будущей кости) появляется одна или несколько ***точек окостенения.*** Точка окостенения состоит из молодых костных клеток – остеобластов, число которых быстро увеличивается. Позднее они превращаются в зрелые костные клетки – остеоциты.

На основе хряща развиваются кости туловища, конечностей, основания черепа. Снаружи хрящ покрыт надхрящницей. Её внутренний слой, прилежащий к хрящевой ткани, является ростковым. Формирование костей происходит из одной или нескольких точек окостенения. Первая появляется в средней части хряща на 8-й неделе эмбриогенеза и постепенно распространяется в стороны, пока не сформируется вся кость. Одновременно костная ткань начинает образовываться внутри хряща.

Незадолго до рождения или после рождения точки окостенения появляются в эпифизах, которые до этого оставались хрящевыми. Они увеличиваются в размерах, хрящ постепенно замещается костной тканью. Небольшая

хрящевая прослойка между окостеневающими эпифизом и костным диафизом – *эпифизарный хрящ* – выполняет костеобразующую функцию в течение постнатального онтогенеза, пока кость не достигнет своих окончательных размеров (18-25 лет). К этому времени эпифизарный хрящ замещается костной тканью, эпифиз срастается с диафизом, и кость представляет единое целое. В связи с костеобразующей функцией эпифизарного хряща трубчатая кость растет в длину. Костномозговой канал в трубчатых костях появляется в толще диафиза по мере рассасывания образовавшейся кости. Прорастающая внутрь кости эмбриональная ткань дает начало красному костному мозгу.

В течение первого года жизни кости ребенка растут медленно, от 1 до 7 лет рост костей ускоряется в длину за счет эпифизарных хрящей и в толщину благодаря утолщению твердого (компактного) костного вещества. После 11 лет вновь кости скелета начинают быстро расти, формируются костные отростки (апофизы). В пожилом и старческом возрасте в губчатом веществе наблюдается уменьшение и истончение костных перекладин (балок), становится тоньше компактное твердое вещество в диафизах трубчатых костей.

Окончательное окостенение скелета завершается у женщин в 17-21 год, а у мужчин – в 19-25 лет. Кости разных отделов скелета окостеневают в различное время. Например, окостенение позвоночника заканчивается к 20-25 годам, а копчиковых позвонков – даже к 30 годам; окостенение кисти заканчивается к 6-7 лет, окостенение запястных костей – в 16-17 лет; костей нижних конечностей – приблизительно к 20 годам.

Что касается химического состава костей, то у детей преобладают органические вещества (в частности, белок коллаген) и поэтому детские кости более гибкие и

эластичные, легко деформируются. Это приводит к искривлению позвоночника при неправильной осанке. С возрастом содержание минеральных веществ (в основном солей кальция) в костях увеличивается, отчего кости становятся менее эластичными и более хрупкими.

3.2. Развитие суставов.

Суставы (синовиальные соединения) начинают формироваться на 6-11 неделе эмбрионального развития. В этот период начинают образовываться суставные поверхности сочленяющихся костей, суставная щель и другие элементы сустава. Между двумя формирующимися костями разрыхляется эмбриональная соединительная ткань, на месте которой позже образуется суставная полость.

У новорожденных уже имеются все анатомические элементы суставов. Однако эпифизы сочленяющихся костей состоит их хряща. Энхондральное окостенение большинства эпифизов начинается после рождения ребенка (1-2-й годы жизни) и продолжается до юношеского возраста. В возрасте 6-10 лет наблюдается усложнение в строении суставной капсулы. В фиброзной мембране суставной капсулы у детей с 3 до 8 лет увеличивается количество коллагеновых волокон, которые сильно утолщаются, обеспечивая ее прочность. Окончательное формирование всех элементов суставов заканчивается в возрасте 13-16 лет.

Подвижность суставов больше у детей и молодых людей, у женщин она больше, чем у мужчин. С возрастом подвижность суставов уменьшается, что связано с возрастными изменениями фиброзной мембраны и связок, ослаблением мышечной активности.

3.3. Возрастные особенности позвоночного столба.

Длина позвоночного столба новорожденного ребенка составляет 40% длины его тела. В первые два года длина позвоночника почти удваивается. Различные отделы позвоночного столба растут неравномерно, то есть наблюдается явление гетерохронии. В течение первых полутора лет жизни рост различных отделов позвоночника относительно равномерен. Начиная с 1,5 до 3-х лет, замедляется рост шейных и верхнегрудных позвонков и быстрее начинает усиливаться рост поясничного отдела. Медленнее всего растет копчиковый отдел.

Усиление темпов роста позвоночника отмечается в 7 – 9 лет. К началу полового созревания рост позвоночного столба замедляется. Новое ускорение его роста наблюдается у девочек к 12-13 годам, у мальчиков – к 13-14 годам. После 14 лет позвоночник практически не растет.

Что касается возрастных особенностей окостенения позвонков, то до 14 лет окостеневают только средние части позвонков. В пубертатный период появляются новые точки окостенения в виде пластинок, которые сливаются с телом позвонка после 20 лет. Процесс окостенения отдельных позвонков завершается с окончанием ростовых процессов – к 21-23 годам.

Позвоночный столб человека имеет изгибы и их появление связано с вертикальным положением тела (Рис. 3). Благодаря изгибам позвоночник выполняет амортизирующую функцию (пружинит) при ходьбе, беге и прыжках.

Изгибы позвоночника не являются врожденными, а постепенно появляются в течение примерно первого года жизни ребенка.

Позвоночник новорожденного имеет вид пологой дуги, вогнутой спереди. Начиная с 3 - 4 месяца жизни ребенка, начинают формироваться изгибы.

Первый изгиб появляется в 3 – 4 месяца, когда ребенок начинает держать голову. Этот изгиб затрагивает шейный отдел позвоночника и обращен выпуклостью кпереди (***шейный лордоз***). Второй изгиб формируется тогда, когда ребенок начинает сидеть (4 – 6-й месяцы жизни). При этом центр тяжести тела смещается к грудному отделу. Данный изгиб обращен выпуклостью кзади и называется ***грудной кифоз.*** Позднее появляется ***поясничный лордоз***, также выпуклый кпереди, который образуется в то время, когда ребенок начинает стоять и ходить (9 – 12 месяцы после рождения). Центр тяжести в это время смещается на поясничный отдел позвоночника. Одновременно компенсаторно формируется выпуклый кзади крестцовый кифоз. К году имеются уже все изгибы позвоночника. Но образовавшиеся изгибы не фиксированы и исчезают после расслабления мускулатуры. К 7-ми годам уже имеются четко выраженные шейный и грудной изгибы, фиксация поясничного изгиба происходит позже – в 12-14 лет.

При неравномерном развитии мышц правой или левой стороны тела, неправильном положении учащихся за партой могут возникнуть патологические изгибы позвоночника в стороны – сколиозы. Межпозвоночные диски у детей относительно толще, чем у взрослых людей. С возрастом толщина межпозвоночных дисков постепенно уменьшается, и они становятся менее эластичными. У пожилых людей вследствие уменьшения толщины межпозвоночных дисков и увеличения кривизны грудного кифоза длина позвоночного столба уменьшается на 3-7 см.

Рис 3. Изгибы позвоночника

1 – шейный лордоз; 2 – грудной кифоз; 3 – поясничный лордоз; 5 - мыс

.

3.4. Возрастные особенности грудной клетки.

У новорожденных грудная клетка имеет конусовидную форму. Переднезадний диаметр больше

поперечного, ребра расположены почти горизонтально. В первые два года жизни идет быстрый рост грудной клетки и на первом году жизни поперечный размер несколько увеличивается. До 7-ми летнего возраста грудная клетка удлиненная, то есть сохраняется её коническая форма. В возрасте 6-7 лет её рост замедляется и начинают устанавливаются свойственные взрослому относительные величины верхней и нижней части грудной клетки. Усиленный рост грудной клетки у девочек начинается с 11 лет, а у мальчиков с 12 лет. К 15 годам ее поперечный размер увеличивается, и она медленно растет, достигая окончательной формы к 17-20 годам. В 7-18 лет наиболее сильно растет средний отдел грудной клетки.

Подгрудинный угол у новорожденного достигает примерно 93^{o}, через год - 68^{o}, в 5 лет он равен 60^{o}, в 15 лет и у взрослого человека – около 70^{o}.

В старческом возрасте в связи с увеличением грудного кифоза грудная клетка укорачивается и опускается.

Физические упражнения увеличивают размах движения в суставах ребер, что приводит к увеличению объёма грудной клетки при дыхании и жизненной емкости легких.

Что касается грудины, то у новорожденного ребенка она состоит из 4-5 отдельных костей. В возрасте 17 -18 лет начинается их сращение по направлению снизу вверх. Полное окостенение грудины заканчивается в возрасте 30 - 35 лет. Мечевидный отросток начинает окостеневать на 6 – 20-м году и срастается с телом грудины лишь после 30 лет.

3.5. Возрастные особенности верхних конечностей.

Процесс окостенения в ключице начинается на 6-й неделе эмбрионального развития и почти полностью заканчивается к моменту рождения.

Лопатки окостеневают в постнатальном онтогенезе, процесс этот завершается после 16-18 лет.

Окостенение свободных костей верхних конечностей начинается с раннего детства и заканчивается в 18-20 лет, а иногда и позже.

Что касается кисти, то в костях запястья точки окостенения появляются после рождения: в головчатой на первом году жизни, в крючковидной – в конце первого – в начале второго года, в остальных – в период от 2-х до 11 лет. Кости запястья становятся ясно видимыми только к 7-ми годам. С 10 - 12 лет появляются половые отличия процессов окостенения. У мальчиков они запаздывают на 1 год. Окостенение фаланг пальцев завершается к 11 годам, а запястья в 12 лет.

Окончательно не сформированная кисть быстро утомляется, детям младших классов не удается беглое письмо. Игра на музыкальных инструментах с раннего возраста задерживает процесс окостенения фаланг пальцев, что приводит к их удлинению («музыкальные пальцы»).

3.6. Возрастные особенности нижних конечностей.

В тазовых костях точки окостенения появляются в период от 3,5 до 5,5 месяцев внутриутробного развития. Таз у новорожденного ребенка имеет воронкообразную форму и переднезадний размер таза составляет 2,7 см. К 12 годам жизни данный размер увеличивается до 9,5 см.

У детей в первые годы жизни каждая тазовая кость состоит из трех костей – подвздошной, седалищной и лобковой. Начиная с 5-6 лет эти кости срастаются в одну тазовую кость. Этот процесс заканчивается в 12-15 лет у девочек и в 13-16 лет у мальчиков.

В подростковом возрасте (13-15 лет) начинается постепенное срастание крестцовых позвонков в единую кость – крестец. Данное срастание заканчивается в 23-25 лет.

В возрасте 8-10 лет начинают проявляться половые различия таза. Таз у девушек и женщин больше, чем у мужчин. Он более широкий и расположен ниже. Всё это связано с функциями вынашивания плода и последующих родов.

Что касается свободных костей (это в равной мере относится и к костям верхних конечностей), то в диафизах трубчатых костей первые точки окостенения появляются в конце 2-го – в начале 3-го месяца пренатального онтогенеза, в эпифизах и апофизах (буграх) – после рождения. Срастание эпифизов с диафизами, как правило, происходит в 13-15 лет, причем у девочек на 1-2 года раньше, чем у мальчиков.

В костях предплюсны (пяточной, таранной и кубовидной) точки окостенения появляются до рождения (на 5 – 9-м месяце). В ладьевидной и клиновидной костях точки окостенения появляются в период от 3-х месяцев после рождения до 5 лет. Вторичные точки окостенения образуются после рождения.

Стопа человека образует продольный свод, который опирается на пяточную кость и на передние концы костей плюсны. Он выполняет амортизационную (пружинящую) функцию и его формирование связано с прямохождением. У новорожденного ребенка сводчатость стопы не выражена, она формируется позже, когда ребенок начинает

ходить. Большие физические нагрузки и ношение узкой обуви могут привести к растяжению суставных связок и как следствие к плоскостопию.

У новорожденных детей нижние конечности растут быстрее, и они становятся длиннее верхних. Наибольшая скорость роста нижних конечностей отмечена у мальчиков в 12-15 лет. У девочек увеличение длины ног происходит в возрасте 13-14 лет.

3.7. Возрастные особенности черепа.

Объем полости мозгового черепа у новорожденного ребенка в среднем составляет 350-375 $см^3$. В первые 6 месяцев после рождения ребенка объём черепа удваивается, а к 2-м годам – утраивается. У взрослого человека он в 4 раза больше, чем объем полости мозгового черепа у новорожденного. Соотношение мозгового и лицевого отделов черепа у взрослого человека и новорожденного ребенка различное. Так у новорожденного объем мозгового отдела черепа в 6 раз больше лицевого, а у взрослого в 2-2,5 раза. Лицо новорожденного ребенка короткое (ещё нет зубов) и широкое.

После рождения рост черепа происходит неравномерно. В постнатальном онтогенезе выделяют три периода роста и развития черепа.

1. Период энергичного активного роста.

От рождения до 7 лет череп растет быстро. В течение первого года жизни череп растет более или менее равномерно. От года до трех лет особенно активно растет задняя часть черепа, что связано 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 лицевого черепа в высоту и ширину. С 3-

х до 7-ми лет продолжается рост всего черепа, особенного его основания. К 7-ми годам рост основания черепа в длину в основном заканчивается, и оно достигает почти такой же величины, как у взрослого человека.

2. Период замедленного роста.

Череп ребенка в возрасте от 7-ми до 12-13 лет растет равномерно, замедленно. В это время в основном растет свод мозгового черепа, объём его полости достигает 1200-1300 $см^3$.

3. Третий период.

После 13 лет активно растут лобный отдел мозгового черепа и лицевой череп. Зарастание швов между костями черепа начинается в возрасте 20-30 лет, у мужчин несколько раньше, чем у женщин. Сагиттальный шов зарастает в возрасте 32-35 лет, венечный – в 24-41 год, ламбдовидный – в 26-42 года, сосцевидно-затылочный – в 30-81 год. Чешуйчатый шов, как правило, не зарастает.

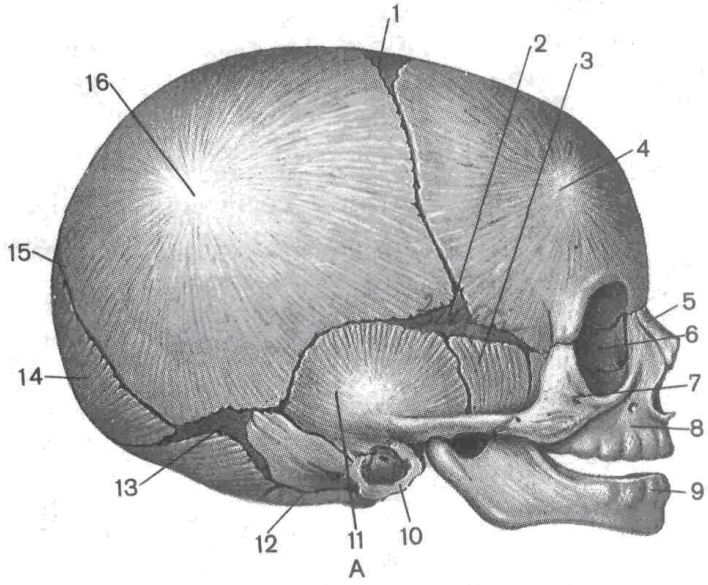
У лиц мужского пола лицевой череп растет в длину сильнее, чем у женщин. Если до периода половой зрелости у мальчиков и у девочек лицо округлое, то после наступления половой зрелости у мужчин, как правило, вытягивается в длину, у женщин сохраняется округлость. Мужской череп в связи с большими общими размерами тела больше (V = 1559 $см^3$), чем женский (V = 1347 $см^3$). Мозговой череп сильнее развит у женщин, а лицевой – у мужчин. Как правило, мужской череп отличается выраженным рельефом в связи с бóльшим развитием прикрепленных к нему мышц. У женщин рельеф черепа сглажен.

В пожилом и старческом возрасте рельеф костей черепа сглаживается. Кости становятся более тонкими, более хрупкими и менее эластичными.

Что касается черепа новорожденного, то между костями черепа не существует швов, пространства

заполнены соединительной тканью (Рис. 4). В участках, где сходится несколько костей, имеется 6 ***родничков***, закрытых соединительнотканными пластинками: 2 непарных (передний и задний) и 2 парных (клиновидных и сосцевидных). Самый крупный *передний*, или *лобный,* родничок имеет ромбовидную форму. Он расположен там, где сближаются правая и левая половины лобной и теменные кости. *Задний*, или *затылочный*, родничок помещается там, где сходятся теменные и затылочные кости. *Клиновидный* родничок находится сбоку в углу, образованном лобной, теменной и большим крылом клиновидной кости. *Сосцевидный* родничок расположен в том месте, где сходятся затылочная, теменная кости и сосцевидный отросток височной кости. Благодаря наличию родничков череп новорожденного очень эластичен, его форма может изменяться во время прохождения головки плода через родовые пути матери в процессе родов.

Возможно также наложение краев костей крыши черепа один на другой, что приводит уменьшению его размеров и облегчает рождение ребенка. Формирование швов заканчивается в основном на 3 – 5-м годах жизни, к этому времени закрываются роднички. На 2 – 3-м месяцах после рождения закрываются задний (затылочный) и сосцевидные роднички, к 1,5 годам – передний (лобный), лишь к 3-м годам окончательно исчезают клиновидные роднички.


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
А

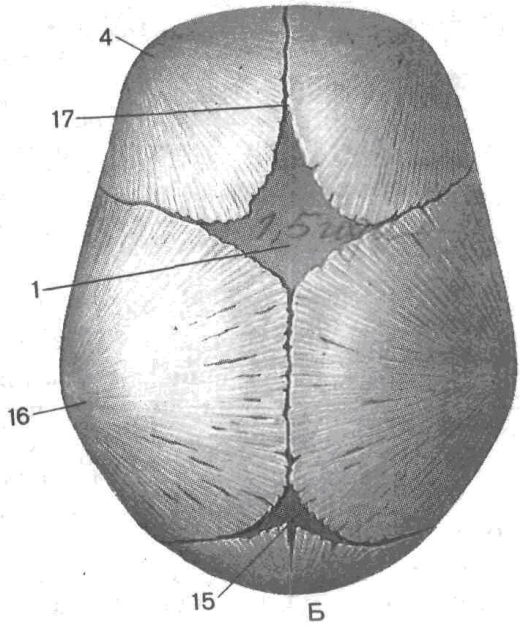

4
17
1
16
15
Б

Рис. 4. Череп новорожденного. Вид сбоку (А) и сверху (Б):
1 – передний (лобный) родничок; 2 – клиновидный родничок; 3 – большое крыло клиновидной кости; 4 – лобный бугор; 5 – носовая кость; 6 – слезная кость; 7 – скуловая кость; 8 – верхняя челюсть; 9 – нижняя челюсть; 10 – барабанное кольцо височной кости; 11 – чешуйчатая часть височной кости; 12 – латеральная часть затылочной кости; 13 – сосцевидный родничок; 14 – затылочная чешуя; 15 – задний (затылочный) родничок; 16 – теменной бугор; 17 – лобный шов

3.8. Возрастные особенности скелетной мускулатуры.

Мышечная система ребенка в процессе онтогенеза претерпевает значительные структурные и функциональные изменения.

У человеческого эмбриона мышцы закладываются из среднего зародышевого листка (мезодермы) примерно на 20-й день пренатального развития. Процесс «чернового» формирования мышц заканчивается к 7-8 неделе пренатального развития. На этом этапе раздражение кожных рецепторов уже вызывает ответные двигательные реакции плода. В последующие месяцы интенсивно идет функциональное созревание мышечных клеток, связанное с увеличением количества миофибрилл и их толщины.

К моменту рождения ребенка наиболее развиты мышцы головы, туловища и верхних конечностей. Сухожилия мышц и фасции у новорожденного развиты слабо. У новорожденного отмечается повышенный мышечный тонус, а мышцы, вызывающие сгибание конечностей, преобладают над мышцами-разгибателями. В результате руки и ноги грудных детей находятся чаще всего в согнутом состоянии. У них плохо выражена способность мышц к расслаблению, которая с возрастом увеличивается. С этим обычно связана скованность движений у детей и подростков.

В процессе развития ребенка отдельные мышечные группы растут неравномерно, то есть наблюдается явление

гетерохронии. У грудных детей, прежде всего, развиваются мышцы живота, позднее – жевательные. К концу первого года жизни в связи с ползанием и началом ходьбы заметно растут мышцы спины и конечностей. Развитие мышц верхних конечностей обычно предшествует развитию нижних. Более крупные мышцы формируются всегда раньше мелких. Например, мышцы плеча и предплечья формируются быстрее мелких мышц кисти. Особенно интенсивно развиваются мышцы рук в 6-7 лет.

У новорожденного ***масса*** мышц составляет примерно 20% всей массы тела. Мышечная масса интенсивно нарастает, когда ребенок начинает ходить, и к 2-3 годам составляет примерно 23% массы тела, далее повышается к 8 годам до 27%. Общая масса мышц заметно увеличивается в период полового созревания: у мальчиков – в 13-14 лет, а у девочек – в 11-12 лет. У подростков 15 лет она составляет 32,6% массы тела. Наиболее быстро масса мышц нарастает в возрасте от 15 до 17-18 лет, и в юношеском возрасте она составляет 44,2% массы тела.

Увеличение массы мышц достигается как их удлинением, так и увеличением их толщины, в основном за счет диаметра мышечных волокон. Интенсивный рост волокон наблюдается до 7 лет и в пубертатном периоде. Начиная с 14-15 лет, микроструктура мышечной ткани практически не отличается от взрослого. Однако утолщение мышечных волокон может продолжаться до 30-35 лет.

К 3-4 годам диаметр мышц возрастает в 2-2,5 раза. С возрастом резко увеличивается количество миофибрилл. К 7 годам по сравнению с новорожденными оно увеличивается в 15-20 раз. В период от 7 до 14 лет рост мышечной ткани происходит как за счет продолжающихся

структурных преобразований мышечного волокна, так и в связи со значительным ростом сухожилий.

За весь период роста ребенка масса мускулатуры увеличивается в 35 раз. В период полового созревания (12-16 лет) наряду с удлинением трубчатых костей удлиняются интенсивно и сухожилия мышц. Мышцы в это время становятся длинными и тонкими. В 15-18 лет продолжается дальнейший рост поперечника мышц. Развитие мышц продолжается до 25-30 лет. Мышцы ребенка бледнее, нежнее и более эластичны, чем мышцы взрослого человека.

К 13-15 годам заканчивается формирование всех отделов двигательного анализатора, которое особенно интенсивно происходит в возрасте 7-12 лет. В процессе развития опорно-двигательного аппарата изменяются двигательные качества мышц: *быстрота, сила, ловкость* и *выносливость.* Их развитие происходит неравномерно, гетерохронно. Прежде всего, развиваются *быстрота (скорость),* далее *ловкость* движений, потом *сила* и в последнюю очередь *выносливость.*

Быстрота (скорость) движений характеризуется числом движений, которое ребенок в состоянии произвести за единицу времени.

Скорость однократных движений значительно увеличивается у детей с 4-5 лет и особенно интенсивно в младшем школьном возрасте, приближаясь в 13-14 лет к уровню взрослого. К 16-17 годам темп увеличения этого показателя несколько снижается. К 20-30 годам скорость однократного движения достигает наибольшей величины.

Увеличение скорости однократного движения с возрастом связано с увеличением скорости проведения сигнала в нервной системе и скорости передачи возбуждения в нервно-мышечном синапсе.

С возрастом увеличивается и ***максимальная частота повторяющихся движений***. Наиболее интенсивный рост этого показателя происходит с 7 до 13 лет. В период 7 – 9 лет средний ежегодный прирост составляет 0,3 – 0,6 движений в секунду. В 10 – 11 лет темп прироста снижается до 0,1 – 0,2 движений в секунду и вновь увеличивается (до 0,3 – 0,4 движений в секунду) в 12 – 13 лет. Частота движений в единицу времени у мальчиков 7 – 10 лет выше, чем у девочек этого же возраста, а с 13 – 14 лет данный показатель становится выше у девочек и после 14 лет далее не изменяется. У мальчиков частота движений достигает высоких показателей в 15 лет, после чего ежегодный прирост снижается.

Увеличение с возрастом максимальной частоты движений объясняется нарастающей подвижностью нервных процессов, обеспечивающей более быстрый переход мышц-антагонистов из состояния возбуждения в состояние торможения и обратно.

Ловкость в основном связана со способностью детей и подростков осуществлять точные, координированные и быстрые движения.

Точность воспроизведения движений существенно изменяется с возрастом. Дошкольники 4-5 лет не могут совершать тонкие точные движения, воспроизводящие заданную программу, как в пространстве, так и во времени. Наибольший прирост точности движений наблюдается с 4-5 до 7-8 лет. С 9-10 лет организация точных движений происходит по типу взрослого. Развитие ловкости в основном завершается к 13-14 годам и продолжает улучшаться до 17 лет. В совершенствовании этого двигательного качества существенную роль играет формирование центральных механизмов организации произвольных движений, связанных с деятельностью

высших отделов ЦНС. В процессе развития ребенка изменяется также способность воспроизводить заданную величину мышечного напряжения. Точность воспроизведения мышечного напряжения невелика у детей дошкольного и младшего школьного возраста. Она повышается лишь к 11-16 годам.

Что касается ***силы*** мышц, то с возрастом она тоже увеличивается. В дошкольном возрасте сила мышц незначительна. После 4-5 лет увеличивается сила отдельных мышечных групп. Исследования показывают, что школьники 7-11 лет обладают ещё сравнительно низкими показателями мышечной силы. Силовые и особенно статические упражнения вызывают у них быстрое утомление. Дети этого возраста более приспособлены к кратковременным скоростно-силовым динамическим упражнениям.

Наиболее интенсивно мышечная сила увеличивается в подростковом возрасте с 10-12 до 13-15 лет. С 18 лет рост силы замедляется и 25-26 годам заканчивается. После 40 лет сила мышц постепенно снижается и наиболее значительное снижение силы мышц отмечается после 50 лет.

Интенсивность развития мышечной силы зависит и от пола.

В младшем школьном возрасте (7-8 лет) мальчики и девочки имеют одинаковую силу мышц. У девочек к 7-9 годам становая сила ниже, чем у мальчиков, однако к 10-12 годам становая сила резко возрастает, и девочки перегоняют мальчиков по этому показателю. После 12 лет отмечается преимущественное развитие силы мышц у мальчиков, особенно в период полового созревания. Так к 12-15 годам превышение силы мышц у мальчиков над соответствующими показателями у девочек становится явно выраженным (примерно, на 30%). Эта разница своего

максимума достигает в 17 лет. Наибольший прирост становой силы отмечается у мальчиков в период от 15 до 18 лет. Юноши в 18 лет по силе мышц приближаются к нижней границе показателей взрослых (Табл. 1)

Таблица 1

Возрастные изменения становой силы

Возраст, лет.	Становая сила, кг	
	Мальчики	Девочки
7 – 9	34,1	31,0
10 – 12	37,9	42,1
13 – 15	54,0	53,0

Что касается кистевой силы, то максимум нарастания силы сжатия правой кисти у мальчиков приходится на возраст 14-17 лет, особенно на период 15-16 лет, а у девочек на возраст около 12 лет (Табл. 2).

Таким образом, у мальчиков прирост силы мышц приходится в среднем на 13-14 лет, у девочек на 10-12 лет, что связано с более ранним наступлением половой зрелости.

Таблица 2.

Возрастные изменения силы мышц кисти правой руки

Возраст, лет	Сила мышц кисти правой руки, кг	
	Мальчики	Девочки
3	4	3,8
4	5,1	4,6

5	6,8	6,1
6	7,7	6,9
7	9,3	8,6
8	11,1	9,5
10	14,7	11,8
12	18,4	15,7
14	26,5	23,5
17	40,3	27,3

В 13-14 лет четко проявляются половые различия в мышечной силе. Относительная сила мышц девочек значительно уступает соответствующему показателю мальчиков, что в частности, объясняется анаболическим эффектом мужских половых гормонов.

Позже других физических качеств развивается ***силовая выносливость***, характеризующаяся тем временем, в течение которого сохраняется достаточный уровень работоспособности мышц.

Резкий прирост выносливости приходится на возраст 7-10 лет. Далее до 17 лет данный показатель увеличивается более плавно. В целом выносливость к 16-19 годам составляет 85% уровня взрослого, максимальных значений она достигает к 25-29 годам. Далее этот показатель снижается и к 70 годам достигает четверти максимальных величин.

У мальчиков во всех возрастах, и особенно в 12-14 лет, силовая выносливость выражена лучше, чем у девочек. У мальчиков в возрасте 17 лет силовая выносливость в два раза больше, чем у 7-летних.

Показательно, что в разные возрастные периоды выносливость не коррелирует с силой. Так если наибольший прирост силы кисти наблюдается в возрасте 15-17 лет, то максимальное повышение выносливости приходится на возраст 7-10 лет. То есть развитие

выносливости не идет параллельно развитию силы, а скорей, наоборот: при быстром развитии силы имеет место некоторое замедление развития выносливости (Табл. 3 и 4).

Таблица 3

Возрастная характеристика силовой выносливости

Возраст, лет	Время удержания усилия, составляющего 1/3 от максимального, с
8 – 9	145
13 – 14	236
18 – 20	383
60 – 75	175

Таблица 4

Возрастная характеристика максимальной деятельности сжатия кисти с силой, составляющей 50% от максимальной.

Возраст, лет	**Длительность сжатия, с**	
	Мальчики	Девочки
7	57,3	58,0
8	77,7	73,1
9	77,0	79,2
10	88,0	84,2
11	92,2	89,2
12	95,0	91,6
13	97,2	94,0

14	94,3	104,5
15	105,8	108,8
16	110,2	104,8
17	114,1	108,8

Относительно возрастных особенностей ***выносливости к динамической работе*** известно, что до 11 лет она очень не велика. С 11-12 лет и у мальчиков и у девочек наблюдается интенсивный прирост выносливости. К 14 годам мышечная выносливость составляет 50-70%, а к 16 годам – около 80% выносливости взрослого человека.

Выносливость к статическим усилиям особенно интенсивно увеличиваются также с 11-12 лет. Значительные изменения этого динамического качества отмечаются уже в младшем школьном возрасте. У 11 – 14-летних школьников самыми выносливыми являются икроножные мышцы. В целом выносливость к 17-19 годам составляет 85% уровня взрослого, максимальных значений она достигает к 25-30 годам.

Способность к выполнению физических нагрузок возрастает к младшему школьному возрасту. Особенно выражено нарастание всех показателей мышечной работоспособности с 11-12 лет. Так, объем динамической работы (в кг/м), выполненной 10-летними школьниками, на 50% больше, чем у 7-летних, а в возрасте 14-15 лет он соответственно больше на 300-400%. Мощность работы с 7 до 11 лет увеличивается всего на 30%, а с 11 до 16 лет – более чем на 200%. Так же стремительно начиная с 12 лет растет у школьников работоспособность при статических напряжениях. Вместе с тем даже у 15 – 16-летних по сравнению с 18-летними учащимися мощность работы составляет 66-70%, а у 18-летних объем работы и мощность лишь приближается к нижней границе этих же показателей у взрослых.

Оптимальным для тренирующих влияний физических нагрузок является возраст от 9-10 до 13-14 лет, когда наиболее интенсивно формируются основные звенья двигательной системы и двигательные качества.

Что касается развития ***двигательных навыков и координации движений***, то у новорожденных наблюдаются беспорядочные движения конечностей, туловища и головы, имеющие безусловно-рефлекторную основу. Особый интерес вызывает плавательный безусловный рефлекс, максимальное проявление которого наблюдается к 40-му дню постнатального развития. В этом возрасте ребенок способен совершать в воде плавательные движения и держаться на ней до 15 минут (при условии поддержания головы ребенка).

Нарастание тонуса затылочных мышц позволяет ребенку 1,5-2 месяцев, положенному на живот, поднимать голову. В 2,5-3 месяца развиваются движения рук в направлении к видимому предмету. В 4 месяца ребенок поворачивается со спины на бок, а в 5 месяцев переворачивается на живот и с живота на спину. В возрасте от 3 до 6 месяцев ребенок готовится к ползанию: лежа на животе, все выше поднимает голову и верхнюю часть туловища; к 8 месяцам он способен проползать довольно большие расстояния.

В возрасте от 6 до 8 месяцев благодаря развитию мышц туловища и таза ребенок начинает садиться, вставать, стоять и опускаться, придерживаясь руками за опору. К концу первого года жизни ребенок свободно стоит и, как правило, начинает ходить. Но в этот период шаги ребенка короткие, неравномерные, положение тела неустойчивое. Стараясь сохранить равновесие, ребенок балансирует руками, широко ставит ноги. Постепенно длина шага увеличивается, к 4 годам она достигает 40 см,

но шаги все ещё неравномерные. От 8 до 15 лет длина шага продолжает увеличиваться, а темп ходьбы снижаться.

Все основные естественные движения, свойственные человеку (ходьба, лазанье, бег прыжки и т.д.), и их координация формируются у ребенка до 3-5 лет. С 6-7 лет дети овладевают письмом и другими движениями, требующими тонкой координации.

К 12-14 годам происходит повышение меткости бросков, метаний в цель, точности прыжков. Однако у подростков наблюдается ухудшение координации движений, что связывается с морфофункциональными преобразованиями в пубертатный период. С половым созреванием связано и снижение выносливости в скоростном беге у 14–15-летних подростков, хотя скорость бега к этому возрасту существенно увеличивается.

По мере роста ребенка развивается и такое движение, как прыжок. Дети раннего возраста при подпрыгивании не отрывают ног от почвы, и их движения сводятся к приседаниям и выпрямлением тела. С 3 лет ребенок начинает подпрыгивать на месте, слегка отрывая ноги от почвы. Лишь начиная с 6-7 лет, наблюдается координация нижних конечностей при прыжке. При этом растет и дальность прыжка. Дальность прыжка в длину с места возрастает у мальчиков до 13 лет, у девочек – до 12-13 лет. После 13 лет разница в прыжках в длину в зависимости от пола становится ярко выраженной, а при прыжках в высоту эта разница проявляется уже с 11 лет.

Таким образом, формирование координационных механизмов движений заканчивается к подростковому периоду, и все виды движений становятся доступными для девочек и мальчиков. Однако в это же время координация движений вследствие гормональных перестроек в организме ребенка несколько нарушается, что является временным явлением, которое обычно после 15 лет

бесследно исчезает. К 18-25 годам координационные механизмы полностью соответствуют уровню взрослого человека. Возраст 18-30 лет считают «золотым» в развитии моторики человека. Это возраст расцвета его двигательных способностей.

Вопросы для самоконтроля.

1. Перечислите стадии развития скелета. В чём их особенность?
2. В каком возрасте завершается окончательное окостенение скелета у мужчин и женщин?
3. Перечислите изгибы позвоночного столба в порядке их появления у ребенка.
4. Что такое роднички? В чём их функция?
5. Перечислите двигательные качества скелетных мышц в порядке их созревания.

Глава 4. Возрастные особенности системы крови.

4.1. Общее количество крови её основные параметры.

Количество крови в организме человека меняется с возрастом. Общее количество крови у взрослого человека 4 – 6 литров (у мужчин в среднем около 5,4 л, у женщин – около 4,5 л). По абсолютным значениям количество крови у детей меньше (что связано с небольшим объемом тела), в то время как на 1 кг массы тела в детском организме крови больше. Это объясняется более высоким уровнем обмена веществ, связанным с интенсивными процессами роста и развития. Так относительно массы тела у новорожденных количество крови составляет 14,7% (1/8 веса тела), у детей

одного года – 10,9% (1/10 веса тела), у подростков и взрослых – 7-8 % (1/14 веса тела). У мальчиков, как правило, количество крови несколько больше, чем у девочек.

У новорожденных ***плотность (удельный вес)*** крови несколько выше (1,060 – 1,080), чем у детей более старших возрастов. Установившаяся с первых месяцев жизни плотность крови (1,052 – 1,063) сохраняется до конца жизни с небольшими колебаниями у взрослых и составляет в среднем 1,055 – 1,062 для мужчин и 1,050 – 1,056 для женщин.

Относительная вязкость крови велика в первые дни постнатального периода в основном из-за увеличения числа эритроцитов. К концу первого месяца жизни вязкость снижается и остается затем на более или менее постоянном уровне. У новорожденных в возрасте 3-5 дней вязкость крови порядка 10,0 – 14,8 усл. ед., что в 2-3 раза превышает показатели взрослого человека. Постепенно снижаясь, она достигает к концу первого месяца обычных цифр – в среднем 4,6 усл. ед.

Данный показатель зависит от пола: у девочек средняя величина относительной вязкости крови составляет 4,58, у мальчиков – 4,6 усл. ед. В пожилом и старческом возрасте относительная вязкость крови составляет в среднем 4,5 при колебаниях в диапазоне 3,5 – 5,4 усл. ед.

Относительная вязкость сыворотки крови у детей всех возрастов (после периода новорожденности) составляет в среднем 1,88 усл. ед.

4.2. Возрастные особенности форменных элементов крови.

Количество ***эритроцитов*** в 1 мм^3 крови новорожденных колеблется в довольно широких пределах: от 4,50 млн. до 7,20 млн. (в среднем 5,80 млн.). Наибольшее число эритроцитов наблюдается в первые часы жизни (7,20 млн.); затем их количество быстро понижается (6,20 млн.), и к 12-му дню жизни достигает относительной нормы (4,98 млн.). У недоношенных новорожденных детей общее количество эритроцитов колеблется в пределах от 7,225 млн. до 4,450 млн. в 1 мм^3. Диаметр эритроцитов у новорожденных колеблется в пределах от 3,25 до 10,25 мкм.

У детей в возрасте 1-3 лет количество эритроцитов в среднем составляет 3,07 – 5,00 млн.; 4-6 лет – 3,70 – 4,50 млн.; 7-12 лет – 4,00 – 4,70 млн.

У детей от 1 до 2 лет наблюдаются большие индивидуальные колебания в числе красных кровяных телец. Подобный широкий размах в индивидуальных данных отмечается также от 5 до 7 лет и от 12 до 14 лет, что, по-видимому, находится в прямой зависимости с периодами ускоренного роста.

У лиц пожилого и старческого возраста отмечается снижение числа эритроцитов в среднем до 3,80 – 4,00 млн. (Табл. 5)

Гематокрит (процентное содержание эритроцитов) у новорожденных составляет 45-65%, у детей 1-6 лет – 33-42%, у детей 7-12 лет 34-40%, у взрослых – 41-43% для женщин и 44-46% для мужчин.

Осмотическая резистентность эритроцитов значительно выше у новорожденных детей (верхняя граница – 0,48-0,52, нижняя – 0,24-0,30) и у детей грудного возраста (верхняя граница – 0,46-0,50, нижняя – 0,24-0,32),

Таблица 5

Количество эритроцитов в крови у людей различного возраста

Возраст	**Женщины, млн/мкл**	**Мужчины, млн/мкл**
Кровь из пуповины	3,9 – 5,5	3,9 – 5,5
1 час	4,5 – 7,2	4,5 – 7,2
1 – 3 дня	4,0 – 6,6	4,0 – 6,6
1 нед	3,9 – 6,3	3,9 – 6,3
2 нед	3,6 – 6,2	3,6 – 6,2
1 мес	3,0 – 5,4	3,0 – 5,4
2 мес	2,7 – 4,9	2,7 – 4,9
3 – 6 мес	3,1 – 4,5	3,1 – 4,5
1 – 3 года	3,0 – 5,2	3,2 – 5,0
4 – 6 лет	3,6 – 4,5	3,9 – 5,0
7 – 12 лет	3,8 – 4,5	4,1 – 5,0
13 – 16 лет	3,5 – 5,0	4,1 – 5,5
17 – 19 лет	3,5 – 5,0	3,9 – 5,6
20 – 29 лет	3,5 – 5,0	4,2 – 5,6
30 – 39 лет	3,5 – 5,0	4,2 – 5,6
40 – 49 лет	3,6 – 5,1	4,0 – 5,6
50 – 59 лет	3,6 – 5,1	3,9 – 5,6
60 – 65 лет	3,5 – 5,2	3,9 – 5,3
Более 65 лет	3,4 – 5,2	3,1 – 5,7

чем у более старших детей (верхняя граница – 0,46-0,48, нижняя – 0,26-0,36) и взрослых (верхняя граница – 0,44-0,48, нижняя – 0,28-0,36).

Что касается *гемоглобина*, то в период утробной жизни у плодов в первые 6 месяцев имеется особый «фетальный» (плодный) гемоглобин (HbF). С 7-месячного

возраста появляется «щелочно-устойчивый» гемоглобин, сохраняющийся у детей до 3 лет, а затем сменяющийся «взрослым» гемоглобином (HbA). Гемоглобин плода имеет более высокое сродство к кислороду, чем гемоглобин матери. Кривая диссоциации оксигемоглобина плода человека сдвинута в сторону более низких величин pO_2 по сравнению кривой диссоциации оксигемоглобина матери. Эти особенности гемоглобина плода обеспечивают необходимое в условиях внутриутробной жизни снабжение тканей кислородом.

Для детей периода новорожденности характерно повышенное содержание гемоглобина. Содержание гемоглобина в крови новорожденных колеблется в пределах 145-225 г/л (87-135 г% по Сали). Однако, начиная с первых суток постнатальной жизни, количество гемоглобина постепенно падает.

Наиболее резко индивидуальные колебания выражены в период от момента рождения до 1,5 суток, а также у детей от 5 до 5,5 суток.

Количество гемоглобина у детей первого года снижается к 5-6 месяцу жизни (до 142 г/л) и возрасте 1-3 года

Таблица 6

Концентрация гемоглобина в крови у людей различного возраста

Возраст	**Женщины, г/л**	**Мужчины, г/л**
Кровь из пуповины	135 – 200	135 - 200
1 – 3 дня	145 – 225	145 – 225
1 нед	135 – 215	135 – 215
2 нед	125 – 205	125 – 205
1 мес	100 – 180	100 – 180
2 мес	90 – 140	90 – 140

3 – 6 мес	95 – 135	95 – 135
1 – 2 года	106 – 148	114 – 144
3 – 6 лет	102 – 142	104 – 140
7 – 12 лет	112 – 146	110 – 146
13 – 16 лет	112 – 152	118 – 164
17 – 19 лет	112 – 148	120 – 168
20 – 29 лет	110 – 152	130 – 172
30 – 39 лет	112 – 150	126 – 172
40 – 49 лет	112 – 152	128 – 172
50 – 59 лет	112 - 152	124 – 172
60 – 65 лет	114 – 154	122 – 168
Более 65 лет	110 - 156	122 – 168

составляет 110-133 г/л. В 4-6 лет данный показатель находится в пределах 113-130 г/л; в 7 – 12 лет – 120-136 г/л. У мальчиков показатели гемоглобина немного выше, чем у девочек. У взрослого человека количество гемоглобина составляет 121-138 г/л у женщин и 138-156 г/л у мужчин. У лиц пожилого и старческого возраста количество гемоглобина несколько снижается, колеблясь в пределах нижней границы нормы (см. табл. 6).

Цветовой показатель (характеризует степень насыщения гемоглобином каждого эритроцита) у новорожденных первых 8-9 дней жизни колеблется в пределах от 0,9 до 1,3 ед., у детей в возрасте 1-3 года он равен 0,75-0,96 ед., в 4-6 лет – 0,81-0,99, в 7-12 лет – 0,80-0,94, что близко к норме для взрослых лиц.

Скорость оседания эритроцитов (СОЭ) у новорожденных составляет 1-4 мм/ч, у грудных детей – 4-8 мм/ч; в 2-3 года – 2-17 мм/ч; в 7-12 лет 1-12 мм/ч. У взрослых мужчин – 1-12 мм/ч, у женщин – 2-15 мм/ч. У пожилых людей обоего пола – 15-20 мм/ч.

Количество ***лейкоцитов*** и их соотношение также изменяется с возрастом. Количество лейкоцитов у ребенка первых дней жизни, больше чем у взрослых, и в среднем колеблется в пределах 10-20 тысяч в 1 мм^3. Затем число лейкоцитов начинает падать. Иногда наблюдается второй небольшой подъем между 2-м и 9-м днями жизни. Как и для эритроцитов, существуют широкие пределы колебания числа лейкоцитов в первые дни постнатальной жизни – от 4,6 тыс. до 30,0 тыс. Характерным в картине лейкоцитов у детей этого периода раннего онтогенеза является следующее: 1) нарастание количества лейкоцитов в течение первых часов жизни (что объясняется рассасыванием продуктов распада тканей ребенка, тканевых кровоизлияний, возможных во время родов); в момент рождения количество лейкоцитов составляет 19,6 тыс., через 6 часов – 20,0 тыс., через 24 часа – 30,0 тыс., а через 48 часов – 19,0 тыс. в 1 мм^3.; 2) наивысший подъем кривой лейкоцитов – на 2-е сутки; 3) предельное падение кривой – на 5-е сутки. К 7-м суткам число лейкоцитов приближается к верхней границе нормы взрослых (8,0 – 11,0 тыс.). У детей 1-3 лет количество лейкоцитов в периферической крови колеблется в пределах 7,0-11,5 тыс.; в 4-6 лет их количество равно 6,1-10,5 тыс.; в 7-12 лет – 4,8-9,0 тыс., то есть соответствует количеству лейкоцитов у взрослых (4,0-9,0 тыс.).

Таблица 7

Возрастные изменения числа лейкоцитов и лейкоцитарной формулы у людей различного возраста

Возраст	**Лейкоциты, тыс/мкл**	**Лейкоцитарная формула, %**				
		Нейтрофилы	Лимфоциты	Моноциты	Эозинофилы	Базофилы
1 час	19,60	53,00 – 82,00	5,00 – 56,00	15,00 – 34,00	0,60	0 – 4
6 часов	20,00	-	-	-	-	-
24 часа	30,00	-	-	-	-	-
48 часов	19,00	-	-	-	-	-
1 нед	8,00 – 11,00	-	-	-	-	-
2 – 4 нед	10,25	18,00 – 46,00	22,00 – 69,00	8,5 – 28,00	1,5 – 6,50	0,50
1 – 6 мес	12,00	27,00	57,00	11,00	2,50	0,50
7 – 12 мес	11,00	31,00	54,00	11,00	1,50	0,50
1 – 3 года	7,00 – 11,5	26,00 – 50,00	52,00 – 64,00	10,00	1,50	0,50
4 – 5 лет	6,10 – 10,5	45,50	44,50	9,00	1,00	0,50
6 – 8 лет	10,00	44,50	34,00 – 48,00	9,00	1,00	0,50
8 – 10 лет	8,60	51,5	38,50	8,00	2,00	0,25
10 – 12 лет	7,90	52,5	36,00	9,00	2,00	0,50
13 – 14 лет	8,30	56,5	32,00	8,50	2,50	0,50
14 – 15 лет	7,60	60,5	28,00	9,00	2,00	0,50
Взрослые	4,00 – 9,00	48,00 – 79,00	19,00 – 37,00	3,00 – 11,00	0,50 – 5,00	0 – 1,00

Лейкоцитарная формула крови ребенка в период новорожденности характеризуется: 1) последовательным увеличением числа лимфоцитов от момента рождения к

концу периода новорожденности (при этом на 5-е сутки происходит *первый перекрест* (Рис. 5)

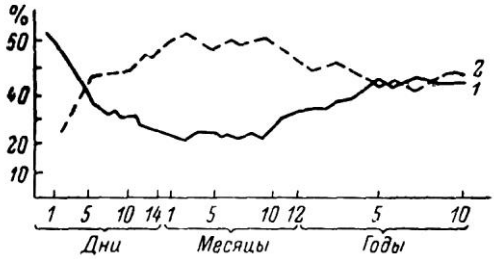


Рис. 5. Первый и второй перекрест кривых содержания нейтрофилов и лимфоцитов. По оси абсцисс – возраст детей; по оси ординат – содержание нейтрофилов (1) и лимфоцитов (2) в крови, % к общему числу лейкоцитов.

кривых падения нейтрофилов и подъема лимфоцитов); 2) значительным количеством малосегментированных форм нейтрофилов; 3) большим количеством юных форм, миелоцитов, эритробластов; 4) структурной незрелостью хрупкостью лейкоцитов.

У детей первого года жизни при довольно широких пределах колебания общего числа лейкоцитов наблюдаются широкие пределы вариаций процентного содержания отдельных форм. В грудном возрасте обнаруживается неравномерность размеров лимфоцитов (малых и средних лимфоцитов примерно одинаковые количества, больших – значительно меньше), умеренный моноцитоз и почти постоянное присутствие в периферической крови плазматических клеток лимфоидного и лимфобластического типа; вместе с тем

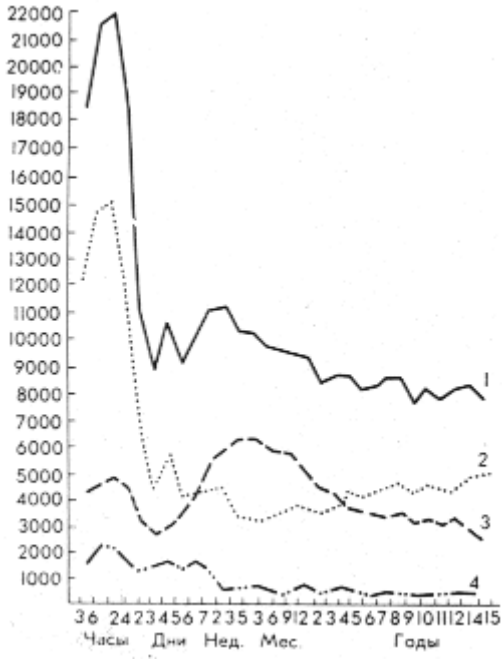


Рис. 6. Возрастная динамика белой крови: количество (в мкл) лейкоцитов (1), гранулоцитов (2), лимфоцитов (3), моноцитов (4).

плазматические клетки миелоидного типа встречаются очень редко (Рис 6).

Картина белой крови у детей после первого года жизни характеризуется постепенным уменьшением абсолютного количества лейкоцитов, нарастанием относительного числа лимфоцитов при соответственном уменьшении числа нейтрофилов, некоторым уменьшением количества моноцитов и почти полным исчезновением плазматических клеток. Малым содержанием нейтрофилов, а также недостаточной их зрелостью отчасти объясняется большая восприимчивость детей младших возрастов к инфекционным болезням. К тому же фагоцитарная

активность нейтрофилов у детей первых лет жизни наиболее низкая.

В возрасте 5-6 лет происходит *второй перекрест* кривых на графике возрастной динамики количества различных популяций лейкоцитов. То есть к 5-6 годам количество клеток выравнивается и после этого процент нейтрофилов неуклонно растет, а процент лимфоцитов понижается. Однако если рассматривать абсолютную массу лимфоцитов, то она достоверно увеличивается с возрастом. Так у новорожденного общая масса лимфоцитов в среднем составляет 150 г (около 4,3% всей массы тела). Затем абсолютное количество лимфоцитов быстро нарастает, так что у ребенка от 6 мес. до 6 лет их масса равна уже 650 г. К 15 годам она увеличивается до 1250 г, достигая у взрослого человека 1300-1500 г ($6*10^{12}$ клеток) – около 2,5% всей массы тела.

У недоношенных детей первого дня жизни количество лейкоцитов колеблется в очень широких пределах – от 3,60 тыс. до 36,00 тыс. в 1 $мм^3$. После 50-60 лет наблюдается снижение числа лейкоцитов при преобладании нейтрофилов над лейкоцитами.

У новорожденных и в первые дни жизни среднее количество ***тромбоцитов*** в 1 $мм^3$ крови порядка 268,00 тыс. Однако, наблюдаются довольно широкие индивидуальные вариации. Так по данным различных литературных источников в крови новорожденных насчитывается от 150,00 до 350,00 тыс. тромбоцитов. Через несколько часов после рождения количество кровяных пластинок уменьшается до 175,00 тыс., а к концу недели снова увеличивается до 200,80 тыс. У грудных детей число тромбоцитов также широко варьирует – от 115,40 тыс. до 424,00 тыс. (в среднем 230,00-250,00 тыс.). Пол ребенка и способ вскармливания на числе тромбоцитов не отражается. В дальнейшем с возрастом количество

тромбоцитов мало меняется. Так в возрасте 1-3 года их число составляет 218,00 – 317,00 тыс.; в 4-6 лет – 220,00 – 317,00 тыс.; в 7-12 лет – 227,00 – 313,00 тыс. и у старших подростков и взрослых в районе 200,00 – 400,00 тыс.

У недоношенных детей кровяных пластинок в первое полугодие жизни меньше, чем у доношенных, а затем разница исчезает. Отмечается также понижение функций тромбоцитов у недоношенных новорожденных.

В процессе онтогенеза претерпевает значительные изменения качественная картина тромбоцитов. У детей в первые дни жизни круглых тромбоцитов больше, чем в последующие периоды жизни. Средний размер клеток для грудного и более старших возрастов равен 2,5 – 3,5 мкм, при этом чем моложе ребенок, тем больше юных форм в тромбоцитограмме (вследствие усиленного тромбопоэза). С возрастом число юных кровяных пластинок уменьшается (до 0,5% у взрослого человека), а число зрелых увеличивается.

4.3.Возрастные особенности свертывания крови.

Система свертывания крови формируется и созревает в период эмбриогенеза и раннего онтогенеза. Свертывание крови детей в первые дни жизни замедлено: начало свертывания наступает через 2-3 минуты. Наиболее замедленно свертывание крови на 2-й день после рождения. Со 2-го по 7-й день свертывание крови ускоряется и приближается к норме, установленной для взрослых (1-2 мин. для начала и 2-4 мин. для окончания свертывания). У детей дошкольного и школьного возраста время свертывания крови имеет широкие индивидуальные колебания. В среднем начало свертывания наступает через 1-2 мин., конец свертывания – через 3-4 мин.

У недоношенных детей (а также у детей, рожденных в асфиксии) время свертывания крови несколько уменьшено. Только с конца 1-го месяца жизни данный параметр нормализуется.

4.4.Проблема резус-конфликта в возрастной физиологии.

Резус-фактор является белковым агглютиногеном, не входящим в систему групп крови (АВО). Как известно 85% людей имеют в крови этот агглютиноген, из-за чего из называют *резус-положительными* (Rh+). У остальных 15% данного белка в крови нет – *резус-отрицательные* (Rh-). После переливания Rh+-крови резус-отрицательному человеку у последнего образуются специфические антитела к резус-антигену – *антирезус-агглютинины (Rh-агглютинины, Rh-антитела).* Повторное переливание этому же человеку Rh+-крови может вызвать у него агглютинацию эритроцитов и тяжелый гемотрансфузионный шок (резус-конфликт).

Особое значение приобретает проблема резус-конфликта при зачатии ребенка. При резус-положительном отце и резус-отрицательной матери (вероятность таких браков 60%) ребенок нередко наследует резус-фактор отца (по причине генетической доминантности данного признака). В этом случае могут возникнуть серьезные осложнения. Вследствие того, что у плода и у матери совмещенные (через плаценту) системы кровообращения организм матери постоянно иммунизируется резус-антигеном плода. При этом у матери происходит образование Rh-агглютининов, которые через плаценту попадают в кровь плода и вызывают агглютинацию и гемолиз его эритроцитов. Высокая концентрация Rh-агглютининов может привести к гибели плода или

развитию тяжелого гемолитического заболевания (гемолитической желтухи). Особенно в тяжелой форме это проявляется при повторной беременности, поскольку в плазме матери остаются Rh-антитела, выработанные ещё при предыдущей беременности.

4.5.Возрастные особенности кроветворения (гемопоэза).

Кроветворение у человека начинается в конце 2-й – начале 3-й неделе эмбриогенеза в стенке желточного мешка (эмбриональный гемопоэз), где впервые появляются кровяные островки. В этих островках из мезенхимных клеток образуются стволовые клетки, которые интраваскулярно (внутри сосудов) дифференцируются в клетки крови. После редукции желточного мешка (начиная с 7 – 8-й недели эмбрионального развития) кроветворение продолжается в печени, которое продолжается до конца внутриутробного периода. В эмбриональный период в течение короткого времени кроветворение происходит также в селезенке и лимфатических узлах.

Кроветворение в костном мозге, который закладывается на 2-м месяце эмбрионального развития, начинается на 12-й неделе эмбриогенеза и продолжается в течение всей жизни человека. Кроветворным органом у человека после его рождения является костный мозг.

Вопросы для самоконтроля.

1. В чём заключатся возрастная динамика численности форменных элементов крови?
2. Какие особенности имеет лейкоцитарная формула у детей?

3. Опишите механизм резус-конфликта матери и плода.

Глава 5. Возрастные особенности иммунной системы.

Органы иммунной системы *очень рано закладываются в эмбриогенезе*. Так, костный мозг начинает формироваться на 7 – 8-й неделе эмбрионального развития, закладка тимуса происходит на 4 – 5-й неделе пренатального онтогенеза, селезенки – на 5 – 6-й неделе, лимфатических узлов – на 7 – 8-й, нёбных и глоточных миндалин – на 9 – 14-й, лимфоидных бляшек тонкой кишки и лимфоидных узелков аппендикса – на 14 – 16-й, одиночных лимфоидных узелков слизистых оболочек внутренних органов – на 16 – 18-й, язычной миндалины – на 24 – 25-й, трубных миндалин – на 28 – 32-й неделе.

Морфологическая сформированность и функциональная зрелость органов иммунной системы наблюдается *уже к моменту рождения*. Так, красный костный мозг, содержащий стволовые клетки, миелоидную и лимфоидную ткани, к моменту рождения занимает все костно-мозговые полости. Тимус у новорожденного имеет такую же относительную массу, как у детей и подростков (0,3% массы тела). Кроме этого, у плода в последние месяцы развития отмечается наличие лимфоидных узелков в периферических лимфоидных органах (небные миндалины, аппендикс).

Своего максимального развития (в количественном отношении – масса, размеры, число лимфоидных узелков, наличие в них центров размножения) органы иммунной системы достигают в *детском возрасте и подростков*. Однако в тоже время для органов иммунной системы

характерна их *относительно ранняя возрастная инволюция*. Начиная с юношеского, подросткового и даже детского возраста, как в центральных, так и периферических органах иммунной системы постепенно уменьшается количество лимфоидных узелков, в них исчезают центры размножения, уменьшается общее количество лимфоидной ткани. На месте лимфоидной ткани появляется жировая ткань, которая как бы вытесняет, замещает лимфоидную паренхиму. В этих органах по мере увеличения возраста человека разрастается соединительная ткань.

5.1. Возрастные особенности центральных органов иммунной системы.

К центральным органам иммунной системы относятся ***красный костный мозг*** и ***тимус (вилочковая железа).***

У новорожденного красный костный мозг занимает все костномозговые полости. Отдельные жировые клетки в красном костном мозге впервые появляются после рождения (1-6 мес). После 4-5 лет красный костный мозг в диафизах трубчатых костей постепенно начинает замещаться желтым костным мозгом. К 20-25 годам желтый костный мозг полностью заполняет костномозговые полости диафизов трубчатых костей. В старческом возрасте желтый костный мозг может приобретать слизеподобную консистенцию (желатиновый костный мозг).

Тимус закладывается у эмбриона из эпителиальных клеток жаберных карманов очень рано (в конце 1-го месяца пренатального развития). На 7 – 8-й неделе стволовые, поступающие из костного мозга в кровь, заселяют тимус, где осуществляется дифференцировки Т-лимфоцитов

(тимусзависимых). На 3-м месяце завершается подразделение тимуса на корковое и мозговое вещество.

К моменту рождения масса тимуса составляет в среднем 13,3 г (от 7,7 до 34,0 г). Верхняя граница тимуса у новорожденных располагается на 2-2,5 см выше рукоятки грудины. Правая доля тимуса лежит несколько выше левой: нижняя граница левой доли определяется на уровне 2 – 3-го реберного хряща, правой – на уровне 4 – 5-го реберного хряща. Корковый слой преобладает над мозговым. Большое количество тимических тел (Гассаля) свидетельствует о зрелости ткани к моменту рождения. Тельца тимуса размерами 35-40 мкм и более определяются уже у новорожденного ребенка – до 4-8 телец на срезе каждой дольки. В дальнейшем количество их и величина возрастают, к 8 годам достигая 140-320 мкм. После 30-50 лет редко встречаются мелкие тельца.

В течение первых 3 лет жизни ребенка тимус растет наиболее интенсивно, достигая в 6,5 лет массы 30 г. Тимус достигает максимальных размеров к периоду полового созревания. Так в 10-15 лет масса тимуса равна в среднем 37,5 г. После 16 лет масса тимуса постепенно уменьшается и в возрасте 16-20 лет его масса равна в среднем 25,5 г, а в 21-35 лет – 23,3 г. Масса вилочковой железы в 50-90 лет она равна 13,4 г. Лимфоидная ткань тимуса не исчезает полностью даже в старческом возрасте.

Тимус в детском и подростковом возрасте мягкий на ощупь, серо-розового цвета. До 10 лет корковое вещество преобладает над мозговым, хотя, начиная с 3-4 лет оно постепенно сужается и теряет четкость своей внутренней границы. К 5 годам размеры коркового и мозгового вещества по величине примерно равны. В дальнейшем в тимусе зона коркового вещества становится тоньше, преобладающим постепенно становится мозговое вещество.

С возрастом в тимусе появляется жировая ткань. Отдельные жировые клетки обнаруживаются в тимусе у детей в 2-3 года. В дальнейшем наблюдается разрастание соединительнотканной стромы в органе и увеличение количества жировой ткани. К 30-50 годам жизни жировая ткань замещает бóльшую часть паренхимы органа. В результате лимфоидная ткань (паренхима) сохраняется лишь в виде отдельных отростков (долек), разделенных жировой тканью. Так если у новорожденного соединительная ткань составляет только 7% массы тимуса, то в 20 лет она достигает 40% (в том числе и жировая), а у лиц старше 50 лет – до 90%. Функции железы связаны с развитием иммунитета в период новорожденности и в детском возрасте. В тимусе из стволовых клеток, поступивших с кровью из красного костного мозга, созревают и дифференцируются Т-лимфоциты, ответственные за реакции специфического (приобретенного) клеточного иммунитета. Иволютивные изменения железы связаны с началом выделения половых гормонов в пубертатный период.

5.2. Возрастные особенности периферических органов иммунной системы.

К периферическим органам иммунной системы относятся ***миндалины (язычная, глоточная, нёбная и трубная), аппендикс, лимфоидные (пейеровы) бляшки, селезенка и лимфатические узлы.***

В диффузной лимфоидной ткани ***миндалин*** располагаются плотные скопления лимфоидной ткани округлой или овоидной формы и различных размеров – *лимфоидные узелки.* Так в парной нёбной миндалине наибольшее их количество наблюдается в возрасте от 2 до

16 лет. К 8-13 годам миндалины достигают наибольших размеров, которые сохраняются примерно до 30 лет. Разрастание соединительной ткани внутри нёбной миндалины особенно интенсивно происходит после 25-30 лет наряду с уменьшением количества лимфоидной ткани. После 40 лет лимфоидные узелки в лимфоидной ткани встречаются редко, размеры оставшихся узелков относительно невелики (0,2-0,4 мм).

Одним из важнейших моментов онтогенеза органов иммунной системы является процесс *дифференцировки лимфоидной ткани*, особенно появление в лимфоидных узелках *центров размножения (герминативных, светлых центров)*. Интенсивное появление центров размножения в лимфоидных узелках наблюдается у детей, начиная с грудного возраста. Так, у детей 1-3 лет до 70% лимфоидных узелков в стенках тонкий кишки имеют центры размножения. Начиная с 8 – 18 лет число и размеры лимфоидных узелков постепенно уменьшаются, исчезают центры размножения. После 40 – 60 лет на месте лимфоидных узелков остается диффузная лимфоидная ткань, которая по мере увеличения возраста человека в значительной своей части замещается жировой тканью.

Глоточная миндалина достигает наибольших размеров к 12 годам, после 15 начинается ее атрофия и к 20-25 годам сохраняются лишь небольшие ее участки. Трубная миндалина достигает наибольших размеров в возрасте 4-7 лет.

Аппендикс (червеобразный отросток толстой кишки) у детей и подростков в своих стенках содержит 450-550 лимфоидных узелков. После 20-30 лет число узелков заметно уменьшается. У людей старше 60 лет лимфоидные узелки в стенке аппендикса встречаются редко, на их месте находится жировая ткань.

Лимфоидные (пейеровы) бляшки представляют собой узелковые скопления (5 или более узелков) лимфоидной ткани, расположенные в стенке тонкой кишки. Число бляшек, состоящих из пяти (и более узелков) у подростков 12-16 лет составляет от 122 до 316 (в среднем 224). Число крупных бляшек длиной более 4 см в этом возрасте варьирует от 9 до 12. Начиная с юношеского возраста количество всех лимфоидных бляшек уменьшается до 59-159, а пожилом и старческом возрасте – до 16-20. Число крупных бляшек (длиной 4 см и более) снижается до 6. По мере увеличения возраста человека в лимфоидных бляшках уменьшается число узелков, имеющих центр размножения. После 50-60 лет центры размножения в лимфоидных узелках встречаются редко. В 70 лет и более лимфоидные бляшки имеют вид диффузных скоплений лимфоидной ткани в толще слизистой оболочки тонкой кишки.

Селезенка закладывается на 5 – 6-й неделе эмбрионального развития. На 2 – 4-м месяце развития происходит тканевая дифференцировка селезенки, и появляются очаги гемопоэза. В конце 4-го и в течение 5-го месяца пренатального онтогенеза в селезенке уже обнаруживаются скопление лимфоцитов и формируются лимфоидные узелки, количество которых постепенно увеличивается. Перед рождением в лимфоидных узелках появляются центры размножения. К 8-му месяцу внутриутробного развития гемопоэз в селезенке уменьшается и в дальнейшем прекращается вообще, а интенсивность лимфоцитопоэза, наоборот, возрастает.

У новорожденного ребенка округлая селезенка массой около 8-9,5 г имеет дольчатое строение. На 3-м месяце постнатального развития масса селезенки увеличивается в среднем до 11-14 г, а к концу 1-го года жизни – до 24-28 г. У ребенка 5-6 лет по сравнению с

годовалым масса селезенки удваивается и составляет в среднем 60 г, к 10 годам достигает 66-70 г, в 16-17 лет составляет 165-171 г. Масса селезенки у взрослого человека составляет у мужчины 192 г, у женщины – 153 г. В период второго детства (8-12 лет) селезенка приобретает форму и положение такие же, как у взрослого человека.

Лимфатические узлы развиваются из мезенхимы, начиная с 5-6 недели пренатального онтогенеза. Они закладываются в различных областях тела человека в различные периоды внутриутробного развития, вплоть до рождения и даже в ранний постнатальный период. Начиная с 19-й недели, в отдельных лимфатических узлах намечается граница между корковым и мозговым веществом. Лимфоидные узелки в лимфатических узлах начинают формироваться уже во внутриутробный период. Центры размножения в лимфоидных узелках появляются незадолго до рождения и вскоре после него.

К 10-12 годам заканчиваются основные возрастные формообразовательные процессы в лимфатических узлах. Уже в юношеском возрасте в лимфатических узлах наблюдаются возрастные изменения иволютивного типа (уменьшение количества лимфоидной ткани, происходит замена ее на жировую и соединительную ткань).

5.3. Возрастные особенности функционирования иммунной системы.

Плод не содержит антигенов и не вырабатывает антител. Он является иммуннотолерантным (защищен плацентой от антигенов матери). Ребенок является иммунноактивным только с 2-х недель после рождения (включается его собственный иммунный аппарат). Так как своих антител у ребенка ещё мало, то он их получает с

молоком матери. В это время ребенка также «выручает» большое число лейкоцитов (до 30 тыс. в 1 мкл крови).

Интенсивное развитие иммунологического аппарата идет с 2-х до 10-и лет. Затем с 10-и до 20-и лет интенсивность иммунной защиты незначительно ослабевает. С 20 до 40 лет уровень иммунной защиты стабилизируется и после 40 лет начинает ослабевать.

Вопросы для самоконтроля.

1. В какие сроки закладываются органы иммунной системы в эмбриогенезе?
2. В чём заключаются возрастные особенности тимуса?
3. Перечислите возрастные особенности функционирования иммунной системы.

Глава 6. Возрастные особенности сердечно-сосудистой системы.

6.1. Возрастные особенности сердца.

Сердце новорожденного сравнительно большое и имеет округлую форму, что связано с недостаточным развитием желудочков и относительно большими предсердиями. Верхушка сердца закруглена. У новорожденных и детей грудного возраста сердце располагается высоко и лежит почти поперечно. Переход сердца в из поперечного положения в косое начинается в конце первого года жизни ребенка. У 2 – 3-х летних детей

преобладает косое положение сердца. Нижняя граница сердца у детей до 1 года расположена на один межреберный промежуток выше, чем у взрослых, верхняя граница находится на уровне второго межреберья. Верхушка сердца проецируется в четвертом левом межреберном промежутке кнаружи от среднеключичной линии. Правая граница сердца наиболее часто располагается по правому краю грудины или на 0,5 – 1,0 см вправо от неё. Проекция клапанов у новорожденного находится выше, чем у взрослых. Правое предсердно-желудочковое отверстие и трехстворчатый клапан проецируются на середину грудины на уровне прикрепления к грудине IV ребра. Левое предсердно-желудочковое отверстие и двухстворчатый клапан расположены у левого края грудины на уровне третьего реберного хряща (у взрослых – соответственно на уровне V и IV ребер). Правое и левое артериальные отверстия и полулунные клапаны лежат на уровне III ребра, как у взрослых.

Положение сердца изменяется в соответствии с процессами расправления легких и установления ребер в косом положении. У женщин чаще, чем у мужчин наблюдается горизонтальное положение сердца. У тучных людей и стариков сердце расположено выше.

Сердце растет наиболее быстро в течение первых двух лет жизни, затем в 5 – 9 лет и в период полового созревания. К 2-м годам линейные размеры сердца увеличиваются в 1,5 раза, к 7-ми годам - в 2 раза, а к 15 – 16 годам - в 3 раза. Рост сердца в длину идет быстрее, чем в ширину (длина удваивается к 5 – 6 годам, а ширина к 8 – 10 годам).

Ширина сердца относительно больше длины, что связано с наличием у плода и новорожденного отверстия между предсердиями и артериального протока,

соединяющего дугу аорты с легочным стволом. Длина сердца у новорожденного 3,0 – 3,5 см, ширина – 2,7 – 3,9 см. Объём правого предсердия 7 – 10 $см^3$, левого – 4 – 5 $см^3$. Емкость каждого желудочка 8 – 10 $см^3$. Объем сердца от периода новорожденности до 16-летнего возраста увеличивается в 3 – 3,5 раза. В течение первых 15 дней после рождения происходит некоторое уменьшение объема сердца. Затем оно начинает вновь увеличиваться, и к концу первого года жизни его величина вдвое превосходит первоначальную.

Соотношение размеров отделов сердца отличается то такового у взрослого. Как уже было сказано, предсердия имеют бóльшую величину по отношению к желудочкам, чем предсердия взрослого, ушки предсердий также относительно больше, чем у взрослых и прикрывают основание сердца. Предсердно-желудочковые показатели у грудного ребенка составляют 1 : 4,5, у взрослого человека – 1 : 6,4.

Масса сердца новорожденного 20 – 24 г, то есть достигает 0,8 – 0,9% массы тела (у взрослого – 0,48 – 0,52%). Масса сердца удваивается к концу первого года жизни, утраивается – к – 2 – 3 годам, к 6-и годам возрастает в 5 раз, а к 15 годам увеличивается в 10 раз по сравнению с периодом новорожденности. У женщин при одинаковом росте и массе тела размеры сердца меньше, чем у мужчин.

Масса мышечного слоя (миокарда) удваивается к концу 1-го года жизни, до 7 лет становится в 5 раз больше первоначальной. Затем наступает период медленного роста, так что к 14 годам масса миокарда в 6 раз больше, чем у новорожденного. Рост массы миокарда в период полового созревания у девочек начинается раньше, происходит менее интенсивно и менее продолжительно. Соотношение между массами мышц правого и левого

желудочков у новорожденного составляет 1 : 1,33, у взрослого – 1 : 2,11.

Между предсердиями у новорожденного расположено овальное отверстие в форме короткого канала, направленного косо, покрытого довольно большим клапаном овального отверстия. Сосочковые мышцы и сухожильные хорды короткие.

У новорожденных на внутренней поверхности предсердий уже имеются трабекулы, видны мелкие, разнообразной формы сосочковые мышцы. Миокард левого желудочка развивается быстрее и к концу второго года его масса вдвое больше, чем у правого. Эти соотношения сохраняются и в дальнейшем. У детей первого года жизни мясистые трабекулы покрывают почти всю внутреннюю поверхность стенок желудочков. Наиболее сильно развиты мясистые трабекулы в юношеском возрасте (17 – 20 лет). После 60 – 75 лет трабекулярная сеть желудочков сглаживается, и ее сетчатый характер сохраняется только в области верхушки сердца.

У новорожденных и детей всех возрастных групп предсердно-желудочковые клапаны эластичные, створки блестящие. В 20 – 25 лет створки этих клапанов уплотняются, края их становятся неровными. В старческом возрасте происходит частичная атрофия сосочковых мышц, в связи, с чем может нарушаться функция клапанов.

В возрасте 30-40 лет в миокарде обычно начинается некоторое увеличение соединительнотканной стромы. В ней появляются жировые клетки. По мере старения человека жировая ткань накапливается под эпикардом, происходит утолщение эндокарда, усиленное развитие эластической ткани, особенно в миокарде предсердий.

Что касается физиологических параметров сердца, то, например, с возрастом уменьшается частота сердечных

сокращений (ЧСС). Так у новорожденных данный показатель находится в пределах 140 – 160 уд/мин, у детей в возрасте 6 мес. – 130 – 140 уд/мин; в 1 год – 110 – 120 уд/мин; в 4 года – 100 – 110 уд/мин; в 7 лет – 90 – 95 уд/мин; в 10 лет – 80 – 85 уд/мин; 14 лет – 65 – 75 уд/мин. У взрослого человека ЧСС находится в пределах 60 – 80 уд/мин. Данный показатель имеет обратно-пропорциональную зависимость с линейными размерами тела и прямо-пропорциональную зависимость с уровнем обмена веществ. Наиболее полно это демонстрирует ***энергетическое правило поверхности Рубнера*** (1908), описывающее количественные особенности энергетических процессов в разные возрастные периоды. Опираясь на «закон поверхности», Рубнер пытался объяснить различия особенностей энергетических процессов в зависимости от меняющихся размеров организма в процессе роста. Суть правила Рубнера сводится к тому, что *чем больше организм, тем меньше у него соотношение площади тела к его массе (S/m) и, соответственно, ниже энергообмен и наоборот, чем меньше по размерам организм, тем больше у него соотношение площади тела к его массе и тем ниже энергообмен.* Данные отношения объясняются уровнем потери тепла организмом в атмосферу. Чем больше соотношение площади тела к массе, тем больше организм теряет тепла и тем выше у него уровень обмена веществ для восполнения этой потери.

Следовательно, чем младше ребенок, тем у него выше индекс «S/m» и, соответственно, выше интенсивность обменных процессов, связанная также, в частности, с усиленными процессами роста и развития. В этой ситуации клеткам необходимо больше доставить кислорода за единицу времени для обеспечения высокого уровня энергообмена. Это и достигается высокими

значениями частоты сердечных сокращений. По мере роста ребенка увеличиваются его линейные размеры, уменьшается индекс «S/m», уменьшается интенсивность обменных процессов и, как следствие, постепенно снижаются показатели частоты сердечных сокращений.

Более частые сердечные сокращения у детей и меньшие размеры тела приводят к большей скорости кровотока. Так у новорожденных кровь совершает полный кругооборот за 12 сек., у 3-х летних – за 15 сек., в 14 лет – за 18,5 сек. и взрослых – за 22 сек.

По мере роста человека увеличиваются *систолический (ударный)* и *минутный объем (СО и МОК)*. У новорожденных систолический объем достигает 2,5 мл; к 1-му году жизни – 10,2 мл; к 7-ми годам – 32,0 мл; к 10-и годам – 38,0 – 39,0 мл; к 13 годам – 47,0 – 56,0 мл; к 15 годам – 59,0 – 64,0 мл; к 20 – 25 годам – 70,0 – 80,0 мл. Минутный объем крови у новорожденных составляет 0,38 л; в возрасте 1 года – 1,2 л; в 6 – 9 лет – 2,9 л; в 13 – 16 лет – 3,7 – 4,5 л; у 20 – 30-летных – 5,0 – 5,5 л. У людей в возрасте 60 – 80 лет минутный объем крови снижен на 24%, систолический – на 23% в сравнении с людьми среднего возраста (см. табл. 7).

Возрастные изменения наблюдаются и в отношении *фаз сердечного цикла.* В ходе возрастного развития происходит увеличение продолжительности отдельных фаз.

Таблица 7

Средние показатели систолического и минутного объемов крови у детей

Возраст, лет	Девочки		Мальчики	
	СО, мл	МОК, л/мин	СО, мл	МОК, л/мин
Новорожденные	2,50	0,38	2,50	0,38
1	10,2	1,2	10,2	1,2
7	32,0	2,9	32,0	2,8
8	34,0	2,9	38,0	2,8
9	36,0	3,0	38,0	2,9
10	38,0	3,2	39,0	3,1
11	44,0	3,4	50,0	3,8
12	47,0	3,8	53,0	4,0
13	47,0	3,7	56,0	4,2
14	57,0	3,8	64,0	4,3
15	59,0	3,9	64,0	4,5

Так длительность сердечного цикла постепенно возрастает с 0,64 сек у детей 6 – 7 лет до 0,86 сек. у людей старше 60 лет, длительность фазы систолы – от 0,26 сек. до 0,32 сек. и диастолы от 0,39 сек. до 0,54 сек. у людей того же возраста. Кроме того, с увеличением возраста детей и урежением частоты сердечных сокращений наблюдается удлинение фазы изгнания и фазы напряжения. Увеличение деятельности фазы напряжения происходит в основном за счет удлинения периода изометрического сокращения.

6.2.Возрастные особенности сосудов.
6.2.1. Возрастные особенности артерий.

Кровеносные сосуды претерпевают существенные изменения в течение онтогенеза человека. У новорожденного ребенка артерии сформированы полностью. После рождения ребенка по мере увеличения возраста окружность, диаметр, толщина стенок артерий и их длина увеличивается, достигая окончательных размеров к 12 – 14 годам.

Изменяются также уровень отхождения артериальных ветвей от магистральных артерий, и даже тип их ветвления.

Начиная с 40 – 45 лет внутренняя оболочка артерий постепенно утолщается, изменяется строение эндотелиоцитов, появляются атеросклеротические бляшки, стенки склерозируются, просвет сосудов уменьшается.

Относительно конкретных артерий известно, что у людей всех возрастов диаметр левой венечной артерии больше диаметра правой венечной артерии, однако наиболее существенные различия в диаметре этих артерий отмечаются у новорожденных и детей 10 – 14 лет.

Диаметр аорты у взрослого человека в 4,5 раза больше, чем у новорожденного. Диаметр общей сонной артерии у детей раннего возраста равен 3 – 6 мм, а у взрослых составляет 9 – 14 мл; диаметр подключичной артерии наиболее интенсивно увеличивается от момента рождения ребенка до 4 лет. В первые 10 лет жизни наибольший диаметр из всех мозговых артерий имеет средняя артерия.

В раннем детском возрасте артерии кишечника почти все одинакового размера. Разница между диаметром магистральных артерий и диаметром их ветвей 2-го и 3-го порядка вначале невелика, однако, по мере увеличения

возраста ребенка, эта разница также увеличивается. Диаметр магистральных артерий растет быстрее, чем диаметр их ветвей. В течение первых 5 лет жизни ребенка диаметр локтевой артерии увеличивается более интенсивно, чем лучевой, но в дальнейшем диаметр лучевой артерии преобладает. Толщина стенок восходящей аорты растет очень интенсивно до 13 лет, а толщина стенок общей сонной артерии стабилизируется после 7 лет. Интенсивно возрастает площадь просвета восходящей аорты с 23 мм^2 у новорожденных до 107 мм^2 у 12-летних, что согласуется с увеличением размеров сердца и сердечного выброса крови.

Длина артерий возрастает пропорционально росту тела и конечностей. Например, длина восходящей части аорты к 50 годам увеличивается в 4 раза, при этом длина грудной части нарастает быстрее, чем брюшной. Артерии, кровоснабжающие мозг, наиболее интенсивно развиваются до 3–4-летнего возраста, по темпам превосходя другие сосуды. Наиболее быстро растет в длину передняя мозговая артерия. С возрастом удлиняются также артерии, кровоснабжающие внутренние органы, и артерии верхних и нижних конечностей. Так, у новорожденных детей грудного возраста нижняя брыжеечная артерия имеет длину 5 – 6 см, а у взрослых – 16 – 17 см.

Уровни отхождения ветвей от магистральных артерий у новорожденных и детей, как правило, располагаются проксимальнее, а углы, под которыми отходят эти сосуды, у детей больше, чем у взрослых. Меняется также радиус кривизны дуг, образуемых сосудами. Например, у новорожденных и детей до 12 лет дуга аорты имеет больший радиус кривизны, чем у взрослых.

Пропорционально росту тела и конечностей и соответственно увеличению длины артерий происходит

частичное изменение топографии этих сосудов. Чем старше человек, тем ниже располагается дуга аорты. У новорожденных дуга аорты выше уровня I грудного позвонка, в 17 – 20 лет она находится на уровне II, в 25 – 30 лет - на уровне III, в 40 – 45 лет – на уровне IV грудного позвонка, у пожилых и старых людей на уровне межпозвоночного диска между IV и V грудными позвонками.

Изменяется также топография артерий конечностей. Например, у новорожденного проекция локтевой артерии соответствует переднемедиальному краю локтевой кисти. С возрастом локтевая и лучевая артерии перемещаются по отношению к срединной линии предплечья в латеральном направлении. У детей старше 10 лет эти артерии располагаются и проецируются так же, как и у взрослых. Проекция бедренной и подколенной артерий в первые годы жизни ребенка также смещается в латеральном направлении от срединной линии бедра. При этом проекция бедренной артерии приближается к медиальному краю бедренной кости, а проекция подколенной артерии к срединной линии подколенной ямки. Наблюдается изменение топографии ладонных артериальных дуг. Поверхностная ладонная дуга у новорожденных и детей младшего возраста располагается проксимальнее середины II и III пястных костей, у взрослых она проецируется на уровне середины III пястной кости.

По мере увеличения возраста происходит также изменение типа ветвления артерий. Так, у новорожденных тип ветвления венечных артерий рассыпной, к 6 – 10 годам формируется магистральный тип, который сохраняется на протяжении всей жизни человека.

Формирование, рост, тканевая дифференцировка сосудов внутриорганного кровеносного русла (мелких артерий и вен) в различных органах человека протекают в онтогенезе неравномерно. Стенки артериального отдела

внутриорганных сосудов, в отличие от венозного, к моменту рождения имеют три оболочки: наружную, среднюю и внутреннюю. Наиболее существенные преобразования структур стенок артерий происходят в раннем (1 – 3 года) и втором (8 – 12 лет) детстве. После рождения увеличиваются длина внутриорганных сосудов, их диаметр, количество межсосудистых анастомозов, число сосудов на единицу объема органа. Наиболее интенсивно протекает этот процесс также на первом году жизни и в период от 8 до 12 лет.

Кровеносные сосуды к моменту рождения снабжены специальными механизмами, регулирующими кровоток. Один из таких механизмов - прекапиллярные сфинктеры, которые представляют собой скопление гладких мышечных клеток в устье капилляров. Возрастные изменения микроциркуляторного русла у человека в разных органах и тканях протекают в зависимости от времени становления структур этих органов.

6.2.2. Возрастные особенности вен.

С возрастом увеличиваются диаметр вен, площадь их поперечного сечения и длина. Так, например, верхняя полая вена в связи с высоким положением сердца у детей короткая. На первом году жизни ребенка, у детей 8 – 12 лет и у подростков длина и площадь поперечного сечения верхней полой вены возрастают. У людей зрелого возраста эти показатели почти не изменяются, а у пожилых и стариков в связи со старческими изменениями структуры стенок этой вены наблюдается увеличение ее диаметра. Нижняя полая вена у новорожденного короткая и относительно широкая (диаметр около 6 мм). К концу первого года жизни диаметр ее увеличивается незначительно, а затем быстрее, чем диаметр верхней полой

вены. У взрослых людей диаметр нижней полой вены (на уровне впадения почечных вен) равен примерно 25 – 28 мм. Одновременно с увеличением длины полых вен изменяется положение их притоков. Формирование нижней полой вены у новорожденных происходит на уровне III – IV поясничных позвонков. Затем уровень, на котором формируется эта вена, постепенно опускается и к периоду полового созревания (13 – 16 лет) достигает IV – V поясничных позвонков. Угол формирования нижней полой вены у новорожденных составляет в среднем 63° (от 45° до 75°). После рождения он постепенно увеличивается и достигает у взрослых около 93° (от 70° до 110°).

Длина брюшного отдела нижней полой вены у детей на первом году жизни возрастает с 76 до 100 мм, в то время как ее перикардиальный отдел практически не изменяется (3,6 – 4,1 мм). Сосуды нижней полой вены имеют стенки большей толщины, чем у притоков верхней полой вены. У них хорошо выражены эластические мембраны, которые более четко разделяют оболочки. В средней оболочке имеются четкие слои циркулярно и продольно расположенных миоцитов.

Воротная вена у новорожденных подвержена значительной анатомической изменчивости, проявляющейся в непостоянстве источников ее формирования, количества притоков, мест их впадения, взаимоотношений с другими элементами печеночно-двенадцатиперстной связки. Начальный отдел вены лежит на уровне нижнего края XII грудного позвонка или I и даже II поясничных позвонков, позади головки поджелудочной железы. Воротная вена у новорожденных формируется преимущественно из двух стволов – верхней брыжеечной и селезеночной вен. Место впадения нижней брыжеечной

вены непостоянно, чаще она вливается в селезеночную, реже – в верхнюю брыжеечную вену.

Длина воротной вены у новорожденных колеблется от 16 до 44 мм, верхней брыжеечной – от 4 до 12 мм, а селезеночной – от 3 до 15 мм. Просвет воротной вены у новорожденных составляет около 3,5 мм. В период от 1 до 3 лет величина просвета удваивается, от 4 до 7 лет – утраивается, в возрасте 8 – 12 лет – увеличивается в 4 раза, в подростковом в 5 раз, по сравнению с таковым у новорожденных. Толщина стенок воротной вены к 16 годам увеличивается в 2 раза.

После рождения меняется топография поверхностных вен тела и конечностей. Так, у новорожденных имеются густые подкожные венозные сплетения, на их фоне крупные вены не контурируются. К 1–2 годам жизни из этих сплетений отчетливо выделяются более крупные большая и малая подкожные вены ноги, а на верхней конечности латеральная и медиальная подкожные вены руки. Быстро увеличивается диаметр поверхностных вен ноги от периода новорожденности до 2 лет: диаметр большой подкожной вены почти в 2 раза, диаметр малой подкожной вены в 2,5 раза.

6.3.Возрастные особенности кровяного давления.

В плечевой артерии взрослого человека ***артериальное*** систолическое давление составляет 110 – 125 мм рт. ст., а диастолическое – 60 – 85 мм рт. ст. У детей артериальное кровяное давление ниже, чем у взрослых. Это связано с более низким ростом, с более эластичными стенками артерий, с более широким просветом сосудов и с более богатой капиллярной сетью в тканях. С возрастом давление (как систолическое, так и диастолическое) увеличивается.

В процессе родов у плода не наступает резких изменений артериального давления. Давление изменяется при первом вдохе и пережатии пуповины. Артериальное кровяное давление новорожденных составляет в среднем 76 / 38 мм рт. ст. Довольно существенно давление растет на первом году жизни ребенка. Так в возрасте от 3-х до 6-и месяцев систолическое давление изменяется от 82 до 88 мм рт. ст., а в возрасте 2-лет оно составляет уже 94 мм рт. ст. До 5 лет артериальное давление у мальчиков и девочек почти одинаково. От 5 до 9 лет оно несколько выше у мальчиков (Табл. 8)

Таблица 8

Половые различия артериального давления у детей школьного возраста

Пол	Возраст, лет				
	7 – 8	9 – 10	11 – 12	13 – 14	15 – 16
мальчики	88 / 52	91 / 54	103 / 60	108 / 61	110 / 62
девочки	87 / 52	89 / 53	94 / 60	106 / 62	108 / 62

Следует учесть, что показатели давления влияют и геоклиматические факторы. Так у детей – уроженцев юга давление ниже, чем у детей на севере. Возможно, это объясняется климатическим режимом, который определяет уровень обменных процессов.

У подростков наблюдается такой феномен возрастной физиологии как ***юношеская гипертония,*** когда параметры артериального давления значительно превышают возрастную норму. Это не относится к патологии, а является временным явлением. Всё дело в гетерохронии в развитии сердечно-сосудистой системы.

Дело в том, что в период третьего вытягивания *рост сердца опережает рост сосудов,* и нагнетательная сила сердца встречает сопротивление со стороны относительно узких кровеносных сосудов на фоне значительного увеличения массы тела. Всё это и приводит к заметному увеличению артериального кровяного давления.

Достигнув величин 120-122 / 70-72 мм рт. ст., артериальное давление потом длительно поддерживается на этом уровне. После 50 лет максимальное систолическое давление обычно повышается до 130 – 145 мм рт. ст. (Табл. 9).

Таблица 9

Возрастные величины систолического и диастолического давления

Возраст	Систолическое давление, мм рт. ст.	Диастолическое давление, мм рт. ст.
Новорожденные	60	30
1 год	78	40
5 лет	83	50
7 лет	87	52
8 лет	88	52
9 лет	90	53
10 лет	91	54
11 лет	98	60
12 лет	103	60
13 лет	107	61
14 лет	109	62
15 лет	110	62
16 лет	113	72
18 лет	115	70
19 – 20 лет	117	69

20 – 45 лет	122	73
45 – 50 лет	124	76
50 – 55 лет	127	76
55 – 60 лет	129	76
60 – 70 лет	135	77

Пульсовое давление также возрастет. Данное повышение связано со снижением эластичности стенок артерий, обеднением капиллярной сети, а также в некоторых случаях с атеросклеротическими процессами. К старости уровень максимального давления растет у женщин больше, чем у мужчин. После 80 лет артериальное давление у мужчин стабилизируется, а у женщин даже немного снижается.

Что касается ***венозного*** давления, то в детском возрасте оно несколько снижается. Так у детей до года – 70 – 130 мм вод. ст., у 2 – 3-летних - 48 – 105 мм вод. ст., у 8 – 15-летних – 90 – 120 мм вод. ст. При старении венозное давление тоже снижается. У людей в возрасте 20 – 40 лет венозное давление в среднем равно 95 $\pm$ 4,4 мм вод. ст., а в 60 – 70 лет - 59 $\pm$ 2,5 мм вод. ст. В механизме снижения венозного давления велика роль расширения венозного русла, изменения эластичности венозной стенки. Возрастные изменения в венозном давлении связаны со сдвигами в объеме циркулирующей крови, емкостью, эластичностью вен, развитием капиллярной сети и с другими факторами.

6.4. Кровообращение плода.

Сердце человека начинает развиваться очень рано (на 17-й день внутриутробного развития), из двух мезенхимных закладок, которые превращаются в трубки. Эти трубки затем сливаются в непарное простое трубчатое

сердце, расположенное в области шеи, которое кпереди переходит в примитивную луковицу сердца, а кзади – в расширенный венозный синус. Его передний отдел артериальный, задний – венозный. Быстрый рост фиксированного среднего отдела трубки приводит к тому, что сердце изгибается S-образно. В нем выделяют предсердие, венозный синус, желудочек и луковицу с артериальным стволом. На внешней поверхности сигмовидного сердца появляются предсердно-желудочковая борозда (будущая венечная борозда дефинитивного сердца) и луковично-желудочковая борозда, которая после слияния луковицы с артериальным стволом исчезает.

Предсердие сообщается с желудочком узким предсердно-желудочковым (ушковидным) каналом. В его стенках и у начала артериального ствола образуются валики эндокарда, из которых формируются атриовентрикулярные клапаны, клапаны аорты и легочного ствола. Общее предсердие быстро растет, охватывает сзади артериальный ствол, с которым к этому времени сливается примитивная луковица сердца. По обеим сторонам артериального ствола спереди видны два выпячивания – закладки правого и левого ушек. На 4-й неделе появляется межпредсердная перегородка, она растет вниз, разделяя предсердия. Верхняя часть этой перегородки прорывается, образуя межпредсердное (овальное) отверстие. На 8-й неделе начинают формироваться межжелудочковая перегородка и перегородка, разделяющая артериальный ствол на легочный ствол и аорту. Сердце становится четырехкамерным. Венозный синус сердца сужается, превращаясь вместе с редуцировавшейся левой общей кардинальной веной в венечный синус сердца, который впадает в правое предсердие.

Уже на 3-й неделе развития зародыша человека от его артериального ствола отходят две вентральные аорты, которые поднимаются в голодной отдел, огибают переднюю кишку, поворачивают и идут вниз, переходя в дорсальные аорты, которые впоследствии соединяются в непарную нисходящую аорту. Вентральные аорты соединены с дорсальными с помощью шести пар аортальных дуг (жаберных артерий). Вскоре I, II пары аортальных дуг редуцируются. Из центральных аорт образуются общие и наружные сонные артерии, а из III пары аортальных дуг передних отделов дорсальных аорт – внутренние сонные артерии. Кроме того, из части правой вентральной аорты формируется плечеголовной ствол. IV аортальная дуга справа и слева развивается по-разному: из правой формируется подключичная артерия, из левой – дуга дефинитивной аорты, соединяющая восходящую аорту с левой дорсальной. Одна из ветвей левой дорсальной аорты преобразуется в левую подключичную артерию. VI пара аортальных дуг преобразуется в легочные артерии, левая дуга сохраняет связь с аортой, образуя артериальный (боталлов) проток.

От дорсальных аорт отходят три группы сосудов: межсегментарные дорсальные артерии, латеральные и вентральные сегментарные артерии. Из межсегментарных артерий образуются позвоночная, базилярная (и ее ветви), межреберные, поясничные артерии, левая и дистальная части правой подключичной артерий. Последние врастают в формирующиеся верхние конечности. Из латеральных сегментарных артерий образуются диафрагмальные, почечные, надпочечниковые и яичковые (яичниковые) артерии.

Из вентральных сегментарных артерий формируются желточные артерии, которые дают начало чревному стволу, верхней и нижней брыжеечным артериям. Из

нижних вентральных сегментарных артерий образуются пупочные артерии. От начала каждой из них отходит осевая артерия нижней конечности, которая впоследствии подвергается обратному развитию и у взрослого человека представлена тонкой малоберцовой и очень тонкой артерией, сопровождающей седалищный нерв. В связи с развитием органов малого таза и особенно нижних конечностей значительного развития достигают общая, наружная и внутренняя подвздошные артерии, а наружная подвздошная в виде основной артериальной магистрали продолжается на нижнюю конечность и формирует бедренную, подколенную и заднюю большеберцовую артерии.

На 4-й неделе развития по бокам тела закладываются парные венозные стволы – передние и задние кардинальные вены. Вены передней области тела называются прекардинальными, а в задней области тела – посткардинальными. Вены каждой стороны впадают в соответствующие общие кардинальные вены, которые, в свою очередь, вливаются в венозный синус сердца. Полые вены образуются из упомянутых парных венозных стволов пре- и посткардинальных вен. Из анастомоза между прекардинальными венами развивается левая плечеголовная вена, которая несет венозную кровь в правую прекардинальную вену, превращающуюся вместе с правой общей кардинальной веной в верхнюю полую вену.

Развитие нижней полой вены тесно связано с развитием средней (первичной) почки (мезонефрос) и ее вен (суб- и супракардинальных), а также анастомозов как между ними, так и с посткардинальными венами. Наличие этих анастомозов приводит к значительному расширению вен правой стороны задней части тела зародыша и редукции вен левой стороны. В результате этого нижняя полая вена развивается из различных отделов вен правой

стороны задней части тела зародыша. Печеночная часть нижней полой вены (от устья до места впадения в нее надпочечниковой вены) образуется из общей выносящей вены печени, предпочечная часть – из правой субкардинальной вены, почечная часть – из анастомоза между правыми суб- и супракардинальными венами, позадипочечная часть – из поясничного отдела правой супракардинальной вены. Большая часть вен, впадающих в нижнюю полую вену, также развивается за счет различных отделов суб- и супракардинальных вен. Остатками супракардинальных вен являются справа непарная вена и слева полунепарная вена.

На ранних стадиях развития зародыш получает питательные вещества из сосудов желточного мешка, это так называемое желточное кровообращение. До 7 – 8-й недель развития желточный мешок выполняет еще одну функцию – кроветворную. В дальнейшем развивается плацентарное кровообращение – кислород и питательные вещества доставляются плоду из крови матери (через плаценту) по пупочной вене, входящей в состав пупочного канатика (рис. 7). На уровне ворот печени вена делится на две ветви. Одна из них впадает в левую ветвь воротной вены. Кровь, пройдя через печень плода, по печеночной вене направляется в нижнюю полую вену. Вторая ветвь пупочной вены, минуя печень, впадает в нижнюю полую вену, образуя венозный (аранциев) проток, расположенный в левой продольной борозде печени. Таким образом, в нижнюю полую вену кровь поступает из трех источников: из нижних конечностей и стенок брюшной полости, из печени и непосредственно из плаценты через венозный проток. Эта третья порция крови преобладает, обогащенная кислородом кровь вливается в правое предсердие и через овальное отверстие поступает в левое предсердие, минуя легочный круг.

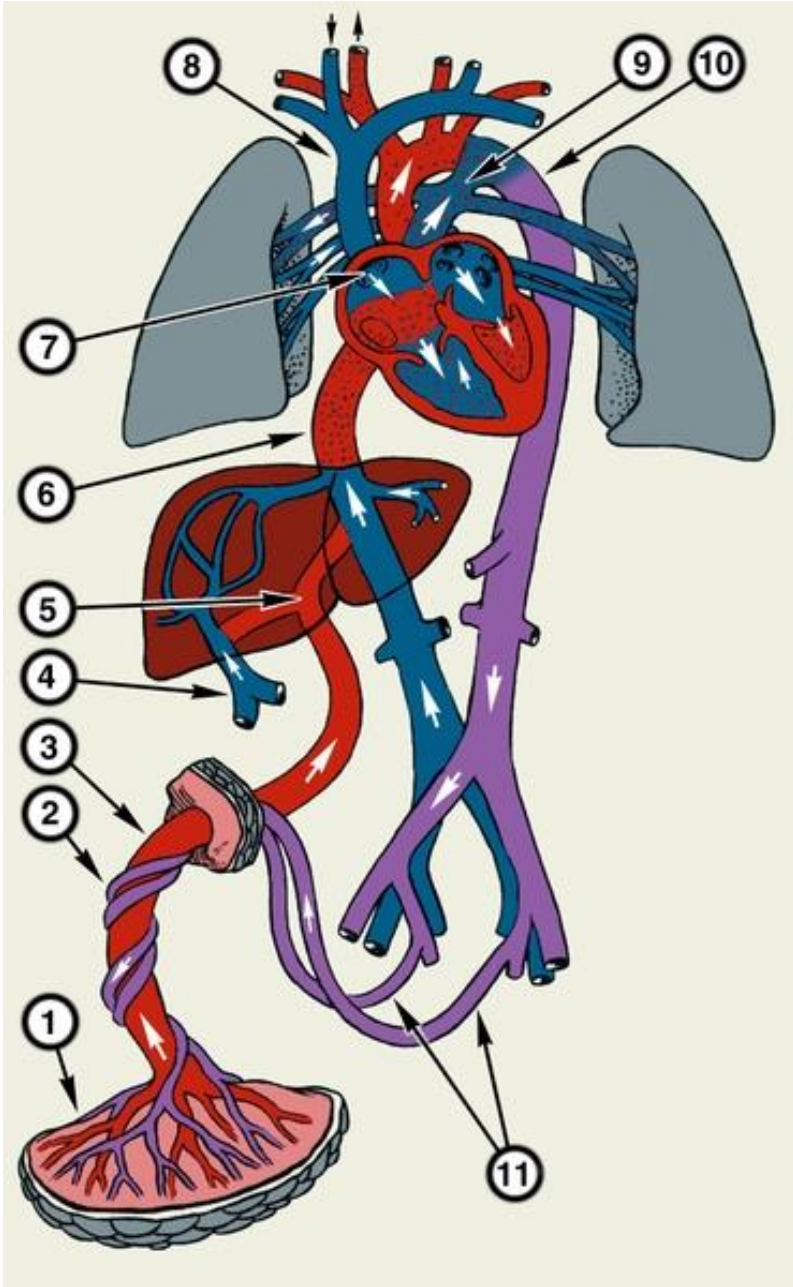

8
9
10
7
6
5
4
3
2
1
11

Рис. 7. Схема кровообращения плода: 1 — плацента; 2 — пупочные артерии; 3 — пупочная вена; 4 — воротная вена; 5 — венозный проток; 6 — нижняя полая вена; 7 — овальное отверстие; 8 — верхняя полая вена; 9 — артериальный проток; 10 — аорта; 11 — подчревные артерии. Красным цветом обозначена артериальная кровь; синим — венозная; красным с синими точками — смешанная кровь, близкая по составу к артериальной; синим с красными точками и сиреневым — смешанная кровь, близкая по составу к венозной (содержание двуокиси углерода несколько меньше в крови, обозначенной сиреневым цветом).

Из левого предсердия она течет в левый желудочек, оттуда в аорту, по ветвям которой направляется к стенкам сердца, голове, шее и верхним конечностям. Таким образом, голова, шея и верхние конечности плода снабжаются преимущественно артериальной кровью.

Кровь, оттекающая от головы, шеи, сердца и верхних конечностей, по верхней полой вене вливается в правое предсердие, из него в правый желудочек и далее в легочный ствол. Наибольшее количество этой крови проходит через малый (легочный) круг и поступает в левое предсердие. Однако большая часть крови все же минует легочный круг, так как она из легочного ствола поступает прямо в аорту через артериальный (боталлов) проток, который соединяет левую легочную артерию с нисходящей дугой аорты (под местом отхождения от аорты левой подключичной артерии). Кровь, поступившая таким путем в аорту, снабжает органы брюшной полости, нижние конечности, а по двум пупочным артериям, проходящим в составе пупочного канатика, поступает в плаценту, неся с собой продукты метаболизма и углекислый газ.

В течение нескольких дней после рождения ребенка закрываются артериальный проток и овальное отверстие. Артериальный проток закрывается в течение первых 8–10 дней жизни, а затем превращается в связку, лишенную

просвета. Пупочные артерии облитерируются в течение первых 2 – 3 дней жизни, пупочная вена – через 6 – 7 дней. Поступление крови из правого предсердия в левое через овальное отверстие прекращается тотчас после рождения, так как левое предсердие наполняется кровью, поступающей в него из легких. Однако закрывается овальное отверстие значительно позднее, чем артериальный проток, и может сохраняться на протяжении 1-го года жизни. В процессе развития сердца могут возникнуть его врожденные пороки, которые, как правило, являются результатом неправильного формирования сердца во внутриутробный период.

Вопросы для самоконтроля.

1. В чём заключаются возрастные особенности анатомии и физиологии сердца?
2. Сформулируйте энергетическое правило поверхности Рубнера. В чём его физиологическое значение?
3. Перечислите основные возрастные особенности артерий вен.
4. В чём причины повышения артериального кровяного давления у пожилых?
5. В чём заключаются особенности фетального кровообращения?

Глава 7. Возрастные особенности системы дыхания.

Гортань, трахея, бронхи это выпячивание вентральной стенки глоточного отдела передней кишки, которое приобретает форму трубочки, расположенной спереди передней части туловищной кишки. На 4-й неделе нижний конец этого выроста делится на два асимметричных мешочка-закладка будущих легких. Из проксимального отдела выроста образуется эпителий слизистой оболочки гортани, из дистального - трахеи, из правого и левого асимметричных мешочков - эпителий бронхов и легких. Закладки легких в процессе роста на 6-й неделе внутриутробного развития достигают формирующейся грудной полости. На 5-й неделе целом, или первичная полость тела, разделяется на две плевральные и одну перикардиальную полости, которые образующейся диафрагмой отделяются от брюшной полости. Из висцерального листка вентральной мезодермы - спланхноплевры, ограничивающей с медиальной стороны первичную полость тела, - образуется висцеральная плевра. Париетальный листок вентральной мезодермы - соматоплевра - дает начало париетальной плевре. Между обоими листками образуется полость плевры.

Таким образом, из энтодермы первичной кишки развиваются эпителий и железы гортани, трахеи, бронхиального дерева и альвеол. Мезенхима, окружающая растущие органы дыхания, преобразуется в соединительную ткань, хрящи, мышцы, сосуды и плевру. На 4-й неделе вокруг гортанно-трахеального выроста появляется утолщение мезенхимы, в которой уже можно различить закладки хрящей и мышц гортани. Хрящи гортани развиваются из II – III жаберных дуг. В толще складки слизистой оболочки, расположенной кпереди от

входа в гортань, образуется надгортанник. Вслед за скелетом гортани формируются ее стенки, голосовые складки и складки преддверия, желудочки гортани. Мышцы гортани развиваются из общего мышечного сфинктера, окружающего глоточную кишку, снаружи от хрящей. На 5-й неделе появляются зачатки долевых бронхов в виде трех выростов справа и двух слева.

Первичные выросты («почки») делятся на вторичные, давая начало 10 сегментарным бронхам с каждой стороны, на концах которых появляются также делящиеся новые выпячивания. Это продолжается в течение 2--4-го месяцев развития, в результате чего формируется бронхиальное дерево. С 4-го по 6-й месяцы внутриутробной жизни закладываются бронхиолы, а с 6-го по 9-й – альвеолярные ходы и альвеолярные мешочки. К моменту рождения ребенка ветвления бронхиального и альвеолярного дерева легких достигают 18 порядков.

7.1. Возрастные особенности воздухоносных путей.

Развитие наружного носа и полости носа связано с развитием костей черепа, полости рта и органов обоняния. *Полость носа* у новорожденного низкая (высота ее около 17,5 мм) и узкая. Носовые раковины относительно толстые, носовые ходы развиты слабо. Нижняя носовая раковина касается дна полости носа. Общий носовой ход остается свободным, хоаны низкие. К 6 мес. жизни высота полости носа увеличивается до 22 мм и формируется средний носовой ход, к 2 годам формируется нижний, после 2 лет верхний носовой ход. К 10 годам полость носа увеличивается в длину в 1,5 раза, а к 20 годам в 2 раза, по сравнению с таковым у новорожденного. Объем носовой полости с возрастом увеличивается примерно в 2,5 раза. Структурные особенности носовой полости детей раннего

возраста затрудняю носовое дыхание, дети часто дышат с открытым ртом, что приводит к частым простудным заболеваниям. Кроме этого ротовое дыхание вызывает кислородное голодание.

Из околоносовых пазух у новорожденного имеется только верхнечелюстная, она развита слабо. Остальные пазухи начинают формироваться после рождения. Лобная пазуха 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. Лобная пазуха к 5 годам имеет размеры горошины.

Размеры клиновидной пазухи у ребенка 6–8 лет достигают 2 – 3 мм. Пазухи решетчатой кости в 7-летнем возрасте плотно прилежат друг к другу; к 14 годам по строению они похожи на решетчатые ячейки взрослого человека.

Носоглотка ребенка менее длинная и более широкая, чем у взрослого человека, свод уплощен. К 2 годам жизни размеры ее увеличивается в 2 раза. Слуховые (евстахиевы) трубы, соединяющие полость носоглотки с полостью среднего уха, располагаются у детей более низко. Глоточное отверстие слуховой трубы у новорожденного имеет вид щели и расположено на уровне твердого нёба, ближе к нёбной занавеске. После 2–4 лет отверстие начинает перемещаться кверху и кзади, сохраняя щелевидную форму. К 12–14 годам оно принимает округлую форму. У детей слуховые трубы более прямые, короткие и широкие, чем у взрослых. Наряду с этим хрящевая часть слуховых труб у детей легко растягивается. Всё это приводит к тому, что очень часто инфекционные заболевания верхних дыхательных путей осложняются воспалениями среднего уха (отиты), так как инфекция легко проникает в полость среднего уха через широкую и

короткую слуховую трубу. У новорожденных длина слуховой трубы 17-21 мм. В течение первого года жизни ребенка слуховая труба растет медленно, на 2-м году жизни быстрее. Длина слуховой трубы у ребенка 1 года равна 20 мм, 2 лет – 30 мм, 5 лет – 35 мм. С возрастом евстахиевы трубы удлиняются и утончаются. У взрослых длина слуховых труб составляет 35 – 38 мм см. Просвет слуховой трубы суживается постепенно: от 2,5 мм в 6 мес. до 2 мм в 2 года и до 1-2 мм у 6-летнего ребенка. У взрослого диаметр слуховой трубы также равен 1-2 мм.

Гортань у новорожденного короткая, широкая, воронкообразная, располагается выше, чем у взрослого человека (на уровне II – IV позвонков). Пластинки щитовидного хряща располагаются под тупым углом друг к другу. Выступ гортани отсутствует. Вследствие высокого расположения гортани у новорожденных и детей грудного возраста надгортанник находится несколько выше корня языка, поэтому при глотании пищевой комок (жидкость) обходит надгортанник по сторонам от него. В результате ребенок может дышать и глотать (пить) одновременно, что имеет важное значение при акте сосания.

Вход в гортань у новорожденного относительно шире, чем у взрослого. Преддверие короткое, поэтому голосовая щель находится высоко. Она имеет длину 6,5 мм (в 3 раза короче, чем у взрослого). Голосовая щель заметно увеличивается в первые три года жизни ребенка, а затем в период полового созревания. Мышцы гортани у новорожденного и в детском возрасте развиты слабо. Гортань быстро растет в течение первых четырех лет жизни ребенка. В период полового созревания (после 10 – 12 лет) вновь начинается ее активный рост, который продолжается до 25 лет у мужчин и до 22 – 23 лет у женщин. Вместе с ростом гортани в детском возрасте она постепенно опускается, расстояние между ее верхним

краем и подъязычной костью увеличивается. К 7 годам нижний край гортани находится на уровне верхнего края VI шейного позвонка. После 17 – 20 лет гортань занимает положение, характерное для таковой взрослого человека.

Половые различия гортани в раннем возрасте не наблюдаются. В дальнейшем рост гортани у мальчиков идет несколько быстрее, чем у девочек. После 6 – 7 лет гортань у мальчиков крупнее (шире и длиннее), чем у девочек того же возраста. В 10 – 12 лет у мальчиков ускоряется рост щитовидного хряща, обостряется угол между его пластинками. Вследствие этого становится заметным выступ гортани (кадык). Примерно в 12 – 13 лет у мальчиков происходит ломка (мутация) голоса. Он становится более низким, появляются грудные звуки. Эти изменения являются вторичными мужскими половыми признаками. Ломка голоса обусловлена влиянием мужского полового гормона (тестостерона) на голосовые связки. Данный гормон удлиняет и утолщает голосовые связки, что и приводит к понижению голоса.

Хрящи гортани, тонкие у новорожденного, с возрастом становятся более толстыми, однако долго сохраняют свою гибкость. После 23 – 25 лет начинается окостенение гиалиновых хрящей гортани. В пожилом и старческом возрасте в хрящах гортани, кроме надгортанника, откладываются соли кальция. Хрящи окостеневают, становятся хрупкими и ломкими.

Трахея у новорожденного короткая. Длина трахеи составляет 3,2 – 4,5 см, ширина просвета в средней части около 0,8 см. Перепончатая стенка трахеи относительно широкая, хрящи трахеи развиты слабо, тонкие, мягкие. В пожилом и старческом возрасте (после 60 – 70 лет) хрящи трахеи становятся плотными, хрупкими, при сдавлении легко ломаются.

После рождения трахея быстро растет в течение первых 6 месяцев, затем рост ее замедляется и вновь ускоряется в период полового созревания и в юношеском возрасте (12 – 22 года). К 3 – 4 годам жизни ребенка ширина просвета трахеи увеличивается в 2 раза. Трахея у ребенка 10 – 12 лет вдвое длиннее, чем у новорожденного, а к 20 – 25 годам длина ее утраивается.

Слизистая оболочка стенки трахеи у новорожденного тонкая, нежная; железы развиты слабо. У ребенка 1 – 2 лет верхний край трахеи располагается на уровне IV – V шейных позвонков, в 5 – 6 лет – кпереди от V – VI позвонков, а в подростковом возрасте на уровне V шейного позвонка. Бифуркация трахеи к 7 годам жизни ребенка находится кпереди от IV – V грудных позвонков, а после 7 лет постепенно устанавливается на уровне V грудного позвонка, как у взрослого человека.

Бронхиальное дерево к моменту рождения в основном сформировано. На 1-м году жизни наблюдается его интенсивный рост (размеры долевых бронхов увеличиваются в 2 раза, а главных в 1,5 раза). В период полового созревания рост бронхиального дерева снова усиливается. Размеры всех его частей (бронхов) к 20 годам увеличиваются в 3,5 – 4 раза (по сравнению с бронхиальным деревом новорожденного). У людей 40 – 45 лет бронхиальное дерево имеет наибольшие размеры. Возрастная инволюция бронхов начинается после 50 лет. В пожилом и старческом возрасте длина и диаметр просвета многих сегментарных бронхов немного уменьшается, иногда появляются четкообразные выпячивания их стенок.

7.2. Возрастные особенности легких.

Легкие у новорожденного неправильной конусовидной формы; верхние доли относительно

небольших размеров. Средняя доля правого легкого по размерам равна верхней доле, а нижняя сравнительно большая. Масса обоих легких у новорожденного составляет 57 г (от 39 до 70 г), объем – 67 $см^3$. Плотность недышавшего легкого равна 1,068 (легкие мертворожденного недышавшего ребенка тонут в воде). Плотность легкого дышавшего ребенка составляет 0,490.

Легкие у детей растут главным образом за счет увеличения объема альвеол. Легочные ацинусы у новорожденного имеют небольшое количество мелких легочных альвеол. У новорожденного диаметр альвеолы 0,07 мм, у взрослого он достигает уже 0,2 мм). В течение второго года жизни ребенка и позже ацинус растет за счет появления новых альвеолярных ходов и образования новых легочных альвеол в стенках уже имеющихся альвеолярных ходов. До 3 лет происходит усиленный рост легких и дифференцировка их отдельных элементов. В возрасте от 3 до 7 лет темпы роста легких снижаются. Образование новых разветвлений альвеолярных ходов заканчивается к 7 – 9 годам, легочных альвеол к 12 – 15 годам. К этому времени размеры альвеол увеличиваются вдвое. Есть данные о том, что уже к 8 годам количество альвеол достигает уровня взрослого человека (Хрипкова и др., 1990). Формирование легочной паренхимы завершается к 15 – 25 годам. В период от 25 до 40 лет строение легочных ацинусов практически не меняется. После 40 – 50 лет начинается постепенное старение легочной ткани. Легочные альвеолы становятся крупнее, часть межальвеолярных перегородок исчезает. В процессе роста и развития легких после рождения объем альвеол увеличивается: в течение 1-го года в 4 раза, к 8 годам в 8 раз, к 12 годам в 10 раз, к 20 годам в 20 раз (по сравнению с объемом легких новорожденного). Что касается объемов легких, то к 12 годам он увеличивается в 10 раз по

сравнению с объемом легких новорожденного, а концу периода полового созревания – в 20 раз (в основном за счет увеличения объема альвеол).

Меняются и границы легких. Верхушка легкого у новорожденного ребенка не выступает за пределы I ребра, лишь к 20–25 годам она выступает на 1 – 2 см над ключицей. Нижние границы легких у новорожденного ребенка расположены на одно ребро выше, чем у взрослого. После 55 – 60 лет нижняя граница легких опускается еще на 1,5 – 2,5 см по сравнению с ее положением у людей в возрасте 30 – 40 лет.

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. Помимо этого дыхательные движения плода представляют собой своего рода подготовку дыхательной системы к дыханию после рождения.

Дыхание новорожденного ребенка частое и поверхностное. Частота подвержена значительным колебаниям – 40 – 60 дыхательных цикла в минуту во время сна. У детей первого года жизни частота дыхательных движений в минуту во время бодрствования 50 – 60, а во время сна – 35 – 40. У детей 1 – 2 лет во время бодрствования частота дыхания 35 – 40, у 2 – 4- летних – 25 – 35 и у 4 – 6-летних – 23 – 26 циклов в минуту. У детей школьного возраста происходит дальнейшее урежение

дыхания (18 – 20 раз в минуту). Взрослый человек делает в среднем 15 – 17 дыхательных движений в минуту и за один вдох при спокойном дыхании вдыхает около 500 мл воздуха.

Что касается физиологических объемов легких, то объем вдыхаемого воздуха у ребенка в 1 месяц жизни составляет 30 мл, в 1 год – 70 мл, в 6 лет – 156 мл, в 10 лет – 239 мл, в 14 лет – 300 мл.

Другой отличительной особенностью является более интенсивная вентиляция легких в пересчете на килограмм массы тела с целью удовлетворения высокого уровня окислительных процессов и меньшая проницаемость легочных альвеол для O_2 и CO_2. Так, у новорожденных частота дыхания составляет 44 цикла в минуту, дыхательный объем – 16 мл, минутный объем дыхания – 720 мл/мин. У детей 5 – 8-летнего возраста частота дыхания снижается и достигает 25 – 22 циклов в минуту, дыхательный объем – 160 – 240 мл, а минутный объем дыхания – 3900 – 5350 мл/мин. У подростков частота дыхания колеблется от 18 до 17 циклов минуту, дыхательный объем – от 330 до 450 мл, минутный объем дыхания – от 6000 до 7700 мл/мин. Эти величины наиболее близки к уровню взрослого человека.

Важной характеристикой функционирования дыхательной системы является жизненная ёмкость легких (ЖЁЛ). Данный параметр меняется с возрастом, зависит от длины тела, степени развития грудной клетки и дыхательных мышц, пола. Обычно она больше у мужчин, чем у женщин.

Так как измерение жизненной емкости легких требует активного и сознательного участия самого ребенка, то она может быть определена лишь после 4 – 5 лет.

К 16 – 17 годам жизненная емкость легких достигает величин, характерных для взрослого человека (см. табл. 10)

Таблица 10.

Средние величины жизненной ёмкости легких у детей

Возраст, лет	Жизненная ёмкость легких, л	
	Мальчики	Девочки
4	1,15	-
5	1,20	0,85
6	1,20	1,10
7	1,40	1,25
8	1,50	1,30
9	1,70	1,50
10	2,00	1,70
11	2,10	1,80
12	2,20	2,00
13	2,30	2,20
14	2,80	2,50
15	3,30	2,70
16	3,80	2,80

У детей младшего возраста спокойное дыхание – диафрагмальное. Это связано с особенностями строения грудной клетки. Ребра расположены под большим углом к позвоночнику, поэтому сокращение межреберных мышц менее эффективно изменяет объем грудной полости. Энергетическая стоимость дыхания ребенка гораздо выше, чем у взрослого. Причина – узкие воздухоносные пути и их высокая аэродинамическая сопротивляемость, а также низкая растяжимость легочной ткани.

В возрасте от 3 до 7 лет в связи с развитием плечевого пояса все более начинает преобладать грудной тип дыхания, и к 7 годам он становится выраженным.

В 7 – 8 лет выявляются половые отличия в типе дыхания: у мальчиков становится преобладающим брюшной тип дыхания, у девочек – грудной. Заканчивается половая дифференцировка дыхания к 14 – 17 годам. Следует заметить, что тип дыхания у юношей и девушек может меняться в зависимости от занятий спортом, трудовой деятельностью.

7.3. Возрастные особенности регуляции дыхания.

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.

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

1. Повышения 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.

К моменту рождения ребенка его дыхательный центр способен обеспечивать ритмичную смену фаз дыхательного цикла (вдох и выдох), но не так совершенно, как у детей старшего возраста. Это связано с тем, что к моменту рождения функциональное формирование дыхательного центра еще не закончилось. Об этом свидетельствует большая изменчивость частоты, глубины, ритма дыхания у детей раннего возраста. Возбудимость дыхательного центра у новорожденных и грудных детей низкая. Дети первых лет жизни отличаются более высокой устойчивостью к недостатку кислорода (гипоксии), чем дети более старшего возраста.

Формирование функциональной деятельности дыхательного центра происходит с возрастом. К 11 годам уже хорошо выражена возможность приспособления дыхания к различным условиям жизнедеятельности.

Чувствительность дыхательного центра к содержанию углекислого газа повышается с возрастом и в школьном возрасте достигает примерно уровня взрослых. Следует отметить, что в период полового созревания происходят временные нарушения регуляции дыхания и организм подростков отличается меньшей устойчивостью к недостатку кислорода, чем организм взрослого человека. Увеличивающаяся по мере роста и развития организма потребность в кислороде обеспечивается совершенствованием регуляции дыхательного аппарата, приводящей к возрастающей экономизации его деятельности. По мере созревания коры больших

полушарий совершенствуется возможность произвольно изменять дыхание – подавлять дыхательные движения или производить максимальную вентиляцию легких.

У взрослого человека во время мышечной работы увеличивается легочная вентиляция в связи с учащением и углублением дыхания. Такие виды деятельности, как бег, плавание, бег на коньках и лыжах, езда на велосипеде, резко повышают объем легочной.

****

Таким образом, развитие дыхательной функции легких происходит неравномерно. Наиболее интенсивное развитие отмечается в возрасте 6 – 8, 10 – 13, 15 – 16 лет. Критические периоды для развития функциональных возможностей системы дыхания наблюдаются в возрасте 9 – 10 и 12 – 13 лет.

Вопросы для самоконтроля.

1. Перечислите возрастные особенности носовых полостей, носоглотки и гортани.
2. В чём заключаются особенности дыхания у детей?
3. К какому возрасту жизненная ёмкость лёгких достигает величин, характерных для взрослого человека?
4. Перечислите этапы созревания регуляторных функций лёгких.

Глава 8. Возрастные особенности системы пищеварения.

Пищеварительная система у человека начинает развиваться на 3-й неделе внутриутробной жизни. В это время внутренний зародышевой листок (энтодерма) свертывается в трубку, образующую первичную кишку, замкнутую спереди и сзади и расположенную кпереди от спинной струны хорды. Из энтодермы в дальнейшем образуются эпителиальный покров органов пищеварительной системы и ее железы, кроме полости рта и анального канала. Печень и поджелудочная железа также развиваются из материала первичной кишки (из энтодермы). Ротовая полость, ее органы и заднепроходный канал образуются в результате впячивания эктодермы со стороны головного конца зародыша (ротовая ямка) и со стороны хвостового конца зародыша (заднепроходная ямка). Вначале и ротовая, и заднепроходная ямки отделены от первичной кишки двуслойными перепонками: глоточной, которая прорывается на четвертой неделе эмбриогенеза, и заднепроходной, которая прорывается несколько позже. В результате этого первичная кишка и в передней своей части, и в задней получает сообщение с внешней средой. Поскольку передний и задний отделы пищеварительной трубки (системы) сформировались из эктодермы в связи с образованием ротовой и заднепроходной ямок (бухт), эпителий и железы, в том числе слюнные, имеют эктодермальное происхождение.

Остальные слои органов пищеварительной системы (пищеварительной трубки), в том числе собственная пластинка слизистой оболочки, подслизистая основа, мышечная и адвентициальная оболочки (и серозная тоже) происходят из передней (вентральной) части среднего

зародышевого листка из несегментированной части мезодермы.

Первичная кишка и формирующиеся на ее основе органы пищеварительной системы вначале располагаются вдоль тела зародыша, по его продольной оси. Начиная со 2-го месяца внутриутробной жизни, наблюдается интенсивный рост органов пищеварительной системы, появляется веретенообразное расширение – будущий желудок, растут в длину тонкая и толстая кишки.

Из энтодермальных выпячиваний будущей двенадцатиперстной кишки начинают формироваться печень и поджелудочная железа. Во время роста и дифференцирования органов пищеварительной системы происходит постепенный поворот вправо (по часовой стрелке) органов, расположенных в брюшной полости. Желудок поворачивается вокруг своей продольной оси на 90°. При этом двенадцатиперстная кишка и печень смещаются вправо. Отдел пищеварительной трубки, из которого развивается тонкая кишка, слепая кишка и восходящая ободочная кишка, поворачивается вправо, в конечном итоге, на 270°. В результате роста пищеварительной трубки и этих перемещений образуются многочисленные петли тонкой кишки и изгибы толстой (ободочной) кишки.

После рождения ребенка органы пищеварительной системы продолжают расти и дифференцироваться, при этом наблюдаются их возрастные изменения. Наиболее существенные морфологические и функциональные отличия между органами пищеварения взрослого человека и ребенка наблюдаются только в первые годы постнатального развития.

У новорожденных и детей первых 3-х месяцев жизни *полость рта* чрезвычайно мала, а костное нёбо широкое и уплощенное. У новорожденных детей *слюнные железы* развиты слабо. Так, средняя масса подъязычной железы

составляет всего 0,4 г, а поднижнечелюстной – 0,9 – 2,5 г. Быстрый рост желез происходит в период от 4 мес. после рождения до 2 лет, однако они достигают максимального развития к 20 – 25 годам. После 40 – 50 лет начинается процесс возрастной инволюции желез, сопровождающийся уменьшением объема паренхимы и разрастанием стромы.

Функциональная активность слюнных желез проявляется с появлением молочных зубов (с 5-6 месяцев). Особенно значительное усиление слюноотделения происходит в конце первого года жизни. С возрастом количество выделяемой слюны увеличивается: наиболее заметные сдвиги в слюноотделении отмечаются у детей от 9 до 12 месяцев и от 9 до 11 лет. Всего в сутки у детей выделяется до 800 $см^3$ слюны.

Зубы закладываются и развиваются в толще челюстей. Ещё во внутриутробном периоде развития закладываются зачатки постоянных зубов, сменяющих в определенном возрасте молочные. У ребенка прорезывание первых (молочных) зубов начинается в 6 – 8 месяцев после рождения и заканчивается к 3 годам (Табл. 11). Зубы могут появляться раньше или позднее в зависимости от индивидуальных особенностей развития, качества питания. Раньше всего у ребенка прорезываются нижние зубы – медиальные резцы, потом появляются верхние средние и верхние боковые. К концу первого года жизни у ребенка обычно появляются первые 8 зубов, а концу 2-го года жизни, иногда к началу третьего, – ещё 12. Таким образом, у детей имеются 20 молочных зубов. Зубная формула ребенка 3 – 6 лет такова:

$$\frac{2.0.1.2.\quad 2.1.0.2.}{2.0.1.2.\quad 2.1.0.2.}$$

В 6 – 7 лет начинается процесс смены молочных зубов на постоянные. Постоянные зубы до своего прорезывания располагаются между корнями молочных зубов. Перед прорезыванием молочный зуб выпадает. Первыми среди постоянных зубов прорезываются первые большие нижние коренные зубы (моляры), после них – последовательно медиальные резцы, латеральные резцы, первые малые коренные зубы, клыки и вторые коренные и, наконец, вторые большие коренные зубы. Процесс смены молочных зубов на постоянные заканчивается к 14 годам, за исключением зубов мудрости (третьи большие коренные зубы). Они появляются в 18 – 25 лет и позднее и в 15% случаев они могут вообще отсутствовать на верхней челюсти. Таким образом, зубная формула взрослого человека выглядит так:

$$\frac{3.2.1.2.\ \ 2.1.2.3.}{3.2.1.2.\ \ 2.1.2.3.}$$

Таблица 11

Средние сроки прорезывания зубов

Название зубов	**Возраст появления молочных зубов, мес**		**Возраст, лет**
	Нижние	**Верхние**	
Внутренний медиальный резец	6 - 7	8 - 9	7 – 7,5
Наружный латеральный резец	12	10	8 – 8,5

Клык	15 -20	11 – 11,5
Первый малый коренной	12 - 15	10 – 10,5
Второй малый коренной	12 - 15	11 – 11,5
Первый большой коренной	20 - 30	7 – 7,5
Второй большой коренной	20 - 30	12 – 12,5
Третий большой коренной	-	18 – 25 и позднее

Глотка у новорожденного короткая, ее длина около 3 см. Нижний край глотки находится на уровне между телами III и IV шейных позвонков. К 11 – 12 годам на уровне V – VI шейных позвонков, а в подростковом возрасте – на уровне VI – VII шейных позвонков. Глоточное отверстие слуховой трубы у новорожденного имеет вид щели и расположено на уровне твердого нёба, ближе к нёбной занавеске. После 2 – 4 лет отверстие начинает перемещаться кверху и кзади, сохраняя щелевидную форму, или становится овальным.

В первые годы постнатального развития интенсивно идет формирование других органов пищеварения: пищевода, желудка, тонкого и толстого кишечника, печени и поджелудочной железы. Меняются их размеры, форма и функциональная активность.

Так, например, *пищевод* у новорожденного имеет длину 10 – 12 см. К 11 – 12 годам его длина удваивается

(20 – 22 см). Расстояние от зубов до кардиальной части желудка у новорожденного равно 16,3 см, в 2 года – 22,5 см, в 5 лет – 26 – 27,9 см, у ребенка 12 лет составляет 28,0 – 34,2 см. Просвет пищевода у ребенка 2 – 6 месяцев равен 0,8 – 1,2 см, старше 6 лет – 1,3 – 1,8 см. Мышечная оболочка пищевода у новорожденного развита слабо, до 12 – 15 лет она интенсивно растет, в дальнейшем изменяется мало. Слизистая оболочка у детей до одного года бедна железами. Продольные складки появляются в возрасте 2 – 2,5 лет.

Желудок у новорожденного имеет веретенообразную форму. К концу первого года жизни он удлиняется и после 1,5 лет желудок приобретает грушевидную форму. В период от 6-7 до 11 лет приобретает форму, как у взрослого человека. Желудок у новорожденного вмещает около 50 $см^3$ пищи. В конце первого года жизни вместимость увеличивается до 250 – 300 $см^3$. В 2 года емкость желудка равна 490 – 500 $см^3$, в 3 года 580 – 680 $см^3$, к четырем годам увеличивается до 750 $см^3$. К концу периода второго детства (12 лет) вместимость желудка возрастает до 1300 – 1500 $см^3$. У детей, находящихся на искусственном вскармливании, желудок растянут, особенно в области передней стенки. Кардия, дно, часть тела желудка находятся в левом подреберье и прикрыты левой долей печени. Большая кривизна прилежит к поперечной ободочной кишке. С уменьшением левой доли печени желудок приближается к передней брюшной стенке и смещается в надчревную область. Входное отверстие желудка у новорожденного находится на уровне VIII – IX, а отверстие привратника на уровне XI – XII грудных позвонков. По мере роста ребенка желудок опускается. В 7 лет при вертикальном положении тела входное отверстие желудка проецируется между XI – XII грудными позвонками, а выходное между XII грудным и I поясничным

позвонками. В старческом возрасте желудок еще больше опускается.

Значительно изменяется строение мышечного слоя желудка. У детей раннего возраста наблюдается слабое развитие мышц и эластических элементов желудка. Максимальной толщины она достигает к 15 – 20 годам.

Слизистая оболочка желудка у новорожденного относительно толстая, складки высокие. Количество желудочных ямок достигает 200 000. К трем годам жизни количество таких ямок составляет 720 000, к двум годам 1 300 000, к 15 годам – 4 млн. Количество желудочных желез у новорожденного около 500 000, у двухмесячного ребенка их число достигает 1,8 млн, у двухлетних детей – 8 млн, у шестилетних – 10 млн, у взрослого человека – около 35 млн.

Желудочные железы в первые годы жизни ребенка еще недоразвиты и малочисленны, хотя и способны секретировать желудочный сок, в котором содержание соляной кислоты, количество и функциональная активность ферментов значительно ниже, чем у взрослого человека. Так, количество ферментов, расщепляющих белки, увеличивается с 1,5 до 3 лет, затем в 5-6 лет и в школьном возрасте до 12-14 лет. Содержание соляной кислоты увеличивается до 15-16 лет. Низкая концентрация соляной кислоты обусловливает слабые бактерицидные свойства желудочного сока у детей до 6-7 лет, что способствует более легкой восприимчивости детей этого возраста к желудочно-кишечным инфекциям.

В процессе развития детей и подростков существенно меняется и активность содержащихся в нем ферментов. Особенно значительно меняется в первый год жизни активность фермента – химозина, действующего на белки молока. У ребенка 1-2 месяцев его активность в условных единицах равна 16-32, а в 1 год может достигать 500 ед., у

взрослых этот фермент полностью теряет свое значение в пищеварении. С возрастом нарастает также активность других ферментов желудочного сока и в старшем школьном возрасте она достигает уровня взрослого организма. Следует отметить, что у детей до 10 лет в желудке активно идут процессы всасывания, в то время как у взрослых эти процессы осуществляются в основном только в тонком кишечнике.

Двенадцатиперстная кишка у новорожденного имеет кольцеобразную форму. Начало и конец ее располагаются на уровне I поясничного позвонка. К 7 годам нисходящая часть этой кишки опускается до II поясничного позвонка.

Тонкая кишка у новорожденного имеет длину 1,2 – 2,8 м. В 2 – 3 года ее длина возрастает и имеет в среднем 2,8 м. К 10 годам длина кишки достигает ее величины у взрослого человека (5–6 м). Диаметр кишки к концу первого года жизни составляет 16 мм, а в 3 года – 23 мм. Дуоденальные железы у новорожденного разветвлены слабо. Интенсивный рост желез наблюдается в первые годы жизни ребенка. У новорожденного складки *тощей* и *подвздошной кишок* выражены слабо, железы недоразвиты. Многочисленные ворсинки уже имеются. Мышечная оболочка также слабо развита. Интенсивный рост всех структур тонкой кишки отмечается до 3 лет, затем рост замедляется ив 10 – 15 лет вновь усиливается.

Толстая кишка у новорожденного короткая, ее длина около 65 см, гаустры и сальниковые отростки у ободочной кишки отсутствуют. Первыми появляются гаустры на шестом месяце, а сальниковые отростки - на втором году жизни ребенка. К концу грудного возраста толстая кишка удлиняется до 83 см, а к 10 годам достигает 118 см. Ленты ободочной кишки, гаустры и сальниковые отростки окончательно формируются к 6 – 7 годам.

Слепая кишка у новорожденного короткая (1,5 см), располагается выше крыла подвздошной кости. В правую подвздошную ямку кишка опускается к середине подросткового возраста (14 лет), по мере роста восходящей ободочной кишки. Вид, типичный для таковой у взрослого человека, слепая кишка принимает к 7–10 годам. Подвздошно-слепокишечное отверстие у новорожденных зияет. У детей старше года оно становится щелевидным. Подвздошно-слепокишечный клапан имеет вид небольших складок.

Восходящая ободочная кишка короткая, у новорожденного она прикрыта печенью. В подростковом и юношеском возрасте восходящая ободочная кишка приобретает строение, характерное для взрослого человека.

Поперечная ободочная кишка у новорожденного имеет короткую брыжейку (до 2 см). Спереди кишка прикрыта печенью. К 1,5–2 годам длина брыжейки увеличивается до 5,0–8,5 см, что способствует увеличению подвижности кишки. У детей первого года жизни длина поперечной ободочной кишки составляет 26 – 28 см. К 10 годам ее длина возрастает до 35 см. Наибольшую длину она имеет у старых людей.

Нисходящая ободочная кишка у новорожденных имеет длину около 5 см. К году ее длина удваивается, в 5 лет составляет 15 см, в 10 лет 16 см. Наибольшей длины кишка достигает к старческому возрасту.

Сигмовидная ободочная кишка у новорожденного (длина ее около 20 см) находится высоко в брюшной полости, имеет длинную брыжейку. Широкая ее петля лежит в правой половине брюшной полости, соприкасается иногда со слепой кишкой. К 5 годам петли сигмовидной кишки располагаются над входом в малый таз. К 10 годам длина кишки увеличивается до 38 см, а

петли ее спускаются в полость малого таза. После 60 – 70 лет кишка становится атрофичной вследствие истончения ее стенок.

Прямая кишка у новорожденного цилиндрической формы, не имеет ампулы и изгибов, складки не выражены, длина ее равна 5 – 6 см. В период первого детства завершается формирование ампулы, а после 8 лет изгибов. Заднепроходные столбы и пазухи у детей хорошо развиты. Быстрый рост прямой кишки наблюдается после 8 лет. К концу подросткового периода прямая кишка имеет длину 15 – 18 см, а диаметр ее равен 3,2 – 5,4 см.

Печень у новорожденного больших размеров, занимает более половины объема брюшной полости. Масса печени у новорожденного 135 г, что составляет 4,0 – 4,5 % массы тела (у взрослых 2 – 3 %). Левая доля печени по размерам равна правой или даже больше ее. Нижний край печени выпуклый, под ее левой долей располагается ободочная кишка. У новорожденных нижний край печени по правой среднеключичной линии выступает из-под реберной дуги на 2,5 – 4,0 см, а по передней срединной линии на 3,5 – 4,0 см ниже мечевидного отростка. У детей 3 – 7 лет нижний край печени находится ниже реберной дуги на 1,5 – 2,0 см (по среднеключичной линии). После 7 лет нижний край печени из-под реберной дуги уже не выходит. Под печенью располагается только желудок. Начиная с этого времени скелетотопия печени ребенка почти не отличается от скелетотопии взрослого человека. У детей печень очень подвижна, и ее положение легко изменяется при изменении положения тела.

Желчный пузырь у новорожденного удлиненный (3,4 см), однако дно его не выступает из-под нижнего края печени. К 10 – 12 годам длина его возрастает примерно в 2 – 4 раза. Проецируется желчный пузырь на переднюю

брюшную стенку ниже реберной дуги, на 2 см вправо от передней срединной линии.

Поджелудочная железа у новорожденного короткая, ее длина составляет 4 – 5 см, масса равна 2 – З г. К З – 4-му месяцу масса железы увеличивается в 2 раза, к трем годам достигает 20 г, к 10 – 12 годам 30 г. У новорожденных детей поджелудочная железа относительно подвижная. Топографические взаимоотношения железы с соседними органами, характерные для взрослого человека, устанавливаются в первые годы жизни ребенка. Данная железа развивается наиболее интенсивно до 1 года и в 5-6 лет. По своим морфофункциональным параметрам она достигает уровня взрослого организма к окончанию подросткового возраста (в 11-13 лет завершается ее морфологическое развитие, а в 15-16 лет – функциональное). Аналогичные темпы морфофункционального развития наблюдаются у печени и всех отделов кишечника.

Таким образом, развитие органов пищеварения идет параллельно с общим физическим развитием детей и подростков. Наиболее интенсивный рост и функциональное развитие органов пищеварения наблюдается в 1-й год постнатальной жизни, в дошкольном возрасте и в подростковом периоде, когда органы пищеварения по своим морфофункциональным свойствам приближаются к уровню взрослого организма. Кроме того, в процессе жизни у детей и подростков легко вырабатываются условные пищевые рефлексы, в частности рефлексы на время приема пищи. В связи с этим важно приучить детей к строгому соблюдению режима питания. Важное значение для нормального пищеварения имеет соблюдение «пищевой эстетики».

Вопросы для самоконтроля.

1. Перечислите, в какой последовательности появляются у детей молочные и постоянные зубы.
2. В чём заключаются основные возрастные особенности желудка.
3. Какие основные моменты развития поджелудочной железы и печени у детей.

Глава 9. Возрастные особенности обмена веществ и энергии.

Процессы обмена веществ и энергии (метаболизм) 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 *(ассимиляция или анаболизм)* значительно преобладают над процессами разрушения *(диссимиляция или катаболизм)*, 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.

9.1. Обмен белков, жиров и углеводов.

В организме ребенка идут интенсивно процессы роста и формирования новых клеток и тканей. Это требует

поступления в детский организм относительно большего количества белка, чем у взрослого человека. Чем интенсивнее идут процессы роста, тем больше потребность в белке.

Суточная потребность в *белке* на 1 кг массы тела у ребенка на первом году жизни составляет 4 – 5 г, от 1 до 3 лет – 4 – 4,5 г, от 6 до 10 лет – 2,5 – 3 г, старше 12 лет – 2 – 2,5 г, у взрослых – 1,5 – 1,8 г. Следовательно, в зависимости от возраста и массы дети от 1 до 4 лет должны получать в сутки белка 30 – 50 г, от 4 до 7 лет – около 70 г, с 7 лет – 75 – 80 г. При этих показателях азот максимально задерживается в организме.

Что касается *жирового обмена*, то известно, на 1 кг массы взрослого человека в сутки должно поступать с пищей 1,25 г жиров (80 – 100 г в сутки). В организме ребенка первого полугодия жизни за счет жиров покрывается примерно на 50% потребность в энергии.

Обмен жиров у детей неустойчив, при недостатке в пище углеводов или при усиленном их расходе быстро истощаются депо жира и происходит неполное окисление жиров с накоплением в крови кислых продуктов обмена.

Всасывание жиров у детей идет интенсивно. При грудном вскармливании усваивается до 90% жиров молока, при искусственном – 85 – 90%; у старших детей жиры усваиваются на 95 – 97%.

Для лучшего использования жира в пище детей должно быть достаточно и углеводов, так как при дефиците углеводов в питании происходит неполное окисление жиров и в крови накапливаются кислые продукты обмена.

Потребность организма в жирах на 1 кг массы тела тем выше, чем меньше возраст ребенка. С возрастом увеличивается абсолютное количество жира, необходимое для нормального развития детей.

Потребности детей и подростков в жирах имеют свои возрастные особенности. Так, до 1,5 года потребности в растительных жирах нет, а общая потребность составляет 50 г в день, с 2 до 10 лет потребность в жирах увеличивается 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.

В детском организме, в период его роста и развития, *углеводы* выполняют не только роль основных источников энергии, но и важную пластическую роль при формировании клеточных оболочек, вещества соединительной ткани. Интенсивный рост детского организма требует значительных количеств пластического материала – белков и жиров. Поэтому у детей образование углеводов из белков и жиров ограниченно.

Суточная потребность в углеводах у детей высокая и составляет в грудном возрасте 10 – 12 г на 1 кг массы тела. В последующие годы потребное количество углеводов колеблется от 8 – 9 до 12 – 15 г на 1 кг массы. От 1 до 3 лет в сутки ребенку надо дать с пищей в среднем 193 г углеводов, от 4 до 7 лет – 287 г, от 9 до 13 лет – 370 г, от 14 до 17 лет - 470 г, взрослому – 500 г.

Важно также и соотношение пищевых веществ в рационе. Для детей дошкольного возраста наилучшим считается соотношение белков к жирам и углеводам, как 1 : 2: 3, для детей младшего школьного возраста – 1 : 1 : 6, а для взрослых – 1 : 1 : 4 (Табл. 12).

Таблица 12

Потребность в белках, жирах и углеводах для детей разного возраста

Возраст, лет	**Белки, г/сут.**	**Жиры, г/сут**	**Углеводы, г/сут**	**Калорийность, ккал/сут.**
6 мес. – 1 г.	25	25	113	820
1 – 1,5	48	48	160	1332
1,5 – 2	53	53	192	1537
3 – 4	63	63	233	1844
5 – 6	72	72	272	1970
7 – 10	79	79	315	2300
11 – 13	89	89	355	2575
14 – 17 (маль.)	100	100	400	2900
14 – 17 (дев.)	93	93	367	2600

9.2. Водно-солевой обмен.

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 4,5летнего ребенка – 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.

Организм ребенка быстро теряет и быстро накапливает воду. Потребность в воде на 1 кг массы тела с возрастом уменьшается, а абсолютное количество ее возрастает. Трехмесячному ребенку требуется 150 – 170 г воды на 1 кг массы, в 2 года – 95 г, в 12 – 13 лет – 45 г. Суточная потребность в воде у годовалого ребенка 800 мл, в 4 года – 950 – 1000 мл, в 5 – 6 лет – 1200 мл, в 7 – 10 лет – 1350 мл, в 11 – 14 лет – 1500 мл.

У новорожденного минеральные вещества составляют 2,55% от массы тела, у взрослого – 5%. Они оказывают большое влияние на развитие ребенка. С кальциевым и фосфорным обменом связаны рост костей, сроки окостенения хрящей и состояние окислительных процессов в организме. Кальций влияет на возбудимость нервной системы, сократимость мышц, свертываемость крови, белковый и жировой обмен в организме. Фосфор нужен не только для роста костной ткани, но и для нормального функционирования нервной системы, большинства железистых и других органов.

Наибольшая потребность в *кальции* отмечается на первом году жизни ребенка: в этом возрасте она в 8 раз больше, чем на втором году жизни, и в 13 раз больше, чем на третьем году. Затем потребность в кальции снижается, несколько повышаясь в период полового созревания. Так, норма потребления кальция в организме годовалого ребенка составляет 1000 мг в день, фосфора – 1500 мг. В возрасте от 7 до 10 лет потребность в микроэлементах увеличивается, кальция требуется 1100 мг в день, фосфора – 1650 мг. К концу периода полового созревания потребность в микроэлементах немного снижается.

Оптимальное соотношение между концентрацией солей кальция и фосфора для детей дошкольного возраста составляет 1 : 1, в возрасте 8 – 10 лет – 1 : 1,5,

у подростков и старших школьников – 1 : 2. При таких отношениях развитие скелета протекает нормально.

Потребность в *железе* у детей выше, чем у взрослых (1 – 1,2 мг на 1 кг массы в сутки, а у взрослых – 0,9 мг). Натрия дети должны получать 25 - 40 мг в сутки, калия – 12 – 30 мг, хлора – 12 – 15 мг. (Табл. 13)

Таблица 13

Физиологические нормы суточной потребности детей различного возраста в минеральных веществах (в мг)

Возраст, лет	Пол	Минеральные вещества			
		Кальций	Фосфор	Магний	Железо
6	-	1200	1450	300	15
7 – 10	-	1100	1650	250	18
11 – 13	Мальчики	1200	1800	350	18
11 – 13	Девочки	1100	1650	300	18
14 – 17	Мальчики	1200	1800	300	18
14 – 17	Девочки	1100	1650	300	18

9.3. Витамины.

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 B_1, B_2, B_{12}, PP, C, A и D. До одного года норма потребности витамина А составляет 0,5 мг, B_1 – 0,5 мг, B_2 – 1 мг, PP – 5 мг, B_6 – 0,5 мг, C – 30 мг и D – 0,15 мг. В период от 3 до 7 лет норма потребности витамина А

составляет 1 мг, B_1 – 1,5 мг, B_2 – 2,5 мг, PP – 10 мг, B_6 – 1,5 мг, C – 50 мг, а потребность в витамине D остается такой же – 0,15 мг. На момент полового созревания норма потребности витамина A составляет 1,5 мг, B_1 – 2 мг, B_2 – 3 мг, PP – 20 мг, B_6 – 2 мг, C – 70 мг и D – 0,15 мг. (Табл. 14)

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.

Таблица 14

Физиологические нормы суточной потребности детей различного возраста в витаминах

Возраст, лет	Пол	Витамины						
		B_1, мг	B_2, мг	PP, мг	B_6, мг	C, мг	A мг	D, мг
до 1 г.	-	0,5	1,0	5	1,5	30	0,5	0,15
3 – 7	-	1,5	2,5	10	1,5	50	1,0	0,15
7 – 10	-	1,4	1,6	15	1,6	60	700	100
11 – 13	М	1,6	1,9	18	1,9	70	1,5	100
11 – 13	Д	1,5	1,7	16	1,7	60	1,0	100
14 – 17	М	1,7	2,0	19	2,0	75	1,5	100
14 – 17	Д	1,6	1,8	17	1,8	65	1,0	100

9.4. Энергетический обмен у детей и подростков

Как известно, энергетические затраты организма в условиях покоя, связанные с поддержанием минимального,

необходимого для жизнедеятельности клеток уровня обменных процессов, называют *основным обменом.*

В среднем величина основного обмена у мужчин среднего возраста составляет в сутки 1741 – 1844 ккал, а у женщин 1568 – 1658 ккал. Для каждого человека величина основного обмена относительно постоянна. Основной обмен у детей интенсивнее, чем у взрослых. Например, у детей 8 – 9 лет основной обмен в 2 – 2,5 раза больше, чем у взрослого. Интенсивность обменных реакций у детей в пересчете на 1 кг массы тела или 1 $м^2$ его поверхности значительно выше, чем у взрослых, хотя абсолютные величины меньше. Так, у мальчиков 8 лет величина основного обмена в пересчете на 1 $м^2$ поверхности составляет 1509 ккал, а у девочек – 1246 ккал. Далее с возрастом величина основного обмена уменьшается и у юношей 15 лет она составляет уже 1170 ккал, а у девушек – 1093 ккал.

Динамика основного обмена с возрастом тесно связана с энергетическими затратами на рост. Энергетические затраты на рост тем больше, чем моложе ребенок. Так, расход энергии, связанный с ростом, в возрасте 3 месяцев составляет 36%, в возрасте 6 месяцев – 26%, 10 месяцев – 21% общей энергетической ценности пищи.

В дошкольном и младшем школьном возрастах отмечается четкое соответствие интенсивности снижения основного обмена и динамики ростовых процессов: чем больше скорость относительного роста, тем значительнее изменения обмена покоя. Величина основного обмена у девочек несколько ниже, чем у мальчиков. Это различие начинает проявляться уже во второй половине первого года жизни. По изменению темпов ростовых процессов и интенсивности обмена девочки опережают мальчиков примерно на год.

Что касается энергетического обеспечения мышечной деятельности, то известно, что энергетика мышечного сокращения и ее возрастные особенности определяются соотношением различных источников энергии (аэробных и анаэробных). Развитие мышечной энергетики в течение первых лет жизни идет за счет увеличения аэробных возможностей. Переломным этапом их формирования является возраст 6 лет, что связано с усилением развития митохондриального аппарата скелетных мышц. Возможности аэробных механизмов увеличиваются в младшем школьном возрасте, в особенности к 9 – 11 годам, что обеспечивает повышение естественной двигательной активности ребенка и развитие двигательных качеств. В 12 лет наступает новый переломный период в развитии энергетики мышечного сокращения, связанный с возрастающей активностью гликолитических ферментов. Изменения энергетики мышечного сокращения обеспечивают увеличение физической работоспособности, абсолютные показатели которой возрастают. Чем тяжелее мышечная работа, тем больше энергии тратит человек. У школьников подготовка к уроку, урок в школе требуют энергии на 20 – 50% выше энергии основного обмена.

Вопросы для самоконтроля.

1. Какова суточная потребность в белках, жирах и углеводах у детей различного возраста?
2. Какова суточная потребность в воде у детей различного возраста?
3. Какова суточная норма витаминов групп A, B, C и D для детей различного возраста?

Глава 10. Возрастные особенности мочеполовой системы.

10.1. Возрастные особенности мочевыделительной системы

В раннем онтогенезе человека последовательно сменяют друг друга три стадии развития почки: *предпочка, первичная почка* и *окончательная почка*. Предпочка у зародыша человека появляется на 3-й неделе и функционирует 40 – 50 ч. Каждая предпочка состоит из нескольких канальцев *(протонефридий),* открывающихся одним концом (воронкой) в полость тела, а другим – в парный *протонефрический проток,* преобразующийся в дальнейшем в *мезонефральный проток (вольфов)*.

Далее предпочка быстро редуцируется, ее сменяет парная *первичная почка (вольфово тело),* которая у человека закладывается каудальнее предпочки в конце 3-й недели развития и состоит из 25 – 30 извитых канальцев *(метанефридий)*. Первичная почка у человеческого зародыша функционирует до конца 2-го месяца внутриутробной жизни и потом редуцируется. Парная *окончательная почка* сменяет первичную. У человека она начинает закладываться на 2-м месяце эмбрионального развития из нефрогенной ткани (участок мезодермы) и выпячивания мезонефрального протока. Развитие окончательной почки заканчивается лишь после рождения. В процессе развития окончательная почка как бы поднимается в будущую поясничную область, это связано с неравномерным ростом различных сегментов тела.

Почка у новорожденных и детей грудного возраста округлая, бугристая за счет дольчатого строения. Дольчатое строение почки сохраняется до 2 – 3 лет. Длина почки у новорожденного составляет 4 см, масса почки 12 г.

Рост почек происходит в несколько этапов: на 1-м году почки растут быстро и к началу 2-го года масса почки достигает 35 – 40 г. В период первого детства длина почки равна в среднем 8 см, а масса – 55 – 60 г. Далее до 13-ти лет жизни рост почек замедляется. Существенный рост почки происходит в возрасте 13 – 14 лет, когда ее масса увеличивается до 120 г, а длина – до 10 – 11 см. Хотя к 20 годам масса почки достигает средней массы почки взрослого, она продолжает расти до 30 – 40 лет.

У новорожденного ребенка толщина коркового вещества почки не превышает 2 мм, а мозгового – 8 мм. Их соотношение у новорожденного составляет 1 : 4, а у взрослого – 1 : 2. То есть толщина коркового вещества у взрослого человека, по сравнению с таковой у новорожденного, увеличивается примерно в 4 раза, а мозгового – только в 2 раза. В период 5 – 9 лет и особенно в 16 – 19 лет размеры почки увеличиваются за счет развития коркового вещества. Рост мозгового вещества прекращается к 12 годам, а развитие коркового вещества продолжается вплоть до окончания пубертатного периода. Масса коркового вещества почек увеличивается благодаря росту в длину и ширину извитых канальцев и восходящих частей петель нефронов.

Фиброзная капсула почки становится хорошо заметной к 5 годам жизни ребенка. Жировая капсула начинает формироваться лишь к периоду первого детства, продолжая при этом постепенно утолщаться. К 40 – 50 годам толщина жировой капсулы почки достигает максимальной величины, а в пожилом и старческом возрасте она истончается, иногда исчезает.

С возрастом изменяется топография почек. У новорожденного верхний конец почки проецируется на уровне верхнего края XII грудного позвонка, а в грудном возрасте (до 1 года) – уже на уровне середины тела XII грудного позвонка, что связано с быстрым ростом позвоночного столба. После 5 – 7 лет положение почек относительно позвоночника приближается к таковому у взрослого человека. В возрасте старше 50 лет, особенно у старых и истощенных людей, почки могут располагаться ниже, чем в молодом возрасте. Во все периоды жизни человека правая почка расположена несколько ниже левой.

Мочеточники у новорожденного имеют извилистый ход и длина мочеточника достигает 5 – 7 см. Мочеточники растут быстро и в течение первых 2-х лет их длина удваивается. К 4 годам длина его увеличивается до 15 см. Мышечная оболочка в раннем детском возрасте развита слабо. Длина мочеточника взрослого человека достигает 25 – 30 см.

Мочевой пузырь у новорожденных веретенообразный, у детей первых лет жизни – грушевидный, а у подростков имеет форму, характерную для такового у взрослого человека. Расположен мочевой пузырь у новорожденных высоко в брюшной полости, дно как таковое отсутствует, оно формируется позднее.

У новорожденного ребенка циркулярный мышечный слой в стенке пузыря выражен слабо, слизистая оболочка развита хорошо, складки имеются. Верхушка мочевого пузыря у новорожденного достигает половины расстояния между пупком и лобковым симфизом, поэтому мочевой пузырь у девочек в этом возрасте не соприкасается с влагалищем, а у мальчиков – с прямой кишкой. В возрасте 1 – 3 лет дно мочевого пузыря расположено на уровне верхнего края лобкового симфиза. У подростков дно мочевого пузыря находится на уровне

середины, а в юношеском возрасте – на уровне нижнего края лобкового симфиза. В дальнейшем происходит опускание дна мочевого пузыря в зависимости от состояния мышц мочеполовой диафрагмы. Емкость мочевого пузыря у новорожденных равна 50 – 80 мл. К 5 годам он вмещает 180 мл мочи, а после 12 – 13 лет – 250 мл.

10.2. Возрастные особенности половой системы

У зародышей позвоночных животных, в том числе и человека, вначале закладываются индифферентные половые железы, лишь позднее формируются мужские или женские половые органы. У зародыша человека зачатки индифферентных половых желез появляются на 4-й неделе эмбрионального развития.

Дифференцировка семенника начинается на 6-й неделе внутриутробного развития. В этом случае образуются тяжи эпителиальных клеток, которые впоследствии изгибаются, делятся и в них развиваются сперматогонии. При развитии яичка формируются выносящие канальцы яичка из канальцев первичной почки и привесок придатка яичка. Из мезонефрального протока образуются проток придатка яичка, семявыносящий и семявыбрасывающий протоки, семенные пузырьки. Парамезонефральные протоки на большем протяжении в мужском организме атрофируются и остаются лишь в виде так называемой мужской маточки и привеска яичка. На 7-м месяце внутриутробного развития из соединительной ткани, окружающей развивающееся яичко, формируется белочная оболочка. К этому времени яичко округляется.

У млекопитающих (и человека) половые железы от места их закладки перемещаются в область таза, причем яичники остаются в полости малого таза, а яички выходят из брюшной полости в мошонку. В этом процессе

важную роль играет направляющая связка яичка. К 3-му месяцу внутриутробного периода яичко находится в подвздошной ямке, к 6-му месяцу – у внутреннего кольца пахового канала, на 7 – 8-м месяце яичко проходит через паховой канал вместе с семявыносящим протоком, сосудами и нервами, которые входят в состав образующегося в процессе опускания яичка семенного канатика.

Из эпителия формирующейся уретры образуется около 50 клеточных тяжей, из которых развивается предстательная железа. Дольки железы в дальнейшем образуются из этих тяжей. Бульбоуретральные железы развиваются из эпителиальных выростов губчатой части уретры. Протоки предстательной железы и бульбоуретральных желез открываются своими устьями в тех местах, где происходила их закладка.

На 3-м месяце внутриутробного развития человека кпереди от клоачной перепонки из мезенхимы возникает *половой бугорок,* в основании которого находится *мочеполовая (утретралъная) бороздка,* ограниченная с обеих сторон *половыми складками.* По обеим сторонам от описанных бугорка и складок формируются *половые валики.* Все эти структуры являются индифферентными наружными половыми органами, на которых в дальнейшем развиваются наружные мужские или женские половые органы. При развитии особи **мужского пола** половой бугорок быстро растет и удлиняется, превращаясь в пещеристые тела полового члена. По мере роста половых складок мочеполовая бороздка углубляется, превращаясь в желобок, а в результате сращения его краев образуются мужской мочеиспускательный канал и губчатое тело полового члена. В процессе роста последнего в толще мужского мочеиспускательного канала мочеполовое отверстие из первоначального положения у корня полового члена как

бы передвигается на дистальный его конец. Место сращения уретрального желобка сохраняется в виде шва полового члена. Половые валики растут, сближаются и срастаются по средней линии, образуя мошонку.

При развитии **женской особи** половой бугорок растет слабо и превращается в клитор, а половые складки превращаются в малые половые губы. Дистальная часть мочеполовой борозды становится более широкой и превращается в преддверие влагалища, куда открываются женский мочеиспускательный канал и влагалище. Половые валики растут, из них образуются большие половые губы.

10.2.1. Возрастные особенности мужской половой системы

Яичко до периода полового созревания (13 –15 лет) растет медленно, а затем его развитие резко ускоряется. У новорожденного длина яичка равна 10 мм, масса – 0,2 г, у годовалого – 1 г, к 14 годам длина яичка увеличивается в 2 - 2,5 раза (до 20 – 25 мм), а масса достигает 2 г, в 15 – 16 лет масса яичка составляет уже 8 г, а в 18 – 20 лет длина яичка равна 38 – 40 мм, а масса увеличивается до 15 – 25 г. В зрелом возрасте (22 года и позже) размеры и масса яичка увеличиваются мало, а после 60 лет даже несколько уменьшаются. Во все возрастные периоды правое яичко крупнее и тяжелее левого и расположено выше него.

У новорожденного извитые и прямые семенные канальцы (в виде эпителиальных тяжей), а также канальцы сети яичка не имеют просвета, который появляется к периоду полового созревания. В возрасте 7 – 8 лет увеличивается количество сперматогоний, у канальцев появляется узкий просвет, в 9 – 10 лет

появляются единичные первичные сперматоциты. В 10 – 12 лет в эпителиальных тяжах появляются просветы, гоноциты начинают размножаться и дифференцироваться в сперматогонии, а клетки Сертоли гиперплазируются в направлении просвета, их ядра увеличиваются в объеме.

В юношеском возрасте семенные канальцы становятся извитыми и их диаметр удваивается, в них появляется множество первичных и вторичных сперматоцитов и сперматидов. Созревают клетки Сертоли, развиваются прямые семенные канальцы. У взрослых мужчин он увеличивается в 3 раза по сравнению с диаметром семенных канальцев у новорожденного. После 50 – 60 лет может происходить дегенерация многих эндокриноцитов, сперматогенез нарушается, в яичке разрастается соединительная ткань.

К моменту рождения яички должны опуститься в мошонку. Однако при задержке опускания яичек у новорожденного они могут находиться в паховом канале (забрюшинно). В этих случаях яички опускаются в мошонку позже.

Придаток яичка относительно крупный. Длина придатка яичка у новорожденного равна 20 мм, масса составляет 0,12 г. В период полового созревания рост придатка яичка ускоряется.

Семявыносящий проток у новорожденного очень тонкий. Мышца, поднимающая яичко, развита слабо. Поперечник семенного канатика у новорожденного равен 4,0 – 4,5 мм. Продольный мышечный слой в его стенке появляется лишь к 5 годам. До 14 – 15 лет семенной канатик и составляющие его образования растут медленно, а затем их рост ускоряется. Толщина семенного канатика у подростка 15 лет равна примерно 6 мм, поперечник семявыносящего протока – 1,6 мм.

Семенные пузырьки у новорожденного развиты слабо, длина пузырька равна 1 мм, полость очень маленькая. До 12 –14 лет семенные пузырьки растут медленно, в подростковом возрасте (13 – 16 лет) их рост ускоряется, размеры и полость заметно возрастают. По мере увеличения возраста изменяется положение семенных пузырьков. У новорожденного они расположены высоко в связи с высоким положением мочевого пузыря, со всех сторон пузырьки покрыты брюшиной. К 2 годам пузырьки опускаются и оказываются лежащими забрюшинно. Брюшина прилежит только к их верхушкам.

Предстательная железа у новорожденного и в грудном возрасте шаровидная, так как правая и левая доли еще не выражены. Расположена железа высоко, на ощупь мягкая, железистая, паренхима не сформирована. Ускоренный рост железы отмечается после 10 – 12 лет. К подростковому возрасту железа приобретает форму, характерную для железы взрослого человека. Железистая паренхима предстательной железы развивается также в подростковом возрасте, формируются предстательные проточки, и железа приобретает плотную консистенцию. Масса предстательной железы у новорожденного равна 0,82 г, в 1 – 3 года – 1,5 г, в период второго детства (8 –12 лет) – 1,9 г, в подростковом возрасте (13 – 16 лет) - 8,8 г.

Длина *полового члена* у новорожденного равна 2,0 – 2,5 см, крайняя плоть длинная, полностью закрывает головку полового члена. До полового созревания половой член растет медленно, затем рост его ускоряется. *Мужской мочеиспускательный канал* у новорожденного относительно длиннее (5 – 6 см), чем в другие возрастные периоды, из-за высокого его начала. Быстрый рост мочеиспускательного канала наблюдается в период полового созревания. *Мошонка* у новорожденного

имеет небольшие размеры. Интенсивно она растет в период полового созревания.

10.2.2. Возрастные особенности женской половой системы

У новорожденной девочки *яичник* имеет цилиндрическую форму. В период второго детства (8 –12 лет) форма яичника становится яйцевидной. Длина яичника у новорожденной девочки равна 1,5 – 3 см, ширина – 4 – 8 мм. В подростковом и юношеском возрасте длина яичника увеличивается до 5 см, ширина достигает 3 см, толщина – 1,5 см. Масса яичника у новорожденной равна 0,16 г, в период первого детства (4 – 7 лет) – 3,3 г и в юношеском возрасте – 6,03 г. У женщин после 45 – 55 лет масса яичников постепенно уменьшается. Поверхность яичников гладкая у новорожденных и в грудном возрасте. В подростковом возрасте на поверхности яичников появляются неровности, бугристости в связи с увеличением размеров созревающих фолликулов и образованием желтых тел. В ткани яичников в грудном возрасте появляются первичные фолликулы. В подростковом возрасте в корковом веществе яичников образуются вторичные (пузырчатые) фолликулы, которые на разрезах органа имеют вид полостей со светлым содержимым.

У новорожденных девочек яичники расположены над входом в таз и наклонены кпереди. К 3 – 5 годам яичники приобретают поперечное положение. К периоду первого детства (4 – 7 годам) яичники опускаются в полость малого таза, где принимают то положение, которое свойственно им у взрослой женщины.

Матка у новорожденной девочки в грудном возрасте и в период раннего детства (до 3 лет) имеет цилиндрическую

форму, уплощена в переднезаднем направлении. В период второго детства матка становится округлой, ее дно расширяется. В подростковом возрасте матка становится грушевидной. Эта форма сохраняется и у взрослой женщины. Длина матки у новорожденной девочки достигает 3,5 см (^{2}/з длины составляет шейка). К 10 годам длина матки увеличивается до 5 см, в юношеском возрасте – до 5,5 см, а у взрослой женщины длина матки равна 6 – 8 см. В период второго детства (8 –12 лет) длина тела и шейки матки почти одинакова. В подростковом возрасте длина тела матки увеличивается, а в юношеском возрасте достигает 5 см. Масса матки возрастает вначале медленно, а затем быстро. У новорожденной девочки масса матки равна 3 – 6 г, в подростковом возрасте (12 –15 лет) примерно 16,5 г, а в юношеском возрасте (16 – 20 лет) – 20 – 25 г. Максимальную массу (45 – 80 г) матка имеет в возрасте 30 – 40 лет, а после 55 лет ее масса постепенно уменьшается.

Канал шейки матки у новорожденной девочки широкий, обычно содержит слизистую пробку. Слизистая оболочка матки образует разветвленные складки, которые к 6 – 7 годам сглаживаются. Маточные железы немногочисленны. По мере увеличения возраста девочки количество желез увеличивается, строение их усложняется. К периоду полового созревания железы становятся разветвленными. Мышечная оболочка матки, слабо развитая у новорожденной девочки, утолщается в процессе роста матки, особенно после 5 – 6 лет.

У новорожденных девочек матка расположена высоко, выступает над лобковым симфизом и наклонена кпереди. Шейка матки направлена книзу и кзади. Связки матки слабые, в связи с чем она легко смещается в стороны. По мере увеличения размеров таза и в связи с опусканием расположенных в нем органов матка постепенно смещается вниз и занимает в подростковом возрасте положение, как у половозрелой женщины. В пожилом и старческом возрасте

в связи с уменьшением жировой ткани в полости малого таза подвижность матки увеличивается.

Маточные трубы у новорожденной девочки изогнутые и не соприкасаются с яичниками. В период полового созревания (подростковый возраст) в связи с ростом матки, ее широких связок и увеличением полости малого таза маточные трубы теряют извилистость, опускаются книзу, приближаются к яичникам. Длина маточной трубы у новорожденной девочки равна примерно 3,5 см, в период полового созревания ее длина быстро увеличивается. У пожилых женщин стенки маточной трубы резко истончаются за счет атрофии мышечной оболочки. Складки слизистой оболочки сглаживаются.

Влагалище новорожденной девочки короткое (2,5 – 3,5 см), дугообразно изогнуто, передняя стенка короче задней. Нижний отдел влагалища обращен кпереди. В результате продольная ось влагалища с осью матки образует тупой угол, открытый кпереди. Отверстие влагалища узкое. До 10 лет влагалище изменяется мало, быстро растет в подростковом возрасте.

У новорожденной девочки *лобок* выпуклый, *большие половые губы* рыхлые, как бы отечные. *Малые половые губы* прикрыты большими половыми губами не полностью. *Преддверие влагалища* глубокое, особенно в передней его части, где находится наружное отверстие мочеиспускательного канала. Преддверие влагалища задней трети ограничено большими половыми губами, а в передних отделах малыми.

Девственная плева плотная. *Железы преддверия* у новорожденной девочки развиты слабо.

Вопросы для самоконтроля.

1. Каковы особенности развития почки в пренатальном онтогенезе?
2. Как изменяется с возрастом топография почек?
3. Каковы основные особенности развития мужской половой системы в пре- и постнатальном онтогенезе?
4. Каковы основные особенности развития женской половой системы в пре- и постнатальном онтогенезе?

Глава 11. Возрастные особенности эндокринной системы.

Развитие желез внутренней секреции происходит гетерохронно. Большинство гормонов начинает синтезироваться уже на 2-м месяце внутриутробного развития, другие обнаруживаются в организме позже: например, вазопрессин и окситоцин появляются у 4 – 5-месячного плода. Эффективность действия гормонов на процессы, происходящие в организме, зависит от двух условий: содержания гормонов в крови, которое должно быть выше порогового уровня, и наличия в клетках-мишенях рецепторов к гормонам. Эти условия в онтогенезе могут создаваться неодновременно.

Полученные к настоящему времени данные показывают, что эндокринная система плода достаточно автономна, и это очень важно для регуляции роста и развития плода.

В процессе развития эндокринной системы особенно важно установление функциональных связей между

отдельными железами. В ранний пренатальный период секреция гормонов периферическими железами не связана с гормонами гипофиза. С появлением в клетках желез внутренней секреции рецепторов к гормонам гипофиза между ним и железами начинают формироваться как прямые, так и обратные связи, но окончательно они устанавливаются после рождения ребенка. Большое влияние на становление нейроэндокринных отношений оказывает *гипоталамус.* Гипоталамический контроль функций передней доли гипофиза обнаруживается уже после 3-го месяца эмбрионального развития. Гипоталамические нейрогормоны образуются не одновременно. Их содержание достигает высокого уровня только у 5-месячного плода. К этому времени формируется гипоталамо-гипофизарная сосудистая сеть, или портальная система, через которую нервная и эндокринная системы взаимодействуют друг с другом. Под воздействием мужских половых гормонов (андрогенов) между 5-м и 7-м месяцами внутриутробного развития гипоталамус развивается по мужскому типу, а без них — по женскому.

В постнатальном периоде развития эндокринная система играет исключительно важную роль в процессах роста и развития организма. До начала полового созревания ведущая роль в развитии органов и систем организма принадлежит гормону роста, гормонам щитовидной железы, инсулину, а затем половым гормонам. Многие гормоны, в том числе тиреоидные гормоны, андрогены и эстрогены, определяют начало и темпы полового созревания.

Гипофиз начинает функционировать с 9 – 10-й недели внутриутробного периода. В частности эндокринные клетки передней доли уже на 7 – 9 неделе способны синтезировать гормоны. У новорожденных мальчиков его масса составляет 0,125 г, у девочек – 0,250 г. Размер данной железы не более 2,5 – 3 мм. На втором

году жизни он начинает увеличиваться, особенно в возрасте 4 – 5 лет. К 10 годам масса гипофиза удваивается. До 11 лет рост гипофиза замедляется, а с 11 лет вновь ускоряется. Наибольший прирост массы гипофиза наблюдается в период полового созревания. Так к 15 годам его масса утраивается (200 – 350 мг), а к 18-20 годам достигает максимума (500 – 650 мг). Диаметр гипофиза к 18 годам достигает 10 – 15 мм. После 60 лет гипофиз несколько уменьшается в размерах.

Соматотропный гормон (СТГ) определяется в гипофизе 9-недельного плода. В дальнейшем количество этого гормона увеличивается в 12 000 раз. В крови СТГ появляется на 12-й неделе внутриутробного развития, а у 5 – 8-месячных плодов его примерно в 100 раз больше, чем у взрослых. Концентрация СТГ к 3 – 5 годам постнатальной жизни достигает уровня взрослого человека. У новорожденных данный гормон участвует не только в контроле ростовых процессов, но и принимает также участие в иммунологической защите организма, оказывая влияние на лимфоциты.

Щитовидная железа развивается из выпячивания нижней части стенки глотки на 3 – 4-й неделе внутриутробного развития. На 7-й неделе в ней начинается формирование фолликулов, к 11-й неделе они уже способны накапливать йод, а в конце 3-го месяца начинается секреция тироксина в кровь. К этому моменту в крови имеется белок, связывающий йод. У плода щитовидная железа чувствительна к стимулирующему действию тиреотропному гормону (ТТГ), а тиреоидные гормоны влияют на тиреотропную активность гипофиза.

Гормоны щитовидной железы играют важную роль в развитии плода, с ними связаны процессы роста и дифференцировки тканей, особенно ЦНС и нейроэндокринных регуляторных систем (гипоталамус –

гипофиз – гонады, гипоталамус – гипофиз – надпочечники). При избытке или недостатке тиреоидных гормонов в пренатальном онтогенезе нарушаются развитие ЦНС и процесс окостенения. Недостаточная функция щитовидной железы плода может быть частично компенсирована гормонами материнского организма, однако после рождения ребенка дефицит гормонов становится опасным для его роста и развития и приводит к кретинизму. К моменту рождения щитовидная железа является функционально активной.

В постнатальном развитии в соответствии с продолжающимся морфологическим созреванием функция щитовидной железы совершенствуется. У новорожденного масса щитовидной железы колеблется от 1 до 5 г. Она несколько уменьшается к 6 мес, а затем начинается период быстрого ее увеличения, продолжающийся до 5 лет. С 6 – 7 лет скорость увеличения массы щитовидной железы замедляется. В период полового созревания масса щитовидной железы вновь быстро увеличивается и достигает размеров железы взрослого человека. Максимум активности щитовидной железы достигается в период с 21 года до 30 лет, после чего она постепенно снижается. Это обусловлено не только падением количества тиреотропного гормона гипофиза, но и понижением с возрастом чувствительности к нему щитовидной железы. Чувствительность тканей к гормонам щитовидной железы с возрастом увеличивается. В то же время интенсивность уже возникшей реакции у детей больше, чем у взрослых, что говорит о большей реактивности их тканей но отношении к гормонам щитовидной железы.

В пубертатном периоде в связи с ускоренным увеличением массы щитовидной железы может возникнуть состояние гипертиреоза, проявляющееся в повышении возбудимости, вплоть до невроза, увеличении частоты сердцебиений и усилении основного обмена, ведущего к

похуданию. Это временное явление связано с активностью системы гипофиз — гонады.

Синтез и секреция тиреоидных гормонов зависят от половых гормонов. Половые различия в функции железы проявляются как до рождения, так и после него, но особенно – в период полового созревания. Половые гормоны тестостерон и эстрогены влияют на щитовидную железу непосредственно, а также через гипоталамус и гипофиз. Эстрогены оказывают преимущественно стимулирующее, а тестостерон – тормозящее влияние на активность железы.

Паращитовидные железы начинают формироваться на 5 – 6-й неделе внутриутробного периода. У новорожденных масса желез составляет в среднем 5 – 10 мг, к 1 году она достигает 20 – 30 мг, к 5 годам удваивается, к 10 – возрастает в 3 раза, а к 20 годам достигает постоянной величины взрослого человека – 75 – 85 мг. Максимальная активность желез наблюдается в первые 7 лет жизни, особенно в первые два года. К 10 годам резко возрастает количество клеток, синтезирующие паратгормон, а к 12 годам в железе появляется жировая ткань. Как известно паратгормон, выделяемый в кровь данной железой регулирует обменные процессы кальция и фосфора. Недостаточная продукция паратгормона вызывает разрушение зубов, выпадение волос, а избыточная — повышенное окостенение.

Эндокринная часть *поджелудочной железы* начинает формироваться на 5 - 6-й неделе внутриутробного развития, когда ее клетки разделяются на экзо- и эндокринные. При дифференцировке клеточных элементов на 3-м месяце эмбрионального развития выделяются β-клетки, а затем становятся видными α-клетки. К концу 5-го месяца хорошо сформированы островки Лангерганса. В крови плода инсулин определяется на 12-й неделе, но до 7-го месяца его концентрация низкая. В дальнейшем она резко повышается и

удерживается до рождения. У плода инсулин и глюкагон действуют на углеводный обмен. β-клетки реагируют на уровень глюкозы в крови плода в конце периода внутриутробного развития. Инсулин совместно с гормоном роста регулирует ростовые процессы. После рождения концентрация инсулина повышается в периоды интенсивного роста. Содержание глюкагона в поджелудочной железе в течение внутриутробного периода достигает уровня взрослых.

У детей первых двух месяцев жизни относительное число островков Лангерганса больше, чем в последующие периоды развития: они составляют 6% массы всей железы, а в конце первого года жизни на их долю приходится только 0,8 – 1,0%. Такое соотношение эндокринной и экзокринной частей поджелудочной железы сохраняется до 40 – 50 лет. К старости относительный объем островковой части железы достигает 2 – 3%. С возрастом изменяются размеры островков: в период новорожденности они составляют 50 мкм, от 10 до 50 лет – 100 – 200 мкм, после 50 лет размер островков уменьшается.

Характерные возрастные изменения наблюдаются и в содержании цинка, составной части гормонов поджелудочной железы. Гранулы цинка в клетках поджелудочной железы появляются уже на 6-й неделе эмбрионального развития. В первые месяцы после рождения его содержание максимально, и таким же оно сохраняется в течение периода зрелости. В старости количество цинка в гормонах резко снижается.

Возрастные изменения функциональной активности поджелудочной железы связаны с изменением ее структуры. У детей первых шести месяцев жизни инсулина выделяется в два раза больше, чем у взрослых. После 40 лет активность эндокринного аппарата поджелудочной железы падает и в соответствии с этим уменьшается количество секретируемого

ею гормона. Так, в старости в железе разрастается соединительная ткань и увеличивается число клеток, синтезирующих глюкагон за счет уменьшения числа клеток, секретирующих инсулин. Уменьшение секреции инсулина с одновременным относительным увеличением количества глюкагона создает неблагоприятные условия для обмена углеводов и может послужить причиной развития в этом возрасте сахарного диабета.

Надпочечники человека начинают формироваться в раннем онтогенезе: зачатки коры надпочечников впервые обнаруживаются в начале 4-й недели внутриутробной жизни. Уже у месячного эмбриона надпочечники по массе равны, а иногда и превосходят почки. У 8-недельного зародыша в надпочечниках вырабатываются предшественники прогестерона и эстрогенов, синтез кортизола начинается только во второй половине внутриутробного периода. Уровень кортикостероидов в крови постепенно увеличивается. Через 5 мес. надпочечники начинают реагировать на АКТГ.

Глюкокортикоиды участвуют в регуляции содержания гликогена в печени. Они необходимы для развития некоторых органов — вилочковой железы, легких. Образование минералкортикоидов (альдостерона) начинается на 4-м месяце внутриутробного развития, их концентрация в крови постоянно повышается. Эстрогены коры надпочечников у плодов женского пола способствуют развитию матки, влагалища, наружных половых органов.

У новорожденного масса надпочечников составляет около 7 г. К 6 месяцам она несколько уменьшается, после чего начинает увеличиваться. Темпы роста надпочечников неодинаковы в различные возрастные периоды. Особенно резкое увеличение надпочечников отмечается в 6 – 8 месяцев и в 2 – 4 года. Отношение массы надпочечников к массе всего тела наибольшее у

новорожденных: масса надпочечников у них составляет 0,3% массы тела, у взрослого человека – 0,03%. Увеличение массы надпочечников продолжается до 30 лет. Структура надпочечников, характерная для эмбрионального периода, изменяется после рождения ребенка. В постнатальный период центральная часть коркового вещества перерождается и замещается вновь образующейся тканью, восстановление которой идет от периферии к центру.

У годовалого ребенка оказываются окончательно сформированными клубочковая, пучковая и сетчатая зоны коры надпочечников. На границе коркового и мозгового вещества надпочечников появляется тонкая соединительнотканная мембрана. Раньше всего формируется пучковая зона, которая сохраняет свою высокую функциональную активность до старости. Клубочковая зона достигает максимального развития в период полового созревания. К старости клубочковая и сетчатая зоны резко уменьшаются.

О количестве гормонов коры надпочечников судят по количеству стероидов, выводимых с мочой. У новорожденных в сутки выделяется менее 1 мг стероидов, в 12 лет – 5 мг, в период полового созревания – 14 мг. После 30 лет количество гормонов коры надпочечников начинает уменьшаться, а интенсивность реакции тканей на их введение постепенно ослабевает.

После рождения функция коры надпочечников также изменяется. С 10-го дня повышается продукция кортикостероидов: ко 2-й неделе их образуется столько же, сколько у взрослых (на единицу поверхности тела), а на 3-й неделе устанавливается суточный ритм секреции. От года до трех лет секреция кортикостероидов усиливается, а потом устанавливается на уровне ниже взрослого. До 11 – 12 лет этот показатель почти одинаков для мальчиков и

девочек. В пубертатном периоде значительно увеличивается секреция половых желез и появляются половые различия.

С первых дней после рождения надпочечники принимают участие в адаптивных реакциях на стресс, однако гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковая система маленьких детей обладает меньшими резервными возможностями, чем у взрослых, возможность адаптации у них невелика, легко происходит истощение. Это может быть связано с недостаточным выделением гипофизом АКТГ.

Для мозгового вещества надпочечников характерно позднее формирование и медленное развитие в онтогенезе. В конце 3-го – начале 4-го месяцев внутриутробного развития в ткань надпочечника врастают адреналовые (хромаффинные) клетки и начинается синтез норадреналина. Адреналина у плода образуется мало. В течение внутриутробного периода содержание катехоламинов изменяется.

У новорожденных мозговое вещество развито относительно слабо. Увеличение количества клеток происходит в период с 3 – 4 до 7 – 8 лет, и только к 10 годам мозговое вещество по массе превосходит корковое. Тем не менее, активность симпатоадреналовой системы проявляется сразу после рождения. Новорожденные с первых дней способны реагировать на стрессовые воздействия (например, недостаток кислорода) повышением секреции катехоламинов. Катехоламины участвуют также в поддержании температуры тела, усиливая окислительные процессы при охлаждении.

Образование катехоламинов возрастает на протяжении первого года жизни, а в возрасте от 1 до 3 лет формируется его суточная и сезонная цикличность. Выделение норадреналина имеет два пика: в 9 – 12 и 18 – 21 ч, адреналина меньше выделяется ночью. Весной образование катехоламинов усиливается. В дальнейшем секреция

гормонов увеличивается и зависит от подвижности детей, их эмоциональных реакций, действия возможных раздражителей. Все более важной становится роль катехоламинов в адаптивных реакциях организма, регуляции обмена углеводов, деятельности сердечно-сосудистой и других систем, постепенно приближаясь к уровню взрослых.

Зачатки *эпифиза (шишковидной железы)* появляются на 6 – 7-й неделе внутриутробного периода и представляют собой выпячивание крыши промежуточного мозга. Клетки эпифиза развиваются из макроглии. Сосуды в эпифизе обнаруживаются на 3-м месяце пренатального развития человека.

Средняя масса эпифиза у новорожденных около 7 – 8 мг. Сразу после рождения масса данной железы уменьшается, а затем непрерывно увеличивается до 10 – 14 лет, достигая массы 118 мг. У девочек эта железа несколько больше, чем у мальчиков. После 20 лет форма, вес и размеры железы остаются постоянными. В старческом возрасте эпифиз подвергается обратному развитию (инволюции).

Продуцируемый эпифизом мелатонин тормозит половое и физическое развитие, блокирует функцию щитовидной железы. Снижение гормонопродуцирующей функции эпифиза наблюдается с 4 – 7 лет, в пубертатном периоде концентрация этого гормона в крови снижена.

Развитие *половых желез* (гонад) начинается из общего зачатка у эмбрионов на 5-й неделе. Во второй половине 2-го месяца начинается их половая дифференцировка. Мужские гонады проявляют гормональную активность в конце 3-го месяца. Они начинают синтезировать андрогены (тестостерон), под влиянием которых органы половой системы приобретают строение, характерное для мужского пола. С 3-го месяца и до конца внутриутробного развития под действием

андрогенов происходит опускание яичек из брюшной полости в мошонку. Если гонады не образуют андрогены, они развиваются по женскому типу, т.е. превращаются в яичники. Тоже самое происходит и с наружными половыми органами. Кроме того, в период 4,5 – 7 месяцев андрогены вызывают дифференцировку гипоталамуса по мужскому типу (тоническому), при их отсутствии процесс идет по женскому типу (циклическому). После завершения внутриутробного развития образование андрогенов в гонадах мальчиков прекращается и возобновляется вновь в период полового созревания (пубертатный период).

Мужские половые железы. На 11 – 17-й неделе уровень андрогенов у плода мужского пола достигает значений, характерных для взрослого организма. Благодаря этому развитие половых гормонов происходит по мужском типу. Масса *яичка* у новорожденного 0,3 г. Его гормонально продуцирующая активность снижена. Под влиянием гонадолиберина с 12 – 13 лет она постепенно возрастает и к 16 – 17 годам достигает уровня взрослых. Подъем гормонопродуцирующей активности вызывает пубертатный скачок роста, появление вторичных половых признаков, а после 15 лет – активацию сперматогенеза.

Половое созревание мальчиков. В период полового созревания (подростковый период) в организме мальчиков происходит ряд изменений, приводящих к их физической зрелости. В этот период изменяется психика юноши, формируется его личность. Продолжительность периода полового созревания охватывает промежуток времени приблизительно от 10 до 20 лет.

В половом развитии мальчиков можно выделить два периода: первый – с 10 до 15 лет, когда развиваются половые органы и вторичные половые признаки, и второй – после 15 лет, когда начинается период сперматогенеза (репродуктивный период). При гипофункции семенников у

мальчиков задерживается половое созревание, в связи с чем к 15 – 16 годам могут сформироваться евнухоидные (похожие на женские) пропорции тела. При гиперфункции семенников у мальчиков происходит преждевременный рост наружных половых органов, раннее развитие вторичных половых признаков, усиленное развитие мускулатуры, развивается повышенное половое влечение. У детей до пубертатного периода концентрация тестостерона в крови удерживается на невысоком уровне. В пубертатном периоде гормональная активность семенников значительно увеличивается, к 16 – 17 годам концентрация тестостерона в крови приближается к уровню для взрослых мужчин.

Первые признаки полового созревания мальчиков – увеличение размеров семенников и наружных половых органов. Под влиянием мужских половых гормонов – андрогенов появляются вторичные половые признаки : ускоренный рост – до 10 см в год, волосяной покров на лобке, в подмышечных впадинах и на лице. Быстро развивается пояс верхних конечностей, плечи расширяются, в то время как таз остается узким. Интенсивно нарастают мышцы, и фигура мальчика постепенно приобретает мужской силуэт. Вследствие интенсивного роста гортани голос становится более низким: происходит так называемая «ломка» голоса. С увеличением уровня половых гормонов в крови связана усиленная секреция кожных желез, особенно на лице и спине. Это может стать причиной закупорки протоков желез и их воспаления, приводящих к появлению юношеских угрей, которые исчезают обычно к 25 – 30 годам. Андрогенами определяется и мужское поведение.

В период полового созревания предстательная железа начинает выделять секрет, который по составу еще отличается от секрета предстательной железы взрослого мужчины. В среднем к 14 годам уже возможно выделение спермы. Оно происходит чаще всего во время сна и называется *поллюцией* (от

лат. pollutio - марание). Появление поллюций – это признак нормального развития семенников.

Образование сперматозоидов и половых гормонов в мужском организме продолжается до 50 – 55 лет, затем постепенно прекращается.

Женские половые железы. Начиная с 20-й недели внутриутробного периода, в *яичнике* происходит образование примордиальных фолликулов.

Стероидные гормоны яичников начинают синтезироваться лишь к концу внутриутробного периода. Гормоны яичников плода не влияют на формирование половых органов, оно происходит под действием гонадотропинов матери, эстрогенов плаценты и надпочечников плода.

У новорожденных девочек на протяжении первых 5—7 дней в крови циркулируют материнские гормоны, затем их концентрация уменьшается. Это ведет к уменьшению количества молодых фолликулов в яичниках.

К моменту рождения масса яичника составляет 5 – 6 г, у взрослой женщины – 6 - 8 г. В течение постнатального онтогенеза в яичнике выделяют три периода активности: нейтральный (от рождения до 6 – 7 лет), препубертатный (от 8 лет до первой менструации), пубертатный (от момента первой менструации до менопаузы). На всех этапах фолликулярные клетки продуцируют эстрогены в разных количествах. Низкий уровень эстрогенов до 8 лет создает возможность дифференцировки гипоталамуса по женскому типу. Продукция эстрогенов в пубертатном периоде уже достаточна для пубертатного скачка (роста скелета, а также для развития вторичных половых признаков). Постепенный рост продукции эстрогенов приводит к менархе и становлению регулярного менструального цикла.

Половое развитие девочек. После рождения половое развитие женского организма идет под контролем половых гормонов. В развитии яичников выделяют три периода:

нейтральный, препубертатный и пубертатный. В первый, *нейтральный период* (первые 6—7 лет) жизни девочки активность яичников снижена: очень медленно растут фолликулы и находящиеся в них ооциты. В это время секреция женских половых гормонов (эстрогенов) незначительна.

Во второй, *препубертатный* период, от 8 лет до первой менструации, усиливается секреция гонадотропных гормонов гипофиза, которые вызывают рост яичников. В яичниках увеличивается выработка *эстрогенов,* что приводит к появлению вторичных женских половых признаков: с 10 лет начинается развитие молочных желез, а с 12 лет появляется волосяной покров сначала на больших половых губах, затем на лобке и в подмышечных впадинах. В этот же период происходит интенсивный рост скелета, тело девочки приобретает женский силуэт: увеличивается ширина таза, а плечи остаются узкими.

Третий период – *пубертатный* у большинства девочек наступает с 12 – 13 лет, когда появляется первая менструация. Она свидетельствует о том, что в яичниках начали созревать яйцеклетки. У девочек-подростков менструальные циклы обычно нерегулярны. Они также могут быть ановуляторными (без выхода яйцеклетки и образования желтого тела). Интервалы между менструациями могут значительно удлиняться, вплоть до нескольких месяцев. Регулярный менструальный цикл устанавливается приблизительно к 18 годам.

Между 45 и 55 годами наступает менопауза: менструальные циклы снова становятся нерегулярными, короткими или длинными, затем менструации исчезают совсем. Регуляция циклических изменений в женском организме связана с гипоталамо-гипофизарной системой и гормонами половых желез. Наряду с эндокринными факторами на эти процессы оказывают влияние физические, психические и другие внешние и внутренние воздействия,

такие как резкие изменения условий окружающей среды, перемена климата, эмоциональные переживания и др.

Вопросы для самоконтроля.

1. Каковы особенности развития гипофиза в пре- и постнатальном онтогенезе?
2. Перечислите основные возрастные особенности щитовидной железы.
3. В чем заключаются особенности развития эндокринной части поджелудочной железы?
4. В какое время у плода начинается выработка кортизола и альдостерона?
5. Перечислите основные этапы полового созревания мальчиков и девочек?

Глава 12. Возрастные особенности нервной системы.

Нервная система человека развивается из наружного зародышевого листка (эктодермы), лежащей над хордой, в период эмбрионального развития. С 11-го дня пренатального развития происходит закладка *нервной пластинки*, которая образуется к концу 3-й недели эмбриогенеза.

Нейроны нервной пластинки, образованные из их предшественников – нейробластов, интенсивно делятся и растут, вследствие чего края пластинки загибаются, и образуется *нервный желобок*. Позже края желобка смыкаются с образованием *нервной трубки* (будущий спинной мозг ребенка). На 4-й неделе эмбрионального

развития на переднем конце нервной трубки появляются *три первичных мозговых пузыря: передний, средний и задний*. К концу 4-й недели передний мозговой пузырь начинает делится на два пузыря, а в течение 5-й неделе подобный процесс происходит и с задним пузырем. Таким образом, образуются *пять мозговых пузырей*, соответствующих пятью отделам головного мозга (продолговатый мозг, мозжечок, средний мозг, промежуточный мозг и передний мозг виде двух полушарий), которые начинают появляются на 6 – 7-й неделе внутриутробного развития.

После рождения ребенка происходит миелинизация аксонов. Раньше других начинают миелинизироваться периферические нервы, затем аксоны в спинном мозге, в стволе мозга и позже в больших полушариях. Миелинизация спинномозговых и черепно-мозговых нервов начинается уже на 4-м месяце пренатального онтогенеза ребенка. Двигательные аксоны покрываются миелином уже к моменту рождения. Большинство смешанных и афферентных (чувствительных) нервов миелинизируются к 3-м месяцам после рождения, а некоторые только к 3-м годам.

Сроки миелинизации черепно-мозговых нервов различны. Основная масса волокон черепных нервов миелинизируется к 1,5 – 2 годам. К 2-м годам миелинизируются слуховые нервы. Полная миелинизация зрительного и языкоглоточного нервов отмечается только у 3 – 4-летних детей. Что касается лицевого нерва, то отдельные его ветви начинают покрываться миелином уже в 21 – 24 неделю внутриутробной жизни. Этот факт свидетельствует о первоочередной роли этого нерва в реализации сосательного рефлекса, который созревает у плода уже к 7 месяцам пренатального онтогенеза.

Проводящие пути спинного мозга хорошо развиты уже к моменту рождения и почти все миелинизированы, за

исключением пирамидных путей; они миелинизируются к 3 – 6 месяцам жизни ребенка. В спинном мозге раньше (до рождения) миелинизируются моторные пути, что проявляется в спонтанных движениях плода.

Что касается нейронов головного мозга, то в среднем к 3 годам основная масса нервных волокон миелинизирована, остальные завершают этот процесс к 6 годам. В отличие от спинного мозга, здесь раньше других миелинизируется афферентные пути и сенсорные области, а двигательные – через 5 – 6 месяцев (некоторые значительно позже) после рождения. К 3 годам миелинизация нервных волокон в основном заканчивается, но рост нервов в длину продолжается и после 3-х летнего возраста.

Относительно поздно завершают процесс миелинизации тангенциальные волокна коры полушарий большого мозга (к 30 – 40 годам). В процессе миелинизации происходит концентрация ионных каналов в области перехватов Ранвье. Повышается возбудимость и лабильность нервных волокон. Так, у новорожденных нерв способен проводить только 4 – 10 имп/с, в то время как у взрослых – 300 – 1000 имп/с.

Тормозные механизмы центральной нервной системы формируются в онтогенезе за счет развития тормозных нейронов. Становление тормозных механизмов существенно повышает способность к концентрации возбуждения, ограничивая его иррадиацию. С появлением тормозных механизмов безусловные рефлексы становятся более точными и локализованными.

12.1. Возрастные особенности спинного мозга.

В течение первых трех месяцев внутриутробной жизни спинной мозг занимает позвоночный канал на всю его длину. В дальнейшем позвоночник растет быстрее, чем спинной

мозг. Поэтому нижний конец спинного мозга поднимается («восходит») в позвоночном канале. У новорожденного ребенка нижний конец спинного мозга находится на уровне III поясничного позвонка, у взрослого человека — на уровне II поясничного позвонка. В связи с «восхождением» (относительным укорочением) спинного мозга в позвоночном канале корешки спинномозговых нервов удлиняются, принимают косое, а в нижних отделах — вертикальное положение. Корешки спинномозговых нервов, идущие к крестцовым отверстиям, образуют вокруг конечной нити пучок, получивший название «конский хвост». Спинной мозг новорожденного имеет длину 14 см. К 2 годам длина спинного мозга достигает 20 см, а к 10 годам, по сравнению с периодом новорожденности, удваивается. Быстрее всего растут грудные сегменты спинного мозга. Масса спинного мозга у новорожденного составляет около 5,5 г, у детей 1-го года – около 10 г. К 3 годам масса спинного мозга превышает 13 г, к 7 годам равна примерно 19 г. У новорожденного центральный канал шире, чем у взрослого. Уменьшение его просвета происходит главным образом в течение 1 – 2 годов, а также в более поздние возрастные периоды, когда наблюдается увеличение массы серого и белого вещества. Объем белого вещества спинного мозга возрастает быстро, особенно за счет собственных пучков сегментарного аппарата, формирование которого происходит в более ранние сроки по сравнению со сроками формирования проводящих путей, образующих надсегментарный аппарат мозга.

Что касается рефлекторной функции спинного мозга, то она уже формируется ещё до рождения. Структуры, участвующие в осуществлении хватательного рефлекса, формируются у плода в 9 – 11-недельном возрасте. У 10-

недельного зародыша хватательный рефлекс проявляется в виде изолированного сгибания пальцев. К 11-й неделе эта реакция сопровождается сгибанием запястья и предплечья. У 13 – 15-недельного плода при раздражении ладони возникает сгибательное движение всех пальцев. До 22-недельного возраста этот рефлекс проявляется в виде локального сгибания руки. У новорожденного хватательный рефлекс хорошо развит.

Рефлекс Бабинского проявляется уже у 2-месячного плода. Этот рефлекс хорошо выражен в течение полугода с момента рождения, а затем исчезает. Наличие рефлекса Бабинского у детей более старшего возраста и у взрослых считается показателем незрелости или нарушения функции пирамидного пути и полосатого тела.

Подошвенный рефлекс формируется после рождения. У трудного ребенка реакции на штриховое раздражение подошвы непостоянны и изменчивы. Сухожильные рефлексы – коленный и ахиллов – хорошо выражены у детей первого года жизни. Формирование их структурной основы – рецепторов мышц и сухожилий – отмечено у плода 5 – 6-го месяцев. Коленный рефлекс у детей раннего грудного возраста сопровождается сокращением приводящих мышц другой ноги, вследствие чего нога поворачивается внутрь. Эту реакцию называют перекрестным рефлексом приводящих мышц. Считают, что коленный рефлекс после 7-месячного возраста, так как затормаживается развивающимися вышерасположенными центрами. Затем он восстанавливается и в дальнейшем существует постоянно.

Ахиллов рефлекс на первом месяце жизни, как правило, может быть вызван лишь у немногих детей, но, уже начиная с 7 – 8-месячного возраста регистрируется у большинства обследованных детей.

12.2. Возрастные особенности головного мозга.

У новорожденного головной мозг относительно большой, масса его в среднем 390 г (340 – 430) у мальчиков и 355 г (330 - 370) у девочек, что составляет 12 – 13 % массы тела (у взрослого - примерно 2,5%). К концу первого года жизни масса головного мозга удваивается, а к 3 – 4 годам – утраивается. После 7 лет масса головного мозга возрастает медленно и к 20 – 29 годам достигает максимального значения (1355 г – у мужчин и 1220 г – у женщин). В последующие возрастные периоды, вплоть до 60 лет у мужчин и 55 лет у женщин, масса мозга существенно не изменяется, а после 55 – 60 лет отмечается некоторое уменьшение ее.

У новорожденного лучше развиты филогенетически более старые отделы мозга. Масса ствола мозга равна 10,0 – 10,5 г, что составляет примерно 2,7% массы тела (у взрослого – около 2%). К моменту рождения большинство ядер ствола мозга хорошо развито, отростки их нейронов миелинизированы. На 6-й неделе внутриутробного развития начинают развиваться область ромбовидной ямки и ядра черепно-мозговых нервов *продолговатого мозга* (подъязычного, блуждающего, языкоглочного, лицевого, тройничного и вестибуло-слухового). Раньше других закладывается ядро лицевого нерва (на 4-й неделе пренатального онтогенеза). Довольно рано формируется блуждающий нерв. Ядра блуждающего нерва выявляются со 2-го месяца внутриутробного развития. К полутора годам жизни ребенка увеличивается количество клеток в ядрах блуждающего нерва. Значительно увеличивается длина отростков нейронов. У 7-летнего ребенка ядра блуждающего нерва сформированы так же, как у взрослого. С развитием структур продолговатого мозга

связано становление регулируемых ими функций (дыхания, работы сердечно-сосудистой, пищеварительной и других систем). Дыхательные движения у плода появляются уже на 4-5 месяце внутриутробного развития и сопровождаются движениями мышц конечностей. К 16-17-й неделям формируется центр вдоха, а через 5-6 недель формируется и центр выдоха в продолговатом мозге, которые являются структурной основой дыхательных движений. В возрасте 21-22 недель появляются небольшие периоды непрерывных дыхательных движений, которые чередуются с глубокими судорожными вдохами. У плода 28-33 недель дыхание становится более равномерным. У плода и новорожденного хорошо развиты защитные дыхательные рефлексы – чихание, кашель, рефлекторная остановка дыхания при резком запахе.

К моменту рождения наиболее зрелыми являются пищевые безусловные рефлексы: сосательный, глотательный. Сосательные движения появляются в плодный период (16,5 недель), а к 21-22-й неделе сосательный рефлекс является полностью сформированным.

Рефлекторные дуги вестибулярных рефлексов также формируются задолго до рождения. Так, у 7-недельного плода дифференцируются клетки вестибулярного аппарата, а на 12-й неделе к ним подходят нервные волокна. На 20-й неделе миелинизируются волокна, несущие возбуждение от вестибулярных ядер к мотонейронам спинного мозга. В это же время формируются связи между клетками вестибулярных ядер и клетками ядер глазодвигательного нерва.

Продолговатый мозг к моменту рождения вполне развит морфологически. Общая масса продолговатого мозга вместе с мостом у новорожденного равна 8 г, что составляет 2% массы головного мозга (у взрослого 1,6%).

В эмбриональном периоде развитие *мозжечка* сначала формируется червь, как наиболее древняя часть мозжечка, а затем его полушария. У новорожденного червь мозжечка оказывается более развитым, чем полушария. У 4-5-месячного плода разрастаются поверхностные отделы мозжечка, образуются борозды и извилины. Масса мозжечка у новорожденного составляет 20,5 – 23 г, в 3 месяца она удваивается, а у 6-месячного ребенка равна 62-65 г.

Наиболее интенсивно мозжечок растет в первый год жизни, особенно с 5-го по 11-й месяц – в это время ребенок учится сидеть и ходить. У годовалого ребенка масса мозжечка увеличивается в 4 раза и в среднем составляет 84-95 г. После этого наступает период медленного роста, и к 6 годам его масса достигает нижней границы массы мозжечка у взрослого: около 150 г. Интенсивные рост и развитие мозжечка происходят и в период полового созревания.

Серое и белое вещество мозжечка развиваются неодинаково. У ребенка серое вещество растет медленнее. Так, от периода новорожденности до 7 лет его масса увеличивается приблизительно в 2 раза, а белого - почти в 5 раз. Миелинизация волокон мозжечка осуществляется приблизительно к 6 месяцам жизни, последними миелинизируются волокна коры мозжечка.

Из ядер мозжечка раньше других формируется зубчатое ядро. Начиная с периода внутриутробного развития и до первых лет жизни детей, ядра выражены лучше, чем нервные волокна. У детей школьного возраста, так же как и у взрослых, белое вещество преобладает над ядерными образованиями.

Клеточное строение коры мозжечка у новорожденного значительно отличается от взрослого. Не полностью сформированы клетки Пуркинье, ядро

почти полностью занимает клетку, дендриты клеток развиты слабо. Формирование клеток Пуркинье идет бурно после рождения и заканчивается к 3-5 неделям жизни. Клетки-зерна развиваются раньше клеток Пуркинье. 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. Завершение развития ножек мозжечка, установление их связей с другими отделами ЦНС осуществляется в период от года до 7 лет жизни ребенка.

Что касается *среднего мозга* то к концу 3-го месяца эмбрионального развития на уровне этого отдела хорошо выражено большое скопление клеток - ядро глазодвигательного нерва. В результате клеточной миграции формируются верхние и нижние бугорки четверохолмия. К этому времени формируются ядра ретикулярной формации и красные ядра. Что касается черной субстанции, то темная пигментация появляется только после 6 месяцев постнатального онтогенеза. У новорожденного масса среднего мозга составляет 2,5 г. Его форма и строение почти не отличаются от среднего мозга взрослого. Ядро глазодвигательного нерва хорошо развито, его волокна миелинизированы. Хорошо развито красное ядро, связи которого с другими отделами мозга формируются раньше, чем пирамидная система. Крупноклеточная часть красного ядра (нисходящие влияния на спинной мозг) развивается раньше, чем мелкоклеточная (восходящие влияния на другие структуры головного мозга). Пигментация нейронов красного ядра начинается с 2-летнего возраста и заканчивается к 4 годам. Чёрная субстанция у

новорожденного хорошо выражена, её клетки дифференцированы, их аксоны миелинизированы. Как указывалось выше, пигментация меланином начинает активно развиваться с 6-го месяца жизни и достигает своего максимума к 16 годам.

Ряд рефлексов с участием среднего мозга формируется во внутриутробный период. Уже на ранних стадиях пренатального развития появляются тонические и лабиринтные рефлексы. В первые дни жизни ребенка появляется рефлекс Моро в ответ на громкий внезапный звук. Со 2-й недели жизни появляется сосредоточение на звуке, а на 3-м месяце возникает типичная ориентировочная реакция – поворот головы в сторону раздражителя. Рефлекс Моро исчезает к 4-му месяцу жизни, но сохраняется у детей с задержкой развития. Считается, что он связан с незрелостью мозга. К рождению появляется защитный мигательный рефлекс на прикосновение к роговице, ресницам, векам и кончику носа. Рефлекторное мигание в ответ на быстрое приближение предмета к глазам появляется к 1,5-2 месяцам жизни.

Что касается зрачкового рефлекса, то у 6 – 7-месячного плода реакция сужения зрачка на свет замедлена, в дальнейшем ее скорость постепенно возрастает и новорожденного этот уже рефлекс хорошо выражен.

Начиная с рождения и в течение первых 6 месяцев жизни у большинства детей проявляется тонический рефлекс с глаз на мышцы шеи. Лабиринтный (установочный) рефлекс у новорожденных в основном отсутствует. Этот рефлекс хорошо выражен с 2-3 месяцев жизни ребенка. Лабиринтные рефлексы, возникающие при вращении, обнаруживаются сразу после рождения и хорошо выражены с 7-го дня жизни

ребенка. С первых дней жизни проявляется и лифтная реакция (при резком опускании тела поднимаются руки вверх).

Рефлексы положения тела в пространстве (статические, установочные и выпрямительные) формируются после рождения.

Простейшие рефлекторные акты сменяются более сложными. Так, врожденные предварительные локомоторные акты исчезают у 4 – 5-месячного ребенка. Первым исчезает зрительно-шейный рефлекс (3 мес), затем вестибулярная реакция, связанная с конечностями (4 – 5 мес). Сокращение приводящих противоположной ноги, сопровождающее коленный рефлекс, угасает к 7 месяцам, перекрестный сгибательный рефлекс ног – в 7 – 12 мес, а хватательное рефлексы к концу первого года жизни переходят в произвольное хватание. К этому времени почти полностью исчезает рефлекс Бабинского.

Развитие отдельных образований *промежуточного мозга* происходит гетерохронно. *Зрительный бугор (таламус)* закладывается ко 2-му месяцу внутриутробного развития. На 3-м месяце морфологически разграничиваются таламус и гипоталамус. На 4 – 5- м месяце между ядрами таламуса проявляются светлые прослойки развивающихся нервных волокон. В это время клетки ещё слабо дифференцированы. В 6 мес становятся хорошо видимыми клетки ретикулярной формации таламуса. Другие ядра зрительного бугра начинают формироваться с 6 мес внутриутробной жизни, и к 9 мес они хорошо выражены. Усиленный рост таламуса имеет место в 4-летнем возрасте, а к 13 годам этот отдел мозга достигает размеров взрослого.

Гипоталамус закладывается ещё в эмбриональном периоде, но в первые месяцы внутриутробного развития

ядра гипоталамуса не дифференцированы. Только на 4 – 5-м месяце накапливаются клеточные элементы будущих ядер и становятся хорошо выраженными на 8-м месяце.

К моменту рождения структуры гипоталамуса ещё полностью не дифференцированы, этим и объясняется несовершенство терморегуляции у новорожденных и детей первого года жизни. Ядра гипоталамуса созревают в разное время, в основном к 2-3 годам. Дифференциация клеточных элементов серого бугра заканчивается позднее всего – к 13-17 годам.

Базальные ядра в период внутриутробного развития созревают неравномерно. Бледный шар достаточно сформирован уже к моменту рождения. Хвостатое ядро и скорлупа чечевицеобразного ядра достаточно сформированными выглядят только в конце 1-го года после рождения. Установлено, что миелинизация в бледном шаре почти полностью заканчивается к 8 мес развития плода. В структурах полосатого тела она начинается в пренатальный период, а заканчивается только к 11 мес жизни. Хвостатое ядро в течение первых 2 лет жизни увеличивается вдвое, что связывают с развитием у ребенка автоматических двигательных навыков. Двигательная активность новорожденного в значительной мере связана с бледным шаром, обеспечивающим некоординированные движения головы, туловища и конечностей. Считают, что моторная составляющая плача контролируется бледным шаром. Что касается стриапаллидарных связей, то часть волокон миелинизируется на первом месяце жизни, а другая часть – лишь к 5 мес и позже. С развитием полосатого тела связано появление мимических движений, а в дальнейшем умение сидеть и стоять. Стриатум оказывает тормозящее влияние на паллидум, поэтому создается постепенное разделение

движений. Для того чтобы сидеть, ребенок должен уметь вертикально держать голову и спину. Эта способность развивается у него к 2 мес; поднимать голову лежа на спине ребенок начинает к 2-3 мес, сидеть – к 6 – 8 мес. В 9 месяцев ребенок может стоять с помощью поддержки, в 10 месяцев стоит свободно.

К семилетнему возрасту происходят окончательное созревание базальных ядер и формирование их связей с корой, что и обеспечивает выполнение более точных и координированных произвольных движений.

Кора головного мозга. Новая кора в структурах полушарий начинает формироваться в конце второго месяца внутриутробного периода. На протяжении всей внутриутробной жизни в развитии неокортекса выделяют три периода: ранний миграционный; средний, или период предварительной дифференцировки на слои; поздний, или период заключительной дифференцировки. Ранний период охватывает промежуток со 2-го по 4-й лунный месяц. В это время наблюдается миграция нейробластов из глубоких (околожелудочковых) слоев конечного мозгового пузыря в корковую пластинку. В период с 7-й по 10-ю неделю начинают формироваться нижние (глубокие) слои коры (V и VI). Несколько позже (на 13 – 15-й неделе) происходит дифференцировка верхних слоев — I, II, III и IV. Начиная с 4-го месяца внутриутробной жизни, происходит предварительная цитоархитектоническая дифференцировка коры на клеточные слои, образуются первичные борозды и извилины.

Толщина коры постепенно увеличивается в течение 3 – 4-го месяцев пренатального онтогенеза. Аксоны клеток растут и выходят за пределы коры примерно на 8-й неделе. В конце 2-го месяца внутриутробного развития формируются волокна, соединяющие соседние области коры. На 11 – 12-й неделе полушария разделяются

бороздами на отделы, характерные для мозга взрослого. Первыми появляются борозды на наружной поверхности полушарий.

Мозговые пузыри растут неравномерно. Наиболее интенсивно развивается передний пузырь, который уже на ранней стадии разделяется продольной бороздой на правое и левое полушария. На 3-м месяце эмбрионального развития формируется мозолистое тело. На 5-м месяце полушария распространяются до среднего мозга, а у 6-месячного плода полностью покрывают его. К этому времени все отделы головного мозга хорошо выражены. До 4-го месяца развития плода поверхность больших полушарий гладкая. К 5 месяцем внутриутробного развития образуются основные борозды – боковая, центральная, теменно-затылочная, шпорная. Вторичные борозды появляются после 6 месяцев.

К моменту рождения количество нейронов в коре больших полушарий равно 14-16 млрд, то есть как и у взрослого человека, но у новорожденного они незрелы в морфологическом отношении, имеют простую веретенообразную форму и очень небольшое количество отростков. Корковые слои больших полушарий у новорожденного значительно тоньше, чем у взрослого; они слабо дифференцированы, а корковые центры недостаточно сформированы. Развитие коры больших полушарий ускоряется после рождения ребенка. К 4 месяцам соотношение серого и белого вещества у ребенка и взрослого сближается. После рождения процесс миелинизации аксонов в головном мозге продолжается, но в лобных и височных долях этот процесс находится в начальной стадии. К 9 месяцам миелинизировано большинство волокон коры, за исключением коротких ассоциативных волокон в лобной доле. Становятся более отчетливыми первые три слоя коры.

К первому году жизни общая структура мозга приближается к зрелому состоянию. Миелинизация волокон, расположение корковых слоев, дифференцировка нейронов в основном завершаются к 3 годам.

В возрасте 6 – 9 лет и период полового созревания увеличивается количество ассоциативных связей. В этот период масса мозга увеличивается незначительно.

Что касается корковых ядер анализаторов, то на 5-м месяце пренатального развития раньше других появляются ядра двигательного анализатора – поля 4 и 6 в прецентральной извилине, но в дальнейшем поле 4 развивается несколько быстрее поля 6. На 6-м лунном месяце дифференцируется чувствительная зона соматосенсорной системы – поля 1, 2 и 3 в постцентральной извилине. Зрительная кора – поля 17, 18 и 19 в затылочной области выделяется на 6-м месяце, причем поле 17 созревает раньше полей 18 и 19. Позже других развиваются филогенетически более новые области: лобная и нижнетеменная – на 7-м месяце внутриутробного развития, затем височно-теменная и теменно-затылочная.

У новорожденного большие полушария головного мозга не оказывают регулирующего влияния нижележащие отделы ЦНС. Повышение мышечного тонуса в первые дни после рождения связывают с недостаточной зрелостью коры больших полушарий. Для новорожденных детей характерны повышенная возбудимость и легкая утомляемость коры. Ко 2-мы месяцу жизни возбудимость становится такой же, как и у взрослого.

Электрическая активность мозга регистрируется уже у 5-месячного плода, но регуляторный ритм в ней отсутствует. Эта особенность имеет место и у 6-месячного плода. В эго ЭЭГ преобладают колебания с частотой 5

импульсов с секунду, которые сочетаются с более медленными – 1-3 импульса в секунду. Эта активность имеет прерывистый характер, интервалы имеют различную, часто большую длительность. Электрическая активность мозга 8-месячного плода постоянна и имеет сходство с ЭЭГ новорожденных (обе ЭЭГ характеризуются нерегулярными колебаниями разной (преимущественно небольшой) амплитуды. У новорожденных во время сна амплитуда волн ЭЭГ значительно увеличивается. Также у новорожденных отмечается вовлечение коры больших полушарий в ответ на разномодальные раздражители, но в отличие от взрослых вместо десинхронизации и учащения ритма наблюдается уменьшение частоты и амплитуды всех волн.

Вегетативная нервная система. На 3-й неделе эмбриогенеза нейробласты вегетативной нервной системы мигрируют, образуя парные цепочки ганглиев вдоль позвоночного столба и отдельные ганглии в грудной и брюшной полостях. В конце 1-го месяца внутриутробного развития симпатические узлы закладываются в шейном и крестцовых отделах. Со 2-го по 8-й месяцы пренатального онтогенеза устанавливаются связи лимбической системы, гипоталамуса и вегетативных ядер спинного мозга.

У новорожденного имеются все части парасимпатического отдела вегетативной нервной системы, характерные для взрослых, однако в их вегетативных ганглиях нейроны ещё мелкие. Они увеличиваются в размере к 3 годам, а к 16-ти годам происходит интенсивный рост дендритов и образуется большое число синапсов. До 6 – 7 лет наблюдается преобладание симпатической нервной системы.

Вопросы для самоконтроля.

1. Каковы основные этапы развития нервной системы в пренатальном онтогенезе?
2. Перечислите основные безусловные рефлексы у новорожденных.
3. В чём заключаются основные возрастные особенности развития различных отделов головного мозга.

Глава 13. Возрастные особенности анализаторов.

13.1. Возрастные особенности зрительного анализатора

Глаза в эмбриогенезе закладываются в середине 3-й недели развития в виде карманообразных выпячиваний стенки промежуточного мозга – глазные пузыри. В начале 5-й недели стенки пузыря выпячиваются, и однослойный глазной пузырь превращается в двухслойную глазную чашу, связанную с мозгом при помощи глазного стебелька. На 2-м месяце образуется сетчатка, зрительный нерв, хрусталик и стекловидное тело. У 5-месячных плодов уже хорошо различается ресничная мышца. На 7-й неделе внутриутробного развития у зародыша начинают закладываться веки. На 9-й неделе образуются слёзные железы.

У новорожденных из-за мелкой глазницы и относительно большого глазного яблока глаз выпуклый, глазное яблоко по абсолютной величине меньше глазного яблока у взрослого человека. Продольный переднезадний диаметр глазного яблока составляет 17,3 мм, а поперечный – 16,7 мм (у взрослого соответственно 24,3 и

23,3 мм). До 2 лет глазное яблоко увеличивается на 40%, к 5 годам – на 70% первоначально объема, а к 12-14 годам оно достигает величины глазного яблока взрослого.

Формирование кривизны и толщины роговицы заканчивается на первом году жизни ребенка. Кривизна хрусталика и размер глаза с возрастом несколько изменяются. Волокна зрительного нерва и зрительного тракта к моменту рождения уже начинают миелинизироваться, а к 6 месяцам жизни зрительный нерв становится полностью миелинизированным.

Из центральных отделов зрительной системы раньше всего формируется верхнее двухолмие. Уже на 4-м месяце эмбрионального развития в этом отделе формируются слои клеток, характерные для четверохолмия человека. В латеральных коленчатых телах промежуточного мозга разделение на слои клеток с определенной структурой происходит на 5-м месяце внутриутробного развития. Площадь их поверхности в этот период составляет 22,1% от конечного значения. У новорожденного она возрастает до 46%, к 2 годам становится равной 73,9%, а к 7 годам – 95,3%. В таламусе клеточные группы выделяются лишь на 6-м месяце эмбрионального развития. К 7 годам строение зрительного бугра становится таким же, как и взрослого, но его объем продолжает увеличиваться и после 7 лет.

В зрительном центре коры головного мозга разделение на слои происходит на 6-м месяце эмбрионального развития. К 7 годам эта область коры приобретает структуру, характерную для мозга взрослого человека.

Только к 7 годам постнатального онтогенеза все отделы зрительной системы формируются полностью.

У новорожденного выражена реакция слежения и движения глаз в направлении светящегося предмета, а

возрасте 3 – 6 недель рослее рождения появляется способность фиксировать взор на достаточно длительное время. В первые 1,5 – 2 месяца жизни у ребенка появляется рефлекс мигания при быстром приближении предмета к глазу. К 5-6 месяцам ребенок может зрительно контролировать перемещение своей руки. К 5-6 годам острота зрения приближается к норме.

Поле зрения формируется в онтогенезе довольно поздно – к 5-месячному возрасту. С возрастом размеры поля зрения увеличиваются. Поле зрения особенно интенсивно развивается в дошкольном и младшем школьном возрасте. Так, например, за период от 6 до 7,5 года поле зрения возрастает в 10 раз. В возрасте 7 лет оно составляет 80% от размеров поля зрения взрослого человека. Развитие поля зрения связано и с половыми особенностями. В 6 лет поле зрения у мальчиков больше, чем у девочек, в 7-8 лет наблюдается обратное соотношение. В последующие годы размеры поля зрения сравниваются, а с 13-14 лет его размеры у девочек больше. Расширение поля зрения продолжается до 20-30 лет. В старости границы поля зрения несколько сужаются.

Так как у новорожденных размеры глазного яблока меньше, чем у взрослых, то они обладают естественной дальнозоркостью 1-3 D. С возрастом степень дальнозоркости уменьшается, однако одновременно увеличивается число детей, страдающих близорукостью. Это связано с большими аккомодационными возможностями детского глаза. С возрастом острота зрения повышается (Табл. 15).

Таблица 15

Возрастные изменения остроты зрения при нормальных преломляющих свойствах глаза

Возраст	Острота зрения
1 неделя	0,003
1 месяц	0,006
3 месяца	0,08
6 месяцев	0,20
1 год	0,45
2 года	0,55
3 года	0,75
4 – 5 лет	0,80
5 – 6 лет	0,96
7 – 8 лет	0,91
10 лет	0,98
15 лет	1,15
Взрослые	1,00

Световая чувствительность глаза в первые годы жизни очень низкая. Если выразить ее в относительных единицах, то в 2 – 3 года она не превышает 10, к 10 годам возрастает до 60, к 20 годам достигает максимума, становясь равной 120, а затем начинается ее уменьшение. Так что в 40 лет световая чувствительность снова становится равной 60.

Что касается цветовой чувствительности, то дети с 4-го месяца различают желтый, зеленый, синий и красный цвета. С 6-го месяца жизни дети различают уже все цвета. Было показано, что цветовая чувствительность с возрастом уменьшается, а способность различать цвета увеличивается.

У новорожденных величина зрачка меньше, чем у взрослых. У детей первого месяца жизни диаметр

зрачка составляет 1,5 мм, к концу первого года он увеличивается до 2,5 мм, у детей 3 – 6 лет диаметр зрачка составляет в среднем 2,9 мм, что характерно для взрослых. Величина реакции зрачка на свет меняется с возрастом. В первый месяц жизни его диаметр составляет 0,9 мм, во втором полугодии – 1,2 мм, а в возрасте от 2,5 до 6 лет равен 1,5 мм и только у детей старшего школьного возраста становится таким же, как у взрослых – 1,9 мм.

Защитный слезный рефлекс обнаруживают сразу после рождения. Первые слёзы появляются в интервале от 1 до 5 месяцев. Координация движения глаз и фиксация взгляда в одну точку формируются к 5-й неделе жизни ребенка. Ко 2-му месяцу жизни устанавливается координация между движениями век и глазного яблока.

13.2. Возрастные особенности вестибуло- слухового анализатора

В начале 3-у недели эмбрионального развития человека по сторонам нервной трубки на уровне заднего мозгового пузыря возникают утолщения эктодермы головы – начинается образование слуховой ямки. На 4-й неделе образуется слуховой пузырек. В течение первых двух недель жизни развивается улитка и полукружные каналы. К 7 – 8-й неделе образуется спираль в 2,5 оборота. Начиная с 4,5 месяцев пренатального онтогенеза, волокна слухового нерва начинают покрываться миелином. Это происходит очень медленно: миелинизация на уровне ствола мозга завершается к моменту рождения, а в промежуточном мозге – к 4 годам.

Наружный слуховой проход у новорожденного короткий и широкий. Ушная раковина у новорожденных

уплощена, хрящ ее мягкий. Наиболее быстро ушная раковина растет в течение первых 2-х лет жизни ребенка и после 10 лет. В длину она растет быстрее, чем в ширину. Размеры и очертания ушной раковины устанавливаются к 12 годам, а после 50-60 лет ее форма сглаживается.

Барабанная перепонка у новорожденного имеет высоту 9, а ширину – 8 мм. Барабанная полость и слуховые косточки у новорожденного мало отличаются по размерам от таковых у взрослого человека.

Установлено, что уже 6-месячный плод слышит звуки. Четкая реакция на звук появляется в 7-8 недель после рождения. К 3-4 месяцам слух младенца достигает уровня взрослого человека. Различение звуков на 17 музыкальных тонов обнаруживается уже в 3,5 мес жизни, на 13-14 тонов – в 4,5 мес, на 7-10 тонов – в 5 мес, что соответствует норме взрослого человека. Полностью слуховой аппарат формируется к 12 годам. Новорожденные дети различают звуки, одинаковые по интенсивности, но разные по тембру и высоте. Первые реакции на звук носят характер ориентировочных рефлексов, осуществляемых нам уровне ствола головного мозга и таламуса. В раннем возрасте реакции на звук имеют ярко выраженный генерализованный характер. С возрастом они становятся более локальными с элементами исследования. Развитие стволовых и подкорковых структур, относящихся к слуховой системе, заканчивается на 3-м месяце жизни, тогда как формирование корковых центов завершается лишь к 2-7 годам. С 6-7 лет дети начинают тонко реагировать на речевые раздражители. В процессе онтогенеза чувствительность к звуковым стимулам постепенно увеличивается. В возрасте от 6 мес до 2,5 года пороги слуховой чувствительности отличаются от порогов взрослых на 30 дБ. В возрасте от 4 до 10 лет пороги слуховой чувствительности превышают пороги

взрослых 4 – 10 дБ. К 12-15 годам слуховая чувствительность достигает уровня взрослых, а иногда превышает его. У детей 6-9 лет порог слышимости для высокочастотных слов составляет 17-24 дБ, а для низкочастотных – 19-24 дБ (у взрослых - 7 – 10 дБ). У детей по сравнению со взрослыми острота слуха на слова понижена больше, чем на тон (Табл. 16). Наибольшая острота слуха отмечается в 14-19 лет и после 20 лет уменьшается.

С возрастом слух понижается. У пожилых людей ухо способно воспринимать не более 13 000 – 15 000 колебаний в 1 с. Чем старше человек, тем меньше колебаний звуковых волн улавливает его ухо.

Таблица 16

Зависимость порогов слышимости на тоны от возраста, дБ

Возраст, годы	Частота колебаний, Гц							
	100	500	1000	2000	3000	4250	5960	10 000
7-13	35	13	5	1	0	4	11	28
14-19	29	6	-1	-3	-5	-1	7	23
20-29	29	8	2	-1	-2	2	10	28

Что касается вестибулярной системы, то полукружные каналы формируются к 7-й неделе внутриутробного развития плода. В это время начинается дифференцирование клеток гребешков на чувствительные (волосковые) клетки и опорные, поддерживающие их. На 8 – 10-й неделе обосабливаются мешочки преддверия. У 6-месячного плода размер их такой же, как и у взрослого. Миелинизация волокон всего афферентного пути

происходит от 14 до 20 недель пренатального онтогенеза. На 20-й неделе устанавливается связь между ядрами вестибуло-слухового и глазодвигательного нервов. На 21-22-й неделе начинают миелинизироваться нисходящие волокна к спинному мозгу.

Уже на 4-м месяце внутриутробного развития у плода проявляются различные рефлекторные реакции с вестибулярного аппарата (изменение тонуса мышц, сокращение мышц конечностей, шеи, туловища, мышц глазных яблок). У грудных детей целый ряд вестибулярных рефлексов: разведение рук и растопыривание пальцев при сотрясении кроватки, рефлексы на положение ребенка при кормлении грудью, разведение рук при подбрасывании ребенка, рефлекс на покачивание. На 2 – 3-м месяце ребенок дифференцирует направление качания.

С возрастом возбудимость вестибулярного аппарата уменьшается.

13.3. Возрастные особенности кожного (тактильного) анализатора.

Развитие рецепторов кожной чувствительности у человека начинается с 8-й недели эмбриональной жизни. Первыми появляются свободные нервные окончания, инкапсулированные рецепторы образуются с 3 – 4-го месяца эмбриогенеза и после рождения. В разных участках кожи рецепторные образования появляются гетерохронно: раньше всего – в коже губ и слизистой оболочке языка, затем – в подушечках пальцев руки и ноги, в коже лба, щек, носа. В коже шеи, груди, соска, плеча, предплечья, подмышечной впадины формирование рецепторов происходит позже. Корковые зоны кожного анализатора

(соматосенсорная кора) созревают после рождения ребенка, особенно в период с 1 года до 13 лет.

Раннее развитие рецепторных образований в коже губ обеспечивает возникновение сосательного акта при действии тактильных раздражений. На 6-м месяце развития сосательный рефлекс является у плода доминирующим. При тактильной стимуляции кожи туловища и конечностей отмечаются сгибательные и разгибательные рефлексы.

На протяжении первого года жизни происходят довольно интенсивные качественные преобразования кожных рецепторов. У новорожденного очень резко снижаются пороги тактильной чувствительности по сравнению с плодом. Пороги тактильной чувствительности у новорожденных детей в 7-14 раз выше, чем у взрослых; к 18-25 годам они уменьшаются.

Дифференциальные пороги различения тактильных раздражителей у детей, наоборот, ниже, чем у взрослых, причем эта разница сохраняется и в 12-летнем возрасте. Это связано со значительным увеличением поверхности кожи при менее выраженном росте числа рецепторов.

Локальные рефлекторные реакции, возникающие при тактильных раздражениях, появляются лишь с 1-1,5 месяцев, и начинаются они с кожи головы, позднее их можно вызвать и с других участков. С возрастом тактильная чувствительность кожи увеличивается: так, у 10-летних детей она больше, чем у 6-летних, но меньше, чем у детей более старшего возраста.

Что касается болевого порога, то на протяжении первых двух недель после рождения он изменяется очень незначительно, к концу первого месяца уменьшается и затем до 9 месяцев фактически остается без изменений. С 9 месяцев болевая чувствительность возрастает: к 5 годам ее порог уменьшается в 2 раза, а к 6 годам – ещё в 2,5 раза.

Всего с момента рождения и до 6 лет пороги болевой чувствительности снижаются в 8 раз.

Температурная чувствительность кожи к моменту рождения достаточно сформирована. Чувствительность к действию температурных раздражений с возрастом увеличивается: скрытый (латентный) период действия раздражителя у взрослых почти в 10 раз меньше, чем у новорожденных.

Относительно проприорецепторов известно, что к моменту рождения они уже сформированы, но процесс их развития продолжается в постнатальный период, достигая уровня взрослого человека к 7 – 14-ти годам.

Корковый конец кожного анализатора (соматосенсорная кора) начинает формироваться на 22-й неделе внутриутробного развития, ее созревание продолжается в постнатальном онтогенезе на протяжении нескольких лет. В постцентральной извилине формирование слоев и расположение в них клеточных элементов заканчивается к 1-2 годам жизни, а в верхней теменной области – к 1 – 4 годам. Вместе с тем увеличение площади соответствующих полей коры, ее расширение, а также увеличение размеров клеток продолжается до 7 лет.

13.4. Возрастные особенности вкусового и обонятельного анализаторов.

Периферическая часть вкусовой сенсорной системы начинает формироваться на 3-м месяце внутриутробного развития. К моменту рождения она уже полностью сформирована, хотя у новорожденных детей ещё не все вкусовые почки имеют поры и функционируют. В первые годы жизни у детей большинство вкусовых почек распределяется преимущественно в центральной части кончика языка, в дальнейшем – по его краям.

У детей вкусовых почек больше, чем у взрослых. В раннем возрасте они обнаруживаются в большом количестве не только на языке, но и на твердом нёбе, в слизистой оболочке губ, щек, нижней поверхности языка.

Новорожденные реагируют на четыре вкуса (сладкое, кислое, горькое и соленое), причем положительные эмоции вызывает только сладкий вкус. Кислые и горькие вещества провоцируют гримасы неудовольствия. С возрастом у детей укорачивается время развития реакции на вкусовую стимуляцию: до 10 лет она меньше, чем у взрослых. Пороги чувствительности, свойственные взрослым, устанавливаются у детей к 6 годам, а «взрослая» длительность латентного периода – лишь к 10 годам. Условные рефлексы на действие вкусовых стимулов можно выработать у ребенка на 2-м месяце жизни, а в конце 2-го месяца он может различать количество вкусового вещества в растворе.

Становление периферического отдела обонятельной системы человека начинается ещё в период пренатального онтогенеза. У 2-месячного плода в слизистой оболочке обонятельной области появляется чувствительный эпителий. К 6-му месяцу его площадь уменьшается, что свидетельствует о регрессивном развитии обоняния у человека. Структурное развитие рецепторов заканчивается к 7-му месяцу внутриутробного развития. Сразу после рождения ребенок может воспринимать запахи. Пороги ощущения у новорожденных в 20 – 100 раз выше, чем у взрослых. Обонятельной системе новорожденных свойственна быстрая адаптация. Условные рефлексы на запаховые раздражители начинают вырабатываться в 2-х месячном возрасте, причем с возрастом этот процесс облегчается. На 4-м месяце ребенок начинает различать приятные и неприятные запахи и реагировать на них адекватной эмоционально двигательной реакцией. К 6

годам обонятельная сенсорная система заметно не отличается от взрослых.

Вопросы для самоконтроля.

1. Как с возрастом изменяется острота зрения?
2. Каковы основные возрастные особенности развития глазного яблока в пре- и постнатальном онтогенезе?
3. Как с возрастом изменяется абсолютный порог слуховой чувствительности?
4. Каковы возрастные особенности болевой чувствительности?
5. Перечислите основные возрастные особенности развития вкусового и обонятельного анализаторов.

Глава 14. Возрастные особенности высшей нервной деятельности.

Особенности ВНД детей первого года жизни. Ребенок рождается с определенным набором врожденных безусловных рефлексов (дыхательный, сосательный, рефлекс Бабинского, хватательный, хоботковый, чихательный, глотательный, кашлевой, рвотный и др.). Начиная во 2-го дня жизни, у него начинают вырабатываться условно-рефлекторные связи. Одной из первых (2 – 5 сутки) формируется реакция на положение при кормлении грудью, проявляющаяся в сосательных движениях и в движениях головы, которые возникают до акта кормления. В это же время формируется и пищевой

условный рефлекс на время кормления, который проявляется в условно-рефлекторном слюноотделении. Первые положительные условные рефлексы у новорожденных можно выработать на 7-й день на базе пищевых безусловных рефлексов.

Условные рефлексы на слуховые и вестибулярные раздражители можно выработать с первого месяца жизни, а на 2-м месяце могут быть выработаны рефлексы на любую сенсорную стимуляцию.

Скорость выработки условных рефлексов с возрастом увеличивается. Так у детей первого месяца жизни для формирования условного мигательного рефлекса требуется около 400 сочетаний условного и безусловного сигналов, в тот время как у детей младшего школьного возраста данный рефлекс образуется после 2 – 15 сочетаний. Скорости образования условных рефлексов у детей старше 10 лет и у взрослых практически не различаются.

Торможение условных рефлексов возможно уже с первых месяцев жизни. *Внешнее безусловное торможение* появляется у ребенка с первых дней жизни. В ответ на сильный внешний раздражитель, например сильный звук, ребенок перестает сосать грудь. В 6–7 лет значение внешнего торможения для высшей нервной деятельности снижается и возрастает роль внутреннего торможения. *Внутреннее торможение* появляется у ребенка примерно с 20-го дня после рождения. Это примитивная форма дифференцировочного торможения. Начальные признаки *угасательного торможения* отмечаются в 2,5 – 3 мес, а *запаздывающее торможение*, как основа силы, воли и выдержки, - с 5 мес.

На втором полугодии жизни начинают созревать свойства нервных процессов (*сила, подвижность, уравновешенность*) и отчетливо выявляются

индивидуальные типологические особенности ВНД. Выделают 4 группы детей (по И.Г. Иванову-Смоленскому): 1) *Лабильный* (легко образуются положительные и тормозные условные рефлексы); 2) *Инертный* (затруднена выработка положительных и отрицательных условных рефлексов); 3) *Возбудимый* (положительные условные рефлексы вырабатываются легко, отрицательные - трудно); 4) *Тормозный* (положительные условные рефлексы вырабатываются трудно, отрицательные - легко).

Сроки развития в онтогенезе сенсорной и моторной речи не совпадают. Развитие сенсорной речи предшествует развитию моторной речи. Ещё до того как ребенок начинает говорить, он уже понимает смысл слов. В становлении речи выделяют следующие этапы: 1) Этап произношения *отдельных звуков и слогов* – стадия лепета (от 2 – 4 мес до 6); 2) этап возникновения *сенсорной* речи, т.е. проявление первых признаков условно-рефлекторного рефлекса на смысл слова (6 – 8 мес); 3) этап возникновения *моторной* речи, то есть произношение осмысленных слов (10 – 12 мес).

До 12 месяцев словарный запас ребенка составляет 10 – 12 слов, к 18 месяцам достигает 30 – 40 слов, к 2 годам – 200 – 400 слов, к 3-м годам – 500 – 700 слов, в отдельных случаях – до 1500 слов и более. На 2-м году жизни происходит формирование фраз (на первых этапах не более чем из 10 слов). К 6 – 7 годам появляется способность к внутренней (семантической) речи, т.е. к мышлению. Наглядно-действенное мышление формируется в дошкольном и младшем школьном возрасте. Словесно-логическое (теоретическое) мышление проявляется к 8 – 9 годам, достигая развития к 14 – 18 годам.

Особенности ВНД детей 1 – 3 года. Для этого возраста характерным является дальнейшее морфологическое и функциональное созревание головного

мозга координированное управление скелетно-мышечной системой. Развивается ходьба и речь, руки освобождаются для манипулирования предметами. Это создает условия для активации исследовательской деятельности.

В годовалом возрасте поведение определяется окружающей обстановкой в целом. На 2-м году жизни ребенок вычленяет комплексы раздражителей, исходящие от одного предмета. На их основе возникают образы отдельных предметов. В результате действия ребенка с предметами они обособляются из внешнего мира. При манипулировании каким-либо предметом возникает множество сенсорных сигналов, свойственных именно данному предмету. Постепенно формируется система адекватных действий с предметами: ребенок садится на стул, ест ложкой и т.п.

В рефлекторной деятельности у годовалого ребенка наиболее сильным подкреплением является безусловное пищевое, тогда как в возрасте 2 – 3 года – ориентировочное, оборонительное и игровое подкрепление. Формируется множество условных рефлексов на отношения. В этом периоде развития ещё большое значение приобретают системы условных рефлексов на стереотипы внешних раздражителей, следующих друг за другом в определенной временной последовательности. Большое значение приобретает последовательность отдельных этапов умывания, кормления, игры, одевания и т.п. Так как у детей в этом возрасте ещё недостаточно развиты сила и подвижность нервных процессов, обеспечивающих переключение с одного вида деятельности на другую, для детей характерной оказывается потребность в формировании четких жизненных стереотипов. Ребенок легко вырабатывает стереотип, но очень трудно его перестраивает.

В этом возрасте происходит интенсивное накопление фонда речедвигательных рефлексов.

Условнорефлекторные связи, вырабатываемые в этом возрасте, отличаются своей прочностью и могут сохраняться на всю жизнь.

Несмотря на возрастающую роль слова, удельный вес конкретных раздражителей у ребенка 3-х лет ещё достаточно высок: мышление ребенка в основном является предметным.

Особенности ВНД детей 4-6 лет. Этот возраст характеризуется высокой стабильностью всех видов внутреннего торможения. Угасание и дифференцирование условных сигналов вырабатываются быстрее, и длительнее становятся периоды удержания тормозного состояния. Всё больнее значение в жизни детей 4 – 6 лет приобретает использование прошлого опыта. Стереотипы всё ещё играют большую роль, с преобладанием прямых временных связей (например, детям этого возраста трудно вести обратный счёт). Обратные связи возникают позже прямых и лишь к школьному возрасту соотношение их уравновешивается. В возрасте 5-6 лет переделка стереотипов раздражителей уже не является трудной задачей. При выработке условных рефлексов у 5-6-летних детей наблюдается много межсигнальных реакций (выполнение какого-либо действия на другие сигналы). Таким образом, у 5-6 летних детей отмечается достаточно выраженная генерализация. Специализация условных рефлексов достигается с достаточным трудом. К 3-5 годам обобщающее значение слова опирается на общность действий.

Для этого возраста характерны типичные бурные проявления эмоций – *стадия аффективности* (попытки утвердить себя, привлечь внимание и т.п.).

Начиная с 6-летнего возраста, ребенок в состоянии управлять своим поведением, так как уже хорошо выражено внутреннее торможение. До этого возраста в коре головного мозга у детей превалировал процесс возбуждения. У детей стершее 5 лет на ход выработки условных рефлексов начинает оказывать влияние степень вероятности подкрепления (принцип оптимизации). До этого возраста преобладал принцип максимизации, то ест, даже минимальная вероятность подкрепления приводила к упорному повторению этого навыка.

Особенности ВНД детей 7 – 11 лет. В этом возрасте нервные процессы характеризуются достаточной силой и уравновешенностью, все виды внутреннего торможения выражены хорошо. Однако дети ещё затрудняются в выполнении тонких, точных и мелких движений, хотя эти способности весьма быстро совершенствуются. Недостаточно развиты механизмы активного внимания и сосредоточенности. Чрезмерная учебная нагрузка приводит к быстрому утомлению, а иногда к невротическим нарушениям. Огромное влияние на развитие психики детей 7 – 11 лет играет школьное обучение.

В этом возрасте уровень развития коры головного мозга приближается к уровню взрослого человека. Это является важным фактором формирования высших нервных и психических функций ребенка. У детей 7 – 11 лет более ярко проявляются типологические особенности высшей нервной деятельности.

В этом возрасте при настойчивой и правильно организованной воспитательной работе развитие отдельных свойств высшей нервной деятельности может быть изменено в нужном направлении.

Особенности ВНД детей 12 - 17 лет.

Пубертатный период подразделяется на две фазы. Первая фаза: 11 – 13 лет у девочек и 13 – 15 лет у мальчиков. В это время решающую роль на формирование высшей нервной деятельности играет половое созревание. Как известно, половые гормоны перевозбуждают кору головного мозга, что приводит к общему повышению возбудимости ЦНС и как итог – изменение в поведении. В этом возрасте процессы возбуждения снова преобладают над процессами торможения. У подростков появляется излишняя агрессивность, негативизм, обидчивость, вспыльчивость, недоверие к взрослым, у девушек плаксивость, нарушается сон и аппетит. В условно-рефлекторной деятельности отмечается усиление межсигнальных реакций, ухудшение дифференцирование сигналов, широкая иррадиация возбуждения. Возрастают латентные периоды условных реакций. Речь замедляется, ответы на вопросы становятся лаконичными и стереотипными. Формирование новых условных связей на словесные сигналы затруднено.

Вторая фаза подросткового периода: 13 – 15 лет девочки и 15 – 17 лет мальчики. Это наиболее критический период в развитии подростков. Наблюдается проявление психической неуравновешенности – резкие переходы от бурного восторга и депрессии и наоборот. Обостряются конфликтные отношения с окружающими (учителя, родители и др.). В этом возрасте главная задача родителей и педагогов – развитие и тренировка коркового торможения у подростков. Роль второй сигнальной системы вновь начинает возрастать, ускоряется образование условных рефлексов на словесные сигналы, улучшается память на абстрактные зрительные изображения. В возрасте 15 – 17 лет в основном завершается становление высшей нервной деятельности.

Она характеризуется высокой степенью функционального совершенства. Окончательное созревание высшей нервной деятельности наступает к 18 годам, когда в коре мозга уравновешиваются два нервных процесса – возбуждение и торможение. Итогом этого является способность человека адекватно реагировать на стимулы окружающей среды.

Вопросы для самоконтроля.

1. С какого возраста начинают созревать свойства нервных процессов?
2. В чём особенности условнорефлекторной деятельности детей 1 – 3 лет?
3. Что такое стадия аффективности? Для какого возраста она характерна?
4. В чём заключаются основные особенности ВНД подростков?

Список рекомендуемой литературы:

1. Алейникова, Т.В. Возрастная психофизиология : Учеб.пособие для вузов / Науч.ред.Г.А.Кураев. - Ростов н/Д : ООО "ЦВВР", 2000. - 201с.
2. Антонова, О. А. Возрастная анатомия и физиология: пособие для сдачи экзамена / О. А. Антонова. - М. : Высш. образование, 2006. - 189 с.
3. Безруких М.М. Возрастная физиология (физиология развития ребенка) : учеб. пособие для вузов рек. УМО по спец. пед. образования / М. М. Безруких, В. Д. Сонькин, Д. А. Фарбер. - М. : Академия, 2003. – 412 с.
4. Возрастная анатомия, физиология и гигиена : учеб. пособие для вузов рек. Координац. УМС по анатомии и гистологии МЗ РФ / Г. В. Шумихина, В. М. Чучков, Л. И. Растегаева [и др.]. - 3-е изд., доп. – Ижевск, 2005. - 179 с.
5. Ермолаев Ю.А. Возрастная физиология : учеб. пособие для вузов рек. Гос. ком. РФ по физ. культуре и спорту / Ю.А. Ермолаев. - М. : СпортАкадемПресс, 2001. – 443 с.
6. Есаков С.А. Руководство к лабораторным занятиям по курсу «Возрастная анатомия и физиология»/УдГУ. Ижевск, 2004. – 87 с.
7. Любимова З.В. Возрастная физиология: учебник для вузов: в 2 ч. Ч. 1 / З.В. Любимова, К.В. Маринова, А.А. Никитина. - М. : Владос, 2004. - 301 с.
8. Любимова З.В. Возрастная физиология: учебник для вузов: в 2 ч. Ч. 2 / З.В. Любимова, К.В. Маринова, А.А. Никитина. - М.: Владос, 2004. - 306 с.

9. Сапин М.Р., Брыксина З.Г. Анатомия и физиология детей и подростков : учеб. пособие для вузов по дисциплине "Возраст. анатомия, физиология и гигиена" рек. УМО РФ. - 4-е изд., перераб., доп. - М. : Академія, 2005. - 432 с.

10. Сапин М.Р., Сивоглазов В.И. Анатомия и физиология человека : С возраст.особенностями дет. организма: Учеб.пособие для сред. пед.учеб.заведений рек.МО РФ. - 3-е изд.,стер. - М.: Академия, 2002. - 438с.

Сергей Анатольевич Есаков

Курс лекций по возрастной анатомии и физиологии

Компьютерная верстка и набор С.А. Есаков

Отпечатано с оригинал-макета заказчика
Подписано в печать
Формат 60 х 84 1/16
Печать офсетная. Усл. печ. л. Уч. изд. Л
Тираж 50 экз. Заказ №
Типография ГОУВПО «Удмуртский государственный университет»
426034, г. Ижевск, ул. Университетская, 1, корп. 4