

28,707 873

К 176

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**Учреждение образования  
«Гомельский государственный университет име-  
ни Франциска Скорины»**

UNIVERSITATIA  
20145.

**А.С. КАЛУГИН**

**ВОЗРАСТНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ**

**ТЕКСТЫ ЛЕКЦИЙ ПО СПЕЦКУРСУ**

УДК 8065

Установа адукацыі  
«Гомельскі дзяржаўны ўніверсітэт  
імя Францыска Скарыны»  
**БІБЛІЯТЭКА**

**Гомель 2005**

УДК 612.6  
ББК 28.903.7  
К176

**Рецензенты:**

Э.С. Питкевич, профессор, доктор медицинских наук  
И.Н. Серегов, доцент, кандидат медицинских наук

Рекомендовано к изданию научно-методическим советом учреждения образования «Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины»:

**Калугин А.С.**

**К 176** Возрастная физиология: Тексты лекций по спецкурсу. /  
А.С. Калугин; Мин.образ. РБ, УО «ГГУ имени Ф. Скорины»,  
Гомель, 2005. — 142с.

В текстах лекций рассматриваются вопросы возрастной физиологии в процессе онтогенеза и частично филогенеза развития человека. Дается описание и классификация отдельных возрастных периодов и анатомо-физиологических изменений в ведущих системах организма.

Во всех разделах лекций раскрываются физиологические особенности организма в соответствии с возрастом. Важное место отводится морфофункциональным изменениям ЦНС в процессе обучения детей в школе.

УДК 612.6  
ББК 28.903.7

© Калугин А.С., 2005  
© Учреждение образования  
«Гомельский государственный университет  
имени Франциска Скорины», 2005

## ОТ АВТОРА

В 70<sup>е</sup> годы прошлого столетия был введен курс возрастной физиологии в учебные планы педагогических вузов как обязательный предмет для всех специализаций. Как показала практика, это способствовало повышению подготовки педагогических кадров. Тем не менее, по разным причинам курс в полном объеме в настоящее время почти не читается, а в лучшем случае - в виде спецкурса с небольшим количеством часов.

Важнейшей задачей курса является подготовка будущих специалистов, владеющих глубокими знаниями в области анатомии, физиологии и других наук.

Значительные трудности возникают у студентов в процессе учебы — это отсутствие специальной литературы по возрастной физиологии.

Преподаватели высшей школы по-прежнему пользуются учебными пособиями С.И. Гальперина (1974), А.Г. Хрипковой (1978) и др.

Понятие основных направлений реформы общеобразовательной и профессиональной школы, в которых представлена научно обоснованная концепция обучения и воспитания молодежи в современных условиях, предъявляет новые требования к подготовке педагогических кадров в вузах Республики Беларусь.

В настоящей работе представлен материал по возрастной физиологии в виде литературных данных и собственных исследований. В книге рассматриваются с современных позиций знания вопросы онтогенеза, дается краткая история развития периодизации (пре- и постнатального периода), рассматриваются общие закономерности роста и развития организма, возрастные особенности развития кровообращения, системы внешнего дыхания, скелетной мускулатуры и опорно-двигательного аппарата. Представлены морфофункциональные особенности сердечно-сосудистой системы детей и подростков в процессе занятий физической культурой и спортом.

Важное место отводится возрастной физиологии центральной

нервной системы. Помимо морфофункциональных особенностей в разные периоды онтогенеза, даются физиологические принципы функции высшей нервной деятельности (ВНД). Раскрываются вопросы ВНД в пре- и пубертатном периодах развития детей и подростков. Как происходит формирование характера у детей. Показаны причины стрессов, которые приводят к развитию невротических состояний.

Приведены современные данные нейрофизиологических изменений в связи с ухудшением экологических условий проживания. Даны рекомендации, которые в значительной степени позволяют избежать негативных явлений в процессе роста и развития детей и подростков в онтогенезе.

Заключительным разделом текстов лекций являются возрастные особенности анализаторов, главным образом, зрения и слуха. Эти физиологические системы больше всего подвержены патологическим изменениям в последние годы.

Почетный профессор ГГУ  
им. Франциска Скорины, доктор  
медицинских наук, профессор  
А.С. Калутин

## СПИСОК ОСНОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ

- АД - артериальное давление  
АКТГ - аденокортикотропный гормон  
ВИД - высшая нервная деятельность  
ВФ - возрастная физиология  
Гб - гемоглобин  
ГЭБ - гематоэнцефалический барьер  
ЖЕЛ - жизненная емкость легких  
ТЛ - текст лекций  
МБИС - медикобиологические исследования (лаборатория в ГГУ 80-х годов)  
МЛВ - максимальная легочная вентиляция  
МОД - минутный объем дыхания  
МПК - максимальное поглощение кислорода  
О<sub>2</sub> - кислород  
ПД - пульсовое давление  
СО<sub>2</sub> - углекислый газ  
ССС - сердечно-сосудистая система  
СТГ - соматотропный гормон  
ТТГ - тиреотропный гормон  
ЭКГ - электрокардиограмма  
ЭСЛ - эластическое сопротивление легких  
ЦДМ - центральный дыхательный механизм  
ЦНС - центральная нервная система

## ВВЕДЕНИЕ

Возрастная физиология (ВФ) - интенсивно развивающаяся молодая ветвь биологической и медицинской науки. Вместе с возрастной морфологией, биофизикой, биохимией она сформировалась как наука о закономерностях возрастного развития индивидуального организма.

Таким образом, возрастная физиология является самостоятельной ветвью физиологии человека и животных.

Задачей ВФ является всестороннее глубокое и систематическое исследование закономерностей развития функций макро- и микроструктур организма, его функциональных систем, органов, тканей, клосток и субклеточных структур их возрастной динамики «от оплодотворения до конца жизни» (А.А.Маркосян, 1974).

ВФ - наука экспериментальная. Ученые, занимающиеся ВФ, в основном применяют в своих исследованиях три метода: наблюдение, естественный и лабораторный эксперименты.

«Наблюдение собирает то, что ему предлагает природа, - говорил великий физиолог И.П.Павлов, - опыт же берет у природы то, что он хочет» (Павлов И.П. Полн. собр. соч., М-Л. 1951, т. II, кн.2, с.274).

Во время эксперимента исследователь или подбирает процесс (явление), или создает его искусственно для выявления количественных и качественных показателей.

В последние годы в ВФ широкое применение получил метод функциональных нагрузок как разновидность лабораторного эксперимента. Наиболее распространенными являются дозированные физические и умственные нагрузки.

К числу первых задач ВФ относится все, что необходимо для работы будущего педагога, - это прежде всего знание анатомо-физиологических особенностей детей и подростков; знакомство с физиологическими закономерностями основных систем организма на разных этапах онтогенеза; формирование у учащихся правильного понимания биологических процессов детского организма в разные периоды роста и развития.

Курс возрастной физиологии призван помочь студентам педагогических специальностей в глубоком усвоении вопросов педаго-

гики, дидактики, общей возрастной психологии, курса школьной гигиены. В тесной связи с другими дисциплинами курс возрастной физиологии имеет важное значение в формировании прочных знаний для воспитания будущих педагогов, которые на практике могли бы вырастить, начиная с самого детского возраста, физически крепкого и здорового молодого поколения.

Таким образом, курс ВФ имеет важное теоретическое и практическое значение и является одним из важнейших составных частей педагогического образования.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

## ЛЕКЦИЯ 1. ОБЩИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РОСТА И РАЗВИТИЯ ОРГАНИЗМА

- 1 Рост и развитие
- 2 Показатели раннего развития учащихся
- 3 Понятие акселерации

*1 Рост и развитие.* Рост и развитие являются общебиологическими процессами. С момента оплодотворения половых клеток образуется зигота, которая сразу начинает расти. В дальнейшем она превращается в стадию морулы, на смену которой образуется гаструла. Она имеет четко выраженные три слоя: внутренний - энтодерма; средний - мезодерма и наружный - эктодерма. В процессе роста на стадии органогенеза происходит образование отдельных органов и систем растущего организма.

Дальше происходит поступательное развитие организма на разных этапах онтогенеза. Сам процесс развития состоит в основном с трех факторов — это рост, дифференцировка тканей и органов и формообразование. Все три процесса находятся между собой в тесной связи и взаимозависимости.

Количественный процесс образования различных клеток создает определенный рост массы организма.

В зависимости от характера систем организма происходит либо количественное увеличение клеток в таких органах, как легкие, костная система. Что касается мышечной и нервной ткани, то в этих тканях происходит увеличение размеров клеточных структур.

Исходя из биологических показателей, следует учитывать в организме количество белка и размеры костей.

В процессе роста и развития постоянно происходят изменения, которые порой опережают созревание отдельных систем в организме.

Все биологические процессы, происходящие в организме, подчинены общим законам индивидуального развития.

На ранних стадиях онтогенеза формируется так называемая биологическая надежность. Это уровень регулирования биологиче-



ских процессов в организме, которые в состоянии обеспечить оптимальное протекание всех физиологических систем в случае экстремальных ситуаций. К сожалению, в последние годы наблюдается увеличение таких ситуаций. Естественно, что организм будет в состоянии выжить только при наличии резервных возможностей отдельных его систем. об этом указывал А. А. Маркосян, говоря о надежности биологических систем.

В процессе развития организма такую надежность мы имеем почти в любой жизненной системе. Для наглядности можно привести ряд примеров. Костная система человека: установлено, что бедренная кость взрослого человека выдерживает нагрузку на растяжение 1,5 тонны, а большая берцовая кость при изломе может выдерживать нагрузку более 1,6 тонны. В процессе развития и жизни человека такая прочность вряд ли понадобится, а при экстремальных ситуациях - возможно.

Это же положение касается и жидких систем. Общеизвестно, что в крови каждого человека находится столько фермента, участвующего в свертывании крови (тромбина), что его бы хватило для нормального свертывания крови у 500 человек.

Создание организмом со стороны биологических систем прочности прозапас, диктуется исторической необходимостью попадания организма в экстремальные ситуации, которые грозят гибели организма, не имея защитной прочности его систем в процессе онтогенеза.

Для характеристики этого явления П. К. Анохин в 70-х годах 20 столетия создал учение о гетерохронии или неравномерном созревании отдельных функциональных систем в организме.

Известно, что каждая функциональная система организма стремится иметь комплексное воздействие для получения конечного приспособительного эффекта своей оптимальной жизнедеятельности. Структура такой системы, по мнению автора, сложна своими синтетическими процессами, афферентными синтезами со стороны ЦНС с обратной афферентацией. Каждый из этих процессов имеет свое содержание: афферентный синтез - обработка различных видов информации и последующего сопоставления с прошлым опытом деятельности.

Благодаря акцептору происходит формирование будущего

действия, сравнение фактического результата с моделью, которая функционировала раньше.

Созревание функциональных систем в растущем организме происходит неравномерно. Каждая из систем избирательно закладывается и созревает по мере ее необходимости.

Системогенез, как общая закономерность развития организма, логично прослеживается на этапах эмбриогенеза.

Для каждого возрастного периода свойственна специфическая структура его морфологических систем, сложных биохимических процессов, изменений и совершенствование различных функций в различные периоды жизни организма. Всякий из этих процессов имеет индивидуальный наследственный характер.

Решающее значение в процессе роста и развития организма имеют факторы обучения и воспитания, общение ребенка с окружающей его средой, соблюдение условия гигиенической жизни, его отношение к физической культуре и трудовой деятельности. Важное значение при этом оказывают вопросы социальной жизни человека.

Таким образом, сопоставляя вышеперечисленные факторы роста и развития, особенно детей и подростков, мы еще раз можем убедиться в преимуществах различных факторов.

*2 Показатели раннего развития учащихся.* Нами были обследованы дети на ранних этапах развития (таблица 1)

Таблица 1 - Оценка физического развития учащихся общеобразовательной школы по индексам

Индексы	Мальчики	Девочки
Пиньс	24,2 см/кг	21,0 см/кг
Кетле	360,0 г/см	314,0 г/см
Пропорциональности	46,0 см	48,0 см
Эрисмана	- 6 см	- 3 см

Примечание:

Значение индексов

1. Пинье:  $\text{рост} \left( \frac{\text{вес} + \text{окружность грудной клетки (в см)}}{\text{вес (в кг)}} \right)$

2. Жизненный индекс:  $\frac{\text{ЖЕЛ (в мл)}}{\text{вес (в кг)}}$

3. Кетле (весоростовой):  $\frac{\text{вес (в г)}}{\text{рост (в см)}}$

4. Силовой индекс:  $\frac{\text{динамометрия кисти (в кг)}}{\text{вес (в кг)}}$

5. Индекс Эрисмана:

$\text{окружность грудной клетки} \cdot \frac{\text{рост(см)}}{2}$

6. Индекс пропорциональности:  
 $\frac{\text{окружность грудной клетки в паузе (в см)} \times 100}{\text{рост (в см)}}$

7. Становой индекс:  $\frac{\text{становая сила (в кг)} \times 100}{\text{вес (в кг)}}$

Сопоставляя данные физического развития детей различных школ Белорусского Полесья, видим разницу, которая заключается в том, что лучшие показатели получены у школьников систематически занимающихся физическими упражнениями (таблица 2)

Таблица 2 - Антропометрические показатели юных легкоатлетов

Показатели	Возраст	
	Подростки (12-14 лет)	Юноши (15-17 лет)
	M±m	M±m
Вес (кг)	481,5±11,2	661,1±8,4
Рост стоя (см)	1582,1±15,2	1720,8±6,8
Сила кисти: правой (кг)	321,2±8,4	471,3±3,8
левой (кг)	291,0±7,6	451,2±9,6
Становая сила (кг)	683,0±24	1062,7±21

Учитывая объективность и точность оценки методом стандартов, нами были проведены исследования физического развития учащихся спецшкол г. Гомеля.

В возрастной динамике у учащихся специализированной школы отмечается закономерное увеличение роста. Если подростки 12-14 лет имели рост 158 см в среднем, то юноши - легкоатлеты 15-17 лет - 172 см.

Такой же характер изменений наблюдался в весе, в кистевой и становой силе.

Следовательно, систематическое занятие физическими упражнениями в детском и юношеском возрасте ускоряет процесс развития костного и активного двигательного аппарата организма (таблица 3)

Таблица 3 - Динамика изменения показателей физического развития подростков и юношей (по Р.Е.Мотылянской)

Возраст (в годах)	Рост (см)	Вес (кг)	Ручная динамометрия (кг)
12	142	34,4	24,1
13	147	38,5	71,2
14	156	47,1	73,3
15	163	53,0	36,0
16	169	60,6	43,0
17	171	63,5	45,0
18	173	65,0	48,0

Известно, что чрезмерная мышечная нагрузка ускоряет биологические процессы, в частности окостенение.

При занятиях физическими упражнениями нужно так их подбирать, чтобы можно было локально воздействовать на мышцы — разгибатели.

Разница в силе мышц правой и левой рук в возрасте 6-7 лет постепенно исчезает. Если в 7 лет она составляет 80%, то к 12 годам - только 20%.

Общая масса скелетных мышц в 8-летнем возрасте составляет 27.2%, а в 12-летнем - 24.4% от веса тела (А.В.Люльков).

Таблица 4 - Возрастные изменения становой сипы и силы сгибателей кисти (в кг) - по С.П.Летунову, Р.Е.Мотылянской, М.Д.Кольшаковой и др.

Возраст (в годах)	Мальчики			Девочки	
	Ста- новая си- ла (кг)	Пра- вая рука (кг)	Левая рука (кг)	Пра- вая рука (кг)	Левая рука (кг)
7	-	7,0	4,0	-	-
8	51,0	7,7	4,6	3,6	2,2
9	55,4	8,5	5,0	4,7	4,0
10	61,3	9,8	8,4	5,6	4,8

Данные таблицы 4 свидетельствуют о пропорциональном увеличении показателей силы в двух возрастных группах (как у мальчиков, так и у девочек).

Одновременно мы отмечаем различие в силовых показателях соответственно половым особенностям этих групп.

С возрастом изменяются пропорции тела. Так, новорожденный имеет короткие конечности, большое туловище с большой головой. Затем с возрастом эти показатели изменяются: конечности становятся длинные, туловище короче, и голова уменьшается в размерах.

Гетерохрония обеспечивает рост, дифференцировку структурам, их функциям, которые больше всего нужны на данном этапе онтогенеза.

**3 Понятие акселерации.** Последние десятилетия было замечено

ускорение роста детей. Еще в 1935 году Е. Кох этот процесс назвал акселерацией (от лат. *accelerate* - ускорять). Это название так и закрепилось почти во всех странах мира

Вначале на первый план этого биологического процесса принимали увеличение размеров тела и более общее созревание организма в ранние сроки онтогенеза. Затем к морфологическим показателям развития организма были добавлены и функциональная деятельность (жизненная емкость легких, прорезывание и смена зубов в более ранние сроки, процесс окостенения, сила отдельных групп мышц и т.д.).

В настоящее время большинство авторов считают, что акселерация - это сложный биологический процесс развития организма, связанный со многими факторами среды (как внешний, так и внутренний, обеспечивающий ускорение роста отдельных систем и более ускоренное их созревание). В настоящее время имеются сообщения отдельных авторов об изменении сроков гинекологического цикла. За последнее столетие (по данным А.Г. Хрипковой, 1978) в Центральной Европе прекращение менструации у женщин (менопауза) наступает позже. Если раньше она была в возрасте 45 лет, то сейчас в 48 и позднее.

В литературе появились различные теории, объясняющие этот биологический процесс. Большинство сторонников у гелиогенной теории. Авторы считают, что процесс акселерации вызван воздействием на ребенка солнечных лучей, изменением климатических условий и т.д.

В последние годы появились работы, в которых сообщается воздействие малых доз радиации на организм человека.

Одно несомненно, что это многофакторный биологический процесс, который требует дальнейшего исследования.

Мы привели данные ускорения физического развития детей в процессе их акселерации.

Имеет ли это отношение к психической акселерации?

В литературе достоверных данных о психологической акселерации не имеется. Это связано со многими факторами, прежде всего отсутствием совершенных методов исследования, что практически не позволяет утверждать, как огромная информация последних лет воспринимается системами организма, в первую очередь головным мозгом. Учитывая высокую биологическую пластичность мозга, можно полагать об ускоренном развитии психиче-

ских функций на раннем этапе онтогенеза.

## ЛЕКЦИЯ 2 . ПЕРИОДИЗАЦИЯ РАЗВИТИЯ

1 Основы возрастной периодизации

2 Схемы возрастной периодизации

*1 Основы возрастной периодизации.* Возрастная периодизация онтогенеза (индивидуального развития организма) должна опираться на современные теории. Так, физиологическая теория онтогенеза А.В.Нагорного охватывает все этапы развития организма, начиная с оплодотворения яйцеклетки и кончая старением и смертью.

Слово онтогенез было введено Геккелем (1866) (ontos (греч) - существо, особь; genesis – развитие). Понятие онтогенеза нашло свое выражение в сформулированном Геккелем биогенетическом законе: «развитие зародыша-онтогенез есть сжатое и сокращенное повторение развития рода (филогенез)». В этом смысле В.В.Веригин биогенетический закон назвал как историческую разновидность преформизма. Большинство авторов с понятием онтогенеза связывают всю совокупность последовательных изменений организма, начиная от оплодотворенной яйцеклетки и кончая старостью и смертью. Такое понимание онтогенеза является наиболее правильным, т.к. в геноме зиготы закодированы все периоды индивидуального развития организма. А.Н.Северцев (1939) расширил понятие онтогенеза, включив в него еще один - этап жизни в молодости. В наше время с этим понятием связывается весь жизненный цикл индивидуального развития организма. Попытки биологов и морфологов подойти к обоснованию периодичности онтогенеза с использованием экологических и морфологических критериев (Крыжановский Г.Н., 1950; Свечин К.Б., 1961; Бунак В.В., 1965 и др.)

Между тем физиологический анализ проблемы периодичности онтогенеза, по мнению ряда авторов, является едва ли не самым решающим. Общая форма периодизации онтогенеза для млекопитающих предложена была школой А.В.Нагорного(1963);

В.Н.Никитин (1966) . Авторы в жизненном цикле индивидуального развития выделяют два больших периода: **пренатальный и постнатальный**. Постнатальное развитие, в свою очередь, делится на три периода:

- 1) период роста (формирование морфологических, биохимических и физиологических особенностей организма);
- 2) период зрелости, когда перечисленные особенности достигают полноценного расцвета;
- 3) период старости, преимущественно инволюционный.

**Аntenатальное** развитие организма определяется временем с момента оплодотворения яйцеклетки (образования зиготы) до начала родовой деятельности. Промежуток от начала родовой деятельности до рождения соответствует сравнительно короткому, но важному отрезку времени в онтогенезе и назван **интранатальным периодом**. После перехода с плацентарного на легочный газообмен начинается постнатальное развитие организма. Все периоды онтогенеза являются взаимосвязанными и взаимообусловленными, каждый возрастной период в отдельности, начиная с самых ранних, имеет самостоятельное биологическое значение и по значимости не может быть противопоставлен другому.

Количественная характеристика онтогенеза (рост) является генетически predetermined, как и ее специфические особенности в каждом возрастном периоде. В соответствии со схемой Балантина 1-й период следует обозначать как **геминальный**, или **собственно зародышевый**. Начинается он с момента оплодотворения яйцеклетки и заканчивается образованием бластоциста в слизистую оболочку матки. У человека этот период длится одну неделю. Из слизистой оболочки трубы поступают в зиготу питательные вещества в процессе дробления. Очередной период – **эмбриональный**, длится 5 недель. Функционально эмбрион в этом периоде адаптируется к гистотрофной форме питания за счет секрета слизистой оболочки матки. На 21-й день антенатального периода наступает фаза **собственной гистотрофной формы** питания до возникновения деятельности сердца и системы кровообращения. Вторая фаза соответствует желточному кровообращению. Затем наступает эмбрио-



фетальный период (по И.А.Аршавскому, 1960, 1967) Этот период длится всего две недели. Многие авторы считают его переломным этапом онтогенеза, после чего наступает очередной - фетальный период. В процессе эмбриофетального этапа плод переходит на плацентарное кровообращение. Фетальный период начинается с 9-й недели и продолжается всего 32 недели. В течение всего периода плод переходит на гемотрофное питание за счет материнской крови, которое является основным видом питания. Кроме того, он получает питание из околоплодных вод (амниотрофное). Гемотрофное питание обеспечивается деятельностью сердечно-сосудистой системы, дыхательной и скелетно-мышечной (И.А.Аршавский). Амниотрофное питание - деятельностью его пищеварительной системы. Физиологическое или биологическое время каждого периода у разных видов млекопитающих имеет свое астрономическое временное выражение.

Это соответствует теории антенатального онтогенеза. Физиологическое значение возрастных периодов в антенатальном онтогенезе заключается в процессе развития и роста, которое обеспечивает формирование физиологически зрелого организма.

**2 Схемы возрастной периодизации.** В процессе роста и развития детского организма происходят постоянные изменения со стороны различных органов и систем.

В результате медленные количественные изменения в конечном счете приводят к скачкообразным качественным преобразованиям морфофункциональных показателей на определенных этапах роста и развития.

В связи с этим возникла необходимость жизненный цикл человека разделить на отдельные периоды. Четких границ между периодами не существует.

Итак, существует календарный (паспортный) возраст и биологический. Не всегда они равнозначны, особенно с бурным развитием процесса акселерации. По-разному организм реагирует на физические нагрузки, как трудовые, так и спортивные. У детей одного и того же календарного возраста может быть существенно разная работоспособность. Это практически важно для правильной организации учебно-тренировочного и воспитательного процессов

как в школе, так и за ее пределами. Известно, что показатель календарного возраста не меняется. Биологический возраст не имеет строгих ограничений, он может охватывать ряд лет жизни человека, в течение которых могут произойти биологические изменения в организме индивида.

Возникает спорный вопрос в отношении критериев периодизации. Одни авторы за основу периодизации берут показатели - скорость роста и дифференцировки ткани и органов организма, другие предлагают костный показатель созревания скелета, трость - созревание половых желез и т.д.

В настоящее время получила распространение возрастная периодизация, в которой выделяются периоды новорожденности, ясельный, дошкольный и школьный. Ясно, что такой подход к этому важному вопросу не решает истинные возрастные периоды онтогенеза. По этой причине в настоящее время предложено ряд схем деления на возрастные периоды постнатального развития человека.

**А.А. Маркосян (1969)** предложил следующую схему периодизации:

- Новорожденный - 1-10 дней;
- Грудной возраст - 10 дней - 1 год;
- Раннее детство - 1-3 года;
- Первое детство - 4 года - 7 лет;
- Второе детство - 8-12 лет мальчики и  
8-11 лет девочки;
- Подростковый возраст - 13-16 лет мальчики и  
12-15 лет девушки;
- Юношеский возраст - 17-21 год юноши и  
15-20 лет девушки;
- Зрелый возраст I период: 22-35 лет мужчины и  
21-35 лет женщины;
- II период: 36-60 лет мужчины и  
35-55 лет женщины;
- Пожилой возраст - 61-74 года мужчины и

56-74 года женщины;  
Старческий возраст - 75-90 лет мужчины и женщины;  
Долгожители - 90 лет и выше.

Приведенная схема А.А.Маркосяна охватывает весь постнатальный онтогенез человека. В основе схемы положены морфофункциональные и психологические критерии.

С точки зрения педагогики более удобной является периодизация, построенная на социологических и педагогических критериях.

Она включает периоды от рождения до 17-18 лет:

Младенческий возраст - до 1 года;

Предшкольный - с 1 до 3 лет;

Дошкольный - с 3 до 7 лет;

Младший школьный - с 7 до 11-12 лет;

Средний школьный - с 11 - 12 до 15 лет;

Старший школьный - с 15 до 17-18 лет.

На проведенный симпозиуме по возрастной периодизации в Москве на базе Института физиологии детей и подростков АИИ СССР в 1965 г. была рекомендована следующая периодизация.

Новорожденный - 1-10 дней;

Грудной возраст - 10 дней - 1 год;

Раннее детство - 1 — 3 года;

Первое детство - 4-7 лет;

Второе детство - 8-12 лет мальчики и

8 - 11 лет девочки;

Подростковый возраст - 13-16 лет мальчики и

12 — 15 лет девочки;

Юношеский возраст - 17-21 год юноши и

16 - 20 лет девушки;

Зрелый возраст I период - 22 - 35 лет мужчины и  
22-35 лет женщины;

Зрелый возраст II период - 36 - 60 лет мужчины и  
36-55 лет женщины;

Пожилой возраст -61 - 74 года мужчины и  
56 - 74 года женщины;  
Старческий возраст-75-90 лет;  
Долгожители - 90 лет и выше.

## Схема возрастной периодизации онтогенеза человека (Г.И.Лазюк, 1979)

### I. Антенатальное развитие

1. Прогенез (гаметогенез) - период, связанный с созреванием половых клеток (гаметы)
2. Киматогенез - период оплодотворения до родов:
  - а) бластогенез - с момента оплодотворения до 15 дня беременности
  - б) эмбриогенез - 16-75 день беременности
  - в) фетогенез - 76-280-й день беременности
    - ранний - до 196-го дня
    - средний - до 280 дня

### II. Постнатальное развитие

1. Перинатальный период 28 недель антенатального развития
2. Период новорожденности - 1-й месяц жизни
3. Грудной возраст- 1-й месяц - 1 год
4. Раннее детство - 1-3 года
5. Первое детство - 4 года - 7 лет
6. Второе детство 8-12 лет (мальчики)  
8-11 лет (девочки)
7. Подростковый возраст - 13-16 лет (мальчики)  
12-15 лет (девочки)
8. Юношеский возраст-17-21 год (юноши)  
16-20 лет (девушки)
9. Зрелый возраст I период - 22-35 лет (мужчины)

9. Зрелый возраст I период - 22-35 лет (мужчины)  
21-35 лет (женщины)

II период - 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.

### Периодизация детского возраста, принятая на Международном симпозиуме (Москва, 1965)

1. Период новорожденности - 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: мальчики - 8-12 лет  
девочки - 8-11 лет
6. Подростковый возраст: мальчики - 13-16 лет  
девочки - 12-15 лет
7. Юношеский возраст: юноши - 17-21 год  
девушки - 16-20 лет

Сравнивая периодизацию Института физиологии детей и подростков АПН СССР с периодизацией А.А.Маркосяна, находим мало различий, т.к. обе схемы включают в себя комплексный подход признаков: размеры тела и органов, массу, процесс окостенения скелета, прорезывание зубов, развитие и степень полового созревания и т.д.

Однако вопрос биологического возраста, выявление наиболее информативных показателей требуют дальнейшего исследования.

### ЛЕКЦИЯ 3. ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ЖИЗНИ У МЛЕКОПИТАЮЩИХ

- 1 Антенатальный период
- 2 Физиологические изменения в постнатальном периоде
- 4 Наследственность и среда
- 5

*1 Антенатальный период.* В процессе онтогенеза происходят как морфологические, так и функциональные изменения организма, получившие название возрастных. Критерии возрастных периодизаций различны. Одни исследователи за основу периодизации берут созревание половых желез, скорость роста и дифференцировку тканей и органов, другие предлагают критерии скелетной зрелости на основании процесса окостенения; третьи - степень развития коры головного мозга и т.д. Наибольшее признание получила теория взаимодействия организма с внешней средой. Антенатальный период определяется временем, протекающим с момента оплодотворения яйцеклетки, т.е. образования зиготы, до начала родовой деятельности. Промежуток времени от начала родовой деятельности до рождения соответствует сравнительно краткому отрезку, который называется интранатальным периодом. После разобщения с материнским организмом (период с плацентного до легочного газообмена) начинается постнатальный период. В связи с проблемой периодизации онтогенеза весьма важны определения и оценка физиологического значения каждого из возрастных периодов для развивающегося онтогенеза в целом. У млекопитающих животных биологический смысл онтогенетического развития каждого отдельного организма в итоге сводится к развитию половозрелого состояния, затем наступает процесс инволюции и старческий возраст. В отличие от животного мира, у человека кроме видовой миссии осуществляется трудовая деятельность.

Первый период антенатального развития обозначают еще зародышевым (1-я неделя). Он начинается с оплодотворения яйцеклетки и заканчивается имплантацией образовавшегося blastocysta в слизистую оболочку матки. У человека этот период равен неделе.

Второй период - эмбриональный, который длится 5 недель. В

Второй период - эмбриональный, который длится 5 недель. В этом периоде происходит адаптация эмбриона к гистотрофной форме питания за счет секрета слизистой оболочки матки. В этом периоде выделяют две фазы (И.А. Аршавский). Фаза собственно гистотрофной формы питания и фаза желточного кровообращения. Затем следует этап эмбриофетального развития (2 недели). Следует эту фазу расценивать как переломный этап онтогенеза. В этот период происходит существенное преобразование физиологических отправления развивающегося организма. Заканчивается антенатальный онтогенез фетальным или амниотрофным периодом. У человека этот период начинается с 9-й недели и длится всего 32 недели. Организм в течение этого периода получает питательные вещества, с одной стороны, из материнской крови (гемотрофное питание), которое является основным, а с другой - из околоплодных вод (амниотрофное питание). С момента оплодотворения яйцеклетки происходит закладывание морфологических структур и соответственно им физиологические отправления, которые соответствуют формам адаптации развивающегося организма к условиям среды. В антенатальном периоде начинает функционировать скелетно-мышечная система. Эмбрион и плод активно реагируют на малейшие изменения в доставке кислорода и питательных веществ из материнского организма. Очень важным является вопрос о нормальной доставке для плода не только кислорода, но и питательных веществ. Как недостаток их, так и избыток приводит к физиологической незрелости. Таким образом, возникшая еще в антенатальном периоде физиологическая незрелость приводит к подавлению двигательной функции скелетно-мышечной системы в постнатальном периоде. Известно, что эмбрион и плод обладают лабильностью систем, органов, отсюда низкая их адаптационная возможность (Нагорный А.В., 1963). Установлено, что кровь, поступающая к голове и верхней части туловища, насыщена кислородом лишь на 50 %, а притекающая к нижним частям туловища - на 30 %. По сравнению с постнатальным периодом такое гипоксическое состояние у плода в антенатальном периоде приводит к тому, что физиологические функции находятся на пределе. Отсюда высокая степень катаболизма и анаболизма (А.В. Нагорный).

## 2 Физиологические изменения в постнатальном периоде.

В разные периоды жизни наблюдаются особенности в физиологических отправлениях организма И А Аршавский с соавт. сформулировал «энергетическое правило скелетных мышц» в качестве закона. Этот закон в какой-то мере объясняет продолжительность жизни у млекопитающих. В частности, установлено, что чем крупнее размеры млекопитающего, тем больше продолжительность жизни. Правило скелетных мышц позволяет понять механизм увеличения относительной энтропии. Известно, что чем выше интенсивность обмена веществ и энергии, тем больше скорость образования потока положительной энтропии, отсюда короче жизнь. Постнатальный период, или онтогенез, начинается с момента рождения ребенка. Весьма значительно меняется форма взаимодействия родившегося организма с условиями среды. В организме происходят значительные физиологические преобразования в виде адаптационных реакций. Наступает переход организма от плацентарного на легочный газообмен. Меняются условия питания (переход на кормление молочивным молоком, богатым белком, витаминами и другими питательными веществами). Происходит изменение температурного режима. Если при антенатальном периоде температура была  $37^{\circ}$ , то в постнатальном температура становится ниже (комнатная). При этом иногда температурная разница достигает  $15-18^{\circ}$ . В антенатальном периоде сердечно-сосудистая, дыхательная и скелетно-мышечная системы в основном обеспечивают питание развивающегося эмбриона и плода. В постнатальном периоде значительно изменяется функция указанных систем. Скелетная мускулатура кроме локомоций осуществляет еще терморегулирующую функцию. При значительном температурном перепаде возникает мышечный тонус, образуется высокий уровень теплопродукции. У ребенка наступает новый возрастной период, получивший название периода новорожденности.

Период новорожденности в онтогенетическом развитии является наиболее ответственным. Как известно, вскармливание молочивным молоком длится 8-10 дней. Это промежуточная стадия питания от гемотрофного и амниотрофного (околоплодными водами) к периоду лактотрофному питанию зрелым молоком. Этот период



не выявляет сколько-либо физиологических изменений со стороны системы пищеварения. Он подготавливает ребенка к другим периодам индивидуального развития. Лактотрофная форма питания очень важна для растущего организма. У человека этот период длится 5-6 и более месяцев. У животных период лактотрофной формы питания длится до периода реализации позы стоя. Например, у щенков этот период длится до 16-18 дней.

**3 Наследственность и среда.** В процессе индивидуального развития происходят различные стадии физиологической адаптации в разные периоды, как в антенатальном, так и постнатальном. Наиболее повреждаемые стадии развития эмбриона относятся к периоду формирования его связей с материнским организмом (стадия имплантации яйцеклетки и стадия формирования плаценты). У человека - это между первой и второй неделями после зачатия.

Второй - наиболее уязвимый период для повреждений - это между 3 и 5 неделями развития эмбриона. Как известно, в этот период происходит образование отдельных органов. В результате неблагоприятных условий среды могут образовываться различные пороки развития и уродства. Детское место у беременной женщины формируется между 8 и 11 неделями развития зародыша. Для этого (третьего) периода характерны различные аномалии развития, включая и ряд врожденных заболеваний. В эти критические периоды развития зародыш очень чувствителен ко всем малейшим изменениям среды (перегревание, недостаточное поступление кислорода, питание, радиация и т.д.). Попадание из организма в кровь плода тех или иных вредных веществ приводит к серьезным нарушениям в развитии. Пагубно на организм плода сказывается заболевание матери.

Чрезвычайно чувствителен зародыш к изменениям внешней и внутренней среды и состоянию матери. Особенно пагубно действуют на развитие плода вредные привычки матери (курение, употребление алкоголя и т.д.) Об этом должны четко знать молодые родители, которые решили иметь ребенка.

Известно, что наследственным аппаратом любых клеток организма человека, является ДНК, которое локализуется в ядре клетки, где образуются специальные структуры-хромосомы. Именно в них

от родительской клетки к дочерней.

В гигантской молекуле ДНК, которая состоит из нескольких тысяч последовательно расположенных нуклеотидов, закодирована запись структур ряда молекул белка. Это в какой-то степени напоминает азбуку морзе, где точка и тире в виде различных комбинаций соответствует букве алфавита.

Нечто подобное можно видеть и в молекуле ДНК, где роль кодовых знаков (символов) выполняют четыре вида нуклеотидов, которые многократно повторяются в полинуклеотидной цепи ДНК.

Нуклеотиды обозначаются начальными буквами названий азотистых оснований: это аденин - А; тимин -Т; гуанин -Г и цитозин -Ц.

Двадцать аминокислот, обнаруженных в белках, каждая из которых закодирована в молекуле ДНК в виде сочетания последовательно расположенных нуклеотидов. При этом каждой аминокислоте соответствует участок ДНК из трех рядом расположенных нуклеотидов. Например: участок Ц-А-Ц соответствует метионину, а фрагмент А-Ц-Ц - аминокислоте триптофану.

Следовательно, кодовая группа для каждой из 20 аминокислот состоит из трех триплетов (ААА, ГЦГ, Т, ГГА и т.д.). Такая последовательность расположения аминокислот кодируется на ДНК за счет последовательности расположения триплетов.

Таким образом, участки молекул ДНК, в последовательности которых закодирована программа о строении определенного белка, необходимого для жизни клетки, получили название гены. Известно, что ДНК находится в ядре клетки, а синтез белка происходит в основном в цитоплазме, в ее мелких органоидах -рибосомах. Вся информация в клетках передается за счет информационной РНК (и-РНК). Следовательно, последовательность нуклеотидов с помощью и-РНК отражает строение одного из участков ДНК. Итак, информация о структуре белка, содержащаяся в молекуле ДНК, переписывается на и-РНК. Такой процесс получил название транскрипции (лат.-transcriptio- переписывание).

Активированные аминокислоты переносятся на молекулы транспортных РНК (т-РНК). Каждая аминокислота имеет свою т-РНКи присоединяется к ней при помощи богатой энергией фосфатной связи. Транспортная РНК работает по челночному методу: при-

ной связи. Транспортная РНК работает по челночному методу: приносит активированные аминокислоты в рибосомы, после чего их покидает.

Наследственная информация, содержащаяся в ДНК, реализуется в структурах различных белков, определяя их специфичность.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

## ЛЕКЦИЯ 4. ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СКЕЛЕТНОЙ МУСКУЛАТУРЫ И ОПОРНО- ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

1. Двигательные реакции раннего антенатального периода
2. Динамика развития локомоций у детей раннего возраста
3. Выработка и сохранение осанки у детей

*1 Двигательные реакции раннего антенатального периода.* В естественных физиологических условиях можно наблюдать два типа двигательного поведения во внутриутробном периоде. Один тип выражается в виде мышечного тонуса, который обеспечивает типичное для плодов млекопитающих членорасположение в амниотической полости. Положение плода для этого типа - согнута голова и конечности по отношению к туловищу. Специальный анализ кимограмм показывает, что такое членорасположение представляет собой форму мышечного тонуса, рефлекторно поддерживаемого постоянным раздражением кожных рецепторов, циркулирующими в полости амниона околоплодными водами, а также афферентной импульсацией с проприорецепторов скелетных мышц.

Анализ осцилограмм, полученный различными авторами, при растяжении сгибателя показывает частоту импульсации от 30 до 60 ударов в сек. (миостатический рефлекс).

У взрослых животных миостатический рефлекс более выражен на разгибателях и значительно слабее - на сгибателях. Исследования М.А. Минковского показали наличие у плода человека сухожильных (собственных) рефлексов. Физиологический анализ показывает, что очень рано формируются проприорецепторы (нервно-мышечные веретена) скелетных мышц уже на 4 месяце (Семенов Л.К., 1969). Морфологическое начало функции проприорецепторов скелетной мускулатуры делает понятным раннее структурное оформление и развитие клеток коры мозга у плода человека в соответствующих ядрах двигательного анализатора.

*2 Динамика развития локомоций у детей раннего возраста.* Значительная роль физических упражнений в процессе формирования и развития опорно-двигательного аппарата на ранних стадиях онтогенеза.

У новорожденного ребенка наблюдаются беспорядочные движения конечностей, туловища, головы. При этом наблюдаются координированные и некоординированные движения.

Физиологами установлено, что двигательная деятельность детей формируется по механизму временных связей. Важная роль при этом отводится взаимодействию двигательного аппарата с другими анализаторами (зрительным, тактильным, вестибулярным). Установлено, что тонус затылочных мышц у ребенка развивается в 1,5-3 месяца. Отсюда, если ребенка в постнатальном периоде в этом возрасте положить на живот, он поднимает и держит голову. В 2,5-3 месяца развиваются движения рук в направлении видимого предмета. В 4 месяца ребенок поворачивается со спины на бок, а в 5 месяцев переворачивается на живот и с живота на бок, и т.д. В возрасте от 3 до 6 месяцев ребенок готовится к ползанию: лежа на животе, все выше и выше поднимает голову и верхнюю часть туловища и к 8 месяцам он способен проползать довольно значительные расстояния. В возрасте от 6 до 8 месяцев у ребенка формируются и развиваются мышцы туловища и тела. К этому времени ребенок начинает садиться, вставать и опускаться, придерживаясь руками за опору. К концу первого года ребенок свободно стоит и начинает ходить. Движение ребенка к этому периоду слабо координировано. Шаги его короткие, неравномерные, походка шаткая, положение тела неустойчивое. Чтобы сохранить положение тела, ребенок балансирует руками, широко расставляя ноги. К четырем годам длина шага достигает 40 см, затем она увеличивается до 15 лет, в то время как темп ходьбы снижается, походка становится ровной.

В возрасте 4-5 лет хорошо развиты мышечные группы и координация движений. В этом возрасте детям доступны сложные движения: бег, прыжки, катание на коньках, гимнастические упражнения и т.д. С ростом ребенка движения усложняются благодаря развитию мышц и координации движений. В 6-7 лет обычно хорошо координированы движения нижних конечностей. Отсюда, дети на-

чинают такие движения, как прыжки. В этом возрасте у детей хорошо развиваются прыгательные движения как в длину, так и в высоту.

В работах Института физиологии детей и подростков АПН СССР показано, что уже с первых лет жизни движения ребенка приобретают существенное значение в функционировании речи (Хрипкова А.Г., 1978)

Формирование слов особенно хорошо происходит при взаимодействии с двигательными анализаторами. Физическое совершенствование детей существенно отражается на развитии таких процессов, как мышление, память, внимание. Отсюда раскрываются возможности детского организма в восприятии и переработке полученной информации, усвоении знаний. При этом следует учитывать важность рационального режима питания, гигиены, сна, закаливания.

Ответная реакция организма на тренировочную физическую нагрузку различна в разные периоды роста и развития. Самые существенные изменения двигательной функции происходят в младшем школьном возрасте (8-12 лет). Данные морфологических исследований последних лет свидетельствуют о том, что первые структуры двигательного аппарата ребенка (спинной мозг, пути) созревают на самых разных этапах онтогенеза. Центральные морфологические структуры дозревают от 7 до 12 лет. К этому периоду достигают полного развития чувствительные двигательные окончания мышечного аппарата (А.Г. Хрипкова), в то время как развитие самих мышц и их рост продолжится в 25-30 лет.

Из всего сказанного можно сделать вывод, что физическое воспитание надо начинать в первые 8 лет обучения детей в школе и дошкольных учреждениях. Иначе мы «опоздаем», упустим самые продуктивные и оптимальные возрастные периоды для развития и совершенствования двигательных качеств у детей. Дети 7-11 лет обладают сравнительно высокими данными для развития двигательного аппарата, особенно динамического характера движений, игровых видов спорта, в то время как статические нагрузки им противопоказаны.

Однако детей этого возраста следует приучать к сохранению статических поз для выработки и сохранения правильной осанки.

Наиболее интенсивный прирост мышечной силы у мальчиков наблюдается в возрасте 14-17 лет, а у девочек несколько раньше. К 14 годам мышечная выносливость составляет 50-70%, а к 16 годам - около 80% выносливости взрослого человека. Школьники этого возраста хорошо адаптируются к скоростным нагрузкам (бег, плавание и т.д.).

Большая подвижность позвоночного столба, высокая эластичность связочного аппарата обуславливают высокий прирост гибкости в 7-10 лет, а к 13 годам этот показатель достигает максимума.

В 7-10 лет высокими темпами развивается ловкость движения. Таким образом, подростковый возраст располагает большими потенциальными возможностями двигательного аппарата.

Другой не менее важной проблемой является нормирование объема двигательной активности на разных этапах онтогенеза. Чем больше делает движений ребенок, тем больше условий он имеет для развития двигательной функции.

Дошкольник все время в движении. Как только ребенок пошел в школу, его двигательная активность сокращается вдвое. Учащиеся 1-3-х классов реализуют только 50% оптимального числа движений. В этом возрасте должны преобладать организованные формы занятий физическими упражнениями. Урок физической культуры компенсирует в среднем 11% необходимого суточного числа движений. Утренняя гимнастика дома, гимнастика перед началом уроков, подвижные игры на переменах, физкультпауза, прогулка с подвижными играми после уроков позволяют детям 7-11 лет проявлять до 60% требуемого для них суточного объема движений. Для устранения дефицита движений необходимо проводить организованные внеклассные занятия по спортивным секциям.

Исследования НИИ физиологии детей и подростков АПН СССР показало, что 5-6 часов занятий физическими упражнениями в неделю (по 2 урока физической культуры, ежедневные физкультурно-оздоровительные формы работы, занятия в спортивных секциях) благоприятствуют физическому развитию.

Для подростков рекомендуется активный отдых после 5-го и 6-го уроков. Если этого не делать ухудшается работоспособность, угнетается фагоцитарная активность лейкоцитов крови, нарушается лейкоцитоз (Матвиенко Л. А., 1989).

Поэтому двигательная активность для этого возраста детей является той физиологической необходимостью, которая обусловлена процессом онтогенеза на ранних стадиях развития организма

**3 Выработка и сохранение осанки у детей.** Каждому человеку свойственна специфическая для него осанка или поза, т.е. положение тела, стоя и сидя, во время ходьбы и работы. Это непринужденное положение тела в пространстве, которое поддерживается благодаря статическим напряжениям мышц и есть осанка.

Люди с хорошей осанкой стройные, голова прямо или слегка откинута назад, грудь выступает над животом, который втянут. Движения таких людей упругие, плавные, красивые. Правильная осанка человека благотворно воздействует на функции внутренних органов человека (печени, желудка, кишечника и т.д.) и в конечном счете, способствует повышению работоспособности. Нарушение осанки (кифоз, лордоз, кифосколиоз и т.д.) приводит к нарушению функций внутренних органов. Осанка не относится к числу наследственных признаков, она формируется с раннего возраста и в течение всей жизни может видоизменяться. Для формирования осанки большое значение имеет развитие мышц туловища. Напряжение этих мышц формирует и удерживает осанку (позу тела), а уменьшение их напряжения приводит к нарушению осанки.

У детей мышцы туловища развиты слабо, поэтому их осанка неустойчива. Формирование правильной осанки - одна из основных задач - учиться физическому воспитанию в школе и дома.

К 18 годам осанка стабилизируется. Увеличение двигательной активности детей и подростков приводит к изменениям в костной системе, мышцах и других системах организма. Скелетные мышцы оказывают влияние на течение объема веществ и на работу внутренних органов. Разносторонняя мышечная деятельность повышает работоспособность организма. При этом уменьшаются энергетические затраты организма на выполнение работы.



## ЛЕКЦИЯ 5. ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ КРОВООБРАЩЕНИЯ

- 1 Плацентарное кровообращение
- 2 Изменения в кровообращении новорожденного
- 3 Становление механизмов регуляции сердечной деятельности в процессе онтогенеза

*1 Плацентарное кровообращение.* В конце 2-го и начале 3-го месяца у человека (фетальный период) наступает полный переход на плацентарное кровообращение, прекращающееся в момент рождения. Как известно, плацента образуется из плодных оболочек, главным образом из хориона и материнской децидуальной оболочки. Благодаря большому количеству ворсинок общая поверхность соприкосновения равна около 7м. Материнская кровь в плаценте протекает под давлением 50-60 мм рт.ст. Обмен веществ через плаценту сложный, начиная от простой диффузии до активного метаболического переноса транспортируемого вещества. Плацентарная ткань поглощает больше кислорода, чем плод. По мере роста плаценты возрастает площадь прикосновения крови плода к матери. Переход на плацентарное кровообращение сопровождается значительными изменениями в сердечно-сосудистой системе плода.

Артериальная кровь поступает из плаценты по пупочной вене и, дойдя до пупочного кольца, дает веточку к воротной вене. Продолжением пупочной вены является аранциевый проток, который после нескольких ответвлений (анастомозов) впадает в нижнюю полую вену. В нижней полую вену артериальная кровь из плаценты смешивается с венозной кровью нижних конечностей, таза и кишечника.

Большая часть тока крови, идущей от нижней полую вены, благодаря особой складке, переходит через овальное отверстие в левое предсердие, а отсюда вместе с кровью из легочных вен впадает в левый желудочек и аорту. Благодаря Боталлову протоку значительная часть крови из легочной артерии переходит в нисходящую дугу аорты. Неравномерная артериализация крови плода влияет на рост его органов и тканей. У здоровых людей соотношение между плаз-

мой и форменными элементами (гематокрит) составляет 55% плазмы и 45% форменных элементов. У детей раннего возраста количество форменных элементов выше, чем плазмы. Известно, что в норме в 100 мл крови около 93 % составляет вода, а остальная часть - плазма с минеральными веществами: белки, жиры, углеводы, ферменты, гормоны, аминокислоты, витамины и др. компоненты.

Также известно, что суммарная концентрация солей, белков, глюкозы, мочевины и др. веществ, растворенных в плазме, составляет осмотическое давление. Тем не менее, оно создается в организме главным образом за счет неорганических солей, т.к. другие ингредиенты составляют небольшое количество. Мембраны клеток обладают избирательной проницаемостью. Осмотическое давление плазмы крови соответствует 0,9% раствора NaCl. У грудных детей стойкость эритроцитов находится в пределах от 0,3% до 0,4% NaCl. Постоянство реакций крови обеспечивается буферными системами (Гб, кислые соли угольной кислоты, фосфорной и белки крови).

Пока кровь течет по неповрежденному сосуду - она жидкая, а стоит только поранить сосуд, как довольно быстро у здорового организма образуется сгусток. Процесс свертывания крови наступает в течение 3-4 минут. Это важная защитная реакция организма. В основе этого процесса лежит изменение физико-химического состояния растворенного в плазме крови фибриногена, который в процессе свертывания превращается в нерастворенный фибрин. Фибрин выпадает в виде тонких нитей, образующих мелкоячеистую сеть, где задерживаются форменные элементы крови. Уплотняясь, кровяной сгусток стягивает края раны и этим способствует ее заживлению. Важная роль в этом процессе принадлежит тромбоцитам, содержащим вещество, способствующее сжатию сгустка. Сам процесс свертывания крови в общих чертах напоминает створаживание молока, где сопровождающим белком является казеин.

Еще в 1861 г. проф. А.А. Шмидт (Юрьев - Тарту) установил, что в процессе свертывания крови участвуют ферменты. Так, превращение растворенного в плазме белка фибриногена в растворенный фибрин происходит за счет фермента тромбина. В крови постоянно находится неактивная форма тромбина - протромбин, который образуется в печени. Протромбин превращается в активный тромбин под влиянием тромбопластина в присутствии солей  $Ca^{2+}$ , который

есть в крови, а тромбопластина в циркулирующей крови нет. Он образуется при разрушении тромбоцитов. Свертывание крови сложный биологический процесс. При повреждении сосуда меняется электрический заряд (с отрицательного на положительный) и отрицательно зависимые тромбоциты приклеиваются по этой причине к месту повреждения - наступает стадия адгезии. Другим важным фактором является агрегация тромбоцитов - скупивание.

**2 Изменения в кровообращении новорожденного.** Изменения гемодинамики связаны у новорожденного с прекращением плацентарного кровообращения и возникновением дыхания, и полным исключением малого круга кровообращения. Появление легочной вентиляции приводит к резкому росту легочного кровотока. Это связано с перевязкой пупочного канатика, ростом аортного давления, падением давления в левом предсердии.

Важным этапом в становлении кровообращения является закрытие Боталлова протока и овального отверстия, обеспечивающее разделение венозного и артериального тока крови. Процесс закрытия Боталлова протока и овального отверстия начинается с первой минуты после рождения (Борн, Минчел и др.).

Установлено, что овальное отверстие у человека зарастает в возрасте 5-7 месяцев, а артериальный проток в 3-4 месяца. В случаях их незаращения развиваются врожденные пороки сердца, которые требуют впоследствии хирургического вмешательства.

**3 Становление механизмов регуляции сердечной деятельности в процессе онтогенеза.** Становление гемодинамики в онтогенезе определяет особенности изменения реакций сердечно-сосудистой системы при различных состояниях организма. При асфиксии в процессе родов у плода возникают выраженные изменения ритма сердца. В наиболее раннем периоде онтогенеза брадикардия является результатом прямой реакции синусового узла на гипоксию. В последующем брадикардия связана с усилением тону-

са центра блуждающего нерва. В ответ на асфиксию может возникнуть тахикардия, связанная с рефлексом хеморецепторов и изменениями функции надпочечников. Сосудистые реакции у новорожденных детей имеют преимущественно прессорный характер. Они отличаются большой вариабельностью и нестойкостью, длительным латентным периодом. С возрастом сосудистые реакции становятся все более устойчивыми, постепенно сокращается латентный период. У детей школьного возраста условные реакции на сердечно-сосудистую систему вырабатываются быстрее. Наиболее экономичен рост минутного объема за счет увеличения выброса крови. Частота сердечных сокращений (ЧСС) при нагрузке у детей младшего школьного возраста 150-200 ударов в мин. У детей старшего школьного возраста укорачивается период сердечного цикла. С возрастом укорачивается длительность восстановительного периода.

Становление совершенных форм нейрорегуляции сердечно-сосудистой системы (ССС) приводит к расширению возможного диапазона приспособительных реакций кровообращения при постоянно изменяющихся условиях существования организма.

В эксперименте на животных установлено, что с возрастом у животных существенно изменяется характер адаптации рефлексов ССС. У них резко затягивается время последующего восстановления исходной величины рефлекторных реакций, в то время как у молодых животных отмечается более четкая зависимость между величиной реакции ССС и силой раздражения (Фролькис В.В., 1970). Аналогичная картина наблюдается у человека. При нагрузках у пожилых людей АД, ритм сокращений ССС, сердечного выброса более выражены, чем у молодых. Ряд клинико-физиологических исследований свидетельствует об ослаблении рефлексов ССС у пожилых людей. При старении изменяется характер условнорефлекторных влияний ССС, отмечено ослабление условнорефлекторных изменений кровообращения - ЧСС, АД и др. Угасание функций у стариков происходит быстрее, чем у молодых (Пархотик Н.Н., 1959). Время выработки условных рефлексов более длительное, чем у молодых. Ослабление условных рефлексов в старости ухудшает адаптационный механизм, обеспечивающий переход ССС на новый уровень деятельности. Механизм изменений услов-

норекфлекторных реакций на ССС в старости подобен тому, который был описан И.П. Павловым: ослабление внутреннего торможения, возбуждения, снижения подвижности этих процессов (Петрова М.К., 1946). Указанные изменения связаны с существенными процессами в структурах гемодинамического центра. С возрастом снижается лабильность гемодинамического центра, и это определяет длительность латентного периода и застойный характер гемодинамических реакций.

Благодаря этому неравномерному, а порой и противоположному характеру изменения возбудимости центральных структур при старении, развиваются не просто количественные сдвиги, а качественно новый уровень центральной регуляции кровообращения. На фоне этих изменений, центропериферических взаимоотношений растет чувствительность центральных структур к гуморальным влияниям - медиаторам и гормонам. Так, в эксперименте при введении адреналина и ацетилхолина у старых животных сдвиги кровообращения выражены резче, чем у молодых.

Благодаря возникновению не только угасания обмена и функций в отдельных звеньях регуляции, но и развитию приспособительных механизмов при старении поддерживается гомеостатический уровень деятельности ССС. Надежность механизмов регуляции с возрастом, равным счетом и приспособляемость реакций - сокращается.

## ЛЕКЦИЯ 6. ОБЩИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В СИСТЕМЕ КРОВИ В ОНТОГЕНЕЗЕ

1. Динамика изменений кроветворения и форменных элементов в онтогенезе (эритроцитов)
2. Гематологические показатели в зависимости от жизни и деятельности детей и подростков
3. Становление кардиогеодинамики

*Динамика изменений кроветворения и форменных элементов в онтогенезе (эритроцитов).* У новорожденных количество крови по отношению к весу тела составляет 15%, у детей 1 года - 11%, а у взрослых - 8%. По данным Кноблеха, количество крови у мальчиков несколько больше, чем у девочек.

В покое циркулирует около 40% крови, остальная депонирована: в мышцах, капиллярах, печени и селезенке. Плотность (удельный вес крови) у новорожденных несколько выше (1060-1080), чем у старших детей - 1052. Установившаяся с первых месяцев плотность крови сохраняется всю жизнь с небольшими колебаниями. У мужчин плотность крови 1055-1062, а у женщин - 1052-1056.

Из-за увеличения числа эритроцитов в первые дни постнатального периода вязкость крови относительно велика. К концу первого месяца жизни она снижается и остается сравнительно постоянной. Вначале - 10,0-14,8 у.е., а затем падает до 1,88 условных единиц у детей. Известно, что химический состав крови у человека отличается значительным постоянством и мало изменяется с возрастом; наибольшие изменения претерпевает в период новорожденности и в старческом возрасте.

Количество эритроцитов в 1 мл крови новорожденных колеблется довольно в широких пределах - от 4,5 до 7,5 млн. Кровь новорожденных по содержанию эритроцитов отличается от крови детей более старшего возраста не только в количественном, но и в качественном отношении. Характер форменных элементов крови имеет в своем составе незрелые формы. Иногда в крови детей раннего постнатального периода жизни встречаются ядросодержащие

формы эритроцитов. У детей от 1 года до 2 лет наблюдаются большие индивидуальные колебания в числе эритроцитов. Очевидно, это находится в прямой связи с периодами ускорения роста. В период утробного развития у плода в первые 6 месяцев имеется особый «утробный» гемоглобин-Ф. С 7-месячного возраста проявляется «щелочеустойчивый» гемоглобин, сохраняющийся у детей 3 лет, а затем сменяющийся «взрослым» гемоглобином-А. Гемоглобин плода имеет более высокое сродство к кислороду, чем гемоглобин матери.

*2 Гематологические показатели в зависимости от жизни и деятельности детей и подростков.* В течение всего онтогенеза система крови претерпевает ряд изменений, в период эмбриогенеза происходит формирование органов системы крови и постепенное становление их функций.

Возрастные особенности нейрогуморальной регуляции и системы крови проявляются особенно четко при физических нагрузках. У подростков и юношей после физических нагрузок наблюдаются существенные изменения всех параметров, характеризующих морфологическую картину физико-химических свойств крови. Особенно широкий размах изменений характерен для препубертатного и пубертатного периодов, когда происходит бурное развитие эндокринной системы.

Движение крови по венам происходит за счет трех факторов: присасывающего действия грудной клетки, мышечного сокращения и функции полулунных клапанов. Наиболее интенсивный рост сердца происходит в первые годы развития и в конце подросткового периода. У новорожденного сердце шаровидной формы, расположено значительно выше, чем у взрослого. Различия в этом показателе ликвидируются только к 10 годам. ЧСС у новорожденного до 168 уд. в мин., что связано с преобладанием симпатической иннервации. В процессе постнатального развития тоническое воздействие блуждающего нерва постепенно увеличивается (Гундобин Н.П.). Заметное его влияние начинает сказываться в 2-4 года, у младшей в школьном возрасте приближается к уровню взрослого.

нервации. В процессе постнатального развития тоническое воздействие блуждающего нерва постепенно увеличивается (Гундобин Н.П.). Заметное его влияние начинает сказываться в 2-4 года, у малышей в школьном возрасте приближается к уровню взрослого. Задержка влияния блуждающего нерва на ССС может указывать на ретардацию развития.

Кровяное давление ниже, чем у взрослых, а скорость кровообращения выше. Линейная скорость кровотока у новорожденного составляет - 12 с. в 3 года - 15 с., в 14-15 лет - 5 с. Ударный объем крови у детей значительно меньше, чем у взрослых. У новорожденного он составляет 2,5 мл, за первый год постнатального развития увеличивается в 4 раза, затем темпы его увеличения снижаются. Он продолжает расти до 15-16 лет, лишь на этом этапе ударный объем достигает уровня взрослых. С возрастом увеличивается минутный и резервный объем крови, что обеспечивает сердцу возрастающую адаптацию к физическим и психологическим нагрузкам.

Морфологические и функциональные изменения в сердце в процессе его постнатального развития определяют возрастные особенности биэлектрических процессов в сердце у детей и подростков. Их ЭКГ имеет специфическое отличие до 13-16 лет, после чего она приближается к ЭКГ взрослого человека. У подростков могут наблюдаться функциональные расстройства - учащение сердечного ритма, одышка, спазмы сосудов, нарушение показателей ЭКГ (Калюжная Р.А., 1973).

**3 Становление кардиогемодинамики.** Со 2-го месяца у плода устанавливается плацентарное кровообращение, которое сохраняется до рождения. От плаценты к плоду идет пупочная вена, а от плода к плаценте - две пупочные артерии. Эти сосуды к концу беременности составляют длину 50-60 см пупочного канатика. Ткани плаценты снабжаются смешанной кровью. Артериальная кровь из плаценты по пупочной вене поступает в организм плода. Пупочная вена подходит к печени плода и делится на 2 ветви. Одна из них впадает в нижнюю (венозный проток) полую вену, а другая - в воротную, затем, смешиваясь с венозной кровью печени, она также



изливается в нижнюю полую вену через печеночные вены.

Таким образом, в нижней полую вену происходит первое смешивание артериальной и венозной крови. Смешанная кровь по нижней полую вену поступает в правое предсердие. Сюда же поступает по верхней полую вену и венозная кровь - это второе неполное смешивание крови. Как известно, у плода человека между предсердиями имеется овальное отверстие, через которое кровь попадает в левое предсердие, а затем в левый желудочек и далее в аорту. Справа венозная кровь из правого предсердия проталкивается при сокращениях в правый желудочек, а из него - в легочную артерию. У плода лишь незначительное количество крови по легочной артерии поступает к легким и возвращается по 4-м венам в левое предсердие. Легкие у плода не функционируют. У плода легочная артерия соединяется с аортой широким артериальным протоком (Баталлов проток). Поэтому более легкому пути и устремляется основная масса крови, выбрасываемая правым желудочком. Происходит 3-е смешивание крови. Смешанная кровь по сосудам большого круга поступает к органам и тканям плода, отдает им  $O_2$  и питательные вещества, насыщается  $CO_2$  и продуктами обмена и по пупочным артериям возвращается к плаценте.

Таким образом, оба желудочка нагнетают кровь в большой круг кровообращения. Артериальная кровь у плода течет лишь по пупочной вене и венозному протоку, впадающим в нижнюю полую вену.

После рождения кровообращение изменяется: с первым вдохом новорожденного расправляются легкие. Кровь из правого желудочка поступает в общий кровоток, минуя Баталлов проток, который закрывается в 6-8 или 9-11 недель. Овальное отверстие между предсердиями зарастает к 6-ти месяцам. Пупочные артерии и вена после перерезки пуповины также постепенно зарастают.

*Некоторые показатели работы сердца:* желудочек сердца в покое выбрасывает 60 мл крови, это называется систолическим объемом сердца, а при физической работе - 200 мл и более.

Минутный объем, т.е. количество крови, выбрасываемой за 1 мин. в покое - 5л. При больших физических нагрузках - 25-30 л. Следует иметь в виду, что при увеличении частоты сердцебиения общая пауза укорачивается, а свыше 200 раз в мин, она становится

настолько короче, что сердце не успевает заполниться кровью. Это ведет к уменьшению систолического и минутного объема крови. У тренированных людей при физической нагрузке увеличивается систолический объем за счет увеличения силы сокращения и более полного опорожнения. У нетренированных происходит увеличение ЧСС без увеличения систолического объема.

Электрические явления в сердце, наблюдаемые в тканях при возбуждении, называются токами действия. Они возникают в работающем сердце, т.к. возбужденный участок становится электроотрицательным по отношению к невозбужденному. Они регистрируются в виде ЭКГ. Записанная кривая имеет сложный вид, что обусловлено анатомо-физиологическими особенностями сердца. Наше сердце является проводником второго рода (жидким) или ионным, поэтому его биотоки проводятся по всему телу, их можно регистрировать с поверхности тела (кожи). Чтобы не мешали токи действия скелетных мышц, человека укладывают на кушетку, просят лежать спокойно и накладывают электроды от электрокардиографа на кожу рук и ног. Обычно электроды накладывают к двум точкам: I-е отведение - от правой и левой руки; II-е отведение - от правой и левой ноги; III-е отведение - от левой руки и левой ноги. В настоящее время биотоки сердца записываются и в грудных отведениях.

В этих случаях один электрод накладывают на левую ногу, а второй на соответствующие участки передней поверхности груди. Кривая записи биотоков сердца называется ЭКГ человека и имеет пять зубцов: P, Q, R, S, T. Зубцы P, R, T, как правило, направлены вверх - они положительные, а зубцы Q, S направлены вниз - они отрицательные. Зубец P отражает возбуждение предсердий. В то время, когда возбуждение достигает мышц желудочков и распространяется по ним, возникают зубцы Q, R, S. Зубец T отражает процесс прекращения возбуждения в желудочках. Следовательно, зубец P составляет предсердную часть ЭКГ, а комплекс зубцов Q, R, S, T - желудочковую часть, ЭКГ дает возможность детально изучить изменения сердечного ритма, нарушения проведения возбуждения по проводящей системе сердца, выявления дополнительных очагов возбуждения при экстрасистолах и т. д.

Сердце получает иннервацию от вегетативной нервной систе-

III - на возбудимость сердечной мышцы. IV - на тормозные процессы. Эксперименты проводились с перерезкой нервов или их раздражением. При раздражении вагуса происходит замедление сокращений и уменьшение их силы, уменьшается проводимость сердечной мышцы. После перерезки вагуса у животного наблюдается тахикардия. Это обусловлено прекращением постоянно тормозящих импульсов со стороны центра вагуса. При раздражении симпатического нерва увеличивается частота и сила сокращений, возбудимость и проводимость сердца.

**Кровяное давление.** Условием движения крови по сосудам является разность давления между артериями и венами. При каждой систоле сердца в артерии нагнетается кровь определенного объема. Благодаря большому сопротивлению в артериях, капиллярах до следующей систолы давление не падает до нуля. Высота давления должна определяться систолическим объемом сердца и высотой сопротивления в периферических сосудах: чем с большей силой сокращается сердце и чем сильнее сужение артериолл и капилляров, тем выше будет АД. Кроме этих двух факторов на АД влияет количество циркулирующей крови и ее вязкость. Как известно, потеря крови на  $1/3$  ведет к смерти от невозврата крови к сердцу. В состоянии покоя часть крови циркулирует, часть - депонирована (печень, селезенка, кожа). При физической работе часть крови выходит из депо, повышается кровоток и АД. Вязкость крови повышается при сильном потоотделении, изнурительных поносах и т.д. При этом увеличивается периферическое сопротивление, и для продвижения крови требуется более высокое АД. Работа сердца усиливается, АД растет. В норме кровеносная система не только наполнена, но и переполнена кровью. Стенки артерий растянуты и находятся в состоянии эластического напряжения. Когда во время систолы сердце выбрасывает кровь в артерию, то только часть энергии тратится на продвижение крови, значительная часть энергии переходит в энергию эластического напряжения артериальных стенок. Во время диастолы растянутые эластические стенки аорты и крупных артерий оказывают давление на кровь, поэтому течение крови во время диастолы не прекращается. В артериальной системе в связи с ритмической работой сердца АД периодически колеблется, повышаясь во время систолы и снижаясь при диастоле. Наивысшее дав-

артерий оказывают давление на кровь, поэтому течение крови во время диастолы не прекращается. В артериальной системе в связи с ритмической работой сердца АД периодически колеблется, повышаясь во время систолы и снижаясь при диастоле. Наивысшее давление – во время систолы – систолическое (максимальное) и низкое – во время диастолы – диастолическое (минимальное). У детей, у которых артериальные стенки эластичны, давление ниже. АД у взрослых максимальное – 110-120 мм. рт. ст., минимальное – 70-80 мм рт. ст. К старости АД повышается по случаю склероза стенок. Понижение АД ниже 100 мм. рт. ст. – гипотония, а повышение АД больше 130 мм. рт. ст. – гипертония. Разница между максимальным и минимальным давлением называется пульсовым давлением. Оно равно 40-50 мм. рт. ст. Величина АД служит важной характеристикой ССС. Систолическое давление указывает на работу сердца и эластичность сосудов. Диастолическое – характеризует периферические сосуды. При интенсивной мышечной работе обычно растет систолическое давление, достигая 200 мм. рт. ст. и выше, минимальное не меняется, а у тренированных спортсменов даже снижается, что объясняется расширением сосудов в работающих мышцах.

**Давление в артериолах, капиллярах и венах.** По мере продвижения крови к периферии АД падает, энергия, создаваемая сердцем, расходуется на преодоление сопротивления току крови, возникающая в силу трения крови о стенки сосудов и форменных элементов друг о друга. Различные участки кровяного русла неодинаково оказывают сопротивление, поэтому АД колеблется: чем больше сопротивление данного участка, тем больше падает давление. Таким местом являются артериолы и капилляры, 85% энергии сердца расходуется на продвижение крови по ним, и только 15% - на продвижение крови по крупным сосудам.

Давление в аорте – 110-120, в артериолах – 60-70 мм. рт. ст., в начале капилляра и его артериальном конце – 30 мм. рт. ст., а в венозном конце – 15 мм. рт. ст. В венах давление снижается постепенно. В венах верхних конечностей равно 5-8 мм. рт. ст., а в крупных, вблизи сердца, оно может быть даже отрицательным, т.е. на несколько мм. рт. ст. ниже атмосферного.

Для контроля сжатия плечевой артерии применяют звуковой

метод Н.С. Короткова.

Пульс - ритмическое колебание диаметра артериальных сосудов, вызываемое работой сердца. В момент изгнания крови из сердца давление в аорте повышается, и волна повышенного давления распространяется вдоль артерии до капилляров. Пульсацию легко можно прощупать на тех артериях, которые лежат на костях. В крупных венах вблизи сердца также можно наблюдать пульсацию. Происхождение венозного пульса противоположно артериальному: отток крови из вен в сердце прекращается во время систолы предсердий и во время систолы желудочков. Эти периодические задержки оттока крови вызывают переполнение вен, растяжение их тонких стенок и обуславливают их пульсацию. Венозный пульс исследуют в надключичной ямке.

**Капилляры.** Отдел ССС, где кровь отдает тканям  $O_2$ , питательные вещества, гормоны и уносит  $CO_2$  и другие продукты метаболизма, подлежащие выведению из организма. Средняя длина капилляров 0,3 - 0,7 мм, диаметр 8 мкм, толщина стенки 1 мкм. Как подсчитал Крог, на 1 мм - до 200 капилляров скелетной мышцы, а в сердце - до 4000. При спокойном состоянии в организме функционирует примерно 1/10 часть капилляров (дежурные капилляры).

Благодаря тому, что кровь в капиллярах находится под давлением, в артериальной части капилляра  $H_2O$  и растворенные в ней вещества фильтруются в межтканевую жидкость. В венозном конце, где давление уменьшается, осмотическое давление белков плазмы засасывает межтканевую жидкость обратно в капилляры. Следовательно, ток воды и веществ, растворенных в ней в начальной части капилляра, идет наружу, а в конечной его части - внутрь. Кроме процесса фильтрации в обмене участвует и процесс диффузии, т.е. движение молекул от среды с высокой концентрации туда, где она ниже. Глюкоза, аминокислоты диффундируют из крови в ткани, а аммиак, мочевины, остаточный азот - в обратном направлении. Стенки капилляра - живая полупроницаемая мембрана, движение частиц через нее - процесс не более сложный, чем фильтрация. Проницаемость стенки капилляров различна в разных органах и избирательная: она может пропускать одни вещества и удерживать другие. Общая поверхность всех капилляров тела -

6300 м и медленный ток крови (0,5 мм) способствует протеканию процессов обмена.

**Факторы, способствующие движению крови по венам.** Стенки вен слабо развиты по отношению к артериям. В вертикальном положении тела возврату крови к сердцу препятствует сила тяжести, поэтому в известной степени движение крови по венам затруднено. Для него недостаточно давления, создаваемого сердцем. В начале вен оно в венах - 10-15 мм рт.ст. В основном три фактора способствуют движению крови по венам: 1-е - клапаны вен; 2-е сокращение близлежащих скелетных мышц и 3-е - отрицательное давление в грудной полости.

Клапаны имеются преимущественно в верхних конечностях. В грудной полости давление отрицательное, а в брюшной - положительное. Эта разница обеспечивает в грудной полости давление, что также способствует движению крови по венам.

**Иннервация сосудов.** Кровеносные сосуды постоянно находятся в тоническом сокращении. Тонус сосудов регулируется нейрогуморальным путем. Сосуды иннервируются двумя видами нервов: сосудосуживающими и сосудорасширяющими, центры которых расположены в продолговатом и спинном мозге. Главный сосудодвигательный центр продолговатого мозга состоит из двух отделов: сосудосуживающего (прессорного) и сосудорасширяющего (депрессорного). Сосудосуживающий центр находится в состоянии постоянного тонуса, от него непрерывно идут импульсы к мышцам сосудов, поддерживают их в состоянии длительного сокращения. Сосудосуживающие нервы относятся к симпатической нервной системе, влияние их можно наблюдать в классическом опыте К. Бернара на ухе белого кролика. Если перерезать нерв симпатический, иннервирующий ухо, то оно краснеет и становится теплым. Это говорит о расширении сосудов, т.к. поток импульсов от центра прекращается. Второй сосудорасширяющий центр естественно тормозит сосудосуживающий. Основную роль в регуляции играет прессорный центр.

Известно три парасимпатических нервных медиатора-симпатические нервы слюнных желез, языка и пещеристых тел полового члена. В скелетной мышце о сосудорасширителем являются особые симпатические нервы, в окончаниях которых выделяется, не

рение сосудов. К сосудорасширяющим веществам относятся: адреналин, норадреналин, вазопрессин (нейрогормон задней доли гипофиза), серотонин, образующиеся в головном мозге и слизистой оболочке кишечника. Расширение сосудов вызывают метаболиты - угольная и молочная кислоты и медиатор-ацетилхолин. Расширяет артериолы и увеличивает наполнение капилляров гистамин, образующийся в стенках желудка и кишечника, в коже - при раздражении ее и работающих мышц.

**Регуляция ССС.** В артериальной системе поддерживается постоянное АД, которое может лишь временно изменяться в зависимости от состояния организма. Это обеспечивается за счет механизма саморегуляции - основная форма взаимодействия внутри организма. Она осуществляется нейрогуморальным путем. В стенках аорты и каротидного синуса (область разветвления общей сонной артерии) расположены прессорецепторы, чувствительные к изменению давления: при каждой систоле сердца давление крови повышается в артериях, а во время диастолы и оттока крови на периферию - снижается. Пульсовые колебания давления возбуждают прессорецепторы и по чувствительным (афферентным) волокнам проводятся в ЦНС к центрам торможения сердца и сосудодвигательному центру, поддерживая у них длительное, постоянное состояние возбуждения, называемые тонусом центров. При повышении давления в аорте и сонной артерии импульсы учащаются, может возникнуть непрерывная, так называемая угрожающая импульсация, которая повышает тонус центра блуждающего нерва и тормозит сосудосуживающий центр.

От центра торможения сердца импульсы по вагусу идут к сердцу и тормозят его деятельность.

**Гуморальная регуляция ССС.** Сдвиги в содержании различных веществ в ССС оказывают сильное влияние на содержание  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ . Увеличение  $Ca^{+}$  влияет на частоту и силу сокращений, повышает возбудимость и проводимость сердца. Эмоциональные реакции приводят к выбросам в кровь адреналина. Он оказывает такое же воздействие, как с.н.с. - усиливает работу сердца, суживает сосуды, повышается АД. Гормон гипофиза - вазопрессин суживает артериолы. В настоящее время во многих тканях обнаружены вещества, способные расширять сосуды - простагландины и т.д.

же воздействие, как с.н.с. - усиливает работу сердца, суживает сосуды, повышается АД. Гормон гипофиза - вазопрессин суживает артериолы. В настоящее время во многих тканях обнаружены вещества, способные расширять сосуды - простагландины и т.д.

**Лимфатическая система.** Она является частью сосудистой. Лимфа (в переводе с греч. - влага) движется по направлению к крупным венам. Это прежде всего разветвленная система сосудов, по ходу которых имеются лимфатические узлы. Лимфатическая система вместе с венами обеспечивает всасывание из воды, с растворенными в ней веществами коллоидно-белковых веществ, эмульсий, жиров и из взвешенных инородных частиц бактерий, вирусов и др., которые не могут всасываться в кровеносные капилляры. Началом лимфатической системы являются лимфатические капилляры в виде замкнутых эндотельных трубочек, образующихся в органах сети. Лимфатические капилляры находятся во всех органах, кроме центральной нервной системы, селезенки, хрящей, глаз, плаценты. Диаметр их превышает кровеносные капилляры - 200 мкм и более. Лимфатические сосуды имеют клапаны, обеспечивающие ток лимфы в одном направлении. Они имеют четкообразный вид, т.к. в местах расположения клапанов сосуды сужаются. Внутриорганные сосуды образуют широкие сосудистые сплетения, а лимфатические сосуды тонкой кишки, проходящие в брыжейке, содержат капельки жира, придающий белый цвет - хилус, млечный сок. По пути проходят через узлы, после чего они становятся шире (лимфатические стволы).

**Морфофункциональные особенности развития сердечно-сосудистой системы детей и подростков.** С функционированием кругов кровообращения создаются новые условия для развития сердечно-сосудистой системы в раннем постнатальном периоде.

Сердце у новорожденного в среднем весит 20-25 г и составляет около 0,8% к весу тела. В возрасте 1 года средний вес сердца равен 60 г, в 5 лет - 100 г, в 10 лет - 185 г, в 15 лет - 250 г, т.е. увеличивается в 11 раз по сравнению с первоначальной величиной.)

Вес сердца составляет в среднем 1/200 веса тела, однако, на его питание затрачивается 1/20 часть всех энергетических затрат организма. Это вполне понятно, так как обмен веществ в сердечной мышце происходит в 10-20 раз интенсивнее, чем в любом другом



органа человеческого организма.

Рост сердца у детей идет во всех направлениях, но неравномерно, т. е. больше и быстрее всего в длину, затем в ширину, толщину. У младших школьников энергично растет масса и полость левого желудочка.

За период детства значительные изменения претерпевает внутреннее строение сердечной мышцы. У детей младшего школьного возраста поперечник мышечных волокон сердца почти в 2 раза меньше, чем у взрослых людей. Значительно интенсивнее происходит развитие эластических волокон, которые располагаются между мышечными. Рост сердца в различные периоды жизни протекает своеобразно. Так, в первые годы жизни ребенка и в период полового созревания сердце растет особенно быстро. В возрасте от 7 до 12 лет рост его постепенно замедляется. В этот период развития вес тела по отношению к общему весу организма становится наименьшим. Имеется разница в весе сердца в зависимости от половых различий ребенка. В возрасте 10-11 лет вес сердца у мальчиков несколько больше, чем у девочек, а от 11 до 13 лет вес сердца больше у девочек. После полового созревания у мальчиков вес сердца становится больше, чем у девочек.

Следовательно, наиболее интенсивный рост сердца наблюдается в первые годы жизни ребенка и в период полового созревания (13-14 лет), а наименьший рост сердца - в возрасте 7-12 лет. Эти обстоятельства - разной интенсивности роста сердца - следует учитывать учителям физического воспитания при определении различных физических нагрузок.

Имеются существенные различия и в иннервационном аппарате сердца в зависимости от возраста детей.

Так, в возрасте 7-11 лет влияние симпатической нервной системы выражено, чем парасимпатической. Это выражается в чрезмерном возбуждении сердечной деятельности, даже при небольших физических нагрузках. С возрастом ребенка тонус блуждающего нерва повышается, и это приводит к замедлению сердечного ритма.

В 7-8-летнем возрасте частота сердечных сокращений составляет в среднем 90 ударов в минуту, в 9-10-летнем - 86, в 11-летнем - 82, 13-летнем - 76.

Существует значительная разница в строении сосудов в детском возрасте. Артерии у детей относительно широки и развиты сильнее, чем вены. Отношение просвета артерии к просвету вен у них составляет 1:1, тогда как у взрослых людей - 1:2. Хорошо развита у детей и капиллярная сеть. С возрастом сосуды продолжают расти, особенно в раннем детском возрасте. К 12 годам развитие сосудов обычно завершается.

У детей в возрасте до 10 лет ствол легочной артерии шире, чем аорты, затем просвет постепенно уравнивается, а в период полового созревания - аорта по диаметру превосходит легочную артерию. Существует различие и в строении стенок сердца.

Стенка сердца состоит из трех слоев: внутреннего - эндокарда, среднего - миокарда и наружного - эпикарда. Наиболее развитым слоем сердечной стенки является миокард. Между тем его волокна в детском возрасте более нежные и тонкие, чем у взрослых людей. Значительно слабее развита соединительная ткань между мышечными волокнами у детей, чем у взрослых. С возрастом происходят определенные изменения в гистоструктуре миокарда. Мышечные волокна постепенно удлиняются, появляются жировые клетки. Уменьшается количество клеточных ядер, увеличиваются соединительнотканые прослойки между волокнами (клетками) мышцы сердца. Внутренняя оболочка мышцы сердца у детей является более рыхлым образованием, чем у взрослых. Строение этого слоя в общих чертах напоминает строение сосудистой стенки. Изнутри он выстлан эндотелиальными клетками.

Эндокард представляет собой тонкий листок, из которого путем удвоения построены сердечные клапаны.

Наружный слой - перикард, как и внутренний - эндокард являются общими слоями.

Следовательно, сердечно-сосудистая система у детей характеризуется относительно большей массой сердца, большей шириной отверстий и более широким просветом сосудов, что значительно облегчает кровообращение.

Мышца сердца дифференцируется и развивается примерно к 18-20 годам, хотя рост сердца продолжается до 55-60 лет у мужчин и до 65-70 лет у женщин (Гальперин С.И.).

С возрастом меняется частота сердечных сокращений. У детей

до года частота сердечных сокращений достигает 120-150 уд/мин, в 5 лет - 100 уд/мин, в 6-7 лет - 90, в 8-12 лет - 75-85 уд/мин, старше 12 лет - 65-70 уд/мин.

Минутный объем сердца в расчете на 1 кг веса у детей и подростков больше, чем у взрослых.

Таблица 5 - Возрастные изменения показателей деятельности сердечно-сосудистой системы (по Харьковому, Пузику, Шалкову)

Показатели	Возраст			
	8 лет	13 лет	15 лет	Взрос- тые
Абсолютный вес сердца (г)	96,0	172,0	200,0	305,3
Относительный вес сердца в % к весу тела	0,44	0,50	0,48	0,51
Ударный объем крови (мл)	25,0	35,7	41,5	60,0
Ударный объем крови на 1 кг веса тела	0,98	0,95	0,92	0,88
Минутный объем крови (мл)	2240	2850	3150	3600
Минутный объем крови на 1 кг веса тела	88,0	76,0	70,0	60,0

Как видно из таблицы 5, высокие показатели минутного объема крови у детей на 1 кг веса объясняются частотой сердечных сокращений.

Таковы морфофункциональные особенности развития сердечно-сосудистой системы детей и подростков.

**Возрастные особенности сердечной деятельности.** В ритмической работе сердца - источник его неутомимости. Благодаря паузам и расслаблению сердца, у человека в возрасте 60 лет, тридцать лет оно отдыхает. Сердце - самый работоспособный орган. В день оно в среднем делает 100 тыс. ударов, а в год - почти 40 млн. В мире не существует такого двигателя, как сердце, которое работает бесперебойно 70-80 и более лет.

Работу сердца можно определить при помощи следующей формулы:  $P = M \times D \times C$ , где  $M$  - масса крови в кг, выбрасываемой за одно сокращение,  $D$  - давление крови в аорте,  $C$  - число сердцебие-

ний в одну минуту. Так, при данных  $M = 0,07$ ,  $D = 2$ ,  $C = 72$ . Р левого желудочка составит около 100 Дж. Однако нужно иметь в виду, что работа правого желудочка в три раза меньше левого (примерно она составляет 33-33,5 Дж). Таким образом, общая работа обоих желудочков за секунду составит около 133,5, а за сутки будет равна 192-240 Дж. Эта работа, необходимая для поднятия груза в 64 кг на высоту 300 м.

В течение жизни человека (60 лет) левый желудочек выбрасывает такое количество крови, которое может заполнить канал длиной в 5 км, по которому может пройти большой волжский теплоход.

Работа сердца состоит из двух слагаемых: 1) выбрасывание систолического объема на высоту среднего уровня давления крови в аорте; 2) сообщение скорости движения этому объему по сосудам.

Вследствие несимметричности положения сердца в грудной клетке и своеобразной формы тела человека, биотоки малого напряжения распределяются по всей поверхности тела неравномерно. По этой причине (в зависимости от точек отведения потенциалов) форма электрокардиограмм и вольтаж ее зубцов будут различны.

Нормограмма у взрослых людей получается, когда отношение толщины стенки правого желудочка к толщине левого желудочка составляет как 1:2 или 1:3. В тех случаях, когда отношение составляет 1:4 или 1:5, говорят о левограмме, поскольку возбуждение левого желудочка запаздывает. В случаях отношения 2:1 или 1:1 регистрируется правограмма

*Влияние физических нагрузок на сердечную деятельность.* Современная электрокардиография позволяет проникнуть в тончайший механизм нарушений сердечной деятельности. При частоте 75 сокращений сердца в минуту цикл его деятельности будет состоять из систолы предсердий, которая продолжается около 0,1 с, систолы желудочков - 0,3 с и их диастолы - 0,5 с. Поскольку систола предсердий начинается за 0,1 с до окончания диастолы желудочков, то весь сердечный цикл составит 0,8 с, а общая систола предсердий и желудочков - 0,4 с. Восстановление работоспособности сердца происходит во время диастолы.

Тренированное сердце - основа успеха в достижении высоких спортивных результатов. Заботиться о сердце - значит увеличивать

его деятельность. Особенно подрывает его силы алкоголь и курение. Под влиянием приема алкоголя наступает ожирение сердца, уменьшается его работоспособность, снижается сила. Никотин приводит к ухудшению кровоснабжения сердечной мышцы, нарушает цикл сердечной деятельности. Эти вредные привычки несовместимы с современным спортом.

Для оценки сердечно-сосудистой системы при занятиях физическими упражнениями в настоящее время применяются велоэргометрические нагрузки, нагрузки на тремблере и степ-тесте.

С целью определения максимальной аэробной работоспособности, максимального поглощения кислорода в лаборатории МБИС кафедры физиологии спорта и спортивной медицины ГГУ было обследовано 50 юных спортсменов (легкоатлетов), начиная от новичков спорта и кончая перворазрядниками. Испытуемые выполняли две 5-минутные нагрузки возрастающей мощности (восхождение на ступеньки высотой 30-40 см). Мощность нагрузки определялась по таблицам в зависимости от веса испытуемого, высоты ступеньки и количества ударов метронома. Новичкам и спортсменам III разряда первая нагрузка определялась в 300-350 кг (м/мин), а вторая нагрузка в два раза большая - 600-750 кг (м/мин). Спортсменам I и II разряда первая нагрузка определялась 500-650 кг (м/мин), а вторая - 1000-1200 кг (м/мин). В состоянии покоя измерялось артериальное давление, подсчитывался пульс, записывалась электрокардиограмма в 12 отведениях. ЭКГ записывалось с 30-секундными отрезками времени каждой минуты работы и восстановительного периода.

Было установлено, что спортсмены-новички, занимающиеся легкой атлетикой менее года, не имеющие разряда, в покое имели частоту сердечных сокращений (ЧСС) 70 уд/мин. На первую нагрузку они ответили адекватной реакцией. ЧСС к концу 5-й мин. работы не превышала 110 уд/мин. На вторую нагрузку максимальное учащение пульса составило 130 уд/мин. Аналогичные реакции на нагрузку получены и у спортсменов II, III разрядов. Различие было установлено в ЧСС в покое. У спортсменов I разряда ЧСС равнялась 50 уд/мин, в то время как у новичков - 70 уд/мин. Это подтвердилось при выполнении второй нагрузки. Выраженная тахикардия отмечалась у новичков (пульс 135-145 уд/мин). Эти дан-

ные показывают, что с ростом спортивного совершенства улучшается координация двигательной и сердечно-сосудистой системы.

Определяя максимальную аэробную работоспособность, максимальное поглощение кислорода интегрального типа в лабораторных условиях, установлено, что с ростом спортивного мастерства увеличивается (PWC 170) от 1000 кг до 1840 (м/мин). Максимальное потребление кислорода (МПК) соответственно возросло с 2940 мл до 4400 мл.

Параллельно величине максимального потребления кислорода растет работоспособность, которая зависит от квалификации спортсмена.

С каждым ударом сердца человек выводит только 5,9 кг (м/мин), второй и третий разряд - 8 кг (м/мин), перворазрядники - 10,8 кг (м/мин).

Таким образом, с ростом спортивного мастерства улучшаются интегральные показатели кардиореспираторной системы.

*Роль школы в профилактике сердечно-сосудистых заболеваний.* Педагогу, работающему с подростками, необходимо проявлять особое внимание к своим воспитанникам. При наличии в классе подростков с нарушением кровообращения необходимо строго дозировать физические и эмоциональные нагрузки. Организация учебно-воспитательной работы в школе должна проводиться в контакте со школьным врачом.

Проблемы профилактики сердечно-сосудистых заболеваний теснейшим образом переплетаются с задачами дошкольного и школьного воспитания. Вряд ли у кого вызывает сомнение тот факт, что предупреждение детей и подростков есть одновременно борьба за здоровую жизнь взрослых. Поэтому нужно, чтобы каждый учитель получил практический минимум физиологических и гигиенических знаний, касающихся воспитания физически и психически здорового поколения.

Анализ биологических причин сердечно-сосудистых заболеваний показывает, что решающее значение в их развитии имеет несоблюдение гигиены питания, труда и отдыха.

Разумный труд и питание, активный отдых с обязательным включением физических упражнений - вот залог нормальной деятельности всего организма. Еще академик А.А. Богомолец (1938)

писал, что первый принцип разумной жизни - работа: работать должен весь организм, все его функции, ни одна из них не должна быть забыта. ни одну нельзя перегружать до истощения. Следовательно, решающее значение в профилактике любых заболеваний имеет не только повышение материального благосостояния трудящихся, совершенствование медицинского обслуживания и условий отдыха, но и организация гигиенического просвещения.

Таким образом, школа должна научить ребенка разумной организации труда и отдыха, основанной на знании возрастной физиологии и гигиены детского организма.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

## ЛЕКЦИЯ 7. ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ДЫХАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

1. Изменениис внешнего дыхания в постнатальном периоде
2. Становление внешнего дыхания
3. Хеморецепторы и их функция

### *1 Изменение внешнего дыхания в постнатальном периоде.*

После перевязки пуповины происходит чрезмерное обеднение кислородом крови новорожденного. Отрицательное давление в грудной полости, которое создавалось в процессе развития, усиливается настолько, что вызывает полное расправление легких в результате первого крика ребенка и первого вдоха воздуха. Затем легкие продолжают развиваться в течение всего детства.

У новорожденного вес обоих легких составляет 57-58 г. На первом году жизни вес легких быстро увеличивается. В 5-6 лет вес равен в среднем 350 г., в 10 лет - 400г., а в 15-16 лет – до 700 г. У взрослых вес легких в среднем составляет 1 кг.

Также быстро увеличивается в первые годы жизни ребенка объем легких. У новорожденного объем легких в среднем составляет 70 мл, у годовалого ребенка – 280 мл, у 9-летнего – 800 мл., в то время как у взрослого человека он составляет 1500 мл.

С увеличением объема легких в первые годы жизни ребенка происходит дифференцировка легочной ткани. В раннем детском возрасте легкие эластичны и воздушны.

Возрастная дифференцировка легких состоит в увеличении числа респираторных бронхов, увеличения объема альвеол, уменьшения соединительной ткани и образования эластических волокон в легких.

Дыхательная поверхность легких у детей сравнительно больше, чем у взрослых людей.

С возрастом у детей уменьшается просвет капилляров легких и лимфатических сосудов. Количество крови, поступающей к легким в единицу времени, у детей значительно больше, чем у взрослых.



Увеличивается и диаметр альвеол. У детей в 7 лет диаметр альвеол в два раза больше, чем у новорожденных, а к 15-16 годам диаметр увеличивается еще больше.

Поскольку в детском возрасте количество крови, протекающей через легкие в единицу времени, больше, чем у взрослого, то, естественно, газообмен между кровью и альвеолярным воздухом повышен.

С возрастом объем легких постепенно увеличивается, диафрагма становится ниже, нижняя граница легких также опускается. Соответственно с анатомическим изменением меняется и функция легких. Это, прежде всего, заметно в характере дыхания - с ростом грудной клетки и уменьшением сагиттального диаметра и увеличением фронтального размера - тип дыхания меняется.

У девочек дыхание становится грудным, а у мальчиков - брюшным.

Имеется заметная разница в частоте и глубине дыхания. У девочек младшего возраста дыхание неравномерное. Это объясняется отсутствием координации со стороны центральной нервной системы. Затем наступает соответствие между процессом возбуждения и торможения. Это приводит к регуляции дыхания. Чем старше возраст детей, тем дыхание становится более редким. У новорожденных частота дыхания в минуту достигает 50-60, а к году она уменьшается наполовину - 30-40; в 6-7 лет - 25-30; в 10-11 лет - 19-20; а в 15-16 лет - 19-20 в минуту.

Систематические физические упражнения в детском возрасте способствуют лучшему развитию грудной клетки и легких. Особенно благоприятно воздействуют циклические виды спорта, такие, как плавание, ходьба, бег, лыжный спорт, гребля и пр.

Частота дыхания у детей зависит от функции дыхательного механизма (ЦДМ), который легко возбуждается под влиянием различных факторов внешней и внутренней среды. Физические упражнения благоприятно воздействуют на функцию дыхания. Показателем этого служит увеличение абсолютного и относительного объема дыхания. У новорожденного абсолютный объем дыхания в минуту составляет в среднем 250 мл, в первый год жизни - 2500 мл, 12 лет - 8000 мл, в 15-16 лет - 6350 мл. Эти показатели свидетельствуют, что наибольший абсолютный объем дыхания у детей

11-12 лет, затем он снижается. Эта разница по отношению к взрослым составляет 2 раза.

Существует значительная разница и в относительном объеме (т.е. отношении абсолютного объема в мл на 1 кг веса тела).

В возрасте 7 лет он составляет в среднем 200 мл на 1 кг веса ребенка, а в возрасте 16-17 лет - 120 мл.

Другие показатели функции легких (вентиляция, жизненная емкость) также отличаются. Это прежде всего связано с быстрым ростом организма, интенсивным обменом веществ в организме, повышенным газообменом, увеличением поглощения  $O_2$ .

Если в возрасте 6-7 лет количество  $O_2$ , поступающего в легкие в 1 мин составляет в среднем 770 мл, то в возрасте 15-16 лет - 1200 мл, в то время как у взрослых людей - 1130 мл.

Сопоставляя эти цифры, видим существенную разницу между вентиляцией легких и потреблением  $O_2$  организмом.

С возрастом у детей изменяется и жизненная емкость легких (ЖЕЛ). В 7 лет она в среднем равна 1400 мл; в 9 - 1700 мл; в 11 - 2100 мл; в 15 - 3200 мл; и в 16 - 4200 мл.

У девочек жизненная емкость легких ниже, чем у мальчиков. Разница до 16 лет колеблется в пределах от 100 до 300 мл, после 15 лет - от 500 до 1400 мл.

При спокойном состоянии у детей среднего и старшего возраста жизненная емкость используется около 12%. Она увеличивается пропорционально росту тела. Жизненная емкость также зависит от типа дыхания. Наименьшая величина ЖЕЛ наблюдается при грудном типе дыхания, наибольшая величина ее достигает при грудобрюшном типе дыхания.

Вполне понятно, что показатели ЖЕЛ зависят от занятий физическими упражнениями. У лиц, занимающихся такими видами спорта, как плавание, лыжный спорт, бег, ЖЕЛ намного выше, чем у детей, которые ими систематически не занимаются.

Данные таблицы 6 свидетельствуют о положительном влиянии занятий спортом на жизненную емкость легких в отношении к весу (жизненный показатель).

Таблица 6 - Жизненный показатель у подростков и юношей при занятиях спортом (по Н И Волкову, Р.Е. Мотылянской)

Возраст (в годах)	При занятиях циклическими видами спорта	При занятиях спортивными играми	Лица, не занимающиеся спортом
13-14	65,5	65,5	54,9
15-16	70,9	66,9	60,3
17-18	70,3	69,5	65,8

В детском возрасте отмечается повышенная величина минутного объема дыхания (МОД) на кг веса. Так, в возрасте 10-12 лет МОД равен 150-160 мл/кг, в то время как у подростков 13-14 лет, в состоянии покоя составляет всего 120-125 мл/кг, а в 16-17 лет - 100-110 мл/кг.

Совершенно иная картина наблюдается у детей и подростков, которые систематически занимаются физическими упражнениями.

Таблица 7 - Показатели МОД у подростков и юношей (мл/кг) (по Н.И. Волкову, Р.Е. Мотылянской, средние данные)

Возраст (в годах)	При занятиях циклическими видами спорта	При занятиях игровыми видами спорта	Лица, не занимающиеся спортом	Достоверность различий (Т)
13-14	10016	8778	11994	3,2
15-16	9507	10900	13231	3,7
17-18	9644	10447	13463	3,8

Как видно из данных таблицы 7, в процессе роста тренированности МОД в состоянии покоя заметно снижается.

Сопоставление величины МОД у лиц одного возраста, занимающихся и не занимающихся спортом, видим существенные различия. Эти различия, прежде всего, указывают на положительные воздействия физических упражнений на функцию внешнего дыхания. Так, если сравнить показатели МОД в состоянии покоя у тех и других, то оказывается, что эти показатели снижены у лиц, которые систематически занимаются спортом. И чем выше тренированность спортсмена, особенно тех, которые занимаются циклическими видами спорта, тем ниже эти показатели. Это свидетельствует об экономизации функций внешнего дыхания.

Анализируя данные другого показателя - максимальной легочной вентиляции (МЛВ) на кг веса в минуту, видим существенное различие у тех лиц, которые не занимаются спортом и у их сверстников, регулярно занимающихся физическими упражнениями.

Таблица 8 - МЛВ у подростков и юношей при занятиях спортом (по Н.И.Волкову и Р.Е.Мотылянской)

Возраст (в годах)	При занятиях циклическими видами спорта	При занятиях спортивными играми	Лица, не занимающиеся спортом	Достоверность различий (Т)
13-14	75,66	71,88	48,29	7,8
15-16	85,67	86,76	58,79	8,2
17-18	88,96	91,42	63,75	6,7

Эти показатели свидетельствуют о благоприятном воздействии регулярных физических упражнений на функцию внешнего дыхания.

Под влиянием систематических занятий физическими упражнениями происходит морфологическая перестройка органов дыхания, ведущая к увеличению показателей дыхательной функции. Эти показатели находятся в прямой зависимости от тренированно-

сти организма.

Наблюдается определенная зависимость функций внутреннего дыхания в зависимости от занятий спортом. Это, прежде всего, выявляется в различном потреблении кислорода.

Таблица 9 - Показатель потребления кислорода в состоянии покоя (по Н.А.Шалкову)

Возраст (в годах)	Показатели		
	В абсолютных цифрах	На кг веса	На 1 м по- верхности тела
9	151,1	5,6	162
10	169,3	6,0	158
11	160,8	5,4	147
12	166,2	5,0	138
13	176,9	4,8	139
14	207,5	4,8	139
15	210,0	4,6	128
16	215,6	4,7	125

Приведенные показатели таблицы 9 свидетельствуют об увеличении потребления  $O_2$  с возрастом испытуемого. Однако это увеличение не имеет строгого параллелизма. Так, у детей 10 лет эти показатели значительно отличаются от 9-летних ребят, в то время как в 11 лет, снова наступает снижение потребления  $O_2$  в состоянии покоя на 1 кг веса тела.

При занятиях физическими упражнениями потребление  $O_2$  увеличивается с возрастом как в абсолютных, так и в относительных числах.

Таблица 10 – Максимальное потребление кислорода при беге (на 1 кг веса) (по Н.А. Фомину и В.Н. Фомину)

Возраст (в го- дах)	7	9	10	11	12	13	14	15
Показа- тель (в мл)	55,0	57,0	53,0	56,0	56,0	58,0	58,0	59,0

Анализируя показатели таблицы 10, видим, что максимальное потребление  $O_2$  у детей и подростков при мышечной работе увеличивается к 15 годам до 590 мл/кг веса.

С возрастом наблюдается совершенствование адаптационных механизмов к недостатку кислорода. Дети младшего школьного возраста более чувствительны к гипоксическим состояниям, а с возрастом эта разница уменьшается.

Таким образом, под влиянием регулярных физических упражнений происходит гармоническое морфофункциональное развитие системы органов дыхания.

**2 Становление внешнего дыхания.** Дыханием называется процесс газообмена между живым организмом и окружающей средой. У одноклеточных и простейших животных газообмен происходит непосредственно через поверхность тела путем диффузии. У многоклеточных процесс дыхания усложняется. Появляются специальные органы и внутренняя среда (кровь) как посредник газообмена между клетками и атмосферным воздухом. У высших животных и человека газообмен представляет собой сложный процесс. Поглощение организмом  $O_2$  и выделение  $CO_2$  - сущность дыхания. Биологическое окисление происходит с помощью ферментов, которые расположены на внутренних мембранах и кристах митохондрий - энергетических центрах клетки. Процесс дыхания включает

все процессы, связанные с доставкой  $O_2$  и выделением  $CO_2$ . Выделяют три фазы дыхания: 1-внешнее (легочное), 2- транспорт газов кровью. 3- внутреннее дыхание (тканевое).

Современная физиология такого деления не придерживается. По существу, все звенья газообмена любого организма, включая регуляторные и механические, признаны обеспечивать  $O_2$  в клетках. Перенос газов между клеткой и внешней средой состоит из двух процессов: диффузии и конвекции. Диффузия - движение частиц вещества, приводящее к выравниванию его концентрации в данной среде. Молекулы газа в силу диффузии перемещаются из области большого парциального давления в область меньшего. Еще в начале XX ст. Август Крог показал, что это процесс медленный и зависит от расстояния преодоления газом. В этом случае он дополняется более быстрым процессом - конвекцией - перенос  $O_2$  и  $CO_2$  с потоком газовой смеси или жидкости. Только конвекционный перенос респираторных газов способен на значительное расстояние. На эволюционной лестнице развитие дыхания зависит от его структурно-функциональных особенностей.

Конвективный тип дыхания уже появляется у иглокожих (движение ресничек) для тока жидкости, где растворяется газ.

Общий процесс функционирования респираторных систем заключается в создании динамического контакта крови с газовой средой. Исключение - кожное дыхание амфибий, не требующее вентиляционного аппарата.

Дыхательная система млекопитающих и человека обладает важнейшими морфофункциональными особенностями, отличающимися от других классов позвоночных. Во-первых, легочный газообмен осуществляется путем возвратно-поступательной вентиляции альвеол, заполненных газовой смесью относительно постоянного характера (воздухом), благодаря поддержанию этого постоянства рядом гомостатических констант. Во-вторых, главную роль в вентиляции легких играет диафрагма, что обеспечивает известную автономию дыхания. В-третьих, центральный механизм дыхания представлен рядом специализированных нейронов ствола мозга.

Дыхательный акт обеспечивается инспираторными и экспираторными мышцами. Основной инспираторной мышцей является диафрагмальная. При спокойном дыхании именно диафрагма

практически обеспечивает весь объем для легочной вентиляции. Диафрагма работает синергично с другим инспиратором (наружным) межреберными мышцами. В этом плане диафрагму рассматривают как систему двух центров. Диафрагма как дыхательная мышца отличается автономностью и имеет моносинаптическую связь с нейронами дорсальной группы продолговатого мозга. С момента рождения и до смерти легкие всегда заполнены воздухом. Это объясняется отрицательным давлением в плевральной полости. Оно противостоит эластической тяге легких. Во время вдоха, вызванного сокращением мышц – инспираторов, вследствие увеличения объема грудной полости отрицательное давление в плевральной полости возрастает – легкие растягиваются еще больше. Увеличение легочного объема приводит, в свою очередь, к падению внутрилегочного (внутриальвеолярного) давления, что и служит причиной поступления в них через дыхательные пути атмосферного воздуха. Как только инспираторная мускулатура расслабляется, возрастает в ходе вдоха эластическая тяга легких, возрастает их исходное положение.

Из-за уменьшения объема легких давление в них становится положительным, воздух из альвеол устремляется через воздухоносные пути наружу. Таким образом, выдох в отличие от вдоха является пассивным за счет высвобождения потенциальной энергии растянутых во время инспираторной фазы легких. Лишь при форсированном дыхании включаются мышцы – экспираторы, которые активно способствуют дополнительному уменьшению объема грудной полости, при этом давление в плевральной полости может быть положительным. Итак, дыхательный акт состоит из двух фаз: инспирации (вдох) и экспирации (выдох). Соотношение этих фаз у человека равно в среднем 1:1,3. В процессе работы дыхательные мышцы преодолевают сопротивление,  $2/3$  которого приходится на преодоление эластического сопротивления тканей. Кроме того, около  $2/3$  эластического сопротивления легких (ЭСЛ) создается за счет поверхностно-активных веществ – сурфактантов, которые тонким слоем выстилают альвеолы. Они в основном состоят из липопротеинов, которые стабилизируют сферическую форму альвеол, препятствуя их перерастяжению на вдохе и спадению на выдохе. Остальная часть усилий идет на преодоление не-



эластического сопротивления газовому потоку в воздухоносных путях. Неэластическое сопротивление (НС) дыхания зависит от воздухоносных путей - голосовой щели и бронхов. Чем будет больше вдох, тем больше растягиваются легкие, тем больше будет эластический компонент сопротивления. В последние годы был введен термин патерн дыхания - это длительность фаз, глубина дыхания, динамика давления и потоков воздуха в воздухоносных путях. Благодаря рефлекторным нейрогуморальным механизмам саморегуляции, организм, как правило, выбирает оптимальный патерн дыхания. Показатели дыхания: дыхательный объем или глубина дыхания - это объем воздуха, выдыхаемого за каждый дыхательный цикл. При увеличении легочной вентиляции этот объем возрастет за счет дополнительного воздуха (резервного объема), поступающего в легкие при вдохе и изгоняемого при выдохе.

Человек в состоянии покоя вдыхает и выдыхает примерно по 500 мл воздуха. Это дыхательный объем. Вредное пространство составляет 140 мл. При обычном вдохе в альвеолы поступает  $500 - 140 = 360$  мл воздуха. В альвеолах после спокойного вдоха остается 1000 мл остаточного и 1500 мл резервного воздуха, всего 2500 мл. Если сделать дополнительный вдох, то в легкие может поступать еще 1500 мл воздуха. Этот объем называется резервным объемом вдоха. После спокойного выдоха можно при максимальном напряжении выдохнуть еще 1500 мл воздуха. Это резервный объем воздуха. В сумме дыхательный объем воздуха (резервный объем вдоха и резервный объем выдоха) составляет ЖЕЛ ( $500 + 1500 + 1500$ ). Нормальная ЖЕЛ - это максимальный объем воздуха, который можно выдохнуть после самого глубокого вдоха (у женщин 2700, у мужчин 3500 мл). При физической тренировке может увеличиться до 7500 мл и больше.

Вентиляция легких и внутрилегочный объем газов. Легочной вентиляцией называется объем воздуха, вдыхаемого за единицу времени (используют минуту дыхания). Иными словами, вентиляция - это произведение дыхательного объема на частоту дыхательных циклов. В реальности  $1/3$  дыхательного объема покоя приходится на вентиляцию мертвого пространства, которое заполнено воздухом, но не участвует в газообмене. Поэтому правильно можно говорить об альвеолярной вентиляции. Это легочная вентиляция за

вычетом мертвого пространства. Именно она обеспечивает обмен газом в легких.

В воздухоносных путях происходит конвективный и диффузионный перенос газа. В ходе ветвления воздухоносных путей их суммарное сечение значительно возрастает. Так, у человека от трахеи до альвеол насчитывается 23 ветвления, по этой причине площадь поперечного сечения увеличивается в 4500 раз. Поэтому линейная скорость потока вдыхаемого воздуха падает по мере приближения к альвеолам. В трахее, бронхах, бронхиолах перенос газов происходит за счет конвекции.

Чем медленнее и глубже дыхание, тем интенсивнее идет внутриклеточная диффузия  $O_2$  и  $CO_2$ . Газовая смесь, поступающая в альвеолы, - альвеолярный газ. Альвеолярная вентиляция обеспечивает нормальный газообмен при повышении в организме энергозатрат (мышечная работа) и т.д.

Если рост вентиляции превышает потребность организма в газообмене (гипервентиляция), при которой происходит вымывание  $CO_2$  из альвеол, альвеолярное  $CO_2$  падает, наступает гипокапния. При гиповентиляции происходит избыток  $CO_2$  (гиперкапния). Гипоксия - это недостаток  $O_2$  в тканях.

При резком отставании вентиляции от газообмена снижается  $CO_2$  - гипоксия. Соответствующие сдвиги развиваются и в артериальной крови.

Вентиляция и перфузия легких должна находиться в определенных соотношениях, и с перфузией капилляров кровью, т.е. минутному объему дыхания должен соответствовать минутный объем крови, протекающей через сосуды малого круга, а этот объем, естественно, равен объему крови, протекающей через большой круг. У человека в норме вентиляционно-перфузный коэффициент равен 0,8-0,9. Существует тесная связь между регуляцией дыхания и кровообращения.

Транспорт газов между легкими и тканями происходит за счет диффузии, ее движущей силой служит разность парциальных давлений  $O_2$  и  $CO_2$  по обе стороны азотгематического барьера, образованного альвеолокапиллярной мембраной, активного механизма транспорта газов здесь не существует.  $O_2$  и  $CO_2$  диффундируют в растворенном состоянии, все воздухоносные пути увлажнены слоем

слизи, важное значение в облегчении диффузии  $O_2$  имеет сурфактантная выстилка альвеол. Так как  $O_2$  растворяется в фосфолипидах, входящих в состав сурфактантов, то этот процесс протекает гораздо лучше, чем в воде.

В ходе диффузии через аэрогематический барьер молекулы растворенного газа должны преодолеть слой сурфактанта, альвеолярный эпителий, две основные мембраны, эндотелий кровеносных капилляров. Поскольку участвуют эритроциты в транспорте, в этом процессе участвуют слой плазмы и мембрана эритроцитов. Диффузионная способность легких у человека - 25 мл об/мин в расчете на 1 мм рт.ст. градиента парциальных давлений  $O_2$ . Учитывая, что градиент  $PO_2$  между притекающей к легким венозной кровью и альвеолярным газом превышает 50 мм рт.ст., то этого достаточно, чтобы за время прохождения через легочный капилляр (8с) — напряжение  $O_2$  в ней успело управляться с альвеолярным  $PO_2$ . При тяжелой ускоренной физической работе наблюдается недонасыщение крови  $O_2$  в легких, что, однако, возмещается минутным объемом. Для венозной крови градиент  $PCO_2$  (6-10 мм рт.ст.), растворимость  $CO_2$  в 20-25 больше  $O_2$ .

**Транспорт  $O_2$  кровью.** Около 2%  $O_2$ , переносимого кровью, растворено в плазме, остальная его часть переносится в соединении с Гб. В молекулы Гб входят протатическая группа гем, содержащая двухвалентное железо и видоспецифический белок - глобин.

Присоединение  $O_2$  к Гб (оксинация Гб) происходит без изменения валентности железа, т.е. без переноса электронов, характеризующих истинное окисление, тем не менее Гб с  $O_2$  называется окси Гб, а отдавший  $O_2$  - дезокси Гб или восстановленный Гб может связать 1,36 мл газообразного  $O_2$ , учитывая, что в крови человека содержится 15% Гб, 100 мл крови могут переносить 21 мл  $O_2$ . Кривая диссоциации окси Гб сдвигается вправо при повышенной  $T$ , при увеличении концентрации водородных ионов в среде.

**Транспорт  $CO_2$  кровью.** Хотя  $CO_2$  лучше растворяется в жидкости, чем  $O_2$ , только 3-8%  $CO_2$  переносится плазмой крови в физически растворенном состоянии. Поступая в тканевые капилляры,  $CO_2$  гидратируется, образуя нестойкую  $H_2CO_3$ :  $CO_2 + H_2O = H_2CO_3 = H^+ + HCO_3^-$

Направление этой обратимой реакции зависит от  $PCO_2$  в среде.

Около  $4/5$   $\text{CO}_2$  транспортируется в виде гидрокарбоната  $\text{HCO}_3^-$ .

Поэтому гиповентиляция легких сопровождается наряду с гиперкапнией увеличением концентрации водородных ионов в крови - дыхательный ацидоз, а гипервентиляция приводит к сдвигу активной реакции крови в щелочную сторону - дыхательный алкалоз.

Транспорт  $\text{O}_2$  и  $\text{CO}_2$  в тканях:  $\text{O}_2$  из крови в ткани проникает путем диффузии, обусловленной разностью (градиентом) его парциальных давлений по обе стороны - гематопаренхиматозного барьера. Так, среднее  $\text{PO}_2$  в артериальной крови составляет около 100 мм рт.ст., а в клетках, где  $\text{O}_2$  непрерывно утилизируется, стремится к 0. Установлено, что  $\text{O}_2$  диффундирует не только из капилляров, но и из артерий. Среднее  $\text{PO}_2$  в тканях в среднем составляет 20-40 мм рт.ст. Наиболее чувствительны к недостатку  $\text{O}_2$  клетки мозга, где окислительные процессы очень интенсивны. Поэтому реанимацию - дыхание «рот в рот» делать не позднее 4-5 мин.

Скелетные мышцы в отличие от сердечных нервных клеток менее чувствительны к  $\text{O}_2$ . Кроме того, в организме имеется как источник энергии - анаэробный гликолиз. Миоглобин - дыхательный пигмент, подобный Гб, однако его сродство с  $\text{O}_2$  значительно выше ( $P_{50} = 3+4$ ), поэтому он окисляется при невысоком  $\text{PO}_2$ , но отдает  $\text{O}_2$  при очень низком напряжении в тканях.

Перенос  $\text{CO}_2$  из тканей в кровь происходит главным образом путем диффузии, в силу разности напряжений по обе стороны ГПБ (гемопаренхим барьера). Среднее артериальное значение  $\text{PCO}_2$  составляет 40 мм рт.ст., а в клетках может достигать 60 мм рт.ст.

Механика регуляции дыхания координируется центральным дыхательным механизмом (старое назв. дыхательный центр). Неотъемлемым механизмом этого процесса являются хеморецепторные и механорецепторные системы, обеспечивающие работу центрального дыхательного механизма (ЦДМ) в соответствии с потребностью организма в газовом обмене. ЦДМ и его функции получили свое детальное освещение в последнее десятилетие благодаря электрофизиологическим методам исследования.

Различают инспираторные и экспираторные нейроны, функция которых меняется в соответствии с фазами дыхательного цикла. ЦДМ входит в состав ретикулярной формации ствола мозга. Дыхательные нейроны сосредоточены главным образом в двух группах

ядер – дорсальной и вентральной. Большая часть нейронов дорсальной группы инспираторные и бульбоспинальные. Их аксоны направляются в шейные сегменты спинного мозга и образуют сигналы с мотонейронами диафрагмального ядра. Они непосредственно управляют сокращением диафрагмы. Ядра вентральной группы содержат инспираторные и экспираторные нейроны. Последние связаны главным образом с мотонейронами брюшных и межреберных мышц, расположенных в грудных и поясничных сегментах спинного мозга, частично с мотонейронами диафрагмы. Активность ЦДМ управляется стимулами от хемо- и механорецепторов дыхательной системы. Чем сильнее импульсация от хеморецепторов, тем круче нарастает инспираторная активность и быстрее развивается вдох, быстрее растягиваются легкие, и вдох быстрее сменяется выдохом. В итоге увеличивается и глубина и частота дыхания, т.е. патерн дыхания.

В последнее время была выявлена особая группа нейронов, которая оказывает тормозное воздействие на инспирацию и экспирацию. Эту фазу назвали постинспираторной центральной патерн дыхания, и она включает три фазы: инспираторную, постинспираторную и экспираторную. Нейроны, связанные с дыханием, имеются и в ворольевом мосту (центр), который участвует в переключении фаз дыхания, при разрушении которых нарушаются фазы и ритмы.

*3 Хеморецепторы и их функция.* Основным регулятором ЦДМ является афферентная сигнализация о газовом составе внутренней среды организма. Она исходит от бульбарных центров артериальных периферических хеморецепторов.

**Бульбарные.** На вентролатерной поверхности продолговатого мозга расположены нейрональные структуры чувствительные к напряжению  $\text{CO}_2$  и концентрации  $\text{H}^+$  ионов в спинномозговой жидкости. Воздействие этих факторов приводит к увеличению дыхательного акта, объема и легочной вентиляции, а снижение их ведет к снижению показателей, но они изучены недостаточно. Поэтому термин бульбарные хеморецепторы следует понимать пока условно.

**Артериальные хеморецепторы.** В области развилки общей сонной артерии расположено каротидное тело (глобус), обильно снабженное кровью, сложно устроенное, которое реагирует на изменения газового состава крови, особенно гипоксии (снижение напряжения  $O_2$ ) и гиперкапнии (повышение напряжения  $CO_2$ ) и увеличение концентрации ионов  $H^+$  (ацидоз). Перечисленные факторы влияют на активность центрального дыхательного механизма, особенно на гипоксию. Аfferентные пути от каротидного отдела идут через синусовый нерв (ветвь языкоглоточного нерва) и достигают дорсальной группы продолговатого мозга.

Главным стимулом, управляющим дыханием, является гиперкапнический. Чем выше напряжение  $CO_2$  в артериальной крови, тем сильнее возбуждение бульбарных хемочувствительных структур и тем выше вентиляция. Особенно сильным стимулом для ЦДМ является сочетание гиперкапнии с гипоксией и ацидозом. Все сказанное требует увеличения объема вентиляции. Функция центральных и артериальных хеморецепторов заключается в поддержании газового и кислотно-основного гомеостаза и, прежде всего, наиболее чувствительной ткани - головного мозга.

Механорецепторы дыхательной системы выполняют двойную роль: 1) участвуют в регуляции параметров дыхания, вдоха и выдоха; 2) являются источником ряда рефлексов защитного характера (кашель и др.).

Рецепторы растяжения легких локализованы в трахеобронхиальном дереве, они чувствительны к разности давления внутри и снаружи просвета воздухоносных путей. Аfferентные волокна этих рецепторов идут в составе блуждающего нерва к дорсальной дыхательной группе ядер продолговатого мозга. Прекращение вдоха наступает тем скорее, чем глубже был вдох. Так регулируется патерн дыхания.

Рецепторы верхних дыхательных путей служат источником рефлексов защитного характера при скоплении слизи и попадании химических и инородных веществ. Эти реакции опосредованы аfferентными волокнами ряда черепно-мозговых нервов: верхнелобного, языкоглоточного, тройничного и др. К рефлексам защитного характера относится, например, кашель. За глубоким вдохом происходит сокращение мышц экспираторов (главным образом

брюшных) при закрытой голосовой щели, создается компрессия воздуха в трахеобронхиальном дереве, затем голосовая щель открывается и происходит резкий выдох.

Проприорецепторы дыхательных мышц - это мышечные веретена межреберной и брюшной мускулатуры. Функцию афферентной системы, контролирующей ее сокращения по принципу обратной связи, выполняют механорецепторы легких и воздушных путей.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

## ЛЕКЦИЯ 8. ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПИЩЕВАРЕНИЯ И ОБМЕНА ВЕЩЕСТВ

1. Значение функции пищеварительной системы в антенатальном периоде
2. Развитие структуры слюнных желез
3. Особенности обмена веществ и энергии в онтогенезе

**1 Значение функции пищеварительной системы в антенатальном периоде.** Основные структурные элементы пищеварительной системы у человека оформляются относительно рано - уже к 3-4 месяцам утробного развития (Семенова, 1969). Очень рано пищеварительная система плода подвергается известной функциональной нагрузке в результате поступления в желудочно-кишечный тракт амниотической жидкости, содержащиеся в ней вещества могут ассимилироваться плодом. У человека амниотическая жидкость содержит воду, соли и белок (0,53 г/100 мл). Не исключается, что часть белка амниотической жидкости может всасываться, подвергаясь гидролизу, а часть усваиваться в неизменном виде. Такой амниотрофный тип питания, по мнению многих авторов, имеет подсобное значение. Жидкость, всасываясь в кишечнике плода, возвращается через плаценту в кровь матери.

Поступление амниотической жидкости в пищеварительный канал является своеобразной тренировкой для его секреторной и моторной функций. Такая функциональная нагрузка создается не только в результате поглощения околоплодной жидкости, но и эндогенными веществами пищеварительной трубки: продуктами секреции и отторгаемыми клеточными элементами.

**2 Развитие структуры слюнных желез.** Слюнные железы развиваются из элементов выстилки переднего отдела пищеварительного канала, где возникают эпителиальные почки, из которых в результате многократных ветвлений и дифференцировки образуют-



ся протоки и концевые ацинусы слюнных желез. У человека основные черты главных слюнных желез намечаются на 3-м месяце развития, но полная дифференцировка их наступает к 3 годам развития. У животных - кошек, золотистых хомячков, мышей и др. - развитие ацинусов происходит после рождения.

Секреция слюны в той или иной степени начинается после рождения у человека, собаки, крысы и др.

Состав и объем слюны вначале мало зависит от характера стимулирующего секретию раздражителя. Количество слюны в начальном периоде постнатальной жизни невелико, однако, уже сразу имеются различия между объемом стимулированной или нестимулированной слюны. У новорожденных натошак общее количество выделяемой слюны составляет 0,01 - 0,1 мл/мин., при сосании возрастает до 0,4 мл/мин. У детей между 8-9 годами количество смешанной слюны возрастает за счет увеличения паренхимы желез, а у лиц пожилого возраста секреция слюны снижается (Шнейер, 1967).

У человека максимальная амилолитическая активность слюны наблюдается в возрасте 2-7 лет, а в пожилом она снижается на 30-40%. Содержание калия в слюне у человека в молодом возрасте существенно не изменяется, а после 40 лет несколько возрастает. В возрасте до 5 лет концентрация натрия в слюне у девочек и мальчиков одинакова, затем в период полового созревания у мальчиков она несколько выше, чем у девочек.

Колебания калия и натрия в слюне связаны с возрастом и полом, зависят от гормональных сдвигов в организме.

*Развитие структуры железистого аппарата желудка.* Наиболее существенной чертой структуры желудочных желез млекопитающих является наличие специализированных обкладочных секреторных клеток, синтезирующих НСІ и главных, где происходит синтез ферментов. Такая специализация имеется только у млекопитающих. У всех других позвоночных кислота и ферменты образуются в одних клетках (оксинтопических). Функциональная специализация элементов секреторного аппарата желудка у млекопитающих представляет собой важное эволюционное преобразование в ряду морфофизиологических изменений, определивших прогрессивное развитие класса млекопитающих. В функциональном отношении клетки желудка получают свое развитие в постнатальном

периоде. Общее количество желез слизистой желудка у новорожденного человека примерно 2 млн., в 10 лет - 17, в 15 - 22, у взрослого - 25 млн. Во всех обкладочных клетках с того момента, когда их уже можно идентифицировать обычными гистологическими и гистохимическими методами, выявляется высокая активность окислительных ферментов: сукцинат, малат, лактат, изоцитрат, глюкоза-6-фосфатдегидрогеназ. Это свидетельствует о том, что уже в раннем возрасте обкладочные клетки обладают высоким энергетическим потенциалом, с которым связана их способность секретировать HCl. У человека активность сукцинатдегидрогеназы появляется в первичных обкладочных клетках уже на 9-й неделе эмбриональной жизни. У плодов крупного рогатого скота активность окислительных ферментов в обкладочных клетках также обнаруживается до рождения. Следовательно, энергетическая система клеток, с которыми связана выработка HCl, видимо, уже сформирована задолго до того, как начинается эффективная секреция кислоты. Интенсивность синтеза ферментов в известной степени может характеризоваться содержанием в клетках цитоплазматической РНК.

Большинство авторов считают, что свободная HCl в желудочном соке начинает обнаруживаться в середине второй декады жизни.

*Развитие нервной регуляции желудочной секреции.* В начале постнатальной жизни начинает усиливаться спонтанная секреция. У щенков она продолжается до 1,5 - месячного возраста. Спонтанная базальная секреция со временем подавляется развитием и созреванием вагусной иннервации (Цитович М.С., 1911). Реакция секреторного аппарата желудка на различные пищевые раздражители возникает в постнатальном онтогенезе не одновременно. Возможно, это связано с асинхронностью развития отдельных рецепторных приборов и других звеньев секреторных рефлексов. По данным Кревицкой, у молодых щенков секреция желудочного сока на основные пищевые вещества - хлеб, молоко - резко отличается от взрослых животных. Так, мнимое кормление становится эффективным к 18-му дню жизни щенка (Никитин В.Е., 1966).

Вопрос о возрастных особенностях реакции желудочных желез на химические возбудители секреции изучен мало. У мальчиков и

девочек до 10 лет динамика изменений кислотности сока после пробного завтрака в общем аналогична, а в период полового созревания наступают различия. Старость влечет за собой значительное снижение объема секреции фундальных желез и менее выраженное падение концентрации HCl. С возрастом не только снижается кислотность желудочного сока, но и падает содержание в нем пепсина.

Следовательно, для старости характерно прогрессирующее снижение синтеза соляной кислоты и пепсина железами желудка.

*3 Особенности обмена веществ и энергии в онтогенезе.* На протяжении индивидуального развития наиболее существенные изменения претерпевает анаболическая фаза метаболизма и в меньшей степени – его катаболическая фаза.

По функциональному значению различают следующие виды синтеза:

1. Синтез роста – увеличение белковой массы органов (по Е.В.Парину и др.) и период усиленной пролиферации клеток, роста и дифференциации организма в целом.

2. Синтез функциональный и защитный – синтез белков плазмы в крови и печени, образование белковых гормонов, иммунных тел и др..

3. Синтез регенерации – синтез белков в регенерационных процессах после травм и патологических состояний.

4. Синтез самообновления – постоянное восполнение компонентов протоплазмы в ходе диссимиляции.

Все связанные друг с другом формы синтеза ослабевают на протяжении онтогенеза. В большей степени страдает синтез роста, связанный с увеличением массы тела. Количественным показателем интенсивности анаболических процессов служит величина истинной скорости роста, расчеты которой основаны на законе органического роста. В соответствии с этим законом величина масс, растущая с постоянной скоростью, может быть вычислена для любого времени, считая от начала роста по уравнению

$$W=W_0 e^{Ct}$$

где  $W_0$  - начальный вес,  $W$  - вес ко времени  $t$ ,  $e$  - основание

натуральных логарифмов,  $C$  - истинная скорость роста,  $t$  - время.

Более точное представление о напряженности анаболизма дает анализ динамики увеличения белковой массы тела эмбриона. За 10 суток второй половины утробного развития масса белков у крыс увеличивается в 256 раз, а за 196 суток внутриутробной жизни человека - в 372 раза. Уже в эмбриогенезе начинается затухание анаболических процессов, связанных с ростом. На протяжении постнатальной жизни происходит дальнейшее падение уровня анаболизма.

На протяжении периодов раннего и первого детства происходит падение скорости роста, затем снова повышение, а к 18 годам рост практически прекращается.

*Возрастные изменения трансформации энергии.* На протяжении жизни изменяется интенсивность окислительных процессов и уровень теплопродукции, пути освобождения энергии и формы ее использования, а также степень сопряженности процессов окисления, фосфорилирования и т.д.

Интенсивный рост детского организма требует значительных затрат энергии и пластического материала — белков и жиров

Суточная потребность углеводов в детском возрасте высокая и составляет 10-12 г на 1 кг массы тела в грудном возрасте. В последующие годы количество углеводов требуется в пределах от 8-9 до 12-15 г на кг массы тела. От 1-3 лет в сутки ребенку требуется в среднем 193 г углеводов; а от 4 до 8 лет - 287 г; от 9 до 13 лет - 370 г; от 14 до 17 лет - 470 г. У взрослого потребность составляет 500 г

Процесс усвоения углеводов детским организмом лучше, чем у взрослых, особенно у грудных детей - 98-99% (А.Г.Хрипкова),

Белки в обмене веществ играют особую роль. Благодаря белкам происходит постоянный обмен веществ с окружающей внешней средой. Везде, где есть жизнь, присутствуют белки. Они состоят из незаменимых и заменимых аминокислот. Незаменимые (аргинин, валин, гистидин, изолейцин, лейцин, лизин, метионин, треонин, триптофан и фенилаланин). Всего 10 неза-

менимых аминокислот. Заменяемых - 14 (аланин, аспарагиновая кислота, гликокол, глицин, глутаминовая кислота, норлейцин, оксализин, оксипролин, орнитин, пролин, серин, тирозин, цистин и цитруллин).

При отсутствии в организме незаменимых аминокислот наступает нарушение обмена веществ. Пища, содержащая все необходимые белки для организма, получила название полноценной, и наоборот. Например, белки мяса, рыбы, яиц и др. - полноценная, а белок кукурузы, пшеницы - неполноценная пища.

В состав белков входит азот. По его показателям можно судить о характере питания. Принято характеризовать о количественной стороне белкового питания на основании азотистого баланса. Это соотношение количества азота, которое поступает с пищей в течение суток, к азоту, выделенному за сутки из организма (с мочой, калом, потом - вследствие распада белка). Известно, что в белке содержится в среднем 16% азота. В случаях, когда с пищей поступает больше азота, чем его выводится из организма, говорят о положительном азотистом балансе. Если меньше - отрицательном.

У детей отмечается положительный азотистый баланс при нормальном питании. Суточная потребность в белке у детей 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; в то время как у взрослых - 1,5-1,8 г.

Таким образом, дети от 1 до 4 лет в сутки должны получать 30-50 г; от 4 до 7 лет - 70 г; от 7 и старше - 75-80 г белка. Если давать с пищей больше белков, то увеличения задержки азота не произойдет. Соотношение количества белков, жиров и углеводов в пище детей должно быть, как 1:1:3. При таком соотношении азот будет максимально задерживаться в организме.

**Особенности обмена жиров в организме детей.** С первого полугодия жизни за счет жиров покрывается около 50% в потребности энергии. У детей обмен жиров весьма вариабелен. В случаях недостатков в пище углеводов или при их усиленном расходе - быстро истощается депо жира. У детей всасывание жира происходит в организме интенсивно. В период грудного кормления усваивается до 90% жира молока, при искусственном - 85%. У старших детей жиры усваиваются в 95-97% случаев.

В равной степени должно быть достаточное количество углево-

дов. если в рационе питания мало углеводов. то происходит неполное окисление жиров. Это ведет к накоплению в крови кислых продуктов обмена (ацидоз).

Таким образом, для нормального развития организма необходимо жиров: от 1 до 3 лет-32,7 г; от 4 до 7 лет-39.2 г; от 8 до 13 лет-38.4 г.

Важным показателем энергетических превращений в организме является основной обмен, характеризующий интенсивность окислительных процессов при условиях покоя.

Широкое распространение получили расчеты образования энергии на единицу поверхности тела (на  $1 \text{ м}^2$ ). Наиболее значительные изменения происходят на протяжении первого года жизни. Это связано с переходом новорожденных из состояния теплового равновесия, в условиях организма матери, в среду с пониженной температурой, а также перестройкой физиологических отправления. Эта перестройка состоит в функциональном созревании механизмов терморегуляции, в которых значительная роль принадлежит на этом этапе скелетной мускулатуре, а также в возникновении и закреплении антигравитационных реакций - удержание головы в вертикальном положении, позы сидя и стоя.

**Изменение биоэнергетики с возрастом.** В глубокой старости (фаза регрессии) происходит уменьшение веса тела, а также уменьшение линейного роста человека. Уровень обмена веществ колеблется в довольно широких пределах. Наряду с низкими показателями теплопродукции у некоторых лиц величина основного обмена повышается до 38-54 ккал (м /час.), т.е. до величины, характерной для мужчин в расцвете сил.

Что касается половых различий в уровне основного обмена, то они в онтогенезе обнаруживаются уже с 6-8-месячного возраста (Тур А.Ф. и др.). Основной обмен у мальчиков выше, чем у девочек. Такое соотношение сохраняется до периода половой зрелости. К старости половые различия сглаживаются.

В онтогенезе существенно изменяется соотношение между аноксобиотическими и оксобиотическими путями освобождения энергии. Процессы роста связаны с аноксобиотическими превращениями. К концу эмбрионального развития происходит сдвиг в сторону оксобиотических процессов (интенсивность гликолиза

резко падает, а интенсивность дыхания возрастает).

Интенсивный гликолиз происходит и в тканях младенцев. Об этом свидетельствует более высокое содержание молочной кислоты в их крови, чем у взрослых.

В тканях взрослых при достаточно высоком уровне дыхания отсутствует анаэробный гликолиз.

Таким образом, в процессе онтогенеза происходят существенные изменения метаболизма: каждый этап развития характеризуется своими особенностями в соответствии с анаболическими и катаболическими процессами, присущими ему особенностями обмена веществ и трансформации энергии, особенностями ее регуляции в организме. На основе всего сказанного происходят определенные процессы при реализации генетической программы внутри клетки и в межтканевых и системных отношениях.

Если в начальном периоде онтогенеза преобладают прогрессивные процессы, ведущие к повышению общего биологического потенциала организма, и создаются оптимальные условия его регуляции, то биологический потенциал реализуется в регрессивных соотношениях.

## ЛЕКЦИЯ 9. РАЗВИТИЕ И ФУНКЦИЯ ПОЧЕК В ОНТОГЕНЕЗЕ

1. Формирование почки в пренатальном периоде
2. Механизм мочеобразования

Современная наука доказывает, что более 3-х млрд. лет назад в соленых водах возникла жизнь. Длительный путь эволюции привел к развитию клеточной формы организации, концентрации внутриклеточных ионов отличались от внешней среды. Это неизбежно требовало создания физиологических систем. Сотни млн. лет спустя, на Земле появились многоклеточные животные, в которых клетки были погружены в сформировавшиеся жидкости внутренней среды. В дальнейшем по мере эволюции живых существ возникла кровеносная система и специальные жидкости - спинномозговая, тканевая, внутриглазная, лимфа и т.д. С течением времени возникла необходимость в выведении продуктов метаболизма из организма.

Таким образом, выполняющей эту функцию явилась почка (gen).

### *1 Формирование почки в пренатальном периоде.*

**Топография почки.** Этот орган располагается забрюшинно. Справа почка чуть ниже располагается, чем слева, т.к. ее как бы оттесняет печень книзу (между I и II поясничными позвонками; XII п.п.). Снаружи почка покрыта, как и печень, плотной капсулой из соединительной ткани. Кроме того, у каждого человека имеется небольшое количество околопочечной жировой клетчатки, которая создает как бы ложе ее фиксации. В случаях резкой потери веса человеком, в силу каких-либо обстоятельств, жировая ткань почти исчезает, что создает предпосылки для опущения почки со всеми вытекающими последствиями.



Кровоснабжение почки обильное. От брюшной аорты на уровне почки отходит почечная артерия, которая, подойдя к почечным воротам, делится на пять ветвей, каждая из которых кровоснабжает сегменты почки, которые на границе коркового и мозгового вещества у основания почечных пирамид образуют дуги, от которых идут приносящие сосуды, направляющиеся к капсулам клубочков и образующие в них клубочки капилляров. Из каждого клубочка выходит артериальный сосуд, выносящий меньший диаметр, который затем вновь образует капиллярную сеть вокруг канальцев. Из этой сети образуются вены, сопровождающие одноименные артерии, которые сливаются и тем самым образуют почечную вену, впадающую в нижнюю полую вену.

Через почки в 1 мин проходит 1200 мл крови, а за сутки вся кровь, имеющаяся у человека, проходит 200 раз.

**2 Механизм мочеобразования.** Почки - это сложная трубчатая железа, состоящая из системы канальцев. Слепой конец каждого почечного канальца в виде двустенной чашечки Шумлянско-Боумана, охватывающая клубочек кровеносных капилляров (мальпигиевых). Внутренняя стенка капсулы состоит из плоских эпителиальных клеток, которые плотно прилегают к стенкам капилляров.

**Мочеобразования.** Вода и растворенные в ней вещества легко проходят в полость капсулы. Клубочек вместе с капсулой составляет так называемое почечное тельце, которое топографически находится в корковом веществе почки. От капсулы почечного тельца начинается извитый каналец I-го порядка, или проксимальный, который затем переходит в петлю Генле, спускающуюся в мозговое вещество почки, а также возвращающуюся (отсюда и название петли Генле) в корковое вещество в виде петли II-го - порядка или извитого дистального канальца. Следовательно, почечное тельце, извитые канальцы, петля Генле являются структурной единицей почки или нефрон, где и происходит образование мочи. Извитый каналец II-го порядка затем впадает в прямой, образуя собирательные трубки почки, по которым собирается моча со всех отделов

почки. Прямые канальцы спускаются в пирамиды, открываются на сосочках пирамид в малые чашечки.

Наш организм получает за сутки около 2500 мл воды, 1500 - в виде питья, 500 - с твердой пищей. Кроме того, 300-400 мл образуется в процессе распада белков, жиров и углеводов. Суточный диурез - 1500 мл. Фильтрация плазмы обеспечивается за счет разности давления по обе стороны мембраны. Давление в капиллярах клубочков должно быть не менее 60-70 мм рт.ст., в то время как в капиллярах тела - 30 мм рт.ст. Такое давление в клубочках образуется за счет деления артериального капилляра на два. Так образуется «чудесная сеть» почечных капилляров. Итак, приносящий сосуд к клубочку в два раза шире выносящего. Первичная моча содержит все вещества плазмы крови, кроме белков, которые являются крупномолекулярными коллоидными соединениями и не могут пройти через мембрану. За сутки, таким образом, образуется 150-180 л первичной мочи. В ней содержатся кроме продуктов распада мочевины, мочевой кислоты и др. составные части плазмы. Состав первичной мочи впервые исследовал английский физиолог Ричардсон в XIX в, путем взятия мочи непосредственно из капсулы почечного тельца при помощи стеклянной микропипетки. Было установлено, что первичная моча - это, по существу, плазма крови без белка.

Поступление первичной мочи из капсулы в почечные канальцы, петлю Генле, извитые канальцы I-го и II-го порядка и, наконец, собирательные трубки, происходит в процессе обратного всасывания глюкозы, аминокислот, витаминов, солей, воды. Из 150-180 л, которая образуется в динамике, в итоге получается 1,5 л конечной мочи. Процесс всасывания сложный, идущий за счет затраты химической энергии клеток эпителия канальцев, и носит название активного транспорта. При этом потребление  $O_2$  почками составляет  $1/11$  всего потребления  $O_2$  организмом, в то время как почки составляют всего лишь  $1/112$  массы тела.

Первичная моча, пройдя через систему канальцев, концентрируется. При этом эпителий канальцев способен избирательно выполнять процесс реабсорбции. Некоторые конечные продукты обмена - креатин, сульфаты не выбрасываются совсем эпителием канальцев, а мочевина слабо всасывается. Для эпителия канальцев

характерна не только всасывающая функция, но и секреторная. Например, при исследовании функции почек путем введения контрастного вещества сергозина или диодраста, которые не проходят через почечный фильтр в клубочках, а удаляются в канальцах почек.

Функциональную способность почек у человека можно исследовать путем внутривенного введения красящих веществ (1% индигокармина или раствор метиленовой сини). Эти исследования в клиниках проводят довольно часто. Метод прост и безопасен. Испытуемого (больного) помещают на урологическое, гинекологическое кресло, промывая мочевой пузырь дистиллированной водой, затем при помощи прибора цитоскопа определяют ее функцию: если почка функционирует, то красящее вещество появляется в мочевом пузыре через 5-8 мин.

Моча - это биологическая прозрачная жидкость светло-желтого цвета, состоящая из воды - 95%, твердых веществ - 3%, мочевины - 2%, мочевой кислоты - 0,05%, креатинина - 0,07%. За сутки из организма выводится 25-30 г мочевины, 15-25 г неорганических солей. Плотность - 1,010 - 1,024, реакция зависит от характера питания, чаще кислая.

**Возрастные особенности.** У детей мочеиспускание происходит чаще. Так, в первые, 3-4 дня после рождения количество мочи невелико. У месячного ребенка за сутки выделяется 350-380 мл мочи. К концу первого года - 750 мл, в 4-5 лет - 1 л, а период полового созревания - 2 л. У новорожденных детей моча резко кислая, с возрастом она слабеет. Реакция мочи затем зависит от характера пищи. Необходимо отметить, что в специальной литературе (нефрологии, урологии) имеются данные, что у новорожденного повышена проницаемость почечного эпителия, по этой причине в моче имеется белок, в более старшем возрасте он исчезает. С возрастом количество мочевины увеличивается и снижается количество молочной кислоты. Ионы Na и хлоридов в моче с возрастом увеличиваются. Детский организм склонен к задержке Na в организме. Это нормально. В возрасте 6-14 лет Na в суточной моче колеблется от 2 до 5 г, у взрослых - от 3 до 5,2 г.

Регуляция водного и солевого обмена происходит нейрогуморальным путем. В подбугровой области (промежуточный мозг), а также в сосудах почек, печени имеются рецепторы, чувствительные

к осмотическому давлению - это осморесепторы. Нервные импульсы от осморесепторов передаются гипофизу, где вырабатывается антидиуретический гормон, который является главным регулятором диуреза (мочеобразования). Благодаря действию гормона увеличивается всасывание воды из мочи собирательными трубочками почек обратно в кровь. После обильного питья осмодавление снижается, в крови как ответная реакция снижается выработка гормона, в гипофизе увеличивается диурез. При заболевании гипофиза и уменьшении антидиуретического гормона в крови развивается несахарный диабет в отличие от сахарного, когда причиной является отсутствие инсулина в крови. Постоянство содержания солей в организме регулируется гормоном коры надпочечников - альдостероном, который изменяет реабсорбцию солей Na и K в дистальных канальцах почек.

Итак, нормальный диурез каждого организма есть объективный показатель здоровья. Каждый человек в состоянии за этим следить. Это очень просто и информативно. Следует учитывать физиологические особенности женского организма.

Энурез - ночное недержание мочи. Мочеиспускание - рефлекторный акт, скопление мочи в мочевом пузыре повышает в нем давление, раздражаются рецепторы слизистой оболочки - отсюда позыв. Возбуждение проходит до центра мочеиспускания в сокращательный отдел. Отсюда импульсы поступают в мочевой пузырь, сфинктер его расслабляется, происходит акт мочеиспускания, например у грудных детей. Старшие дети, как и здоровые взрослые, мочу могут задерживать до определенного момента. Это обусловлено с установлением корковой условнорефлекторной регуляции мочеиспускания. Обычно к 2-м годам у детей сформированы условнорефлекторные механизмы задержки мочеиспускания не только днем, но и ночью. Однако 5-10% детей в возрасте 13-14 лет имеют ночное недержание мочи - энурез. Это своеобразная патология ребенка, которую нужно лечить, а не стыдить и запугивать.

Энурезу способствует прием большого количества жидкости перед сном (чай, кофе, молоко). Надо знать родителям, что перед сном нельзя много есть, исключать острые блюда. Нужно приучить детей к гигиене половых органов (обмывать мочеполовые органы теплой водой с мылом утром и вечером, перед сном).

Потовые железы – имеют трубчатое строение. Они имеются во всех частях тела, кроме - красной каймы губ, головки полового члена и внутреннего листка крайней плоти. Это около 2-2,5 млн. желез. Состав пота: 98% - вода, 2% -плотного остатка (мочевины, аммиака и др.). Железы делятся на метокриновые, апокриновые. Секрет потовых желез содержит белковые вещества - отсюда резкий запах за счет феррамона.

Известно, что экскреторная функция легких по 500 мл воды выделяется при испарении.

Искусственная почка устроена на принципе диализа крови пациента. При необходимости подключается аппарат так, чтобы вся кровь могла пройти через него. Система специальных мембран, которые выполняет как бы роль «сита», шлаки адсорбируются. кровь становится почти такой, как у здорового человека, если бы она прошла через нормальные почки. Это эффективно при отравлении и патологических процессах, когда на глазах спасается пациент, функция почки восстанавливается. При органическом поражении почек - нефритах и других заболеваниях развивается патология, требующая специального обследования и лечения.

## ЛЕКЦИЯ 10. ЭНДОКРИННАЯ СИСТЕМА В ОНТОГЕНЕЗЕ

1. Возрастные особенности эндокринной системы
2. Чувствительность тканей к гормонам

*1. Возрастные особенности эндокринной системы.* Несмотря на значительный экспериментальный материал, пока еще нет возможности собрать целостную картину возрастного развития эндокринной системы у человека.

а) Одно несомненно, что с возрастом изменяется уровень и качество секреции самих желез.

б) В онтогенезе меняются коррелятивные соотношения между железами. Каждый возраст имеет свою «эндокринную формулу».

в) С возрастом меняется нервная регуляция эндокринных желез.

г) В процессе жизнедеятельности меняется восприимчивость тканей, на которые воздействуют гормоны.

Общей закономерностью онтогенеза внутренней секреции является первоначальное и прогрессивное развитие желез, их становление и длительное сохранение максимальной, функциональной полноценности. Это наблюдается в ранней молодости и, наконец, выраженная в разной степени регрессия в старости.

В системе эндокринных желез имеются железы, которые достигают максимального развития в очень раннем возрасте - это эпифиз, вилочковая железа (тимус), инсулярный аппарат поджелудочной железы и глюкокортикоидная зона коры надпочечников.

В период юношества, по мнению некоторых авторов (Лузин, 1951; Никитин, 1965), происходит атрофия и липоидное перерождение лимфоидной ткани тимуса. Инсулярный аппарат островков Лангерганса долго сохраняет рано достигнутый уровень оптимального развития. Кора надпочечников после раннего развития в эмбриогенезе очень долго сохраняет свою функцию, и только в

старости ее функция снижается.

Клубочковая зона коры надпочечников долгое время сохраняется в зрелости, затем редуцируется в старости (минералокортикоиды), в то время как пучковая зона надпочечников (глюкокортикоиды) сохраняется даже в пожилом возрасте. Такие эндокринные железы, как щитовидная и паращитовидная, наибольшего развития достигают в поздней молодости и ранней зрелости

Намного ранее достигают наибольшей функциональной полноценности передняя доля гипофиза (аденогипофиз) и задняя доля (нейрогипофиз), а также секреторная функция гипоталамуса

Что касается соматотропного гормона (СТГ), то его максимальное количество, по-видимому, секретруется в очень раннем постэмбриогенезе, и его синтез сохраняется в молодом и зрелом возрасте.

В раннем детстве наблюдается высокая активность большинства желез, относительно задержана функция гонад и повышена активность желез, инкретируемых гормонами с анаболическими воздействиями. Эндокринные железы очень подвижны, легко сдвигаются даже в условиях умеренных воздействий на организм.

А период поздней молодости и ранней зрелости большинством авторов расценивается как максимальный, функциональный расцвет желез внутренней секреции организма человека. В этот период бывает хорошо стабилизирована функция как анаболических (СТГ, инсулин, половые гормоны), так и катаболических (кортико-стероиды, йодсодержащие гормоны щитовидной и паращитовидной желез).

В старости наступает инволюция большинства эндокринных желез, особенно она выражена в инкреторной ткани гонад.

В это время падает реактивность периферических тканей на большие и средние дозы гормонов (Никитин, 1960), но чувствительность (при сниженной реактивности) к малым дозам некоторых гормонов даже повышается (Фрилькис, 1969). Дисфункция отдельных желез эндокринной системы приводит к расстройству гуморальной регуляции.

2. *Чувствительность тканей к гормонам.* Определение гормональной регуляции в онтогенезе в литературе освещено неудачно. Во многом имеются противоречия в оценке возрастных изменений реакций тканей на гормоны, связанные с применением авторами различных методик. Уровень гормональной регуляции определяется не только активностью эндокринной железы, количеством гормона, который она вырабатывает, но и состоянием тканей, на которые гормон воздействует. В эксперименте реакцию на ткань можно уловить на ранних стадиях онтогенеза, даже раньше становления деятельности желез внутренней секреции. Так, Р.С. Лейбсон (1962) установил, что у куриных эмбрионов до 14-15 - дневного возраста под действием инсулина нарастает содержание гликогена только в печени, а с 15-го дня возникает типичное для взрослых животных увеличение концентрации гликогена в мышцах. Автор показал, что именно с 15-го дня в реакцию на инсулин вовлекаются и надпочечники. Этим самым было доказано, что в эмбриогенезе изменение реакции на инсулин включает перераспределение и вовлечение в нее различных тканей организма, в том числе и других желез внутренней секреции. При введении инсулина 7-дневным эмбрионам обнаруживали изменение сахара в крови.

По данным М.С. Мицкевича, некоторые гормоны, а также и их метаболиты могут проникать через плаценту и сосуществовать. У плода происходит компенсация функции эндокринных желез. Это было показано на примере половых гормонов. Так, А.М. Мурашина (1965), изучая изменения полового цикла и активность холинэстеразы матки, сделала вывод, что с выбросом развивается прогрессирующее повышение чувствительности к эстрогенам.

В.Н. Никитин с соавторами показали, что в раннем постнатальном периоде тиреоидный гормон - тироксин вызывает у крыс слабую реакцию. У половозрелых животных чувствительность тиреоидному гормону значительно увеличивается. По данным В.Н. Никитина, у 6-13 - месячных крыс тироксин вызывает в несколько раз больше прирост кислорода и распад белка, чем у 3-месячных животных.

Известно, что в ответ на введение АКТГ (аденокортикотропного гормона) кора надпочечников больше выделяет кортикостероидов, что приводит к увеличению массы.



Куриные эмбрионы 11 дней вовсе не реагируют на АКТГ, а на 12-14-й день у них изменяется количество холестерина, а с 15-го дня в ответ на введение АКТГ увеличивается вес железы.

При старении организма, по данным различных авторов, развиваются неравномерные изменения функции отдельных желез внутренней секреции.

Одно из важнейших точек воздействия тироксина является процесс окислительного фосфорилирования. Это основной путь получения энергии в клетке. При введении старым животным меньших доз тироксина наблюдается разобщение этих процессов.

При введении тироксина людям с повышенной функцией щитовидной железы (гипотиреозы) приводит к поддержанию уровня гормонального статуса.

Рядом исследователей отмечено повышение чувствительности тканей в старости к инсулину.

В регуляции функция желез внутренней секреции большое значение имеют межэндокринные связи. Так, при старении организма растет чувствительность и падает диапазон возможных изменений функций ряда эндокринных желез при воздействии на них тропных гормонов гипофиза. К примеру, при введении малых доз АКТГ старым животным наблюдается стимуляция коры надпочечников, аналогично малые дозы тиреотропного гормона (ТТГ) стимулируют щитовидную железу.

В старости существенно изменяется течение адаптационного синдрома. Приспособительное значение его уменьшается. На фоне снижения активности нейросекреторного процесса в гипоталамусе у старых животных развивается качественная перестройка с ослаблением реакции на различные воздействия. В то же время введение катехоламинов приводит к обратной реакции.

## ЛЕКЦИЯ 11. ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ

1. Развитие нервной системы в антенатальном периоде
2. Развитие головного мозга
3. Развитие рефлексогенной деятельности в эмбриогенезе

### *1. Развитие нервной системы в антенатальном периоде.*

Основные процессы образования нервной системы происходят в зародышевом периоде. Центральная нервная система (ЦНС) включает головной и спинной мозг. Вместе с периферическими отделами (дистальных анализаторов) развивается из эктодермы (наружного зародышевого листка) гастрюлы нервная система и кожа.

Зачаток нервной системы обнаруживается на ранней стадии развития в виде полоски вдоль спины зародыша (медуллярной пластинки). С боков ее располагаются нервные валики. Затем пластинка подворачивается в виде трубки (первичной мозговой) с головным и хвостовым концами. Из нервных валиков формируется большая часть узлов, дающих начало периферической (соматической) нервной системы.

На ранних стадиях эмбриогенеза из медуллярной трубки образуются головной и спинной мозг.

Структурное оформление отделов мозга тесно связано с процессом дифференцировки нервных элементов и образованием аппарата нервной системы (рецепторов, эфферентных и афферентных нервных путей, мышечных и других рабочих приборов). Уже на ранних стадиях эмбриогенеза в ходе морфологического созревания и дифференцировки формируются основные рефлекторные двигательные механизмы. В результате к концу эмбрионального или к

началу плодного периода у млекопитающих обнаруживаются первые проявления нервной деятельности в виде элементарных форм движений.

Этапность в развитии нервной деятельности у животных связана с постепенным созреванием отделов ЦНС.

Принципиально иной подход к пониманию онтогенеза был выдвинут П.К.Анохиным в теории системогенеза нервной деятельности, которая, по мнению автора, должна была разрешить противоречия.

Теория системогенеза рассматривает онтогенетическое развитие нервной системы как процесс гетерохронного морфофункционального созревания отдельных функциональных систем организма.

Под функциональной системой автор понимал комплекс центральных и периферических нервных образований и связанных с ними рабочих аппаратов, объединенных для выполнения какой-либо специализированной функции организма (глотание, сосательный рефлекс, виды локомоций и т.д.). Согласно этой теории, раньше всего созревают и проявляют свою функцию нервные, мышечные и другие структуры, которые обеспечивают наиболее важные приспособительные реакции организма, необходимые к моменту рождения. У животных эти реакции тесно связаны с экологией данного животного.

Таким образом, в основу данной теории развития нервной деятельности был положен биологический принцип.

На основании формулирования теорий локальной интеграции системогенеза физиологические и биологические принципы позволяют правильно оценить общие и частные закономерности развития функций нервной системы животных и человека в раннем онтогенезе.

**2. Развитие головного мозга.** Головной мозг является органом, обеспечивающим возможность социальной жизни, общение людей друг с другом, познание закона природы, обществе и их использование в общественной практике. Только на высшем этапе

своего развития мозг человека приобрел еще одну функцию - он стал органом психической деятельности.

Головной мозг состоит из серого и белого вещества. Серое вещество головного мозга есть разнообразие нервных клеток (нейронов), имеющих сложное строение. В виде отдельных скоплений в коре и других отделах образуются ядра. Кроме нейронов, в сером веществе имеются клетки нейроглии, которые составляют до 70-80% всей массы мозга.

Рост мозга у человека, в основном, заканчивается к 20 годам. Особенно бурно развивается мозг в подростковом и юношеском возрасте с одновременным бурным развитием и ростом всего организма в целом.

Вес мозга новорожденного - около 100 г, взрослого человека - 1300-1400 г. Однако умственное развитие человека в целом не зависит от общего веса мозга. Головной мозг делится на продолговатый задний, средний, промежуточный и конечный мозг в виде больших полушарий.

В мозговом стволе расположены ядра XII пар черепно-мозговых нервов: обонятельных, зрительных, глазодвигательных, блоковых, тройничных, отводящих, лицевых, слуховых, языкоглоточных, блуждающих, добавочных, подъязычных.

Центральная нервная система все свои функции осуществляет посредством рефлексов. Это ответная реакция организма на раздражение внутренней или внешней среды, которая осуществляется при участии центральной нервной системы. Вся разнообразная деятельность человека на протяжении жизни - это результат системы условных и безусловных рефлексов.

У человека рефлекторная деятельность чрезвычайно сложна, между тем в организме имеются и простые рефлексы, например, сухожильный коленный рефлекс, зрачковый рефлекс и др. Все рефлексы в организме, как простые, так и сложные, проявляются строго закономерно. Когда по какой-то причине рефлексы отсутствуют, это указывает на нарушение ЦНС со стороны головного или спинного мозга.

Рефлекторная реакция начинается с процессов возбуждения в рецепторах (приборе для восприятия возбуждения) и заканчивается эффектором (деятельностью того или иного органа). Путь, по

которому проходит возбуждение от рецептора до эффектора, называется рефлекторной дугой. В состав рефлекторной дуги входят: рецептор, центростремительный (афферентный) нейрон, ЦНС. Затем после сложных изменений возбуждение переходит по нервным путям на клетку центробежного (эфферентного) нейрона и попадает к рабочему органу (мышцу, железу и т.д.). Но большинство рефлекторных дуг имеют еще и вставочные нейроны, которые непосредственно не связаны ни с рабочим органом, ни с рецептором.

Следовательно, описание схемы указывает на наличие двух и трехнейронных дуг рефлексов. Однако в осуществлении сложных рефлексов, между которыми происходит сложное взаимодействие, участвуют многие нейроны.

Основным свойством ЦНС является одностороннее проведение возбуждения. Это значит, что в целостном организме по нервному волокну возбуждение передается только в одном направлении.

Основные же свойства нервной системы можно выразить тремя показателями: возбудимость, проводимость и лабильность. Экспериментально было установлено, что время рефлекса не одинаково в звеньях рефлекторной дуги. Оказывается, самым продолжительным оно является в ЦНС. Так, время коленного рефлекса у здорового человека составляет 2-4 милли/с, а более сложных рефлексов - от 0,1 до 0,2 с.

Еще И.М.Сеченов в 1868 году установил, что если вызвать по центростремительному волокну раздражение, рефлекторная реакция не наступает. Следовательно, подпороговое (слабое) раздражение не вызывает ответную реакцию со стороны ЦНС. В случаях, когда подпороговые раздражения следуют одно за другим, наступает рефлекторная реакция. На этом основании учеными был сделан вывод о суммации возбуждений.

При повторном раздражении одного и того же центростремительного нерва, говорят о последовательной индукции. Когда повторные раздражения наносятся одновременно на два центростремительных нерва, то это пространственная суммация. В ЦНС происходит постоянно трансформация ритма возбуждения.

Проведение нервного импульса по нервному волокну происходит только в случаях анатомо-физиологической его целостности.

В процессе возбуждения образуется высоковольтный потен-

циал. Известно, что процесс возбуждения неразрывно связан с процессом торможения. Так, процесс возбуждения одних участков вызывает торможение других участков нервной системы. И, наоборот, процесс торможения одних участков нервной системы вызывает возбуждение других. Это явление в физиологии было названо индукцией. В случаях образования процессов возбуждения - это положительная индукция. Если возбуждение происходит к процессу торможения, - это указывает на отрицательную индукцию.

Процессы возбуждения и торможения, возникшие в ЦНС, распространяются по всей нервной системе. Это явление получило название иррадиации.

В разнообразной деятельности вышней нервной системы могут возникнуть господствующие очаги возбуждения, которые доминируют над другим очагом возбуждения. Эти процессы создают активное состояние нервной системы.

Академик А.А.Ухтомский писал по этому поводу: «Принцип доминанты является физиологической основой акта внимания и предметного мышления».

Благодаря синтезирующей функции коры головного мозга у человека создаются очень сложные системы деятельности. И.П.Павлов указывал, что кора представляет собой «сложную динамическую систему, постоянно стремящуюся к объединению (интеграции) и к стереотипности объединенной деятельности».

Следовательно, вся система корковой деятельности, создающаяся при повторении раздражителей, которые следуют в определенном порядке, получило название «динамический стереотип». Эта закономерность имеет особое значение в двигательной деятельности человека начиная с детского возраста. Формирование любого двигательного навыка связано с образованием соответствующих динамических стереотипов.

Установлено, что с возрастом сила возбуждения и торможения увеличивается. Особенно интенсивен этот процесс в возрасте между 5-10 годами; в возрасте 12-16 лет наступает некоторое ослабление процесса, а с 15 лет снова повышается уровень возбуждения и торможения.

У детей и подростков образование нового стереотипа происходит значительно быстрее, чем у взрослого человека. И только к

старости, в результате инволюционных процессов наступает «размывание» динамических стереотипов, которые были сформированы в более молодом возрасте. Когда пластичность коры головного мозга позволяла формировать эти качества.

Двигательный динамический стереотип у детей в возрасте 12-13 лет и 15-16 лет образуется так же, как и у детей младшего школьного возраста, только он становится более прочным.

Регулярные занятия физическими упражнениями вызывают у детей школьного возраста положительные реакции со стороны нервной деятельности. Подсчитано, что после урока физической культуры с умеренной нагрузкой в 83,6% случаев отмечены изменения со стороны нейродинамики. В 25,4% случаев были улучшены дифференцирующие реакции со значительным уменьшением скрытого времени на двигательную реакцию.

Исследуя психомоторную реакцию у 80 юных легкоатлетов в возрасте 12-15 лет Гомельской школы - интернат спортивного профиля, было установлено, что максимальный темп движений за 10 секунд (темпинг-тест) был выше у юношей, которые имели более высокий спортивный разряд, чем их сверстники.

Латентный период простой зрительной реакции, моторной реакции у них был значительно короче, чем у новичков.

Наиболее высокий показатель психомоторной реакции был у юношей 14-15 лет. У спринтеров с возрастом уменьшается время латентного периода, в то время как у бегунов на средние и длинные дистанции наблюдалось некоторое ухудшение реакции.

Максимальный темп при темпинг-тесте показал, что с возрастом спортивного мастерства улучшается подвижность нервных процессов в организме.

Развитие мышечного аппарата речи с возрастом в известной степени возрастает, об этом свидетельствует формирование словесных ощущений.

У подростков усиливается концентрация процессов возбуждения и торможения. В возрасте 11-12 лет, при формировании двигательных навыков, замена непосредственного раздражения словесным в большинстве случаев оказывает положительный результат.

Такое гармоническое воспитание в полной мере соответствует физиологическим процессам со стороны ЦНС у детей и подростков.

### *3. Развитие рефлексогенной деятельности в эмбриогенезе.*

Развитие и преобразование врожденных рефлексов, отражающих эволюцию нервной системы, можно видеть на примере становления и развития двигательных реакций в эмбриогенезе млекопитающих.

Литературные источники свидетельствуют о наличии значительного материала большой серии морфофизиологических исследований на животных (Волохов А.А. Калинина Е.И.; Троицкая С.А., и др.) показали наличие последовательно протекающих стадий (фаз) рефлекторной деятельности у животных на кроликах, морских свинках, крысах, у которых были выделены следующие стадии.

1. Стадия первичных двигательных рефлексов (локальные движения у эмбриона - головы, передних конечностей в ответ на раздражение кожи этих зон).
2. Стадия первичной генерализации рефлексов (быстрые обобщающие движения головы, туловища и конечностей на раздражение кожи различных участков).
3. Стадия вторичной генерализации рефлексов (наличие медленно протекающих тонических движений головы, туловища, конечностей на любое раздражение кожной поверхности).
4. Стадия специализации рефлекторных реакций (формирование сложных специализированных рефлексов: пищевых - сосательный и глотательный, а также чесательный, отряхивательный и др.).

Так, у плода кролика в возрасте 22-25 дней отчетливо наблюдаются указанные рефлекторные ответы.

В осуществлении стадии специализации рефлекторной деятельности, не завершающейся в пренатальном периоде, продолжает вырабатываться в постнатальном периоде.

Морфофункциональное созревание корковых элементов в последние дни пренатального периода и сразу после рождения находит отражение в виде появления биотоков мозга, регистрируемых в форме фоновой электрической активности (Шилягина Н.Н.).



Развитие биоэлектрических феноменов коррелирует с повышением уровня биохимических процессов в мозге.

Все структурно-функциональные особенности коры головного мозга в конце пренатального и начале постнатальной жизни указывают на то, что перед рождением плода или вскоре после, кора больших полушарий мозга включается в регуляцию рефлекторной деятельности развивающегося организма.

### *Развитие рефлекторных реакций в постнатальном периоде*

После рождения плода, в результате изменения внешней среды, которая существенно влияет на развитие рефлекторной деятельности, появляются новые рефлекторные акты со стороны каждого анализатора.

В начальном периоде происходит дальнейшее совершенствование рефлексов конечностей в результате усиления координационных механизмов. Это было подтверждено на опытах у новорожденных котят и крольчат. Было выявлено явление взаимного торможения со стороны антагонистов. У подопытных животных хорошо проявились в спинальных центрах феномены одновременной и последовательной индукции, суммация процессов возбуждения (Крылов О.А.). В месячном возрасте координационные механизмы спинного мозга у кролика достигают уровня развития, которые свойственны взрослым животным.

Локомоторные реакции со стороны отдельных групп приобретают большую согласованность. С возрастом происходит более выраженная реакция нервно-мышечного аппарата. Развитие сенсорных систем происходит параллельно с морфологическим созреванием рецептурного прибора, вестибулярных ядер и их свойств, с другими отделами ЦНС.

В ранний период постнатальной жизни у животных происходит формирование ряда специализированных пищевых двигательных реакций: качательные движения головы, ритмические движения передних конечностей, поступательное движение тела вперед. Эти движения у кроликов, щенков и котят возникают либо «спонтанно» или в результате тактильных раздражений мордочки и передней части тела (Волохов А.А.).

В поздние сроки у животных возникают реакции на стимуля-

цию дистантных анализаторов в виде мигания и сужения зрачка на яркий свет.

Таким образом, в период новорожденности появляется большой комплекс рефлекторных реакций (кожного, двигательного и сенсорных анализаторов), происходит их совершенствование по мере роста и развития организма.

*Развитие рефлекторной деятельности.* Развитие и становление рефлекторной деятельности у человека в эмбриогенезе имеет многие сходства с развитием ее у млекопитающих. У человеческих плодов, особенно в раннем онтогенезе (принципиально сходно с таковым у млекопитающих животных) происходит формирование нервной деятельности.

Рядом исследователей было установлено, что в приспособительной деятельности ребенка важное значение имеет ориентировочный рефлекс, вызываемый с различных анализаторов. Сначала он проявляется в общем вздрагивании и временном подавлении существующей двигательной активности ребенка.

У доношенных детей в развитии этого рефлекса выступают последовательные стадии:

- а) примитивная диффузная двигательная реакция с задержкой дыхания;
- б) смешанная реакция с преобладанием тормозных процессов движения;
- в) типичная ориентировочная реакция с наличием исследовательского компонента и вегетативными проявлениями, напоминающими аналогичные сдвиги у молодых животных (Поликанина Р.И.).

Формирование ориентировочных рефлексов с различных анализаторов происходит в разные возрастные периоды в соответствии с последовательностью созревания анализаторов.

Ориентировочный рефлекс, как и другие безусловные рефлексы у детей раннего возраста, имеет самостоятельное значение, т.к. он мобилизует ответ организма на действие внешних факторов и способствует образованию условнорефлекторных связей (Поликанина Р.И.). Эта роль ориентировочного рефлекса в современной литературе достаточно освещена в проведении электрофизических

исследованиях на животных и человеке.

*Возрастные особенности ВНД человека.* В деятельности головного мозга различают: безусловнорефлекторный уровень (врожденный) и условнорефлекторный (приобретенный).

Врожденные реакции являются функцией низших отделов ЦНС. Однако известно, что у высших животных и человека рефлекторные дуги всех безусловных рефлексов получают представительство в коре больших полушарий.

Замыкание новых нервных связей в коре головного мозга совершается при участии ниже лежащих отделов ЦНС. По предложению Э.А.Арсланова (1952), этот процесс получил интерпретацию как корковый синтез двух или более безусловных рефлексов

И.П.Павловым было установлено, что условнорефлекторная деятельность человека, характеризующаяся тем, что, наряду с прямым отражением действительности (в форме непосредственных условных и других ощущений), в мозге происходит обобщенное отражение явления и предметов через посредство слова.

Различные ощущения и впечатления от окружающей среды И.П.Павлов назвал 1-й сигнальной системой, которая является общей у нас и у животных.

«Слово» он считал сигналом, интегрирующим множество сигналов 1-й сигнальной системы - «сигналом сигналов» или 2-й сигнальной системы.

*Аntenатальный и ранний постнатальный периоды.* Развитие ВНД в этом периоде рассматривается с точки зрения готовности больших полушарий головного мозга к функционированию.

Известно, что дети, родившиеся на 3-3,5 месяца раньше срока, несмотря на несовершенство пищевых, защитных и регуляторных безусловных реакций, оказываются жизнеспособными. Следовательно, в 5,5-6 месяцев антенатального периода низшие отделы ЦНС уже достаточно зрелые в функциональном отношении и способны в какой-то мере обеспечить постепенную адаптацию организма.

Что касается функции ЦНС и возможности выработать условный рефлекс у неродившегося плода, крайне сомнительна.

Получить условные оборонительные рефлексы на звуковой раздражитель возможно лишь в середине 2-го месяца постнатальной жизни (Касаткин Н.И.).

У доношенного новорожденного младенца можно получить условные рефлексы на различные раздражители к концу 1-го месяца жизни (Поликанина Р.И.)

Морфофизиологические исследования показывают, что порядок и сроки созревания (прежде всего миелинизация в той или иной части нервной системы) зависят от интенсивности ее функционирования (Клессовский Б.Н.). Новорожденный и младенец связан с окружающей средой лишь посредством ограниченного количества врожденных рефлексов, которые очень несовершенны и не имеют определенной закономерности. Они могут вызываться как внешними, так и внутренними раздражениями. В этот срок высшие отделы ЦНС еще малоактивны и большую роль в реакциях выполняют подкорковые структуры.

К концу 2-й недели жизни у ребенка появляется условный сосательный рефлекс на «положение при кормлении». Сигналом, вызывающим этот рефлекс, служит комплексный раздражитель, включающий импульсы с кожи, проприоцептивного и вестибулярного аппарата.

Как подчеркивает И.П.Павлов, анализ явлений внешней и внутренней среды организма осуществляется двумя механизмами: деятельностью анализаторных систем и развитием внутреннего торможения. К середине первого года жизни оба эти механизма уже начинают действовать. Однако в функциональном отношении они еще не совершенны. Во второй половине года увеличивается время бодрствования ребенка, и тем самым создаются условия для более активного длительного состояния коры больших полушарий. Если младенец бодрствует около 4-х часов в сутки в 6 месяцев, то к концу первого года время бодрствования возрастает до 10 час. У годовалого ребенка вырабатывается значительное количество условных рефлексов как положительных, так и тормозных.

Для правильного развития ребенка исключительно важным является строгий режим сна, бодрствования, питания и прогулок.

В возрасте 10-12 месяцев ребенок дает уже много адекватных реакций на словесные сигналы: «дай ручку» или «покажи носик» и т.п.

Как показывают наблюдения, развитие детей в этот период определяется не самим словом, а целым количеством раздражителей (привычной обстановкой, положением тела ребенка, обращением к нему близкого человека, определенной интонацией). Если изменить один из этих раздражителей, то реакция ребенка затормозится.

Слово вначале как бы имеет второстепенное значение (вторая сигнальная система по И.П. Павлову), и только постепенно оно приобретает значение сильного компонента в комплексном раздражителе и, наконец, самостоятельного сигнала.

В более старшем дошкольном возрасте от 5 до 7 лет подвижность и сила нервных процессов возрастает. Наблюдается у детей этого возраста повышенная работоспособность коры головного мозга и более выраженная стабильность внутреннего торможения. С течением времени оно становится более сильным. Дети способны сосредоточить внимание на 2-3 минуты и более.

Тем не менее, выработка угасательного и дифференцированного торможения происходит у детей 5-7 лет и сопровождается вегетативным изменением - учащением пульса, дыхания, иногда аритмией и другими изменениями. Показателем общей возрастной подвижности нервных процессов, переделка стереотипов раздражителей не является трудной задачей.

Таблица 11 - Среднее число сочетаний, необходимых для выработки стереотипов у детей 5-6 лет (по Дегтярь В.Г.)

Номера измененных стереотипов звуковых раздражителей				Номера измененных стереотипов звуковых раздражителей			
1	2	3	4	1	2	3	4
20,1	16	6	3	20,1	13	21	37

По данным таблицы 11. наглядно выступает возрастное обеспечение переделки стереотипов.

В этом возрасте отличается значение второй сигнальной системы. «Слово» приобретает обобщающее значение, близкое к тому, которое оно имеет для взрослого человека.

В более старшем возрасте ребенок начинает выделять понятия, которые уже абстрагированы от действий. Так, с начала обучения чтению и письму «слово» приобретает все более выраженные абстрагирующие свойства.

Имеются данные о том, что влияние на ход выработки условных рефлексов лишь у детей старше 5 лет.

Исследованиями на животных А.Г.Ивановым-Смоленским (1971), были сделаны попытки классифицировать типы, а еще раньше Н.И.Красногорским (1948), который взял за основу соотношение возбудимости коры и подкорковых отделов и выделил четыре типа:

1. Центральный уравновешенный;
2. Кортикальный тип - с преобладанием корковых процессов над подкорковыми;
3. Подкорковый - с преобладанием субкортикальных процессов;
4. Гиподинамический - с пониженной возбудимостью как коры, так и подкорковых структур.

Приведенные типы очень совпадают с четырьмя основными павловскими типами.

А.Г.Иванов-Смоленский в своей классификации учитывает скорость образования и упрочнения положительных и тормозных условных связей и выделяет четыре типа:

1. Лабильный тип, отличающийся хорошей подвижностью как раздражительного, так и тормозного процесса;
2. Возбудимый - с преобладанием раздражительного процесса над тормозным;
3. Тормозной - с преобладанием тормозного;
4. Инерционный - с трудной выработкой и медленным закреплением как положительных, так и тормозных условных рефлексов.

Автор считает, что данная классификация отражает замыка-

тельную функцию мозговой коры, о «типах же нервной деятельности судить по полученным данным преждевременно» (Иванов-Смоленский А.Г.).

Период от 11 до 13 лет у девочек и от 13 до 15 лет у мальчиков считается первой фазой переходного возраста.

В поведении подростков преобладают возбуждающие реакции, которые порой неадекватны раздражителям. При этом наблюдаются фазовые состояния в ВВД. Возрастает широкая генерализация возбуждения с дополнительным движением рук, ног и туловища в раннем детстве.

В этот возрастной период наблюдается некоторое ослабление корковой деятельности - второй сигнальной системы и как результат - усиление функции первой сигнальной системы. Скорость образования условных рефлексов на раздражители (зрительные, звуковые) возрастает, а образование условных связей на словесные сигналы затруднены.

Есть данные другого характера: в работе Н.И.Кольченко изучалась подвижность нервных процессов в первой и второй сигнальных системах. Автор утверждает, что в возрасте 11-16 лет подвижность нервных процессов во второй сигнальной системе возрастала более значительно, чем в первой. Ослабление тонуса коры выявлялось у девочек в большинстве случаев с резкими нарушениями вегетативных функций (боли в области сердца, сердцебиение, одышка и др.). Указанные реакции могут быть объединены возбуждением корковых структурных образований и ослаблением тонуса коры мозга. Повышенная эмоциональность у девочек отмечалась всеми авторами, которые изучали этот процесс: во второй фазе переходного периода - у девочек от 13 до 15 лет и у мальчиков от 15 до 17 лет. Это наиболее критическая и бурно протекающая полоса в развитии подростков.

В этот период у подростков наблюдается психическая неуравновешенность, с резкими переживаниями из одного состояния в другое - от «экзальтации до депрессии» (Аболонская А.В.). Следует отметить, что на протяжении последних десятилетий во всех странах мира наблюдается акселерация, которая коснулась и психического развития детей. 7-8-летним детям и младше теперь доступны понятия, которые 20-30 лет назад усваивались 12-13-

тупны понятия, которые 20-30 лет назад усваивались 12-13-летними и старше. Это позволило пересмотреть педагогический процесс в школе.

*ВНД в раннем и дошкольном периодах развития.* Известно, что новорожденный рождается с набором безусловных (врожденных) рефлексов, рефлекторные дуги которых формируются на 3-м месяце внутриутробного развития.

Первые сосательные и дыхательные движения появляются на этом этапе онтогенеза. Более активные движения наблюдаются на 4-5 месяце, а к моменту рождения у ребенка появляются большинство врожденных рефлексов и при нормальном онтогенезе. В послеродовом периоде (постнатальном) формируются условные рефлексы на различные раздражители.

На втором году развития ребенка совершенствуются все виды условнорефлекторной деятельности и формирование второй сигнальной системы (речи).

Язык человека был в прошлом одним из тех ведущих факторов, которые позволили ему выделиться из животного мира.

Для человека слово «сигнал сигналов» (по И.П. Павлову) приобрел ведущее значение среди других сигналов.

Второй и третий год жизни ребенка отличается живой ориентировочной и исследовательской деятельностью. Ребенок тянется ручками к любому предмету (трогает его, ощупывает, толкает и т.д.).

В возрасте от трех до пяти лет - продолжает дальше развиваться речь и совершенствуются нервные процессы (увеличивается подвижность и уравновешенность).

Перед творческой инициативой воспитателя открываются в этот период широкие возможности. Известные педагоги Д.А. Ушинский, А.С. Макаренко эмпирически считали возраст от двух до пяти лет наиболее оптимальный для гармонического развития (как психических, так и физических возможностей).

Динамические стереотипы, возникающие в это время, отличаются особой прочностью. От пяти до семи лет отмечается повышение второй сигнальной системы. Дети начинают свободно говорить. Слово получает обобщенное значение.



Для воспитателей особо важно помнить, что только в этом возрасте слово “эффективно” применяется для образования условных связей. Злоупотребление словом до этого возраста без особой необходимости не только малоэффективно, но и может нанести ребенку функциональный вред, заставляя тем самым мозг ребенка работать в нефизиологическом режиме.

ВНД в младшем школьном возрасте, по мнению ряда авторов, - это период относительно «спокойного» развития (7-12 лет). Наступает в этот период уравнивание основных процессов нервной системы - возбуждение и торможение.

Этот период в литературе еще называют «переход от рефлекторной эмоциональности к интеллектуализации эмоций».

Благодаря письму и чтению слово становится предметом создания ребенка, все более отдаляясь от предметов, связанных с ним в прошлом.

В младшем школьном возрасте на основе развития второй сигнальной системы условнорефлекторная деятельность ребенка приобретает специфический характер, который свойственный только человеку.

В этом возрасте проявляются черты формирующегося характера ребенка. В этот момент громадное значение приобретает словесное педагогическое воздействие в процессе учебно-вспомогательной работы.

Особое значение в педагогике имеет следующий возрастной период – подростковый возраст (с 11-12 до 15-17 лет).

В этом возрасте происходят большие эндокринные преобразования в организме подростков и формируются вторичные половые признаки (отмечается у мальчиков рост волосяного покрова на верхней губе, в подмышечных впадинах, на лобке, меняется тембр голоса). У девочек отмечается периодическое набухание молочных желез как предвестника менструального цикла и др. признаки этого периода. Все вместе взятое оказывает воздействие на ВНД. Отмечается нарушение уравниваемости нервных процессов с преобладанием возбуждения над тормозными процессами.

Происходит ослабление деятельности коры больших полушарий, а вместе с тем и второй сигнальной системы.

Происходят различные нарушения со стороны вегетативной

нервной системы (может быть одышка, сердцебиение, гормональные и сердечно-сосудистые расстройства).

О преобладании подкорковых структур на кору свидетельствует для этого периода повышенная эмоциональная неуравновешенность, некоторая раздражительность. Отмечается небольшая физическая усталость и снижение умственной работоспособности. Подростки в этом возрасте вспыльчивые: бурная ответная реакция на небольшие замечания старших, частые конфликты с родителями и педагогами.

К сожалению, сегодня далеко не каждый педагог учитывает в своей работе функциональные изменения в организме учащихся в подростковом периоде.

Только правильный здоровый образ жизни подростков, спокойная обстановка в школе и в семье, занятие физической культурой и спортом, интересная внеклассная работа, доброжелательность и понимание взрослых являются основными условиями для того, чтобы переходный период у подростков прошел без осложнений.

Важную роль может сыграть просветительная работа с учащимися опытных педагогов, беседы и лекции врачей, практических психологов.

Старший школьный возраст (15-18 лет). В этот период происходит окончательное морфологическое созревание всех физиологических систем организма. Повышается функция корковых процессов в регуляции психической деятельности организма.

Все свойства основных нервных процессов достигают уровня взрослого человека. Высшая нервная деятельность старших школьников становится более уравновешенной и гармоничной.

Это все оказывается на характере старшего школьника. Он более спокойный, ответы его имеют более широкий логический смысл. Но он, где это нужно, может постоять за себя и своего товарища.

Решить эту первостепенную задачу можно только при совместном содружестве специалистов разных профилей в деле подготовки здорового гармонически развитого молодого поколения.

**Формирование типов ВНД у детей подростков.** Формирование основных свойств и типов высшей нервной деятельности происходит в процессе роста и развития организма в целом. Можно

предполагать, что в пренатальном периоде большее влияние оказывают наследственные факторы, а в посленатальном - внешняя среда. Каждый из перечисленных факторов оказывает свое специфическое влияние. В пренатальном периоде наследственность определяет пределы изменчивости, типологических характеристик нервной системы, а среда определяет степень зависимости.

Пока мы имеем возможность изучать свойства нервной системы лишь по общим показателям, т.е. индивидуального развития и скорости образования условных рефлексов и проявления дифференцированного и угасательного торможения, которое у детей появляется на ранних этапах постнатального развития.

Тип ВНД у ребенка в общих чертах напоминает тип высшей нервной деятельности взрослого человека с учетом возрастных особенностей детей и подростков.

Для детей дошкольного возраста характерна слабость процессов возбуждения и торможения

В детском возрасте происходит как бы наложение возрастных особенностей ВНД с ее типологическими свойствами, которые четко проявляются к моменту полного созревания нервной системы - это к 20-22 годам.

Каковы особенности педагогического подхода к детям при различных типах ВНД?

Каждый педагог должен хотя бы в общих чертах знать основные физиологические и психические данные о ВНД, которые помогут при организации и проведении индивидуальной учебно-воспитательной работы в школе. Прежде всего, необходимо для себя выделить типологические особенности каждого ребенка. Ученик, который имеет инертный процесс мышления, характеризуется медлительностью в мышлении и ответах и, наоборот, ученик с преобладанием процессов возбуждения отличается высокой подвижностью и всегда тянет руку для ответа. Такие дети непоседливы и обидчивы. Нет сомнений, что одинаковые педагогические требования к ученикам с различными типами ВНД не будут для каждого из них адекватными.

Таким образом, учебно-воспитательная работа в школе должна строиться с учетом биологических особенностей каждого ученика.

У учеников с сильной нервной системой лучше развита механи-

ческая память и, наоборот, со слабой нервной системой лучше воспринимается осмысленный материал. А дети с меланхолическим темпераментом медленно запоминают учебный материал. Однако прочность у них запоминания выше, чем у детей, имеющих холерический темперамент.

Основываясь только на поверхностном наблюдении за учащимися, нельзя с полной уверенностью сказать, что особенности поведения ребенка связаны только с типологическими свойствами.

Следовательно, в каждом отдельном случае необходимо длительное и внимательное наблюдение за учащимися. Только на основе всестороннего изучения физиологических и психологических особенностей каждого ребенка возможна оптимальная организация воздействия в сложном педагогическом процессе.

*Формирование характера в дошкольном и школьном возрасте.* Одной из отличительных особенностей типов высшей нервной деятельности человека является пластичность клеток коры больших полушарий. Этот процесс проявляется на ранних стадиях онтогенеза. С момента рождения ребенка устанавливается контакт ребенка с матерью (Танкова - Ямпольская).

Новорожденный (до 10 дней) адаптируется к новым условиям среды. Из условий среды в организме матери (37°C) новорожденный попадает в среду менее постоянной, а иногда и неблагоприятной, в зависимости от бытовых условий родителей. Чем раньше будет установлен контакт ребенка с матерью, тем лучше происходит процесс адаптации. Было установлено, что если сразу после рождения ребенок находится с матерью, он ведет себя более спокойно, процесс лактации происходит более активно. Все это благоприятно воздействует на нормальное развитие в стадии новорожденности. Естественно, более активно будет развиваться условно-рефлекторная связь ребенка с матерью.

Исходя из функциональной системы П.К. Анохина можно понять сущность таких сложных физиологических явлений, как целенаправленность поведения, механизмы эмоциональных реакций, в соответствии с этим проводить коррекцию поведенческой деятельности ребенка.

Открытие П.К. Анохиным обратных связей, как ведущего

принципа саморегуляции организма, позволило выяснить и обосновать общие принципы характера человеческих познаний. Исходя из научных данных можно рассматривать рефлекс как элементарную единицу любого поведенческого акта.

В 1935 г. на одной из своих последних сред И.П.Павлов говорил... «а когда обезьяна строит свою вышку, чтобы достать плод, то это «условным рефлексом» назвать нельзя» Это есть случай образования знания, уловления нормальной связи вещей. Это другой случай. Следовательно, сложную интегративную деятельность мозга нельзя рассматривать как простую сумму условных и безусловных рефлексов.

В процессе рефлекторной деятельности организма постоянно происходит перестройка межцентральных нервных связей, наступает обратная афферентация. В 70-х годах прошлого столетия было введено понятие рефлекторного кольца, которое обеспечивает постоянную и тончайшую корреляцию рефлекторных реакций. При этом возбуждение циркулирует от рецепторов к мозгу, от него - к исполнительным органам и вновь возвращается в ЦНС (Ю.А. Ермолаев).

Любой физиологический или психический процесс человека связан с образованием функциональных систем, обеспечивающих поведенческие акты.

Схема поведенческого акта (по П.К.Анохину).



Следует отметить, что биологические потребности у человека отличаются от таковых потребностей у животных. Известно, что

поток возбуждений, обусловленный какой-либо потребностью, называется мотивационным возбуждением.

К примеру, если человек долго не пил воду и не принимал пищу, то в первую очередь утоляет жажду. Отсутствие воды человеком переносится более тяжело, чем голодание.

Мотивационное возбуждение, возникшее в лобных долях больших полушарий (идеальное потребности), в рецепторах внутренней среды организма (физиологические потребности), направляется в гипоталамус, лимбическую систему и ретикулярную формацию мозга. В этих структурах происходит афферентный синтез, где происходит определение цели к действию и принятию решения. Мозг при этом должен иметь программу действия ипускковой механизм, обеспечивающий начало действия. Но еще нужен аппарат «предсказания будущих результатов», таким центром является акцептор действия. Этот аппарат у человека сформировался в процессе длительной эволюции и органического мира. Предвидение будущего является свойством всего живого.

Человек, обладающий наиболее совершенным мозгом, имеет и наиболее совершенный аппарат предвидения событий. Эта способность мозга в настоящее время считается одним из важнейших критериев разумного человека. В истории человечества можно найти немного примеров, подтверждающих этот тезис.

Акцептор действия пока не имеет точной нейрофизиологической локализации и представляет собой результат деятельности всего мозга, в том числе и аппарат памяти (Ю.А.Ермолаев).

При выполнении действия необходим контроль, который осуществляется за счет обратной связи. В процессе выполнения действия важное значение придается эмоциональному фону. Если реальные данные согласуются с моделью, которая находится в акцепторе действия, то человек испытывает положительные эмоции, и наоборот.

Такова психофизиологическая архитектоника поведенческого акта, в основе которой находится формирование функциональных систем и функция ее основных механизмов.

*Типологические свойства нервной системы у человека. Особенности деятельности у взрослого человека изучены недостаточ-*

но. Исследования типологических свойств нервной системы Б.М.Тепловой показали большую типологическую варкотивность у взрослого человека, которую трудно уложить в четыре павловских классических типа.

Так, при общем сильном уравновешенном типе нервной системы преобладает возбуждение по пробам за счет слухового анализатора и т.п.

Н.Г.Зывянова провела исследование у взрослых людей четырех групп: 1) 18-21 год; 2) 22-24 года; 3) 25-28 лет и 4) 29-33 года.

Автор в результате проведенного исследования установила, что мужчины по слуховым и зрительным моторным реакциям достигают статистически значимого уровня, а женщины не соответствуют уровню возбудимости.

Женщины характеризовались большой скоростью замыкания положительных связей, а большой скоростью выработки дифференцировок характеризовались мужчины. Уровень возбудимости (чувствительности) и силы нервных процессов в группе женщин оказались несколько выше, чем в группе мужчин, во всех изучаемых возрастах. Стабильность этих параметров у женщин выявляется раньше - уже в 18-24-летнем возрасте, а у мужчин - лишь в 25-33-летнем.

Автор в результате проведенных опытов считает это показателем более раннего наступления «зрелости» нервных процессов у женщин.

Большое количество исследований многих авторов посвящено изучению взаимодействия сигнальных систем у взрослого человека. Было достоверно показано большое влияние словесных воздействий на ориентировочные и двигательные условные рефлексы. За рубежом ряд авторов (Grant, 1968 и др.), в психологической практике используют условнорефлекторные методы для определения функциональных реакций деятельности головного мозга.

**Типы ВНД.** На основании большого количества опытов И.П. Павлов пришел к убеждению, что ВНД, в основном, складывается из биологических процессов возбуждения и торможения. Через лаборатории И.П.Павлова в Колтышах (Ленинградская область, 30-е годы XX столетия) прошло огромное количество опытов.

В основу выявления типов ВНД были взяты три показателя: сила, уравновешенность и подвижность, которые, в конечном счете, определяют работоспособность нервных процессов. Вначале были выявлены: сильный, уравновешенный и слабый типы ВНД. Сильный, кроме уравновешенного типа, подразделили на неуравновешенный (процесс возбуждения у него сильнее тормозного). Сильный тип еще делится на безудержный, в то время как уравновешенный делится на подвижный (II), инертный (III) и слабый (IV). У слабого типа процесс торможения преобладает над возбуждением.

Еще до нашей эры великий врач древности Гиппократ классифицировал всех людей по темпераментам - это холерики (легко возбудимый тип по Павлову); сангвиник (живой, подвижный, веселый); флегматик (спокойный, малоподвижный, солидный) и меланхолик (подавленный с мрачным настроением).

Большинство ученых считают, что тип нервной деятельности является врожденным, обусловленным наследственностью. На него оказывает влияние среда окружения, характер индивидуальной жизни.

Слабый тип формируется, по выражению И.П.Павлова, в «оранжерейной обстановке».

Между тем активный образ жизни способствует развитию деловых качеств индивидуума.

*Изменение ВНД при старении.* Этой проблеме И.П.Павлов посвятил много экспериментальных и клинических работ. Сопоставляя данные отдельных клинических наблюдений, а нередко и самонаблюдений, он считал, что при наступлении старости происходит ослабление основных нервных процессов, особенно тормозного, с развитием инертности. Одно из первых проявлений старения - это ослабление памяти на текущие события. По заключению И.П.Павлова, это зависит от изменения подвижности раздражительного процесса в сторону инертности, а старческую рассеянность он объяснил за счет выраженной отрицательной индукции. Он писал: «Чем дальше, тем больше я лишаюсь способности занятий одним делом, вести исправно другое. Очевидно, сосредоточенное раздражение определенного пункта при общем уменьшении возбудимости полушарий индуктирует такое торможение остальных



частей полушарий, что условные раздражители старых, прочно зафиксированных рефлексов оказываются теперь ниже порога возбудимости» (Павлов И.П., 1927, с. 337). Что касается, последовательности изменений свойств нервных процессов И.П.Павлов указывал: «На основании нашего материала можно сказать, что при старении слабеет раньше тормозной процесс, а затем страдает подвижность нервного процесса, нарастает интенсивность» (Павлов И.П., 1933, с.121). В последующем экспериментальные работы И.П.Павлова подверглись критике. Для этой цели были применены новые методики с применением электрофизиологических исследований.

Так, А.Г.Усов применил:

- единственное изучение защитных мигательных рефлексов и их вегетативных компонентов (дыхательного и сердечно-сосудистого);
- видоизмененный словесный эксперимент при одновременном изучении двигательных реакций руки или мигательных рефлексов;
- выработку на один условный раздражитель защитного мигательного рефлекса и с одновременным движением руки при речевом или пищевом подкреплении.

Такая методика была применена у людей в возрасте от 50 до 107 лет.

У 50-летних лиц отмечалось незначительное ослабление памяти, преимущественно на текущие события, повышенная утомляемость и слабовыраженные признаки старения в случаях с более отягощенным анамнезом (атеросклероз и гипертония). Со стороны психики отмечались симптомы раздражительности, эмоциональная неустойчивость, рассеянность внимания, повышенная разговорчивость, умеренное снижение понятий о текущих событиях.

У лиц с патологическими изменениями ВНД имели место старческое слабоумие, с наличием выраженной амнезией текущих событий, или бредовые идеи.

Эксперименты показали, что начальные изменения со стороны ВНД в процессе старения касаются комплексного реагирования. При этом испытуемый не может одновременно и одинаково успешно осуществить два или три вида деятельности, если они не имеют

автоматизированного характера в результате длительного сочетательного действия.

У лиц среднего возраста отмечалось незначительное удлинение латентного периода речевых реакций и уменьшение мигательных условных рефлексов в среднем на 12% (Усов А.Г.). У лиц пожилого возраста происходит торможение мигательного условного рефлекса при относительно большей сохранности речевых реакций. При глубокой старости имели место обратные отношения. Применение отдыха на 1-2 дня способствовало улучшению функций первой и второй сигнальных систем. Была применена комплексная методика с одновременной выработкой двух различных условных рефлексов на общий раздражитель на разных подкреплениях в группах среднего и престарелого возраста.

Содержание методики: вначале надо было нажать на баллон, а потом к нему присоединялся мигательный условный рефлекс, подкрепляемый воздушным раздражением роговицы и вызываемый тем же звуковым сигналом.

На первом этапе одновременно осуществляли две двигательные реакции, между ними наблюдались рецепторные отношения - усиление мигательных движений.

Первая стадия через 35-45 сочетаний у испытуемых среднего возраста сменялась второй, затем обе реакции становились равномерными. Одновременно у испытуемых старческого возраста после 30 сочетаний одна реакция тормозила другую.

Проведенные исследования показали, что при нормальном состоянии ВНД возможно одновременное осуществление двух разнородных рефлексов, а также торможение одного из них без существенного влияния на другой.

У лиц в возрасте от 60 до 90 лет вырабатывались двигательные условные рефлексы при электрокожном подкреплении. Значительно труднее вырабатывались рефлексы в более пожилом возрасте, однако, строгого параллелизма в скорости выработки условных рефлексов отмечено не было.

Исследование подвижности нервных реакций в речевой системе показало удлинение латентных периодов до 2-6-ти.

Проведенное исследование различными авторами дает основание говорить о нарушении взаимоотношения между раздражитель-

ным и тормозным процессом в престарелом возрасте.

*Защитные механизмы нервной системы.* Периферическая и центральная нервная система ограждены от окружающей среды различного рода образованиями - в виде оболочек, мембран, которые обеспечивают структуры нервной системы у человека. Вся ЦНС помимо оболочек имеет специализированный гематоэнцефалический барьер (ГЭБ), который все отделы нервной системы ограждает от патогенных воздействий (токсинов, вирусов, микроорганизмов и др.). Роль ГЭБ выполняют сами сосуды мозга, а также его глиальные элементы (астроциты, олигодендроциты). Система ГЭБ не пропускает физиологически активные вещества, которые могут выполнять роль медиаторов и нарушать функцию нейронов. У плодов и новорожденных ГЭБ еще недостаточно является зрелой, чтобы оградить нервную систему от патологических воздействий. Известно, что при тяжелом стрессе ГЭБ подвергается значительным сдвигам. Повреждение барьерных механизмов приводит к различной патологии нервной системы.

Наиболее частой патологией среди всех групп населения в настоящее время являются неврозы, которые занимают одно из первых мест.

В клиническом аспекте невроз выступает или как самостоятельная форма нервной патологии или как предболезнь, которая может предшествовать различным соматическим заболеваниям.

Развитие учения о неврозах исторически характеризуется двумя тенденциями. Одна - чисто биологической природы, неврозы, игнорируя роль личностно - психологического фактора в их развитии. К неврозам, относятся функциональные и различные расстройства нервной системы без органических изменений со стороны головного мозга.

Вторая тенденция исходит от личностно-психологических факторов.

В современных представлениях о неврозах эти две тенденции смыкаются. Большинство исследователей считают, что причиной невроза является психоэмоциональный стресс, который приводит

не только к функциональным нарушениям ЦНС, но и к определенным изменениям в микроструктуре мозга (деструкция мембран шипикового аппарата, уменьшение количества рибосом в нейронах коры, дегенерация отдельных клеток гипоталамуса).

Большой вклад в изучение проблемы неврозов внесли И.П.Павлов и его ученики. Разработанные ими положения не утратили своего значения и по настоящее время.

Невроз считается типовой формой расстройств нервной системы, возникающий в результате перенапряжения и срыва высшей нервной деятельности (ВНД). Патогенетическую основу нервных процессов составляют: возбуждение и торможение, а именно - их силы подвижности и уравновешенности. Неврозы часто приводят к различным расстройствам ВНД. Особенно со стороны вегетативной регуляции, а также снижением общей резистентности организма.

Следовательно, в основе возникновения неврозов лежат такие факторы, как нарушения силы, подвижности и уравновешенность процессов возбуждения и торможения. Эти факторы, в основном, и формируют характер каждого человека начиная с раннего детского возраста. Об этом должны знать родители, педагоги, воспитатели детских садов. На этой основе формируется личность, которая требует к себе особого внимания, умения не унижать, а вести постоянную воспитательную работу, базируясь на современных достижениях науки.

## **ЛЕКЦИЯ 12. ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФИЗИОЛОГИИ СЕНСОРНОЙ СИСТЕМЫ (ОРГАНЫ СЛУХА И ЗРЕНИЯ)**

1. Общие вопросы
2. Слуховая система у человека в процессе онтогенеза
3. Зрительная сенсорная система

*Общие вопросы* Живые организмы для своей жизнедеятельности постоянно нуждаются в информации, которую они получают при помощи специальных органов и систем. Окружающие раздражители подразделяются в зависимости от формы энергии на химические, механические, осмотические, тепловые, световые и др. Каждый из раздражителей не является различными единицами и формой. Например, механические раздражители определяются механической формой энергии, свет - фотонами, тепловые формы за счет температуры и т.д. Все раздражители классифицируются независимо от их модальности по форме энергии на адекватные и неадекватные в зависимости от пороговой интенсивности.

Известно, что свет человек ощущает в пределах яркости  $10^0$  -  $10^6$  Вт. При резком ударе по глазам человек ощущает, как из глаз «сыплются искры», хотя никакого света не было.

Для получения организмом информации важнейшая роль принадлежит рецепторам. Их большое разнообразие позволяет получать стимулы разных модальностей.

Благодаря рецепторам происходит трансформация различных видов энергии, которая вызывает специфическое воздействие нервной системы.

Каждая рецепторная клетка обладает на выходе электрической энергией, которая передается другим клеткам. Сама клетка содержит потенциальную энергию вследствие обменных процессов в клетке.

Особенностью рецепторных мембран является их структура. Они имеют двойной слой липидов, которые с обеих сторон покрыты белковыми молекулами. В их состав входят биологически активные вещества в виде ферментов, медиаторов, пигментов и др. Однако не все рецепторы имеют такую микроструктуру. Хеморецепторы каротидного синуса, которые чувствительны к напряжению  $O_2$  в крови, или вкусовые луковицы, где восприятие осуществляется специальными микроворсинками.

С учетом различных раздражителей специфические рецепторы делятся на интерорецепторы, воспринимающие внутренние раздражения и экстерорецепторы, предназначенные для внешних восприятий.

Особую группу высокоспециализированных рецепторов составляют рецепторы органов зрения, слуха, осязания, вкуса, обоняния.

Одной из разновидностей считаются проприорецепторы опорно-двигательного аппарата.

С учетом закона специфической нервной энергии Мюллера у экстерорецепторов выражена избирательная чувствительность к адекватному раздражителю.

Наибольшее признание получила классификация рецепторов с учетом различной модальности восприятия организмом раздражителей.

1. Механические рецепторы, которые обеспечивают восприятия механоэнергии раздражающего стимула. Механорецепторы обеспечивают восприятия соматической, скелетно-мышечной, слуховой и вестибулярной сенсорных систем.

2. Хеморецепторы, которые чувствительны к действию химических веществ, но у разных видов животных они действуют по-разному. Так, у наземных животных они образуют обонятельную и вкусовую системы. А интерорецепторы сосудистые и тканевые участвуют в оценке химического состава внутренней среды.

3. Терморецепторы обеспечивают восприятия температуры кожи и внутренних органов, а также центральные термочувствительные нейроны.

4. Фоторецепторы для восприятия световой энергии, представ-

ленные цилиарными рецепторами.

5. Электрорецепторы. воспринимающие электромагнитные колебания. Они обнаружены в отдельных видов рыб и хвостатых амфибий.

6. Ноцицептивные (болевые) рецепторы.

Из приведенной классификации видно, что рецепторные аппараты обеспечивают достаточной информацией каждый живой организм.

В отличие от физиологической системы, деятельность которой обеспечивает необходимый для организма адаптационный результат, деятельность ноцицептивных рецепторов имеет дезадаптивное значение для организма (Крыжановский Г.Н.).

В редких случаях постоянно действующий символ создает в рецепторах постоянный уровень возбуждения. При длительном воздействии возбуждение, как правило, к исходу слабеет. Этот процесс был назван адаптацией рецепторов. В зависимости от срока действия раздражения все рецепторы делятся на быстро адаптирующие (фазные) и медленно адаптирующиеся (тонические).

Некоторые авторы выделяют промежуточный тип – фазнотонические рецепторы.

Примером фазного типа является тельце Фатер - Почини, которое генерирует два импульса (on - ответ) в период действия стационарной деформации и один - два ПД (off- ответ) в момент выключения раздражителя.

Тонические рецепторы наоборот возбуждаются весь период деформации их мембран. Примером такого действия является рецептор растяжения у ракообразных. В фазнотонических рецепторах потенциалы регистрируются весь период раздражения. При этом прослеживаются два компонента его раздражений: вначале фазный, а затем тонический с более низкой амплитудой раздражения.

Таким образом, в ответ на различные раздражители в рецепторах происходит преобразование сигналов в нервные импульсы, которые по соответствующим чувствительным нервам направляются в ЦНС (головной или спинной мозг).

Наблюдается наличие ряда уровней в сенсорных системах, которые работают по принципу конвергенции и дивергенции. Это происходит соответственно многомерному пространственному

расположению нейронов, которые избирательно действуют на набор признаков сенсорных стимулов с поэтапной обработкой информации. Каждая сенсорная система имеет восходящие (афферентные) и нисходящие (эфферентные) пути, которые в сенсорных системах переключаются в мозговых центрах.

Наличие афферентных и эфферентных путей с их функциональной значимостью дает возможность заключить признание общего принципа обратных связей в физиологии сенсорных путей.

Регулирующая функция ассоциативных структур и физиология обратных связей в оценке процессов распознавания символов являются механизмами фильтрации информации, которая сюда поступает.

Достижения современной нейрофизиологии позволяют сделать вывод, что огромное множество микроопераций возможно за счет кортикального управления афферентным потоком информации.

Используя техническую аббревиатуру, когда происходит отображение одного сигнала другим, принято называть кодированием. По аналогии в биологических науках можно говорить, что рецепторы кодируют информацию о состоянии гомеостатических констант.

Благодаря избирательной чувствительности рецепторов к определенным адекватным стимулам происходит их дифференцировка.

Возникает вопрос: как «узнает» мозг модальность стимула? Известно, что клетки мозга на микроуровне способны «разговаривать» между собой, быстро и эффективно обмениваться разнообразной информацией и в соответствии с этим выполнять определенные функции (Р.Н.Глебов, 1984). Все это выполняют синапсы - специализированные контакты между нервными клетками. В этом плане мозг - идеальное ЭВМ. Он содержит  $10^{12}$  -  $10^{14}$  нейронов, которые образуют контакты синапсов  $10^6$  -  $10^8$ .

Синаптическая передача - одна из ключевых проблем современной нейробиологии.

Синапс (synaps (греч.) - «соединять») - понятие, которое было введено в обиход английским физиологом Ч.Шеррингтоном в 1897г. Он впервые установил основные принципы интегративной деятельности мозга: реципрокное торможение, окклюзию, конвергенцию возбуждения на отдельных нейронах. Им было введено понятие о синапсах, которые обеспечивают рефлекторные акты в



здоровом организме. Он описал главный принцип работы нервной системы - принцип общего пути.

Ч.Шеррингтон в эксперименте установил количественное преобладание в организме чувствительных проводящих путей над двигательными. Развивая представление Ч.Шеррингтона об интегративной деятельности нервной системы, Дж. Экклс в середине 50-х годов XX столетия подробно изучил мембранные механизмы передачи в синапсах. Синаптические межклеточные контакты нейронов специфичны

Нейроны - самые трудолюбивые клетки организма. Они практически никогда не знают покоя. Даже во сне клетки мозга продолжают работать.

По выражению Дж.Экклса, мозг - самая удивительная и организованная система во всей Вселенной.

Синаптический контакт образован аксонами (А), сомой (С) и дендритами (Д). Таким образом могут образоваться 7 типов синаптических контактов:  $A \rightarrow D$ ;  $A \rightarrow C$ ;  $A \rightarrow A$ ;  $D \rightarrow D$ ;  $D \rightarrow C$ ;  $C \rightarrow D$  и  $C \rightarrow C$ . Стрелка указывает на морфологическую полярность структуры синапса и направление передачи информации. Наиболее часто встречаются первые три типа синапсов - аксонодендритические и аксоносоматические, а также аксоноаксональные. На их долю приходится до 10% от общего количества синапсов мозга.

Следовательно, пресинаптический компонент большинства синапсов по своему происхождению аксональны. Аксон может образовывать синаптический контакт либо со своими нервными окончаниями, либо по уходу нервных волокон. В первом случае информация передается только определенным нейронам, а во втором одновременно многим нейронам.

Различают три главных компонента ультраструктуры синапсов: пре- и постсинаптическая область и синаптическая щель.

Конец аксона, как правило, имеет рецепторное утолщение в форме бляшки, бутона и др. Это нервные окончания будут представлять пресинаптическую область, если оно образует синаптический контракт с другой клеткой.

Размеры нервных окончаний малы. Например, для синапсов типа  $A \rightarrow C$  они варьируют в диапазоне 0,75-1,5 мкм. В нервных окон-

чаниях, как и в теле нейрона, присутствуют органеллы (митохондрии, лизосомы, гладкий эндоплазматический ретикулум, но отсутствует комплекс Гольджи и гранулярный эндоплазматический ретикулум с системой полисом-рибосом.

В пресинаптической зоне есть специализированные структуры присущие только данному компоненту синапса. Во-первых, синаптические везикулы (пузырьки) размером 40-70 нм. (1 нм-10<sup>-9</sup> м) имеют сфероидную форму, снаружи покрыты мембраной и содержат медиаторы. Во-вторых, нейтральная мембрана, или аксолемма, в области контакта с другой клеткой представляет собой пресинаптическую мембрану, толщина которой несколько превышает диаметр аксолеммы (около 6 нм). Это контактируемая мембрана имеет гексональные структуры с выступами высотой 50-60 нм, а расстояние между их вершинами составляет 80-100 нм.

Район между двумя вырезами - место комплементарного связывания - стыковки синаптического пузырька с внутренней поверхностью пресинаптической мембраны.

Второй компонент синапсов - синаптическая щель, ее вершина составляет 20-40 нм.

Нервный импульс, достигнув нервного окончания, преодолеть его не может, поэтому посредниками передачи возбуждения от одной клетки к другой являются медиаторы.

Таким образом, в синапсах происходит перекодирование непрерывных потоков информации с «электрического языка» на «химический» без потери информационной значимости.

В последние годы в синаптической щели были обнаружены внутрисинаптические филаментовые нити в виде мостиков диаметром 5-7 нм, ориентированные в продольном направлении. Таких нитей бывает около 20, которые между собой расположены на расстоянии 16-17 нм.

Третьим компонентом синапсов является постсинаптическая область с мембранами, которые морфологически представлены своеобразным утолщением, которое имитирует субсинаптическая сеть в виде плотной волокнистой ткани в области контакта, который проникает в цитоплазму постсинаптического нейрона на глубину около 100 нм.

Мозаика субсинаптической сети варьирует в различных синап-

сах мозга. По данным Н.Р. Глебова, в зоне синапсов нет везикул, а имеются только вакуоли и цистерны.

Таким образом, ультраструктура синапсов в большинстве случаев полярна, асимметрична, что указывает на односторонность передачи информации от пре- к постсинаптическому нейрону.

Передача нервного импульса от нейрона к нейрону (особенно в синапсах типа Д→Д; Д→С и Д→А может происходить и электрическим способом).

Известно, что электрические синапсы более эволюционно ранние и встречаются в мозге реже, чем химические. Они встречаются, где необходима быстрая синхронизация процессов, моментальная передача импульсов одновременно к многим клеткам. Расстояние в электрических синапсах между контактами равно 2 нм, а при химических - 10-15 нм.

В нервную систему из внешнего мира и внутренней среды поступает многочисленная сигнальная информация, которая на уровне нейрона или групп нейронов интегрируется в форме единого выходного сигнала. Она уникальна. Эта уникальность свойственна каждому человеку - способность чувствовать, мыслить, помнить, творить, по мнению ряда нейрофизиологов заключена в строго организованных синаптических связях (Р.Н. Глебов).

Синапсы формируются в процессе всего онтогенеза и после рождения. По мнению ряда авторов, у новорожденного животного в синапсах мозга мало везикул в терминалях, отсутствуют утолщения пре- и постсинаптических мембран, межсинаптические мостики слабо выражены.

После рождения происходит рост аксонов, дендритов и их ветвлений. Это совпадает с усилением биоэлектрической активности мозга.

**2. Слуховая система у человека в процессе онтогенеза.** Наружное ухо человека включает ушную раковину и наружный слуховой проход. Воронкообразная форма наружного уха имеет свойства направленности восприятия звука. У млекопитающих ушная раковина отсутствует только у китообразных и ластоногих. У них име-

ются специальные приспособления к водному образу жизни.

Относительно наружного уха известно, что ушная раковина, как и наружный слуховой проход, при рождении по размерам меньше, чем у взрослых. Известно, что чувствительность слуха новорожденных ниже к высоким частотам. Снижена и передаточная функция механических структур слуховой системы - отсюда и снижение чувствительности слуха в целом.

Механические свойства среднего уха также изменяются в постнатальном периоде. Было установлено, что у новорожденных детей через 40-80 дней после рождения наблюдается резкое падение податливости барабанной перепонки.

У животных, обладающих пренатальным слухом, в течение достаточного длительного времени полости наружного и среднего уха заполнены жидкостью.

При помощи емкостной тимпанометрии у животных после рождения отмечены падения податливости барабанной перепонки. На этом основании было высказано мнение о лимитирующей роли среднего уха в формировании слуховой чувствительности новорожденных животных и детей. В ряде исследований было установлено, что в ранние периоды постнатального развития электрофизиологические и поведенческие реакции у птиц и млекопитающих наиболее выражены при действии низких и средних частот. На этом основании был сделан вывод, что апикальные и средние участки базилярной мембраны улитки внутреннего уха, которые ответственны за анализ средних и низких частот, должны созревать раньше, чем базальные отделы, которые контролируют высококачественные тоны.

Сравнительная оценка нейронов у эмбрионов в области кохлеарных ядер на 1,0 -1,5 окт. чувствительности по сравнению с тем, что наблюдается в более старших на несколько недель онтогенеза того же вида животных (Rubel, 1984).

Впоследствии было установлено, что по мере созревания слуховой системы идет совершенствование суммарных реакций в различные постнатальные периоды онтогенеза. Было показано, что и другие временные свойства нейронов слуховой системы зависят от

играет полноценная функция центральных отделов слуховой системы.

Среднее ухо человека представляет трехкосточковую звукопередающую систему (за счет молоточка, наковальни и стремечка), которые непосредственно связаны с барабанной мембраной и с овальным окном внутреннего уха.

Слуховые косточки соединены при помощи маленьких суставов, которые действуют в виде специальных рычагов, обеспечивая передачу энергии колебаний воздушной среды слухового прохода к перилимфе внутреннего уха. Благодаря специальному сочленению слуховых косточек давление на мембрану овального окна возрастает примерно в 20 раз по отношению с давлением на барабанной мембране. Такой механизм обеспечивает эффективную передачу акустической энергии из воздушной среды барабанной полости в жидкую среду улитки.

При высоких интенсивностях система слуховых косточек среднего уха меняет характер движения. Когда звуковое давление приближается к 120 дБ (над порогом слышимости), это приводит к покалыванию в ушах.

Большая интенсивность звука приводит к сокращению мышц среднего уха (тимпанальной и мышц стремечка) и к уменьшению амплитуды колебания барабанной мембраны с последующим снижением давления. В результате таких приспособительных реакций звуковое давление в улитке уменьшается.

С анатомической точки зрения улитка млекопитающих, в том числе и человека, представлена в виде закрученного костного канала и имеет 2,5 витка вокруг оси (у кошки - 3, а у однопроходных - 0,25 витка) у них сохранена латеральная макула.

У других млекопитающих, в том числе и у человека, отсутствует латеральная макула, и рецептор представлен только базиллярной папиллой, видоизмененной в кортиев орган.

Внутри улитки имеются две мембраны (базиллярная и рейснерова), которые разделяют костную капсулу улитки на три лестницы: тимпанальную, среднюю и вестибулярную. Тимпанальная и вестибулярная лестницы заполнены перилимфой, а средняя - эндолимфой.

На базальной мембране располагается кортиев орган, имеющий

два типа рецепторных клеток в виде рядов. Один ряд внутренних и три-четыре ряда наружных волосковых клеток.

Топография базальной мембраны показывает, что ее размеры расширяются там, где улитка сужается.

На базальной мембране кортиева органа располагаются рецепторные клетки, воспринимающие высокие частоты, а на вершине улитки (апикальная часть) клетки воспринимают только низкие звуки

В 1863 г. А. Гельмгольц сформировал резонансовую теорию слуха. Было установлено, что разные частоты звука кодируются точным своим положением вдоль базилярной мембраны. Самые короткие резонирующие струны - полосы расположены у основания улитки. Они резонируют в ответ на высокие частоты, а ближе лежащие к вершине - на самые низкие частоты. Известно, что базилярная мембрана натянута по ширине и при колебаниях натянутых резонирующих образований не передается на соседние участки.

Г. Бекешти в 50-60<sup>е</sup> гг. прошлого столетия опроверг данные А. Гельмгольца. Он доказал, что базальная мембрана не натянута в поперечном направлении, она имеет связь по всей длине, которую раньше не определили.

Г. Бекешти свою теорию назвал - теорией бегущей волны. Он установил, что базальная мембрана крепится жестче у основания улитки, где она имеет более узкие размеры. По направлению к вершине ее жесткость уменьшается.

Энергия коротковолновых колебаний рассеивается, в то время как длинные волны проходят до вершины.

Заключительным этапом деятельности улитки является импульсация в волокнах слухового нерва, который иннервирует волосковые клетки. 95% сенсорных слуховых волокон связаны с волосковыми клетками. У человека всего 3500. Наружные волосковые клетки составляют примерно 20000, которые связаны с сенсорными волокнами. Следовательно, внутренние волосковые клетки обладают более множественной информацией, чем наружные.

Известно, что волосковые клетки лишены аксона, они биполярны. Периферические волокна (дендриты) образуют синаптические контакты. Аксоны слухового нерва заканчиваются на телах (С) и дендритах (Д) нервных клеток продолговатого мозга.

Таким образом, эволюционные преобразования центральных слуховых структур характеризуются параллельным развитием и совершенствованием периферических приемников звука, при этом возникают специализированные центры, которые обеспечивают переключение слуховых раздражителей на двигательные центры. Следовательно, так происходит развитие слуховых корковых центров. С увеличением связей с различными отделами мозга, расширяется и усложняется система эфферентной регуляции всей слуховой системы.

*3. Зрительная сенсорная система.* Одним из основных способов дистантной ориентировки в пространстве у человека и многих животных является зрение. В основе зрения лежат фотобиологические процессы, специфические химические реакции, для которых нужна энергия Солнца и всей остальной Вселенной. Такая энергия поступает к нам в виде электромагнитного излучения и дискретных частиц - фотонов или квантов.

Скорость распространения этой энергии составляет 300000 км/с. Излучение с короткими волнами обладает очень высоким уровнем энергии (400 кДж/моль). По своему спектру - это гамма-лучи, рентгеновские и ультрафиолетовые, которые пагубно действуют на жизненно важные молекулы. Они в естественных условиях поглощаются защитным слоем озона в верхних слоях атмосферы.

Излучения с длиной волны выше 900 нм имеют низкую энергию. Сюда же относятся инфракрасное излучение, микроволны и радиоволны, которые, в основном, поглощаются парами воды в атмосфере.

В гамме волн выделяются волны от 300 до 800 нм, которые называются видимым светом, обеспечивающие все физиологические реакции живых организмов. По этой причине у растений и животных выработались специальные механизмы. У разных животных имеются свои рабочие спектральные диапазоны (у пчелы - 300-650 нм, у человека - от 400-750 нм).

Органом этой системы является глаз. Известно, что глаз у всех позвоночных построен по камерному типу. Светопреломление происходит в глазу при участии роговицы и линзы (хрусталика). Дно глазного яблока выстилает сетчатка, а пространство между сетчаткой и хрусталиком заполнено стекловидным телом, которое прозрачное и по своим физическим свойствам является однородным гелем.

У наземных позвоночных глаз достигает своего наивысшего развития.

Снаружи глаз покрыт склерой, которая у передней полюса переходит в роговицу. Хрусталик делит глазное яблоко на переднюю камеру, которая заполнена специальной жидкостью, и заднюю камеру, заполненную стекловидным телом.

К склере изнутри прилегает сосудистая оболочка, богатая кровеносными сосудами, обеспечивающая кровоснабжение глаза, и как бы продолжением ее спереди является ресничное тело и радужка.

При сокращении волокон ресничного тела приводит к натяжению цинновых связок, которые либо увеличивают или уменьшают кривизну хрусталика, обеспечивая видимость предмета на разных расстояниях. Непосредственно перед хрусталиком располагается радужка, определяющая цвет глаза. Она выполняет функции диафрагмы. Отверстие в центре радужки называется зрачком, который способствует изображению предметов на сетчатке, пропуская центральные лучи. В случаях попадания лучей из периферии хрусталика в центр, на сетчатке появляются круги светорассеяния. Это в специальной литературе получило название сферической аберрации. Роговица, хрусталик и зрачок являются основными элементами оптической системы глаза, которая обеспечивает освещение на сетчатке самой внутренней оболочке глаза. Сетчатка является сложностроенной системой, которая имеет в качестве рецепторов колбочки и палочки и несколько типов нейронов. Нарушение сегмента колбочек и палочек обращены к пигментному слою, поэтому свет, попадая в глаз, первоначально должен пройти через два слоя нервных клеток и внутренние сегменты рецепторов до того, как он достигнет зрительного пигмента. Нейроны, которые граничат со стек-



идут по поверхностному слою сетчатки в направлении к оптическому диску, который называется слепым пятном. Здесь они собираются вместе, затем проходят через склеру глаза, образуя зрительный нерв

В области сетчатки расположено желтое пятно диаметром около 1,5 мм, которое содержит каротиноиды, дающие желтый цвет окраски. В центре пятна имеется центральная ямка в виде углубления. Эта ямка содержит из фоторецепторов только колбочки. В ямке проецируются объекты, на которые направлено внимание, эта область сетчатки является наивысшей остротой зрения.

Приспособление глаза к ясному ведению удаленных на расстоянии предметов называется аккомодацией, при этом происходит изменение кривизны хрусталика. Силу преломления любой оптической системы выражают в диоптриях (d).

1 d равна преломляющей силе линзы с фокусным расстоянием 100 см, а вся преломляющая сила глаза человека равна 59 d при рассмотрении далеких предметов, а близких - 70,5 d.

Глазная оптическая система не лишена аномалий в виде миопии (близорукость), гиперметропии (дальнозоркость) и пресбиопии (старческая дальнозоркость).

Большинство авторов считают, что преломляющая сила всех аномалий глаза зависит от несоответствия преломляющей силы с длиной глазного яблока. Такая согласованность имеется только у лиц с нормальным зрением. Каждая из аномальной патологией у людей проявляется в различных формах. При наличии миопии глазное яблоко чаще бывает длиннее, чем преломляющая сила. Она бывает и нормальной. По этой причине схождение лучей от видимого предмета находится перед сетчаткой в стекловидном теле. На сетчатке вместо точки возникает светорассеивание в виде круга.

У близорукого человека дальняя точка ясного видения находится на конечном расстоянии. Это дефект корректируется применением вогнутых линз с отрицательными диоптриями. При этом ближняя и дальняя точки смещаются до нормального расстояния между ними.

При наличии дальнозоркости глазное яблоко слишком короткое, по этой причине параллельные лучи, которые идут от да-

ских предметов, собираются позади сетчатки, а на ней получается неясное изображение. Для коррекции усиливается выпуклость хрусталика за счет аккомодации (напряжение ресничной мышцы).

Человек должен видеть не только вблизи, но и вдали.

Необходимо создать дополнительную преломляющую силу, что приводит к нормализации ближней и дальней точки аккомодации.

Известно, что с годами все биологические системы устают. Это особенно наглядно на органе зрения.

В старости чаще всего наступает старческая дальнозоркость (пресбиопия). У таких людей длина глазного яблока такая, как и у здорового человека. Причина в другом: с возрастом хрусталик становится менее эластичным, ослабевают цинковые связки.

По этой причине выпуклость изменяется незначительно, и ближняя точка отодвигается от глаз. Коррекция аккомодации производится с помощью двояковыпуклых линз.

Известно, что в процессе онтогенеза сетчатка глаза развивается из передней стенки мозга и постепенно выстилает внутреннюю поверхность глазного яблока. Сетчатка у здорового человека хорошо иннервирована. Луч света проходит из внешней среды через все слои сетчатки, чтобы достичь слоя фоторецепторов.

Фоторецепторы позвоночных имеют общее сходство структуры, цитохимии и функции. От круглоротых и кончая приматами, имеются два вида рецепторов: колбочки и палочки. Они напоминают модифицированные реснички, поэтому их относят к цилиарному типу. Они содержат в виде стопок диски, которые образуются за счет складок мембраны. Каждый рецептор содержит светочувствительный пигмент у палочек, он называется родопсином, а колбочки содержат родственный родопсину пигмент, чувствительный к красному, зеленому и синему цвету.

В проксимальной части дисков постоянно синтезируются новые, а от дистальных концов рецепторов диски мембран постоянно отщепляются.

Наружный сегмент рецепторов соединен с внутренним цилией (ножкой), которая сохранилась от реснички. Внутренний сегмент содержит митохондрий, уложен и упакован по радиальному типу.

При освещении сегмент набухает, что повышает его актив-

дит в цилию, куда врастают окончания вторых биполярных нейронов.

Название рецептора дал М.Шульц в конце XIX столетия. При этом он учитывал форму рецепторов. Известно, что палочки более тонкие и длинные клетки, которые содержат наружный цилиндрический сегмент и такой же по диаметру - внутренний. Колбочки более короткие, но толстые, сужающиеся по направлению вершины в виде конуса.

Проводя сравнение рецепторов, М.Шульц установил, что у ночных животных в сетчатке больше палочек, а у дневных - колбочек. Он пришел к заключению, что палочки формируют скотопическое зрение, которое действует при слабой освещенности. Колбочки наоборот обеспечивают фотопическое зрение, требующее более яркое освещение. По этой причине ночное зрение, имеющее высокую чувствительность и низкую остроту (разрезающую способность) называли черно-белым, или ахроматическим.

Палочковое зрение черно-белое, т.к. все палочки содержат только родопсин. Колбочковое зрение является менее чувствительным. К тому же в одной ганглиозной клетке их меньше, чем палочек.

Колбочковое зрение при наличии нескольких освещающих колбочек с разными зрительными пигментами может быть цветным.

В сетчатке человека имеются в зрительной ямке колбочки, тонкие, внешне похожие на палочки, а к периферии они более толстые. Большинство авторов считают, что в процессе эволюции развитие шло в двух направлениях дневных и ночных рецепторов, оба вида возникли из одного колбочкового предшественника. Наиболее коротким путем прохождения сигналов через сетчатку является путь рецептор-биполяр за счет ганглиозной клетки, образующей трехнейронную проводящую систему.

Роль интегративной системы выполняют амакриновые и горизонтальные клетки. Каждый рецептор в сетчатке содержит так называемую синаптическую ленту, окруженную везикулами, которые локализуются в центре триад (один рецептор в центре и два по бокам, два дендрита горизонтальных клеток). Таким образом, все об-

разования входят в основания палочек и колбочек. Контакт между клетками сетчатки очень плотный. На одну ганглиозную клетку приходится до сотни и более биполярных клеток. Колбочки и палочки могут суммировать возбуждение. Освещение в одном рецепторе вызывает ответ в другом. Но такая суммация наблюдается только между колбочками одного типа. Например, зеленые-зеленые, красные-красные. Такое взаимодействие происходит при помощи горизонтальных клеток.

Под действием света мембраны колбочек гиперполяризуются в результате все сигналы, которые поступают от колбочек, суммируются в горизонтальных клетках. Это в свою очередь приводит к деполяризации соседних колбочек. В результате отрицательной обратной связи с помощью горизонтальных клеток расширяется поле действия колбочек.

В нейронах с биполярными отростками гиперполяризация мембран наступает вначале в центре, а затем по периферии мембран нейрона.

В ганглиозных клетках возникает возбуждение (деполяризация) и тормозные (гиперполяризационные) постсинаптических потенциалов, которые в итоге определяют частоту импульсов, в то время как ганглиозные клетки непосредственно получают сигналы от биполярных нейронов. Импульсация образуется в течение действия стимулов. При выключении стимула образуется длительный off-ответ.

В тонических клетках, подобно биполярным, происходит измерение освещенности.

Ганглиозные клетки фазного типа возбуждаются синапсами амакриновых клеток и быстро реагируют на освещенность. Конвергенция периферических рецепторов происходит через амакриновые нейроны.

Рецепторные поля ганглиозных клеток могут быть простыми и сложными. В случаях наличия концентрической структуры, это будут простые рецептивные поля как и в биполярных нейронах. Ганглиозные же клетки имеют сложные рецептивные поля. Они были обнаружены у животных, которые имеют большое количество синапсов амакриновых клеток. В экспериментах было установлено, что эти сложные клетки дают фазные реакции на включение и

выключение света.

Восприятие света с включением двух механизмов характерно для цветового зрения. При этом первичным является фоторецепторный механизм, оценивающий характеристику светового излучения, и вторичным являются нервные механизмы, обеспечивающиеся информацией от цветоприемников, постоянно регулируя ее код.

В литературе известна теория трехцветового зрения (Ломоносова, Юнга-Гельмгольца). Согласно этой теории, достаточно иметь три компонента (красный, зеленый, синий) для получения многообразия цветов. В 1860 г. Максвелл в своем опыте подтвердил теорию трехкомпонентного цветного зрения.

Впоследствии Геринг выдвинул теорию контрастных цветов на основе разрушения и повторным возникновением зрительных пигментов. Антагонизм реакции (оппонентность) в биполярных и горизонтальных клетках типа G.

Впоследствии было обнаружено в наружном коленчатом теле у приматов около 2/3 от общего числа исследованных нейронов.

Большинство авторов, занимающихся вопросами физиологии зрения, пришли к выводу, что процессы, происходящие в колбочках, более соответствуют трехкомпонентной теории цветоощущения. Что касается нейронных сетей сетчатки, они больше соответствуют теории контрастных цветов.

Таким образом, все морфофункциональные структуры, относящиеся к сенсорной системе, информируют организм о внешней среде, вызывая адекватные поведенческие реакции. Все внешние раздражители классифицируются по форме энергии (модальности), которая свойственна каждому органу.

Любая сенсорная система при помощи рецепторов воспринимает внешнюю среду такой, какая она есть. Благодаря трансформации в сенсорной системе и в виде нервных импульсов передается отдельными структурами в виде цепей нейронов различных уровней в мозг (ЦНС).

Благодаря рецепторам организм постоянно информирован о всех реакциях, исходящих как с внутренней, так и внешней среды. Исходя из различий в модальности раздражителей, рецепторы подразделяются на отдельные группы (механорецепторы, хеморецепторы, фоторецепторы, терморецепторы и др.).

Центральные пути, передающие сигналы от рецепторов одного типа, называют специфическими сенсорными путями.

Неспецифические структуры мозга обеспечивают общий уровень возбудимости ЦНС.

Ассоциативные таламокортикальные пути связаны с биологической оценкой стимула.

Благодаря взаимосвязанной деятельности всего комплекса происходит обеспечение поведенческого статуса всего организма.

*Развитие органа зрения у детей и подростков в постнатальном периоде.* В раннем постнатальном периоде длина глазного яблока у новорожденного равна в среднем 16 мм, его масса - 3,0 г. К 20 годам роста и развития длина глазного яблока увеличивается до 23 мм, а его масса до 80 г.

Происходит и смена цвета глаз. У новорожденных детей и впервые годы жизни радужка имеет голубовато-сероватый оттенок вследствие малого содержания пигмента. К 10-12 годам наступает окончательная окраска радужки. Процесс развития и совершенствования органа зрения, как и других анализаторов, идет от периферии к центру.

Мышечная оболочка зрительных нервов заканчивается в среднем к 3-4 месяцам после рождения. Оба глаза развиваются синхронно.

В возрасте от 5 дней до 3-5 месяцев формируется механизм настройки глаз. У детей аккомодация глаз более выражена, чем у взрослых за счет высокой эластичности хрусталика. По данным клинических наблюдений, установлено, что в 3 года дальнозоркость составляет у 82 % детей, а близорукость - у 2,5 % детей. С возрастом число близоруких детей увеличивается и к 14-16 годам достигает 11%.

Одной из причин близорукости является нарушение гигиены зрения (выполнение уроков в плохо освещенной комнате, чтение в лежачем положении, увлечение телевизором, компьютером и др. оптикой).

Цветовосприятие существенно меняется. У новорожденного в сетчатке работают только палочки, что касается колбочек, то их число невелико, и они в раннем онтогенезе еще созревают. Процесс

мального развития цветоощущение достигает только к 30 годам, после чего постепенно начинает снижаться. Быстрее всего в раннем детстве ребенок начинает узнавать желтый и зеленый цвет, а позднее - синий.

Таблица 12 - Острота зрения в постнатальном периоде

Возраст	Острота зрения (в условных единицах)
1 неделя	0,004-0,002
1 месяц	0,008-0,003
3 месяца	0,05-0,1
6 месяцев	0,1-0,3
1 год	0,3-0,6
2 года	0,4-0,7
3 года	0,6-1,0
4 года	0,7-1,0
5 лет	0,8-1,0
7 лет	0,9-1,0
8- 15 лет	0,9-1,0

Форму предмета ребенок узнает раньше, чем цвета. В процессе раннего онтогенеза повышается острота зрения.

Стереоскопическое зрение интенсивно изменяется до 9-10 лет и оптимального своего уровня достигает к 17-22 годам. У девочек с 6 лет острота стереоскопического зрения выше, чем у мальчиков.

Поле зрения особенно интенсивно развивается в дошкольном возрасте и к 7 годам примерно составляет 80% от показателей взрослого человека.

Таким образом, зрительный анализатор, как важнейшая система организма, развивается в полной мере на ранних стадиях онтогенеза.

**Морфофункциональные особенности органов чувств у детей и подростков.** К органам сенсорной системы относятся органы зрения, слуха, обоняния, вкуса: аппараты соматической и висцеральной чувствительности. Органы чувств должны обеспечивать организм на протяжении всего онтогенеза. Благодаря этому мы ощущаем восприятие и анализ бесконечного тока информации из внешней и внутренней среды. Органы чувств обеспечивают организму ощущения всего того, что нас постоянно окружает. Ощущение базируется на элементарных процессах психического отражения окружающих нас предметов, а также и внутреннее состояние нашего организма.

Физиологическую основу всех ощущений и восприятий составляют специализированные приборы, получившие название анализаторов. Они включают в себя центральное звено, все части ЦНС и периферическую часть нервной системы, представленную палочками, колбочками, тельцами и т.д. Это та обширная информация, которую организм воспринимает благодаря анализаторам. Лишение такой информации приводит к нарушению отдельных функций ЦНС. Это было доказано в экспериментах на животных и подтверждено многими клиническими наблюдениями.

Примеры из практики детской дефектологии свидетельствуют о нарушении мыслительной деятельности у таких детей.

Крупнейший нейрофизиолог Х. Дельгадо писал, «такое существо было бы полностью лишено психических функций. Мозг был бы пуст и лишен мыслей. Оно не обладало бы интеллектуально столь же примитивно, как и в день своего рождения» (цит. по Ю.А. Ермолаеву).

Чем больше выявляется дефектов органов чувств в организме ребенка, тем более трудоемкой становится учебно-воспитательная работа с ним.

Важное значение для нормального физиологического и психического развития детей и подростков имеют органы зрения и слуха. Эти органы около 90% всей информации в организм доставляют в наш мозг.

В связи с этим мы более подробно остановимся на этом вопро-



се.

Термин «анализатор» впервые ввел выдающийся физиолог И.М.Сеченов (1863), а затем в деталях было изучено его последователями.

Каждый анализатор имеет периферическое звено для восприятия раздражения из окружающей и внутренней среды. Анализаторы или рецепторы, воспринимающие раздражения из внешней среды, называются контактными и дистантными экстерорецепторы. К примеру, экстерорецепторы кожи для восприятия температуры называются температурными, а для определения чувствительности - тактильные. По этому принципу действуют вкусовые рецепторы, расположенные в ротовой полости.

Рецепторы, воспринимающие раздражение из внутренней среды организма, называются интерорецепторами.

Центральным звеном анализаторов являются различные морфологические структуры головного мозга. Нарушение центрального или периферического звена приводит к нарушению функций анализаторов в целом. Для того, чтобы организм воспринимал окружающий мир, нужна совместная деятельность всех анализаторов.

Такую взаимосвязь анализаторов впервые установил биофизик П.П. Лазарев (1904).

Важнейшей особенностью анализаторов является его высокая чувствительность к действию адекватных раздражителей. Так, зрительный рецептор нормального глаза воспринимает раздражение нескольких квантов света, рецептор обоняния может реагировать на действие 2-3-х молекул пахучего вещества, а шум молекул могут воспринимать слуховые рецепторы. Важнейшим показателем анализаторов является его функциональное состояние, способность приспосабливаться к действию раздражителей. При действии сильных раздражителей происходит снижение чувствительности. Это можно проследить на адаптации органа зрения, при входе человека в темную комнату и при выходе из нее на яркий солнечный свет. Первое время, в последнем опыте, мы просто слепнем от яркого света. Но вследствие снижения чувствительности зрительных рецепторов зрение восстанавливается. Явление адаптации можно проследить при действии запахов или шума.

Каждый из анализаторов содержит три функциональных показателя: периферический (рецепторный), проводниковый и центральный, состоящий из подкорковых структур головного мозга и коркового отдела.

Первичный анализ раздражителей происходит на уровне рецепторного аппарата, где совершается отбор биологической информации. Второй этап анализа информации осуществляется в подкорке и коре головного мозга. По мере приближения к коре головного мозга, происходит уменьшение информации. Такой принцип работы анализаторов получил название информационной воронки, не позволяющей получение корой головного мозга ошибочной информации (сигнала).

Таким образом, система анализаторов у детей и подростков очень чувствительна к различным неблагоприятным экологическим условиям проживания.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предлагаемое издание «Возрастная физиология» написано преподавателем высшей школы РБ с позиций педагога и врача-физиолога.

Курс ВФ - самостоятельная учебная дисциплина и должна читаться специалистами в полном объеме с изложением теоретических и практических основ, главным образом анатомии, физиологии детского и подросткового возраста. Будущим педагогам нужно учитывать многие факторы: прежде всего - наследственность, внешнюю среду (окружение подростка), роль физической культуры и психических особенностей организма в разные периоды онтогенеза.

Еще К.Д.Ушинский писал «...что для достижения ее (педагогике - автор) целью являются все науки, в которых изучается телесная или душевная природа человека» (Ушинский К.Д. Собр.соч.М.-Л., 1950, т.8, с.22.). Стало быть, надо педагогу в первую очередь знать хорошо анатомию и физиологию. Эти две сложные науки всегда играли главенствующую роль при изучении жизни человеческого тела.

Анатомо-физиологические знания необходимы каждому педагогу в работе с детьми и подростками для создания оптимальных условий, чтобы дети росли и воспитывались здоровыми, крепкими с гармоническим развитием их духовных сил.

Это поможет педагогу рационально организовывать весь учебно-воспитательный процесс в школе, а также оптимизировать вншкшольную работу, физическое, трудовое и военно-патриотическое воспитание в целом.

Возрастная физиология теснейшим образом связана с возрастной психологией, курсом школьной гигиены и другими педагогическими учебными дисциплинами. Это обусловлено тем, что возрастная физиология раскрывает материальную природу слож

ных физиологических и психических явлений детей, подростков, а также и взрослого человека. Следовательно, курс возрастной физиологии имеет важное теоретическое и практическое значение, для педагогического образования.

Таким образом, правильно организованное обучение детей и подростков в школе должно объединять все учебно-воспитательные воздействия в единую систему, которая в должной мере поможет физическому и умственному развитию молодого подрастающего поколения нашей страны.

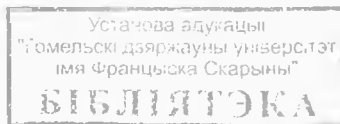
РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ермолаев Ю А. Возрастная физиология - М., 1985.
2. Калугин А.С. Анатомо-физиологические особенности детей и подростков при занятиях физическими упражнениями. Учебное пособие - Гомель, 1976.
3. Калугин А.С., Матвиенко Л.А., Карташева Н.В. К стандартам физического развития студентов // Гигиена и санитария. - М., 1982. Вып. 11.
4. Калугин А.С., Карташева Н.В. Особенности врачебно-педагогического контроля за лицами старшего возраста в процессе подготовки и сдачи норм компл. ГТО - Гомель. 1981.
5. Калугин А.С., Куприянова В.В. Механизм адаптации нервной и нервномышечной системы к физическим нагрузкам // VI съезда физиологов Беларуси: Тез.докл. - Гродно, 1983.
6. Калугин А.С. За здоровьем и долголетием. - Мн., 1987.
7. Калугин А.С., Самусева О.А. Электрокардиографические показатели у детей и подростков в постчернобыльский период // Известия ГГУ им.Ф.Скорины - 2002. - №3. - С.158-161.
8. Калугин А.С., Калугин С.А., Ноггев И.И. Некоторые аспекты комплексного оздоровления детей и взрослых в пансионате «Золотые пески» Гомельской обл. в 2001 и 2002 гг. // Проблемы экологии Белорусского Полесья: Сб. науч. трудов. - Гомель, 2002. Вып. 2. - С. 76-79.
9. Лазюк Г.И. Этиология и патогенез врожденных пороков развития // Терапатология человека: Руководство Н.Е.Савченко, Г.И.Лазюк и др. - М., 1979.
10. Общий курс физиологии человека и животных / Под ред. А.Д.Ноздрачева: В 2-х кн. - М., 1991.
11. Патофизиология / Под ред. П.Ф.Литвицкого. - М., 1997.
12. Хрипкова А.Г. Возрастная физиология. - М., 1978.

## СОДЕРЖАНИЕ

1. От автора.....	4
2. Введение.....	6
Лекция 1. Общие закономерности роста и развития организма.....	8
Лекция 2. Периодизация развития.....	15
Лекция 3. Физиологические механизмы, определяющие продолжительность жизни у млекопитающих.....	22
Лекция 4. Возрастные особенности скелетной мускулатуры и опорно-двигательного аппарата.....	28
Лекция 5. Возрастные особенности кровообращения.....	33
Лекция 6. Общие изменения в системе крови в онтогенезе.....	38
Лекция 7. Возрастные особенности дыхательной системы.....	56
Лекция 8. Возрастные особенности пищеварения и обмена веществ.....	72
Лекция 9. Развитие и функция почек в онтогенезе.....	80
Лекция 10. Эндокринная система в онтогенезе.....	86
Лекция 11. Возрастные особенности центральной нервной системы.....	92
Лекция 12. Возрастные особенности физиологии сенсорной системы (органы слуха и зрения).....	118
3. Заключение.....	139
4. Литература.....	141



Учебное издание

КАЛУГИН АЛЕКСЕЙ САВЕЛЬЕВИЧ

ВОЗРАСТНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ

Тексты лекций по спецкурсу

В авторской редакции

ЛИ №02330/0133208 от 30.04.04

Подписано к печати 19.02.05. Формат 60x84 1/16.

Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс». Усл.п.л. 8, 25

Уч. – изд. л. 7,48. Тираж 120 экз. Заказ № 26

Учреждение образования «Гомельский государственный  
университет имени Франциска Скорины»,  
246019, г. Гомель, ул. Советская, 104

2529 -00

Отпечатано с оригинала - макета  
учреждения образования «Гомельский государственный  
университет имени Франциска Скорины»  
ЛП №02330/0056611 от 16.02.04.  
246019, г. Гомель, ул. Советская, 104