

Міністерство освіти і науки України  
Південноукраїнський національний педагогічний університет  
ім. К.Д. Ушинського, (м. Одеса)

Кафедра біології, екології, і основ здоров'я

# *Конспекти лекцій з вікової фізіології*

Методичні рекомендації для студентів  
1 курсу інституту мов світу

Одеса 2010

Методичні рекомендації «Конспекти лекцій» для студентів I курсу факультету іноземних мов ПНПУ ім. К.Д.Ушинського складені старшим викладачем Дишель Г.О.

Затвержено рішенням кафедри кафедри біології, екології і основ здоров'я (протокол №11 від 2 березня 2010 р.)

## ЛЕКЦИЯ №1

### Тема. История развития науки о высшей нервной деятельности. Анатомия и физиология центральной нервной системы

#### План

- 1) История возникновения науки о высшей нервной деятельности;
- 2) Понятия клетка, ткань, орган, система, функциональная система;
- 3) Значение нервной системы;
- 4) Основные этапы развития нервной системы;
- 5) Нервная ткань:
  - а) строение нейрона,
  - б) нейроглия.

#### 1. ИСТОРИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ НАУКИ О ВЫСШЕЙ НЕРВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Анатомия и физиология – это науки о строении и функциях организма. Изменения строения и функций организма, возникающие в процессе его развития, изучает возрастная анатомия и физиология. Организация игр, занятий физкультурой, труда и отдыха детей, составление расписания или проведение уроков в школе требуют знания функциональных возможностей детского организма, которые определяются возрастными особенностями его структуры и функций.

Чтобы заметить отклонение в работе того или иного органа и вернуть ему прежнюю функцию, надо знать, какой она должна быть на данном возрастном этапе. Отсюда понятно, что возрастная анатомия и физиология необходима для успешного развития педагогики, психологии, физиологии питания, труда и спорта, гигиены и многих других медицинских дисциплин.

Для работников дошкольных учреждений знание морфо-функциональных особенностей организма ребенка особенно важно, так как именно в период его становления, при неправильной организации условий жизни, особенно легко возникают различные патологические нарушения функции нервной системы, опорно-двигательного аппарата, сердечно-сосудистой системы и др. Также имеет место необходимость расширения знаний в области изучения развивающегося организма ребенка, чтобы все мероприятия, направленные на повышение эффективности педагогического процесса, опирались на знания возрастной физиологии.

Вопросы возрастной физиологии ставились еще в трудах Гиппократ, Аристотеля, в сочинениях древних индусов, где имелись робкие попытки обоснования специфического подхода к вопросам гигиены, диететики и патологии детского возраста. Однако это были лишь отдельные высказывания. В течение многих веков все изменения, которые возникают в организме с возрастом, сводились лишь к количественным; считали, что детский организм – это взрослый в миниатюре. Такой «подход к ребенку с меркой взрослого, с данными общей физиологии и патологии уже проявил себя гекатомбами детских трупов», – писал один из крупнейших педиатров нашей страны М. С. Маслов. В самом деле, детская смертность была колоссальна. В XIX в. из каждой тысячи новорожденных только 550 достигали 6 лет, а до 10 лет доживало менее половины. Особенно велика была смертность в раннем детском возрасте. Ежегодно в России умирало 100 тыс. младенцев в возрасте до 3 лет.

Эта «колоссальная детская смертность, не поддававшаяся уменьшению, несмотря на прогресс в других отраслях медицины», заставила признать, что организм ребенка имеет целый ряд особенностей строения, функционирования и обмена веществ, которые непрерывно меняются в процессе развития. Успеха в сохранении здоровья ребенка можно добиться только при условии знания всех этих особенностей.

Научное изучение вопросов возрастной анатомии и физиологии человека было начато профессором Петербургской военно-медицинской академии Н. П. Гундобиным (1860 – 1908). Он и его ученики изучали анатомо-физиологические особенности всех органов и систем детского организма. Данные исследований были обобщены Гундобиным в монографии «Особенности детского возраста» (1906). Она не потеряла своей научной ценности и до настоящего времени.

Исследования возрастной анатомии и физиологии дали весьма существенные практические результаты. Большие успехи достигнуты в области предупреждения различных детских заболеваний, значительно снизилась детская смертность, учебно-воспитательные мероприятия в настоящее время разрабатываются на научной основе. Теперь уже ни у кого не вызывает сомнения необходимость знания закономерностей развития детского организма для тех, кто участвует в воспитании детей.

## **2. ПОНЯТИЯ КЛЕТКА, ТКАНЬ, ОРГАН, СИСТЕМА, ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СИСТЕМА**

*Клетка* – элементарная структурная и функциональная единица живого, способная к обмену веществ (метаболизму) и энергии, росту, самовоспроизведению, развитию, реагированию на раздражения, саморегуляции.

*Ткань* – это группа клеток и межклеточного вещества, объединенные общим строением, происхождением и выполняющие совместно те или иные специальные функции.

*Орган* – это часть тела организма, занимающая в нем постоянное положение, имеющая определенное строение, форму и выполняющая специфические функции. Все органы находятся в тесном взаимодействии.

*Система* – это множество элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом, образующих определенную целостность, единство.

*Функциональная система* – временные объединения органов и их систем для достижения того или иного важного для организма результата (Петр Кузьмич Анохин – русский физиолог XX века).

## **3. ЗНАЧЕНИЕ И РАЗВИТИЕ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ**

*Высшая нервная деятельность* – это совокупность взаимосвязанных нервных процессов, происходящих в головном мозгу и обеспечивающих поведенческие реакции животных и человека.

*Физиология высшей нервной деятельности* изучает процессы, происходящие в головном мозгу во время восприятия, переработки и воспроизведения информации, обучения, эмоциональных и разнообразных поведенческих реакций.

### **Значение нервной системы.**

*Нервная система* – это совокупность специальных структур, которые объединяют и координируют деятельность всех органов, систем органов, а также осуществляют связь организма с внешней средой.

*Нервная регуляция* – это координирующее влияние нервной системы на клетки и органы, приводящее их деятельность в соответствие с потребностями организма и изменениями окружающей среды.

Основное значение нервной системы состоит в: 1) обеспечении наилучшего приспособления организма к воздействию внешней среды и осуществлении его реакций как единого целого. Раздражение, полученное рецептором, вызывает нервный импульс, который передается в центральную нервную систему, где осуществляется анализ и синтез информации, вследствие чего возникает ответная реакция; 2) нервная система обеспечивает взаимосвязь между отдельными органами и системами органов. Она регулирует физиологические процессы, протекающие во всех клетках, тканях и органах организма человека и животного. Для одних органов нервная система обладает пусковым действием, т. е. их функция полностью зависит от воздействий нервной системы (например, мышца сокращается вследствие того, что получает импульсы из центральной нервной системы), а для других – лишь изменяющим существующий уровень их функционирования (например, импульс, приходящий к сердцу, изменяет его работу: замедляет или ускоряет, усиливает или ослабляет).

Влияния нервной системы осуществляются очень быстро (нервный импульс распространяется со скоростью 27 – 100 м/с и более), точно адресованы (направлены к определенным органам) и строго дозированы. Последнее обусловлено наличием обратной связи центральной нервной системы с регулирующими ее органами, которые, посылая афферентные импульсы к центральной нервной системе, сообщают ей о характере полученного воздействия.

Чем сложнее организована и более высокоразвита нервная система, тем сложнее и многообразнее реакции организма, тем совершеннее его приспособление к воздействиям внешней среды. Наряду с нервной существует и гуморальная регуляция функций, осуществляющаяся воздействием веществ, находящихся в крови (гормоны, метаболиты и другие специфические вещества). Гуморальные воздействия распространяются очень медленно (0,0005 – 0,5 м/с), одновременно действуют на многие органы и системы, трудно дозируются и снимаются.

Вся полнота и тонкость приспособления организма к окружающей внешней среде осуществляется благодаря взаимодействию нервных и гуморальных механизмов регуляции.

Нервную систему делят на два основных отдела: центральную нервную систему и периферическую.

К центральной нервной системе относят головной и спинной мозг, к периферической – нервы, отходящие от головного и спинного мозга и нервные узлы – ганглии (скопление нервных клеток, расположенных в разных участках тела).

По функциональным свойствам нервную систему делят на соматическую, или цереброспинальную, и вегетативную.

К соматической нервной системе относят ту часть нервной системы, которая иннервирует опорно-двигательный аппарат и обеспечивает чувствительность нашего тела.

К вегетативной нервной системе относят все другие отделы, которые регулируют деятельность внутренних органов (сердце, легкие, органы выделения и др.), гладких мышц сосудов и кожи, различных желез и обмен веществ (обладает трофическим влиянием на все органы, в том числе и на скелетную мускулатуру).

#### 4. ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ

Нервная система начинает формироваться на третьей неделе эмбрионального развития из дорсальной части наружного зародышевого листка (эктодермы). Сначала образуется нервная пластинка, которая постепенно превращается в желобок с поднятыми краями. Края желобка приближаются друг к другу и образуют замкнутую нервную трубку. Из нижнего (хвостового) отдела нервной трубки образуется спинной мозг, из остальной части (передней) – все отделы головного мозга: продолговатый мозг, мост и мозжечок, средний мозг, промежуточный небольшие полушария (табл.).

Таблица

Схема развития головного мозга

Трехпузырная стадия	Пятипузырная стадия	Наименование отделов	Структуры, составляющие отделы головного мозга
	1-й мозговой пузырь	Конечный мозг (большие полушария головного мозга)	Кора больших полушарий. Белое вещество больших полушарий. Базальные ганглии Боковые желудочки
	2-й мозговой пузырь	Промежуточный мозг	Зрительные бугры Надбугорная область Забугорная область
		Глазные пузыри	Глазные бокалы, сетчатка глаза зрительный нерв
2-й мозговой пузырь (средний)	3-й мозговой пузырь	Средний мозг	Ножки мозга (из вентральной части) Четверохолмия (из дорсальной части) Водопровод
3-й мозговой пузырь (задний или ромбовидный)	4-й мозговой пузырь	Задний мозг	Мост (из вентральной части) Мозжечок (из дорсальной части)
	5-й мозговой пузырь	Добавочный (замозжье)	Продолговатый мозг

В головном мозге различают по происхождению, структурным особенностям и функциональному значению три отдела: ствол, подкорковый отдел и кору больших полушарий. Мозговой ствол – это образование, расположенное между спинным мозгом и большими полушариями. К нему относят продолговатый, средний и промежуточный мозг. К подкорковому отделу относят базальные ганглии. Кора больших полушарий является высшим отделом головного мозга.

В процессе развития из переднего отдела нервной трубки образуются три расширения – первичные мозговые пузыри (передний, средний и задний, или ромбовидный). Эту стадию развития головного мозга называют стадией трехпузырного развития

У 3-недельного эмбриона намечается, а у 5-недельного хорошо выражено разделение поперечной бороздой переднего и ромбовидного пузырей еще на две части, вследствие чего образуется пять мозговых пузырей – стадии пятипузырного развития.

Эти пять мозговых пузырей дают начало всем отделам головного мозга. Мозговые пузыри растут неравномерно. Наиболее интенсивно развивается передний пузырь, который уже на ранней стадии развития разделяется продольной бороздой на правый и левый. На третьем месяце эмбрионального развития сформировано мозолистое тело, которое соединяет правое и левое полушария, а задние отделы переднего пузыря полностью покрывают промежуточный мозг. На пятом месяце внутриутробного развития плода полушарий распространяются до среднего мозга, а на шестом – полностью покрывают его. К этому времени все отделы головного мозга хорошо выражены.

## 5. НЕРВНАЯ ТКАНЬ

Основные структуры нервной ткани. В состав нервной входят высокоспециализированные нервные клетки, названные нейронами, и клетки нейроглии. Последние тесно связаны с нервными клетками и выполняют опорную, секреторную и защитную функции.

**5.а. Строение нейрона.** Нейрон – это основная структурная функциональная единица нервной системы. Нейроном называют нервную клетку с отростками. В нем различают тело клетки, или сому, один длинный, мало ветвящийся отросток – аксон и много (от 1 до 1000) коротких, сильно ветвящихся отростков – дендритов. Длина аксона достигает метра и более, его диаметр колеблется от сотых долей микрометра (мкм) до 10 мкм; дендрита может достигать 300 мкм, а его диаметр – 5 мкм.

Аксон, выходя из сомы клетки, постепенно суживается, от него отходят отдельные отростки – коллатерали. На протяжении первых 50 – 100 мкм от тела клетки аксон не покрыт миелиновой оболочкой. Прилегающий к нему участок тела клетки называют аксонным холмиком. Участок аксона, не покрытый миелиновой оболочкой, вместе с аксонным холмиком называют начальным сегментом аксона. Эти участки отличаются рядом морфологических и функциональных особенностей.

По дендритам возбуждение приходит от рецепторов или других нейронов к телу клетки, а аксон передает возбуждение от одного нейрона к другому или рабочему органу. На дендритах имеются боковые отростки (шипики), которые увеличивают их поверхность и являются местами наибольших контактов с другими нейронами. Конец аксона сильно ветвится, один аксон может контактировать с 5 тыс. нервных клеток и создавать до 10 тыс. контактов.

Место контакта одного нейрона с другим получило название синапса (от греческого слова «синапто» – контактировать). По внешнему виду синапсы имеют форму пуговицы, луковички, петли и др.

Количество синаптических контактов неодинаково на теле и отростках нейрона и очень вариабильно в различных отделах центральной нервной системы. Тело нейрона на 38% покрыто синапсами, и их насчитывают до 1200 – 1800 на одном нейроне. Много синапсов на дендритах и шипиках, их количество невелико на аксонном холмике.

Все нейроны центральной нервной системы соединяются друг с другом в основном в одном направлении: разветвления одного нейрона контактируют с телом клетки и дендритами нейрона.

Тело нервной клетки в различных отделах нервной системы имеют разную величину (диаметр колеблется от 4 до 130 мкм) и форму (округлую, уплощенную, многоугольную, овальную). Оно покрыто сложно устроенной мембранной и содержит органеллы, свойственные любой клетке: в цитоплазме находятся ядро с одним или несколькими ядрышками, митохондрии, рибосомы, аппарат Гольджи, эндоплазматическая сеть и др.

Характерной особенностью строения нервной клетки является наличие гранулярного ретикулума с большим количеством рибосом и нейрофибрилл. С рибосомами в нервных клетках связывают высокий уровень обмена веществ, синтез белка и РНК.

В ядре содержится генетический материал – дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК), которая регулирует состав РНК сомы нейрона. РНК в свою очередь определяет количество и тип белка, синтезируемого в нейроне.

Нейрофибриллы представляют собой тончайшие волокна, пересекающие тело клетки во всех направлениях и продолжающиеся в отростки.

Нейроны различают по строению и функции. По строению (в зависимости от количества отходящих от тела клетки отростков) различают униполярные (с одним отростком), биполярные (с двумя отростками) и мультиполярные (с множеством отростков) нейроны. По функциональным свойствам выделяют афферентные (или центростремительные) нейроны, несущие возбуждение от рецепторов в центральную нервную систему, эфферентные, двигательные, мотонейроны (или центробежные), передающие возбуждение из центральной нервной системы к иннервируемому органу, и вставочные, контактные или промежуточные нейроны, соединяющие между собой афферентные и эфферентные пути.

Афферентные нейроны относятся к униполярным, их тела лежат в спинномозговых ганглиях. Отходящий от тела клетки отросток Т-образно делится на две ветви, одна из которых идет в центральную нервную систему и выполняет функцию аксона, а другая подходит к рецепторам и представляет собой длинный дендрит.

Большинство эфферентных и вставочных нейронов относится к мультиполярным. Мультиполярные вставочные нейроны в большом количестве располагаются в задних рогах спинного мозга, находятся и во всех других отделах центральной нервной системы. Они могут быть и биполярными, как например нейроны сетчатки, имеющие короткий ветвящийся дендрит и длинный аксон. Мотонейроны располагаются в основном в передних рогах спинного мозга.

**5.6. Нейроглия.** Нейроглия располагается между нейронами и составляет межклеточное вещество нервной ткани. В состав глии входят клетки с отростками и без отростков и волокна, являющиеся либо отростками клеток, либо самостоятельными образованиями, называемыми глиофибриллами.

Клетки нейроглии в нервной системе располагаются по-разному: находятся в белом веществе мозга, на значительном расстоянии покрывают клетки спинного мозга, идут вдоль определенной стороны нервной клетки, являясь спутниками нервных клеток. В некоторых отделах мозга они располагаются вдоль сосудов и обладают способностью к фагоцитозу. Установлено, что нейроглия имеет отношение

к обмену веществ в нервной ткани. Некоторые клетки нейроглии выделяют вещества, влияющие на состояние возбудимости нервных клеток. Отмечено, что при разных психических состояниях изменяется секреция этих клеток. С функциональным состоянием нейроглии связывают длительные следовые процессы в центральной нервной системе.

## **ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ И ФУНКЦИИ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ**

**Развитие нейрона.** Нейрон образуется из эктодермальных клеток первичной мозговой трубки на ранних стадиях эмбрионального развития. Эктодермальные клетки дифференцируются в двух направлениях: из одних образуются нейробласты, дающие начало нервным клеткам, а из других – спонгиобласты, превращающиеся в клетки глии. Стенки мозговой трубки постепенно становятся многослойными, в них образуется серое и белое вещество мозга.

На ранних стадиях развития нервная клетка характеризуется большой величиной ядра, которое окружено небольшим количеством цитоплазмы. Такая клетка носит название аполярного нейробласта. В процессе развития с увеличением размеров клетки уменьшается относительный объем ядра. На третьем месяце внутриутробного развития в аксоплазме появляются нейрофибриллы и одновременно начинается рост аксона нервной клетки. Аксон растет по направлению к периферии вплоть до конечного органа – мышцы или железы.

Растущий аксон на конце имеет колбу роста. Синапс центральной нервной системы образуется в результате контакта колбы роста одного нейрона с телом другого. Колба роста превращается в пресинаптическое образование.

На первом этапе развития синапса дифференцируются мембраны, затем в пресинаптическом отделе образуются митохондрии и везикулы, количество которых быстро увеличивается. Постепенно увеличивается синаптическая щель и утолщаются мембраны синапса.

Функциональная деятельность нейрона начинается с того момента, когда аксон достигает органа. Проведение возбуждения в нейронах центральной нервной системы обнаружено с момента образования синапса со всеми его компонентами.

Дендриты вырастают значительно позже аксона. Сначала на противоположном аксону полюсе клетки появляется верхушечный дендрит в виде простого выроста аксоплазмы, вследствие чего нейробласт становится биполярным. Затем вырастают дендриты со всех сторон, и нейробласт становится мультиполярным.

Способность проводить возбуждение у дендрита появляется значительно позже, чем у аксона (аксон функционирует во внутриутробном периоде развития ребенка, а дендрит – после рождения). В процессе развития увеличивается число ветвлений дендрита. Шипики на дендритах появляются после рождения ребенка. В коре больших полушарий их количество возрастает вместе с увеличением числа условнорефлекторных связей.

Во время развития аксона происходит его погружение в шванновскую клетку и образование миелиновой оболочки. При погружении в шванновскую клетку аксон никогда не контактирует с ее цитоплазмой, т. е. он внедряется в углубление на поверхности шванновской клетки. Постепенно шванновская клетка несколько раз обкручивается вокруг аксона так, что образуется спираль. На ранних стадиях развития спираль скручена свободно, а позднее спираль закручивается более

плотно – и образуется компактная миелиновая оболочка, в крупных нервах миелиновая оболочка может достигать 2 – 3 мкм толщины.

4. *Миелинизация нервных волокон.* Миелинизация нервных волокон осуществляется в центробежном направлении, отступя несколько микрон от тела клетки к периферии нервного волокна. Отсутствие миелиновой оболочки ограничивает функциональные возможности нервного волокна. Реакции возможны, но они диффузные и слабо координированы.

По мере развития миелиновой оболочки возбудимость нервного волокна постепенно повышается. Раньше других начинают миелинизироваться периферические нервы, затем волокна спинного мозга, стволовой части головного мозга, мозжечка и позже – больших полушарий головного мозга.

Миелинизация спинно-мозговых и черепно-мозговых нервов начинается на 4-м месяце внутриутробного развития. Двигательные волокна покрыты миелином к моменту рождения. Большинство смешанных и центростремительных нервов миелинизируются к 3 месяцам после рождения, некоторые – к 3 годам. Проводящие пути спинного мозга хорошо развиты к моменту рождения и почти все миелинизированы. Не заканчивается миелинизация только пирамидных путей, она завершается к 3–6 месяцам жизни ребенка.

Скорость миелинизации черепно-мозговых нервов различна; большинство из них миелинизируются к 1,5 – 2 годам. К 2 годам миелинизируются слуховые нервы. Зрительные и языкоглоточный нервы у новорожденных еще не миелинизированы, но у 3 – 4-летних детей отмечается их полная миелинизация.

Изучена динамика миелинизации лицевого нерва. Его ветви, иннервирующие область губ, миелинизируются в период от 21 до 24 недель внутриутробной жизни, другие ветви приобретают миелиновую оболочку значительно позже. Этот факт показывает раннее формирование морфологической основы сосательного рефлекса, хорошо выраженного к моменту рождения ребенка.

Миелинизация нервных волокон головного мозга начинается во внутриутробном периоде развития и заканчивается после рождения. В отличие от спинного мозга, в головном мозге раньше других миелинизируются афферентные пути и области, а двигательные – через 5–6 месяцев (некоторые значительно позже) после рождения.

Несмотря на то, что к 3 годам в основном заканчивается миелинизация нервных волокон, рост в длину миелиновой оболочки и осевого цилиндра продолжается и после 3-летнего возраста.

### **НЕКОТОРЫЕ ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СВОЙСТВ НЕРВНЫХ ЦЕНТРОВ**

В процессе эмбрионального развития нервной системы раньше всего формируются чувствительные нервные окончания, за концевые пластинки и аксосоматические синапсы.

В первые дни жизни возбудимость нервной системы у новорожденных понижена. Для того чтобы вызвать ту или иную рефлекторную реакцию у новорожденных, требуется приложить силу раздражения в 20 раз большую, чем у взрослых. У 9-дневного ребенка интенсивность раздражения должна быть больше в 2-2,5 раза.

В 12-дневном возрасте возбудимость центров становится больше, чем у взрослых.

Возбудимость периферических нервов с возрастом постепенно повышается и к 5-9 месяцам становится больше, чем у взрослых. Показателем повышения возбудимости с возрастом является увеличение лабильности и уменьшение хронаксии.

У детей волна возбуждения более длительна, чем у взрослых, вследствие медленности процессов деполяризации и особенно реполяризации.

Фоновая активность нейронов с возрастом увеличивается, а количество молчащих нейронов уменьшается.

В организме ребенка в синапсах выделяется меньше медиатора, он быстрее расходуется, и поэтому работоспособность их нервной системы невелика, вследствие чего у детей быстрее наступает утомление.

Нервная система ребенка более чувствительна к недостатку кислорода вследствие высокого уровня обмена веществ. Клетки растущего организма требуют постоянного притока большого количества кислорода.

На ранних стадиях развития у растущего организма нервные центры обладают большей пластичностью и компенсаторной способностью. Так, при нарушении деятельности центра речи в раннем возрасте речевая функция может восстановиться за счет деятельности клеток других отделов центральной нервной системы. Если поражены клетки речевого центра, обычно расположенные в левом полушарии, то речевой центр может быть сформирован в правом полушарии и речевая функция восстанавливается. Есть много примеров восстановления и двигательной функции за счет различных отделов центральной нервной системы.

Рефлекторные реакции человеческого плода подробно изучались М. А. Минковским. У 2-месячного зародыша любой участок тела служит рефлексогенной зоной, при раздражении которой можно вызвать общую двигательную реакцию. Эта реакция возникает даже при прикосновении к амниотической оболочке. У 3-месячного плода проведение стеклянной палочкой по ладони вызывает рефлекс хватания.

Все движения плода к моменту рождения и движения новорожденного осуществляются как рефлексы, которые склонны к иррадиации и носят обобщенный характер.

К моменту появления двигательной активности у плода формируются моно- и полисинаптические рефлекторные дуги. На ранних стадиях внутриутробного периода развития плода скелетные мышцы обладают постоянной тонической активностью с преобладанием тонуса сгибателей, что обеспечивает согнутое положение плода.

Наряду с этим у плода эпизодически осуществляются обобщенные двигательные реакции разгибательного характера. Они могут быть вызваны более сильными раздражениями с любого участка кожи. Мышечный тонус поддерживается не только экстерорецептивной, но и проприорецептивной импульсацией с рецепторов мышц. О проприорецептивной регуляции мышечного тонуса говорит наличие сухожильно-мышечных рефлексов. Об этом свидетельствуют и морфологические исследования, которыми установлено, что в каждой мышце сначала и очень рано развиваются чувствительные нервные окончания. Мышцы-сгибатели получают иннервацию раньше, чем мышцы-разгибатели.

Обобщенная двигательная реакция плода, имеющая в своей основе одновременное вовлечение в состояние возбуждения центров сгибателей и разгибателей, обусловлена рядом физиологических свойств нейронов. В этот период величина хронаксии всех мышц-сгибателей близка к ее величине мышц-

разгибателей. Так же обобщенная реакция связана с тем, что крайне недостаточно развиты вставочные нейроны, особенно тормозящие, вследствие чего невозможны процессы индукции. Незначительно и развитие синаптического аппарата.

Поведение новорожденного связано с образованием доминанты. У новорожденных детей при появлении пищевой доминанты возникает индукционное торможение кожно-мышечных рефлексов (хватания, подошвенного и др.).

Исследованиями И. А. Аршавского, Г. А. Вартаняна и др. показано, что в процессе развития плода наиболее ранней формой торможения является деполяризационное, гиперполяризационное торможение развивается позже. Считают, что в ходе эволюции и эмбриогенеза нервная деятельность совершенствуется в двух направлениях: по линии развития высокоспециализированных реакций, на основе которых формируется активное координационное постсинаптическое торможение, и по пути развития большого количества различных межнейронных связей с обеспечением быстрой передачи информации от одной группы нейронов к другой.

## **ЛЕКЦИЯ № 2**

### **Тема: Отделы головного мозга, их происхождение строение и функции**

#### **План**

1. Продолговатый мозг;
2. Средний мозг;
3. Мозжечок;
4. Передний мозг;
5. Подкорковые ядра;
6. Кора больших полушарий головного мозга.

Головной мозг – это передний отдел ЦНС, расположенный в полости черепа. Это 1000 километров нейронов. Масса мозга человека около 1200-1400 г (у кита – 6500 г, у слона – 5000 г). Если соотнести массу мозга с массой тела, то у человека это соотношение составит 1:50 (у кита – 1:23000, у слона – 1:800).

Белое вещество головного мозга образует волокна проводящих путей, которые связывают его между собой, а также со спинным мозгом. от основания мозга отходят корешки 12 пар черепных нервов. А от механических повреждений головной мозг защищают череп, мозговые оболочки и мозговая жидкость.

Головной мозг состоит из нескольких отделов: продолговатого мозга, мозжечка, среднего мозга, промежуточного мозга и переднего мозга.

#### **1. Продолговатый мозг**

Непосредственным продолжением спинного мозга у всех позвоночных животных является продолговатый мозг, формирующийся в процессе онтогенеза из заднего мозгового пузыря головного конца мозговой трубки.

Продолговатый мозг сохраняет в своем строении отдельные признаки сегментарных примитивных отношений, типичных для спинного мозга. Однако правильность в распределении серого и белого веществ по сравнению со спинным мозгом здесь значительно нарушена. В результате структурных и функциональных

перестроек, сопровождающих процесс филогенетического развития, скопления клеточных тел привели к образованию так называемых ядер продолговатого мозга, являющихся центрами более или менее сложных рефлекторных функций. Часть этих ядер входит в состав ретикулярной формации продолговатого мозга. Из двенадцати пар черепно-мозговых нервов, создающих связи между головным мозгом и периферией организма – его рецепторами и эффекторами – восемь пар (с V по XII) берут свое начало от продолговатого мозга. Многочисленные волокна этих нервов – соматические и вегетативные (парасимпатические) – образуют связи между продолговатым мозгом и самыми разнообразными органами организма.

В продолговатом мозге находятся центры афферентной иннервации различных мимических мышц лица, слизистой оболочки ротовой полости, глаза, лабиринта внутреннего уха и многих внутренних органов – органов дыхания, кровообращения, пищеварения. Спинномозговые афферентные нервы связывают продолговатый мозг с рецепторами кожи и скелетной мускулатуры. Сфера рецепции, на которую опирается в своей рефлекторной деятельности продолговатый мозг, значительно расширена по сравнению со спинномозговой рецепцией. Проприорецепторы скелетной мускулатуры и гладких мышц внутренних органов, осязательная и температурная рецепции слизистых дыхательного и пищеварительного аппаратов, вкусовая рецепция, импульсация с лабиринтов – все эти многочисленные системы восприятия разнообразных внешних воздействий обслуживают многогранную и сложную рефлекторную деятельность продолговатого мозга.

Эфферентные волокна черепно-мозговых нервов, равно как связанные с продолговатым мозгом эфферентные волокна спинномозговых путей, в том числе и симпатической нервной системы, формируют рефлекторные дуги, при помощи которых продолговатый мозг осуществляет рефлекторную иннервацию жизненно важных органов организма.

Основная биологическая роль рефлекторной деятельности продолговатого мозга заключается в обеспечении через регуляцию функций иннервируемых органов постоянства внутренней среды организма. На уровне продолговатого мозга осуществляется рефлекторная регуляция таких жизненно важных функций организма, как акт дыхания, защитные рефлексы, связанные с деятельностью дыхательной системы (чихание, кашель), регуляция сердечно-сосудистой деятельности, деятельности пищеварительного аппарата (как секреторной, так и моторной), рефлексы сосания, жевания, глотания, рвоты, моргания, слезотечения, потоотделения и т. д.

Наряду с регуляцией вегетативных функций продолговатый мозг за счет связи с проприорецепторами выполняет роль регулятора тонуса скелетной мускулатуры. Рефлекторная деятельность продолговатого мозга обеспечивает тоническое напряжение мышц, прежде всего экстензоров, предназначенных для преодоления силы тяжести организма.

Таким образом, продолговатый мозг по отношению к организму выполняет роль рефлекторного центра, вернее, объединения рефлекторных центров – регулятора важных для организма функциональных отправления.

Вся совокупность физиологических свойств, высокая чувствительность дыхательного центра к химическим раздражителям при относительно длительном интервале возбуждения его, низкой функциональной подвижности и низкой скорости аккомодации создает необходимые условия для правильной периодики циклов

активности. Точное содержание термина «автоматия» как обозначения реакции «без начала», без обусловившей ее причины лишено и фактического, и методологического обоснования.

Наряду с многообразными сложными и жизненно необходимыми рефлексам продолговатый мозг выполняет проводниковую функцию – функцию связи между вышерасположенными отделами головного мозга и спинным мозгом. Достаточно указать, что через продолговатый мозг осуществляется эфферентная нисходящая связь между двигательными зонами коры больших полушарий и двигательными центрами среднего мозга (красным ядром) с одной стороны и спинным мозгом – с другой стороны.

Через продолговатый мозг осуществляется и афферентная связь между спинным мозгом и мозжечком. Эти связи имеют существенное значение в формировании двигательных реакций скелетной мускулатуры.

К указанному выше можно прибавить, что продолговатый мозг как относительно высший отдел центральной нервной системы регулирует работу более примитивного спинного мозга. Эта координационная функция направлена на объединение всех сегментов спинного мозга в единое целое, на обеспечение условий для целостной деятельности спинного мозга.

Повреждение продолговатого мозга связано с нарушением или полным выпадением функций организма, иннервируемых этим отделом нервной системы.

Заболевание продолговатого мозга у человека в случае прогрессирующего органического поражения его чрезвычайно тяжело сказывается на всех видах деятельности организма. Непосредственная причина неизбежной смерти – нарушение деятельности дыхательной системы.

Сравнивая физиологические особенности продолговатого и спинного мозга, можно видеть, что продолговатый мозг в связи с расширением сферы рецепции, усложнением и совершенствованием рефлексорных актов осуществляет более тонкие формы приспособительных реакций организма на среду по сравнению со спинным мозгом. Рефлексорная деятельность продолговатого мозга регулируется вышерасположенными отделами головного мозга.

## **2. Средний мозг**

Средний мозг, возникающий в процессе онтогенеза из среднего пузыря головного конца мозговой трубки, своими функциональными отправлениями расширяет и совершенствует рефлексорную деятельность продолговатого мозга. Наибольшего развития средний мозг достигает у тех животных, которые, не располагая еще достаточно развитым передним мозгом, должны осуществлять сложные приспособительные реакции на усложняющиеся условия существования. Основным стимулом к развитию среднего мозга оказывается координация функций организма сигналами с новых видов рецепций – зрительной, позже слуховой.

В строении среднего мозга уже окончательно утрачиваются сегментарные признаки. Клеточные элементы образуют здесь сложные скопления в виде ядерных образований, относящихся как непосредственно к среднему мозгу, так и к входящему в его состав сетевидному образованию. Однако, как и во всех отделах стволовой части головного мозга, отдаленно отображающих собой главные черты строения спинного мозга, клеточные скопления сенсорного, афферентного значения располагаются в дорзальной части среднего мозга (четверохолмие), ядра

эфферентного значения – в вентральной его части (красное ядро, черная субстанция и др.).

Через средний мозг в составе так называемых ножек мозга и мозжечка проходят проводящие пути, связывающие в восходящем и нисходящем направлениях между собой с одной стороны мозг и мозжечок, с другой – продолговатый и спинной мозг.

Рефлекторная деятельность среднего мозга обеспечивается афферентными и эфферентными связями между клетками среднего мозга и соседними отделами головного мозга.

Наиболее крупным сенсорным образованием среднего мозга является четверохолмие (двухолмие у рыб и амфибий). Передние бугры четверохолмия, представленные клетками вставочных нейронов рефлекторных дуг, заложенных зрительными и глазодвигательными нервами, являются центрами, обеспечивающими ориентировочные рефлексы организма на световое раздражение. Задние бугры – место перерыва и прохождения слуховых нервов – являются центрами ориентировочных рефлексов на звуковое раздражение.

Вследствие того, что часть волокон зрительных и слуховых чувствительных нервов идут в головном мозге, минуя бугры четверохолмия, повреждение четверохолмия ведет к нарушению зрительных и звуковых восприятий, но не к полному их исчезновению.

Двигательные ядра сетевидной субстанции среднего мозга, прежде всего красное ядро, являются мощными рефлекторными регуляторами тонуса скелетной мускулатуры. Обилие афферентных связей с разнообразными видами рецепции – лабиринтом, тактильной рецепцией кожи, проприорецепторами мышц – позволяет красному ядру осуществлять действенный контроль над уровнем тонического напряжения, создаваемого в скелетной мускулатуре рефлекторной деятельностью продолговатого мозга. Нарушение связи красного ядра с продолговатым мозгом – перерезка ствола мозга на уровне нижней границы красного ядра – вызывает явление децеребрационной ригидности – резкого повышения тонуса мышц разгибателей.

В обычных условиях существования организма рефлекторная деятельность среднего мозга находится под регулирующим влиянием вышерасположенных отделов головного мозга. Так, тоническая функция красного ядра регулируется двигательными зонами коры больших полушарий, двигательными подкорковыми ядрами и двигательными центрами переднего мозга. Картины, близкие к явлению децеребрационной ригидности, наблюдаются при поражении высших подкорковых двигательных центров, влекущем за собой торможение нормальной функции красного ядра.

Из всего изложенного следует, что физиологическое значение среднего мозга заключается в расширении рефлекторной деятельности бульбарного животного за счет реакций на среду при помощи слуха и зрения и нормальной установки тела – нормального распределения тонуса скелетной мускулатуры.

### **3. Мозжечок**

Мозжечок впервые появляется у низших рыб и получает дополнительные стимулы к своему развитию с выходом животных на сушу. Физиологическими условиями его развития является необходимость осуществления рефлекторных реакций, направленных на преодоление влияния тяжести и инерции тела при

перемещении в пространстве. Появление его у круглоротых связано с развитием боковой линии и вестибулярного аппарата.

В мозжечке высших животных и человека имеются два отдела, отражающих две последовательные ступени его филогенетического развития. Первый из них, функциональный аналог мозжечка низших позвоночных – старый мозжечок – представляет собой скопление нервных клеток, возникающее в связи с развитием деятельности мышечного аппарата – импульсации со стороны проприорецепторов мышц, сухожилий, суставов. Новый мозжечок – функциональный аналог более новых этапов развития этой области мозга (рептилии, птицы) – образует у высших животных и человека два полушария, несущих в своем строении – трехслойной коре – черты сходства с большими полушариями головного мозга.

Возникновение и развитие нового мозжечка тесно связано с развитием среднего мозга, точнее, со стимулирующим влиянием афферентных импульсов через среднемозговые нервные пути. Другой действенный стимул развития нового мозжечка – развитие коры, именно двигательных зон ее, обеспечивающих произвольную иннервацию скелетной мускулатуры. Все эти отношения достаточно убедительно объясняют запоздалое развитие нового мозжечка, приуроченное к выходу животных на сушу.

Основными видами рецепции организма, имеющими отношение к деятельности мозжечка, являются вестибулярный аппарат и проприорецепторы мышц. Вестибулярный аппарат посылает импульсы в новый мозжечок, проприорецепторы через спинномозговые пути – в старый мозжечок.

По этому поводу можно вспомнить, что Шеррингтон определял физиологическую роль мозжечка как главного головного ганглия для проприорецепторных тонических рефлексов, координирующих позы и положение тела под контролем вестибулярного лабиринта.

Эфферентные воздействия на скелетную мускулатуру мозжечок осуществляет или через продолговатый и спинной мозг непосредственно, или через дополнительную промежуточную станцию – сетевидное образование среднего мозга.

Кора больших полушарий связана преимущественно с клетками второго слоя коры нового мозжечка – клетками Пуркинье. Вступая в функциональные отношения с этими клетками при помощи так называемых ползучих волокон, кора больших полушарий своим тормозящим влиянием тонко градуирует функциональные отправления мозжечка. В свою очередь мозжечок оказывает стимулирующее влияние на деятельность клеток двигательной зоны коры больших полушарий головного мозга.

*Функция мозжечка* заключается, таким образом, в рефлекторном обеспечении правильного перемещения тела в пространстве, что в свою очередь достигается обеспечением правильного напряжения различных мышечных групп, устранением (торможением) лишних движений, лишних примитивных двигательных рефлексов. Физиологической основой этой функции мозжечка являются рефлекторные регулирующие влияния на двигательные нейроны, иннервирующие скелетную мускулатуру через красное ядро среднего мозга и ядро Дейтерса. Стимулами к проявлению этих координирующих рефлексов служат импульсы с проприорецепторов мышц. Другим рефлекторным аппаратом тонкой координации мышечных сокращений является описанное выше взаимодействие между корой больших полушарий и мозжечком.

Есть все основания сделать вывод, что деятельность мозжечка имеет ближайшее отношение к осуществлению произвольных движений.

Повреждение мозжечка не влечет за собой двигательных и сенсорных параличей. Этот факт убедительно свидетельствует о вспомогательной, а не об определяющей роли мозжечка в вызове двигательных реакций животных.

Альтерирующие воздействия на мозжечок ведут к закономерному нарушению двигательной функции, нарушению координации движений, проявляющемуся в несоответствии между характером производимого движения и интенсивностью мышечного сокращения. Внешними симптомами этой дискоординации являются чрезмерность движений, шатание, зигзагообразность походки, нарушение движения, общая неуклюжесть.

#### **4. Передний мозг**

Стимулом к развитию переднего мозга позвоночных послужило развитие рецепции на расстоянии, прежде всего обонятельной рецепции, которая от начала своего возникновения оказалась связанной с высшим разделом переднего мозга, сначала промежуточным, позже – корой больших полушарий (древней «обонятельной» корой). Другие виды рецепции на расстоянии – зрительная, слуховая, будучи для животных, обитающих в водной среде, подчиненными видами рецепции на расстоянии, имели свои «представительства» ниже переднего мозга – в среднем мозге. По некоторым данным, зачаточная слуховая рецепция представлена центрами, находящимися даже еще ниже – в продолговатом мозге.

При выходе животных в воздушную среду высшие центры зрительной и слуховой рецепции в связи с их развитием и переходом в состав ведущих рецепций организма переносятся в передний мозг – промежуточный – и позднее – в новую кору больших полушарий головного мозга.

Таким образом, ход последовательного совершенствования аппаратов рецепции неразрывно связан с эволюционным развитием передних отделов головного мозга.

Важнейшим сенсорным образованием переднего – промежуточного – мозга является так называемый бугор. Бугор представляет собой мощное скопление серого вещества мозга – совокупность ядер, различных по происхождению и функции. Первоначально бугор развивался как высший центр обонятельной рецепции. Позже, с развитием мозговой коры больших полушарий конечного мозга функции бугра претерпели существенное изменение.

При перемещении в кору «центральных представительств» (Ухтомский) всех видов рецепции бугор превратился в своеобразную сенсорную промежуточную станцию – область перерыва всех афферентных нервных путей, идущих к коре больших полушарий. Именно в ядрах бугра находятся клеточные тела нейронов, представляющих собой последнее звено проводящих афферентных путей. Бугор является средоточием всех рецептивных нейронов центральной нервной системы, выполняя, таким образом, роль высшего подкоркового центра всей чувствительности тела.

Нервные связи бугра с соседними областями головного мозга отличаются исключительным обилием и функциональным многообразием.

Так, кора больших полушарий осуществляет с бугром двустороннюю связь, не только получая от него сенсорную импульсацию, но и в свою очередь, посылая в бугор координирующие его Деятельность эфферентные импульсы. Ядра бугра

образуют нервные пути к подкорковым ядрам больших полушарий, к ядрам подбугровой области и, наконец, находятся в тесной связи и друг с другом.

Эти морфологические особенности определили собой и функциональную роль бугра, которая заключается не только в передаче нервных импульсов и осуществлении механизма связи между разнообразными инстанциями головного мозга, но и прежде всего в рекомбинации этих импульсов. Динамические изменения функционального состояния ядер и синаптических связей бугра за счет взаимодействий процессов возбуждения и торможения в этих образованиях превращают бугор в важный подкорковый центр координации деятельности центральной нервной системы. Очевидно, что наиболее тесное отношение бугор имеет к сенсорной сфере деятельности нервной системы.

Физиологические основы эмоций и качественной окраски ощущений, составляющих существенную сторону субъективного мира человека, тесно связаны с функциональными отправлениями не только коры больших полушарий, но и бугра промежуточного мозга. Убедительным обоснованием этого вывода служат клинические данные, свидетельствующие о своеобразном изменении ощущений, возникающих при поражении бугра.

*Подбугровая область* является высшим подкорковым центром вегетативной нервной системы, важным эфферентным звеном рефлекторной регуляции функций организма и, в частности, обмена веществ в органах и тканях организма.

В свою очередь ядра подбугровой области имеют многочисленные нисходящие связи с ядрами сетевидного образования среднего и заднего мозга и спинного мозга.

Регулирующие обмен веществ и трофику влияния осуществляются подбугровой областью при посредстве эфферентных волокон парасимпатической и главным образом симпатической нервной системы. Роль подбугровой области промежуточного мозга в регуляции обмена веществ организма находит известное объяснение в ее тесной территориальной и функциональной связи с мозговым придатком промежуточного мозга – *гипофизом*. Функциональные связи между подбугровой областью и гипофизом могут пониматься как результат нервной регуляции секреторной функции гипофиза, имеющей, как известно, отношение к регуляции обмена веществ организма. Можно допустить, с другой стороны, что гормоны гипофиза будут играть роль химических раздражителей стимулирующих рефлекторную активность подбугровой области. На тесные функциональные отношения между подбугровой областью и гипофизом указывает и высокая химическая активность клеток подбугровой области, выделяющих в омывающие их жидкие среды медиаторы, имеющие специфическое стимулирующее значение.

Уместно указать здесь, что, судя по работам ряда отечественных ученых – Н. А. Миславского, В. М. Бехтерева, К. М. Быкова и других, трофическая функция подбугровой области находится под регулирующим влиянием коры больших полушарий. Наличие в подбугровой области двигательных ядер, связанных соматической иннервацией с двигательными центрами среднего и заднего мозга, создает условия для выполнения подбугровой областью координации двигательной функции нижерасположенных отделов головного мозга.

Функциональное взаимодействие сенсорных и двигательных образований промежуточного мозга превращает этот отдел головного мозга в место осуществления сложных безусловных рефлексов и базирующихся на этих рефлексах, еще более сложных и совершенных актов чувствования и деятельности – инстинктов.

## 5. Подкорковые ядра

Подкорковые ядра образуются скоплением серого вещества в нижних и боковых стенках больших полушарий конечного мозга.

У животных с недостаточно развитой корой больших полушарий головного мозга подкорковые ядра играют роль важнейших центров регуляции двигательных функций организма.

Основная группа подкорковых ядер может быть подразделена на две системы: систему ядер бледного шара, так называемого древнего полосатого тела (*паллидума*), и систему нового полосатого тела (*стриатума*), включающего клетки скорлупы и хвостатого ядра. Укажем, что по некоторым представлениям бледный шар принадлежит в топографическом и филогенетическом отношении не к конечному, а к нижерасположенному промежуточному мозгу. Обе системы подкорковых ядер – древнее, и новое полосатое тело – связаны непрямыми связями как с корой, так и с бугром промежуточного мозга. Это последнее образование осуществляет подачу на полосатые тела импульсации из афферентных систем головного мозга, связанных с различными видами рецепции организма (дистантной и контактной).

Подкорковые ядра связаны с нижележащими двигательными областями головного мозга через древнее полосатое тело. Эта система подкорковых ядер имеет нервные связи с подбугровой областью и с ядрами сетевидной субстанции среднего и заднего мозга. Стриатум связан с перечисленными отделами головного мозга через промежуточную станцию – систему бледного шара.

Мы уже указывали, что подкорковые ядра играют роль высших двигательных центров у животных с неразвитой или недостаточно развитой корой больших полушарий головного мозга. Так, у рыб таким высшим центром двигательной иннервации является паллидум, новое полосатое тело здесь еще не развито. У рептилий, а по некоторым данным и у птиц, роль высшего двигательного центра выполняет стриатум. Система бледного шара переходит у рептилий в подчиненное положение.

У человека и высших позвоночных животных роль подкорковых ядер в регуляции двигательных функций организма всецело подчинена деятельности коры больших полушарий подкорковые ядра играют у человека и высших позвоночных роль организаторов и регуляторов дополнительных и вспомогательных движений, способствующих выполнению основного двигательного акта. Регуляция этих вспомогательных двигательных актов происходит при помощи многонейронного экстрапирамидного двигательного пути, особенности которого накладывают свой отпечаток на моторику организма.

При поражении подкорковых ядер в зависимости от характера заболеваний имеет место или усиление, или, напротив, угнетение участия их в моторной деятельности организма.

Необходимо подчеркнуть, что деятельность подкорковых ядер не исчерпывается их участием в формировании двигательных актов. Связи с подбугровой областью позволяют подкорковым ядрам принимать непосредственное участие в регуляции вегетативной иннервации организма, другими словами, в регуляции обмена веществ и работы внутренних органов. Отсюда подкорковые ядра больших полушарий выступают как высшие подкорковые центры объединения, интеграции функций организма.

Итак, чем выше расположен отдел головного мозга, тем сложнее его структура, тем богаче его связи с другими отделами центральной нервной системы, прежде всего с вышерасположенной корой больших полушарий, тем шире связанная с ним сфера рецепции и тем, следовательно, сложнее и многообразнее его роль в рефлекторной регуляции функций организма.

## **6. Кора больших полушарий головного мозга**

Высшим, филогенетически наиболее молодым отделом нервной системы являются большие полушария головного мозга.

Структурное развитие коры больших полушарий головного мозга в филогенезе шло в направлении увеличения числа нервных клеток, в направлении возникновения многослойное. Однослойная (старая) кора рептилий и птиц переходит в процессе филогенеза в трехслойную (новую) кору млекопитающих и, наконец, в многослойную кору человека.

Обогащение клеточного состава коры идет параллельно увеличению числа и усовершенствованию характера нервных связей как в пределах самой коры, так и между корой и другими отделами центральной нервной системы и рецепторами организма. Одним из характерных признаков филогенетического развития коры является прогрессирующая миелинизация корковых путей.

Соответственно увеличению общего числа корковых нейронов чрезвычайно усложняется и усовершенствуется и аппарат корковых синаптических связей. Морфологические и функциональные особенности корковых синапсов в значительной степени определяют собой специфические функциональные особенности коры больших полушарий.

В основе физиологических сдвигов, сопровождающих структурные перестройки коры в филогенезе, лежит рост возбудимости и функциональной подвижности корковых нейронов.

Функциональная эволюция коры идет в направлении увеличения срочности и точности корковых адресовок, дифференцировки и роста специализации корковых центров. Неизбежным следствием этих процессов является совершенствование познавательной и эфферентной функции коры. Условие для развития познавательной функции коры – последовательный перенос в кору мозговых концов всех анализаторов и общее расширение сферы рецепции организма.

В основе филогенетического совершенствования корковой регуляции эффекторных двигательных реакций организма лежит комплексная деятельность различных отделов головного мозга, развитие нервных связей коры больших полушарий с двигательным прибором.

Наконец, филогенез функциональных отправлений коры больших полушарий проявляется в нарастании срочности, сложности и многообразия рефлекторных актов и в возникновении и совершенствовании качественно новой формы нервной деятельности – условнорефлекторной, чрезвычайно расширившей и обогатившей диапазон приспособительных реакций животного организма на воздействие внешнего мира.

Можно заключить, что структурная и функциональная эволюция коры больших полушарий связана с переходом к ней высших регуляторных механизмов из нижележащих отделов головного мозга.

Отростки корковых клеток формируют нервные связи, определяющие функциональные отношения между различными отделами нервной системы.

По структурным и функциональным признакам можно выделить *четыре основных типа корковых связей*.

Нервные пути первого типа являются отростками корковых клеток, дающими ветвления параллельно поверхности больших полушарий. Это так называемые *коллатеральные пути*, основное назначение которых заключается в расслоении клеток коры, в обеспечении структурной, а по-видимому, и функциональной дифференцировки клеток различных слоев коры.

Вторым типом корковых нервных связей являются *короткие ассоциативные пути*, связывающие клетки различных областей коры в пределах одного полушария, т. е. предназначенные обеспечивать целостное функционирование сложных иннервационных систем одного полушария головного мозга.

К третьему типу нервных связей относятся *длинные ассоциативные*, или *комиссуральные*, *пути*, связывающие клетки различных полушарий, обеспечивающие согласованную парную деятельность больших полушарий головного мозга.

Наконец, к последнему, четвертому типу можно отнести нервные пути, выходящие за пределы коры и выполняющие двусторонние функциональные связи между клетками коры и нижележащими отделами центральной нервной системы, – это так называемые проекционные пути.

Вся сложная система перечисленных нервных путей и синаптических связей, образуемых ими, превращает кору больших полушарий в совершенный физиологический аппарат, работающий в тесном единении со всей центральной нервной системой организма.

При рассмотрении анатомо-гистологических особенностей коры больших полушарий головного мозга человека легко обнаруживается морфологическая структурная неравноценность различных областей коры. Так, отдельные области коры оказываются связанными при помощи проекционных нервных путей с различными отделами нижележащих частей центральной нервной системы и через них – с различными рецепторами и эффекторами. Далее гистологический анализ показывает неравномерность различных областей коры и в отношении их микростроения.

По своей гистологической топографии кора больших полушарий высших животных и человека может быть подразделена, Даже в относительно грубых рамках, *на девять основных областей*: затылочную, височную, верхнюю теменную, нижнюю теменную островковую, краевую, постцентральную, прецентральную и лобную. Более тонкий анализ позволяет выделить в топографической карте коры каждого полушария до 200 участков, отличающихся друг от друга деталями своей микроструктуры.

Исходя из всего выше сказанного можно сделать вывод, что все структуры головного мозга функционируют как единое целое и обеспечивают сознание, мышление, память, трудовую деятельность человека.

**История** становления учения о локализации функций в коре больших полушарий головного мозга шла в своем развитии сложным путем. В первой половине XIX в. известный французский физиолог М. Флуранс, основываясь на результатах своих опытов на голубях, провозгласил принцип целостной, недифференцированной деятельности коры больших полушарий головного мозга. Основные факты, добытые им, заключались в следующем: 1) при разрушении

любого участка коры больших полушарий наблюдается более или менее одинаковое нарушение кортикальной регуляции рефлекторных центров мозгового ствола и 2) послеоперационное восстановление корковых влияний на рефлекторную деятельность мозгового ствола наблюдается при сохранении даже небольшого участка коры, причем независимо от локализации этого последнего.

Достоверность фактов, полученных Флурансом, не вызывает сомнений. Однако ортодоксальность его выводов о функциональной однозначности коры головного мозга животных вообще в наши дни представляется неоправданной. Ведь наблюдения Флуранса были проведены лишь на одном представителе животного мира – птицах, обладающих примитивной, однослойной корой. Отсутствие эволюционного подхода к оценке фактов, возведение частных результатов в ранг общебиологического закона – причина ошибочных выводов Флуранса. Несколько позже австрийский физиолог Ф. Галль, развивая свои взгляды о том, что психологические особенности человека должны зависеть от строения его черепа, другими словами, от Морфологических особенностей головного мозга, высказал прямо противоположную Флурансу мысль о резко выраженной функциональной дифференцировке мозга.

Взгляды Галля, заложившие основы так называемой френологии, несмотря на свою крайность, содержат здоровое зерно – он допускает существование особых в морфологическом и функциональном отношении зон больших полушарий головного мозга. Однако как каждая крайняя точка зрения, тем более высказываемая в достаточно наивной форме, френологическая теория Галля не встретила поддержки со стороны представителей физиологической науки.

Для истории вопроса представляет интересный курьез то обстоятельство, что одним из наиболее ярых противников и критиков Галля и, в частности, противников вывода учеников Галля – Бульо и Дакса, настойчиво указывавших на существование связи между строением левой лобной доли черепа и аномалиями речи, оказался известный французский хирург П. Брок. Интересно это потому, что именно Брока спустя несколько лет обнаружил в третьей лобной извилине левого полушария область, поражение которой ведет к двигательным расстройствам речи – так называемой моторной афазии.

Открытие в 1861 г. этого центра – «центра Брока» – является по существу историческим рубежом в возникновении научной теории корковой локализации функций.

В 1870 г., как уже указывалось, немецкие врачи Ж. Фрич и Е. Гитциг, используя метод электрического раздражения, обнаружили в прецентральной области коры так называемые двигательные зоны, раздражение которых вело к проявлению различных движений – сокращению различных скелетных мышц. Четырьмя годами позже, в 1874 г., немецкий врач и физиолог К. Вернике, продолжая изыскания Брока, обнаружил, что аномалии левой височной извилины коры больших полушарий головного мозга человека ведут к так называемой сенсорной афазии – нарушению восприятия звуковой устной речи («центр Вернике»).

Проблемы кортикальной локализации функций глубоко интересовали русскую физиологию. В различные годы XIX века крупнейшие представители русской физиологической науки – В.Я. Данилевский, Н.А. Миславский, В.М. Бехтерев – получили при раздражении различных областей коры головного мозга животных отчетливо выраженные изменения деятельности сердца, дыхательной системы и органов брюшной полости. Эти опыты, пополненные клиническими наблюдениями,

позволили авторам сделать вывод о локализации в определенных областях коры высших центров регуляции функций всех органов организма человека и животных.

Все эти опыты, пополненные многочисленными исследованиями физиологов и клиницистов, привели к тому, что к началу XX века в физиологии центральной нервной системы появилась точка зрения, признающая наличие специализированных центров в коре больших полушарий головного мозга у высших животных и человека.

Возвратимся к исследованиям Брока, Вернике, Фрича и Гитцига. Для современной эволюционной биологии в высшей степени интересен тот факт, подтвержденный позже многими исследователями, что двигательный центр речи расположен в коре больших полушарий в непосредственной близости от двигательного центра правой верхней конечности – конечности, предназначенной выполнять, доводить до рабочих результатов трудовую деятельность человека. Многочисленные клинические наблюдения в свою очередь говорят о тесных пространственных и физиологических отношениях в проявлениях функций речи и двигательных функций правой конечности в коре больших полушарий головного мозга человека.

Особенно любопытен тот факт, что у так называемых левшей, выполняющих работу левой рукой, центр Брока, т. е. двигательный центр речи, оказывается перенесенным из левого полушария в правое, опять-таки в тесное соседство с двигательным центром «рабочей руки».

Эти иннервационные отношения проливают яркий свет на пути эволюционного созревания головного мозга человека, на пути возникновения человека в животном мире.

Современное состояние вопроса о локализации функций в коре больших полушарий головного мозга, помимо правильного и фактически обоснованного решения проблемы, несет в себе две крайние, взаимно отрицающие друг друга точки зрения.

Первая из них, продолжая и обостряя ранние выводы Брока и других, настаивает на том, что нервная деятельность на уровне коры больших полушарий зависит от конкретного анатомического субстрата. Утверждая стабильность центральных отношений, эта точка зрения отражает метафизическое решение вопроса о функции коры головного мозга и входит в серьезный конфликт с фактическим материалом современной физиологии центральной нервной системы.

Другая крайняя точка зрения, возникшая на основе взглядов Флуранса, утверждает целостное функционирование коры. Фактически отвергая самую возможность объективного изучения функций коры головного мозга.

Истинные, объективно существующие закономерности функциональных отправлений коры больших полушарий головного мозга находят выражение в учении И.П. Павлова о динамической локализации кортикальных функций.

Учение Павлова базируется на ряде теоретических предпосылок. Прежде всего, понимая целостность организма, а, следовательно, и коры больших полушарий как закономерное следствие взаимодействия частей этого целого, Павлов указывал на необходимость изучения законов взаимодействия между частями целого, изучения деятельности и частного, и целого. Далее, самый факт существования анатомической и гистологической неравноценности отдельных областей коры больших полушарий головного мозга принимался Павловым в свете

принципа единства формы и функции за указание и на функциональную неравноценность коры.

Наконец, Павлов настаивал на необходимости эволюционного подхода к решению вопроса о локализации функций как; в отношении оценки экспериментального материала, так и при построении обобщающих выводов и теорий.

Подтверждая необходимость эволюционного подхода к решению любой проблемы физиологии, эти экспериментальные данные свидетельствуют, что примитивная однослойная кора низших позвоночных (рептилий, птиц) и даже низших млекопитающих обладает ярко выраженной функциональной однозначностью. Эта функциональная однозначность хорошо увязывается со структурой – гистологической и анатомической недифференцированностью коры на данном этапе ее развития. В свете данных эволюционной физиологии опыты Флуранса получают новое фактическое подтверждение.

Начиная с млекопитающих, точнее, тех млекопитающих, кора которых уже несет первые признаки зональной, анатомической и гистологической дифференцировки, появляется первая функциональная специализация различных областей коры. Так, в коре больших полушарий кроликов можно выделить слуховую и зрительную области, предназначенные для высшего анализа сигналов со слуховой и зрительной рецепции и регуляции реакций организма на эти сигналы. У крыс эта функциональная дифференцировка выражена значительно слабее.

У млекопитающих с более развитой корой больших полушарий – собак – наблюдается дальнейшая функциональная дифференцировка коры, обособление корковых зон всех видов рецепции, обособление двигательных областей коры. Однако эта дифференцировка не является полной, так как области различного функционального значения в ряде случаев еще перекрывают друг друга.

Существование в коре больших полушарий ассоциативных зон, разделяющих рецептивные и двигательные области коры на самостоятельные центры, было обнаружено в опытах на обезьянах.

Наибольшая функциональная дифференцировка и специализация имеет место в коре больших полушарий человека. Однако именно по отношению к коре головного мозга человека необходимо ставить вопрос и о большой пластичности корковых функций, о высокой изменчивости функциональных отношений. Надо помнить и то, что и на одном уровне филогенетического развития нервной системы корковый центр представляет собой высокодинамическое образование вследствие неоднородного физиологического состояния составляющих его корковых клеток. Сложные взаимоотношения процессов возбуждения и торможения в отдельных клеточных элементах ядерной и рассеянной части функциональной зоны коры объясняют чрезвычайную сложность физиологических механизмов деятельности этого отдела головного мозга.

К корковым центрам – центрам определенной функции – ближе всего подходит определение «функциональные комбинационные центры», данное И. П. Павловым, или определение А. А. Ухтомского – «конstellляция центров».

Выразителем переменных функциональных отношений в коре больших полушарий является принцип временной связи – принцип образования условных рефлексов.

Отсюда вывод, что метод условных; рефлексов является наиболее действенным средством для проникновения в истинные закономерности функционирования коры больших полушарий головного мозга человека и животных.

Исследования функций коры больших полушарий головного мозга животных и человека в условиях физиологического эксперимента и клинических наблюдений неоспоримо свидетельствуют в пользу основного вывода И. П. Павлова. Этот вывод гласит, что, несмотря на целостное функционирование всех отделов нервной системы, главным «распорядителем и распределителем» всех деятельности организма является филогенетически более молодой отдел ее — кора больших полушарий головного мозга.

### ЛЕКЦИЯ № 3

#### Тема: Основные закономерности роста и развития человека

##### План:

1. Сущность и задачи возрастной физиологии;
2. Характеристика процессов роста и развития;
3. Законы роста и развития;
4. Периодизация жизненного процесса;
5. Теории индивидуального развития.

**Физиология** – это наука, которая изучает протекание жизненных процессов в организме на всех его структурных уровнях: клеточном, тканевом, органном, системном и организменном.

**Возрастная физиология** – это ветвь нормальной физиологии, которая изучает функции организма на определенных этапах его индивидуального развития (на этапе онтогенеза).

##### **Задачи возрастной физиологии:**

- 1) изучает морфо-функциональные особенности людей разного возраста;
- 2) изучение общих закономерностей роста и развития с момента рождения и до конца жизни;
- 3) изучает возрастные критерии нормы показателей: анатомических, биохимических, биологических;
- 4) изучает возрастные особенности приспособления к умственной и физической работе.

Изучение процессов возрастной физиологии происходит с помощью **методов**: острого и хронического наблюдения.

**Острое наблюдение** – усыпление.

**Хроническое наблюдение** – позволяет наблюдать процессы на протяжении основного периода жизни.

**Организм** – это саморегулирующаяся система с высокой степенью надежности, на которую влияют генетические и социальные условия. Для любого организма характерно наличие возраста.

2. **Возраст** – это динамическая система, в которой переплетаются остатки предыдущего возрастного периода, доминирующие признаки настоящего периода,

зачатки будущего периода. В связи с этим, в каждом организме осуществляется рост и развитие, которые между собой неразрывны.

**Рост и развитие** – это сложный комплексный процесс количественных и качественных изменений в организме. Он проявляется в морфологической перестройке и дифференцировке тканей и органов и связано с процессами саморегуляции и затратами определенного количества энергии. Энергия связана с интенсивностью протекания ассимиляции и диссимиляции.

**Ассимиляция** – это образование сложных веществ из простых с потреблением энергии.

**Диссимиляция** – это преобразования сложных веществ в простые с выделением энергии.

**Рост** – это увеличение размеров и нарастание массы тела. Преобладание процесса ассимиляции над диссимиляцией. При этом постепенно уменьшается количество воды (хотя химический состав ребенка изменяется мало, но увеличивается белковая масса, количество реактивных белков (ферментов, гормонов, медикаментов)).

Основные показатели роста является увеличение тела в длину. При этом различают рост отдельных частей тела. При росте в длину существуют **3 фазы**:

- 1) быстрый рост с последующим замедлением (1-3 года);
- 2) равномерный рост (от 3 лет до периода полового созревания);
- 3) быстрое ускорение роста, за которым следует резкое замедление (половое созревание).

**Развитие** – морфологическая и физиологическая специализация отдельных тканей и частей тела. Это формирование и созревание функциональных систем. Основным показателем является увеличением веса тела, которое не совпадает с бурным ростом.

**3 основных периода развития:**

- 1) 1-4 года;
- 2) 8-10 лет;
- 3) 15-20 лет.

### **3. Законы роста и развития**

**1 закон** – волнообразности. Сущность его в том, что в определенные периоды жизни организм достигнув определенных размеров, достигает своих функций. Например, сердце ребенка до 2 лет растет, с 2 до 10 лет развитие, т.е. усложнение, с 11 до 12 – новая волна роста.

**2 закон** – гетерохронизма (разновременность). Сущность: происходит избирательное развитие систем и органов, которые обеспечивают гармоничность организма в разные периоды жизни.

**3 закон** – окончательного формирования органов. Сущность: в организме формирование органов происходит в разное время. Легкие развиваются до 7 лет, а с 7 лет они растут.

**4 закон** – инволюции. Сущность: определенные ткани и органы, выполнив свою функцию, подвергаются обратному развитию. Например: вилочковая железа в детском возрасте тормозит половое развитие, когда физические развития достигает ребенок, вилочковая железа начинает работать.

**Детство** - наблюдается принцип избыточности, т.е. в организме белков накапливается больше, чем их расходуется.

**Взрослость** – характерен тем, что в организме наблюдается появление лишней аминокислот тормозит образование белков, следовательно, организм не растет.

**Старение** – в организме образуется меньше, чем их расходуется. Это приводит к старению, уменьшению массы, организм не растет.

### **5. Теория биологической надежности (Маркосян)**

Биологическая надежность – это определенный оптимальный уровень регулирования процессов в организме, который приводит к нормальной жизнедеятельности. Однако в экстремальных условиях, организм способен мобилизовать свои резервы.

Надежность обеспечивается следующими факторами: 1) избыточность элементов; 2) парность органов; 3) пластичностью или динамической взаимозаменяемостью.

Надежность в детском организме снижена и накапливается гетерохронно (в разное время). В каждой системе она накапливается в зависимости от необходимости этой системы в определенном возрастном периоде.

**6. Теория Геккеля-Мюллера.** Сущность их теории в том, что организм при внутриутробном развитии повторяет все этапы развития жизни на Земле. Геккель ввел «онтогенез» или индивидуальное развитие. Краткая их теория: внутриутробно в каждом организме происходит повторение филогенеза в онтогенезе (филогенез – историческое развитие).

### **7. Теория системогенеза (Анохин)**

Сущность: в онтогенезе зрелые органы еще несформировавшиеся системы осуществляют определенную функцию. Пример: круговая мышца рта развита наиболее у младенца.

### **8. Теория энергетичности или правило скелетных мышц (Аршавский)**

Сущность: энергетические процессы в различные возрастные периоды находятся в полной зависимости от скелетной мускулатуры, а чем она активнее, тем скорее развиваются вегетативные системы, следовательно, быстрее идет рост и ребенок развивается умственно.

### **Теория передачи наследственности (Мендель)**

Сущность: развитие организма осуществляется по определенной программе, которая заложена в половых клетках. В настоящее время развивается **хромосомная теория наследственности**, которая связана со структурой клетки. На наследование признаков кроме родителей влияет среда, и потому наблюдается явление «акселерации», т.е. на рост и развитие ребенка влияет окружающие условия.

**Акселерация** (от лат. acceleratio – ускорение) – ускорение физического развития и функциональных систем организма детей и подростков.

**Ретардация** (от лат. retardatio – замедление) – замедление физического развития и формирования функциональных систем организма детей и подростков.

## **СХЕМА ВОЗРАСТНОЙ ПЕРИОДИЗАЦИИ**

Развитие ребенка представляет собой непрерывный процесс, в котором этапы медленных количественных изменений закономерно приводят к резким скачкообразным качественным преобразованиям структуры и функции детского организма.

Каждая такая качественная ступень в индивидуальном развитии человека характеризуется рядом морфофункциональных особенностей, изучить которые –

задача большого практического значения, так как без этих исследований невозможно действительно научное построение схемы возрастной периодизации.

К сожалению, сегодня наши знания биологических особенностей постнатального развития человека еще недостаточны и мы пока не в состоянии строго очертить даже его отдельные этапы. Поэтому проблема возрастной периодизации остается одной из актуальных для всего комплекса наук, исследующих развитие человека. Ее решения ждут медики, гигиенисты, психологи и педагоги.

В настоящее время предложено много схем деления на возрастные периоды постнатального развития человека. Одна из них (по А.А. Маркосяну, 1969) представлена ниже.

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
.....	8 – 11 лет девочки
Подростковый возраст.....	13 – 16 лет мальчики
.....	12 – 15 лет девушки
Юношеский возраст .....	17 – 21 год юноши
.....	16 – 20 лет девушки
Зрелый возраст:     I период .....	22 – 35 лет мужчины
.....	21 – 35 лет женщины
II период.....	36 – 60 лет мужчины
.....	35 – 55 лет женщины
Пожилой возраст.....	61 – 74 года мужчины
.....	56 – 74 года женщины
Старческий возраст.....	75 – 90 лет мужчины и женщины
Долгожители.....	90 лет и выше

Эта схема, в основе которой лежат морфофункциональные и психологические критерии, охватывает весь постнатальный онтогенез человека. Для педагогов более удобной является периодизация, построенная также на основе педагогических и социологических критериев и охватывающая возраст от рождения до 17 – 18 лет. Эта схема включает следующие периоды:

Младенческий.....	до 1 года
Преддошкольный.....	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

В заключение следует отметить, что всякая возрастная периодизация довольно условна, но она необходима для учета меняющихся в процессе онтогенеза физиологических и морфологических свойств организма детей и подростков, для разработки научно обоснованной системы охраны их здоровья, для создания таких приемов воспитания и обучения, которые были бы адекватны каждой возрастной ступени и способствовали бы оптимальному развитию физических и психических возможностей детей и подростков.

Не следует также забывать, что календарный (паспортный) возраст детей и подростков не всегда соответствует их биологической зрелости. Возможны и

задержка биологического развития, и его ускорение. В этой связи целесообразно определение биологического возраста детей и подростков, которое осуществляется с помощью различных методов. Наиболее надежным и доступным является определение биологического возраста по степени окостенения скелета (костный возраст, или скелетная зрелость) и стадиям развития вторичных половых признаков. Иногда для определения биологического возраста детей и подростков используют оценку их двигательных возможностей, которые сравнивают с существующими стандартами, характерными для того или иного возраста. Однако этот метод имеет ограниченное применение, так как позволяет говорить лишь о двигательном возрасте ребенка, что имеет значение в основном в спортивной практике.

## ЛЕКЦИЯ № 4

### Тема: Анатомо-физиологические особенности органов дыхания у детей и подростков

#### План

1. Значение и общая схема строения органов дыхания;
2. Механизм вдоха и выдоха;
3. Частота дыхания и минутный объем дыхания;
4. Газообмен в легких;
5. Нервно-гуморальная регуляция;
6. Возрастные особенности системы дыхания у детей и подростков

**1. Органы дыхания имеют большое физиологическое значение.** С их помощью в организм поступает кислород, необходимый для процессов окисления, и выделяется диоксид углерода, являющийся конечным продуктом обменных процессов организма. Потребность в кислороде для человека является более важной, чем потребность в пище или воде. Без кислорода человек погибает в течение 5-7 мин, в то время как без пищи он может прожить до 60 дней, а без воды – до 7-10 дней.

Условно в дыхании выделяют *три основных процесса*: 1) обмен газов между окружающей средой и легкими (внешнее дыхание); 2) обмен газов в легких между альвеолярным воздухом и кровью; 3) обмен газов между кровью и межтканевой жидкостью (тканевое дыхание).

Органы дыхания объединяются в единую систему органов. Принято выделять дыхательные пути, по которым вдыхаемый и выдыхаемый воздух циркулирует в легкие и из легких, и дыхательную часть (легкие), где происходит газообмен между кровью и воздухом.

*Дыхательные пути образуются* носовой полостью, глоткой, гортанью, трахеей и бронхами. Однако функция дыхательных путей не сводится только к проведению воздуха. Например, в носовой полости, трахее и бронхах вдыхаемый воздух очищается от пыли и микробов, увлажняется и согревается. Оказалось, что дыхание через нос благодаря наличию в слизистой оболочке носовой полости нервных волокон, стимулирующих деятельность легких, дает организму кислорода на 25 % больше, чем дыхание через рот.

В настоящее время существует мнение, что именно дыхательные пути являются основными «воротами», по которым в организм попадают болезнетворные

микроорганизмы. Поэтому нормальное функциональное состояние дыхательных путей обеспечивает необходимые защитные свойства организма. Кроме того, носовая полость содержит обонятельные рецепторы, глотка является частью системы пищеварения, а гортань – органом речи. Дыхательная часть органов дыхания – легкие. Это парный орган, образованный мельчайшими разветвлениями бронхов – альвеолами и эластической соединительной тканью. Альвеолы, или легочные пузырьки, видны только под микроскопом. Они имеют очень тонкие стенки, окруженные многочисленными микроскопическими кровеносными сосудами – легочными капиллярами. Общая площадь легочных пузырьков составляет около 200 м<sup>2</sup>, что способствует быстрому обмену газами между кровью и воздухом, находящимся в альвеолах (альвеолярный воздух).

Соединительная ткань легких обладает высокой эластичностью и обеспечивает так называемые внутренние сократительные силы легких, играющие важную роль в механизме вдоха и выдоха.

Морфологическое строение и функциональные свойства органов дыхания имеют возрастные, половые и индивидуальные особенности.

## **2. Механизм вдоха и выдоха. Жизненная емкость легких**

Обмен газов между организмом и внешней средой осуществляется благодаря постоянной циркуляции воздуха через дыхательные пути и легкие. В основе этой циркуляции лежат ритмические дыхательные движения, обеспечиваемые сокращением и расслаблением межреберных дыхательных мышц и диафрагмы и *состоящие из двух фаз: вдоха и выдоха.*

Осуществлению дыхательных движений способствуют также и особенности строения легких. Они находятся в полости грудной клетки в своеобразной оболочке – *легочной плевре*. Между внутренней стенкой грудной клетки, также покрытой оболочкой (пристеночная плевра), и легочной плеврой находится герметически замкнутое пространство – *плевральная полость*.

При вдохе происходит сокращение дыхательных мышц и диафрагмы, увеличение объема грудной полости и соответственно увеличение объема, легких. В результате давление в легких становится меньше атмосферного, и воздух устремляется в легкие. В механизме вдоха важную роль *играют еще два фактора:* во-первых, присутствие в плевральной полости жидкости, уменьшающей трение легких о стенку грудной клетки, и, во-вторых, наличие в плевральной полости отрицательного давления. Последнее вследствие эластичности легочной ткани при вдохе увеличивается. Так, величина отрицательного давления (плеврального) после выдоха меньше атмосферного приблизительно на 7 мм рт. ст., а в конце вдоха – на 9 мм рт. ст.

Механизм выдоха, осуществляемый в покое, протекает пассивно. При расслаблении дыхательных мышц происходит уменьшение объема грудной клетки и легких, и воздух выходит наружу.

Обычно в состоянии относительного покоя при каждом вдохе в легкие поступает около 500 мл воздуха и столько же выходит наружу. Этот объем воздуха *называют дыхательным объемом* и используют для характеристики глубины дыхания. Однако после спокойного вдоха и выдоха в легких еще остается значительное количество воздуха, которое называется *резервным объемом вдоха и выдоха*. Количественно эти объемы равны 1500 мл воздуха. Сумма дыхательного объема и резервного объема вдоха и выдоха составляет *жизненную емкость легких*

(ЖЕЛ), которая зависит от возрастных, половых и морфологических особенностей человека и является одним из важнейших функциональных показателей внешнего дыхания, широко используемого в антропометрических исследованиях для оценки физического развития человека. У взрослого человека ЖЕЛ в среднем равна:  $500 \text{ мл} + 1500 \text{ мл} + 1500 \text{ мл} = 3500 \text{ мл}$ .

У мужчин ЖЕЛ колеблется от 3200 до 7200 мл, у женщин – от 2500 до 5000 мл. У детей ЖЕЛ значительно меньше. ЖЕЛ определяют с помощью специальных приборов – спирометров.

Даже при максимальном выдохе в легких всегда остается еще около 1500 мл воздуха. Этот объем воздуха *называют остаточным*. ЖЕЛ и остаточный объем легких в сумме составляют общую емкость легких.

### **3. Частота дыхания и минутный объем дыхания**

Частота дыхательных движений в покое у взрослого человека колеблется от 14 до 20 в минуту. Количество воздуха, вдыхаемого и выдыхаемого в течение 1 мин, называют *минутным объемом дыхания* (МОД). В покое МОД колеблется от 7 до 10 л. При физической работе МОД увеличивается до 150–180 л. Величина МОД также является важным функциональным показателем внешнего дыхания человека и зависит от возраста, пола и состояния тренированности. У спортсменов МОД значительно выше, чем у людей, не занимающихся спортом, у мужчин выше, чем у женщин, у взрослых выше, чем у детей и подростков.

### **4. Газообмен в легких**

Воздух, поступающий в легкие, содержит около 21 % кислорода, примерно 0,03 диоксида углерода и 79 % азота. При поступлении воздуха в альвеолы его состав значительно меняется, количество кислорода падает до 14 %, а диоксида углерода возрастает до 5, азота – до 81 %. Изменение состава альвеолярного воздуха обусловлено смешиванием вдыхаемого воздуха с воздухом, находящимся в дыхательных путях. Поступление кислорода из альвеол в кровь, а диоксида углерода – из крови в альвеолы связано с разностью так называемых парциальных давлений каждого из газов в крови и альвеолярном воздухе. *Парциальное давление газа* – это часть общего давления газовой смеси, которое приходится на долю данного газа, т. е. оно определяется процентным содержанием газов в газовой смеси. Парциальное давление кислорода в альвеолярном воздухе более чем в два раза выше, чем в венозной крови, а диоксида углерода – несколько меньше. Вследствие этой разницы кислород диффундирует из альвеолярного пространства в кровь, а диоксид углерода – из крови в альвеолярное пространство. В результате в выдыхаемом воздухе уменьшается количество кислорода (до 16 %) и увеличивается содержание диоксида углерода (до 4 %). В тканях в сравнении с легкими между парциальным давлением кислорода и диоксида углерода существуют обратные зависимости, что обеспечивает обмен газами между кровью и межтканевой жидкостью.

### **5. Нервно-гуморальная регуляция дыхания**

Потребность организма в кислороде определяется характером его деятельности. Приспособление дыхания к особенностям деятельности осуществляется многоуровневой системой нервной регуляции при ведущем значении коры головного мозга.

Низший дыхательный нервный центр был впервые подробно исследован известным русским физиологом М.А. Миславским (1854–1928). Он находится в

продолговатом мозге и состоит из двух тесно взаимосвязанных отделов, ответственных за протекание вдоха и выдоха.

Возбудимость нервных клеток дыхательного центра определяется концентрацией в крови диоксида углерода (*гуморальный фактор*). При повышении в крови концентрации диоксида углерода степень возбуждения нервных клеток дыхательного центра возрастает, что приводит к интенсификации дыхания. Механизм действия диоксида углерода на нервные клетки дыхательного центра осуществляется *двумя путями*: при непосредственном действии крови, омывающей нервные клетки, и рефлекторным путем, при действии диоксида углерода на специальные рецепторы, расположенные в кровеносном русле (*хеморецепторы*).

Важное значение в регуляции дыхания имеют также и другие рефлекторные механизмы. Так, при вдохе происходит растяжение легких и раздражение специальных рецепторов (*барорецепторы*), расположенных в их стенках, а также в межреберных мышцах и диафрагме. Центростремительные импульсы поступают в продолговатый мозг, происходит торможение вдоха и начинается выдох. Как только растяжение легких прекращается, прекращается импульсация в дыхательный центр; возбудимость нервных клеток возрастает и опять включается механизм вдоха. Разрушение дыхательного центра у экспериментальных животных приводит к немедленной остановке дыхания и гибели животных.

Участие коры головного мозга в регуляции дыхания доказывается возможностью произвольной задержки дыхания или его интенсификации. Способность к произвольной регуляции дыхания *зависит от тренированности* организма. Например, у спортсменов возможно произвольное усиление дыхания и увеличение его МОД до 200 л, в то время как у людей, не занимающихся спортом, – только до 70–80 л. Примером участия КХМ в регуляции дыхания является также изменение дыхания у спортсменов на старте или изменение дыхания у студентов, сдающих экзамены.

## **6. Возрастные особенности системы дыхания у детей и подростков**

В пренатальном развитии собственные органы дыхания плода практически не функционируют, а необходимый для жизни кислород плод получает через плаценту. Легкие плода находятся в спавшемся состоянии, имеют плотную консистенцию и слабо развитую эластическую ткань. С первым вдохом новорожденного легкие расправляются и устанавливается ритмическое дыхание, частота которого колеблется от 40 до 60 в минуту. Механизм первого вдоха новорожденного связан с действием на нервные клетки дыхательного центра диоксида углерода, растворенного в крови. Повышение его концентрации наблюдается при рождении ребенка и нарушении плацентарного кровообращения. Накапливающийся в крови диоксид углерода действует (гуморально) непосредственно на нервные клетки дыхательного центра и (рефлекторно) через хеморецепцию кровеносных сосудов. В результате происходит активация дыхательного центра и включаются механизмы дыхания – ребенок совершает первый вдох. В первые годы постнатального развития и в пубертатном периоде наблюдается особенно интенсивное развитие органов дыхания.

В процессе онтогенеза значительно увеличивается масса и объем легких. Слизистые оболочки дыхательных путей у детей раннего возраста нежнее, суше и богаче кровеносными сосудами. Легкие менее эластичны и более полнокровны. В результате у детей легче происходит патологическое повреждение органов дыхания.

В онтогенезе изменяется частота и глубина дыхания. Чем моложе ребенок, тем дыхание его чаще. Глубина дыхания в сравнении со взрослыми у детей раннего возраста в 8–10 раз меньше. До 8 лет мальчики дышат несколько чаще девочек, а затем частота дыхания, по данным одних авторов, у девочек становится больше, по данным других – практически сравнивается. Глубина дыхания и легочная вентиляция у мальчиков больше, чем у девочек. У мужчин дыхательные движения осуществляются в основном за счет сокращения диафрагмы – *брюшной тип дыхания*, у женщин – за счет сокращения межреберных мышц – *грудной тип дыхания*. Это различие появляется уже в препубертатном периоде с 7–8 лет, но не является постоянным и может изменяться в зависимости от характера трудовой деятельности.

Значительно изменяется с возрастом ЖЕЛ, достигая к 16–17 годам функционального уровня взрослого (табл. 20).

Таблица

**Средняя величина ЖЕЛ у детей и подростков, мл**

Пол детей	Возраст, годы					
	6	7	10	12	15	17
Мальчики	1200	1400	1630	1975	2600	3520
Девочки	1100	1200	1460	1905	2530	2760

Газовый состав альвеолярного и выдыхаемого воздуха у детей отличается от взрослых большим содержанием кислорода и меньшим – диоксида углерода, т. е. процент используемого кислорода у детей значительно меньше. Чем моложе ребенок, тем это отличие резче.

У детей слабо выражена способность к произвольной регуляции дыхания, особенно с помощью словесных инструкций. Произвольная регуляция дыхания совершенствуется параллельно развитию речи и приближается к уровню взрослого только к 11–12 годам.

## ЛЕКЦИЯ № 5

### Тема: Анатомо-физиологические особенности системы пищеварения у детей и подростков

#### План

1. Значение пищеварения:
  - а) строение и функции системы пищеварения,
  - б) механизм секреции слюны
  - в) механизм секреции желудочного сока
  - г) функции печени
  - д) процесс пищеварения в желудке
  - е) процесс пищеварения в тонком кишечнике
  - ж) процесс пищеварения в толстом кишечнике
2. Возрастные особенности органов пищеварения у детей и подростков.

## 1. Значение пищеварения

а. Общая схема строения и основные функции системы пищеварения. Нормальная жизнедеятельность организма человека возможна только при условии постоянного поступления в организм органических и неорганических веществ, необходимых для осуществления его основной функции – обмена веществ и энергии. Эти вещества поступают в организм с пищей, основными химическими компонентами которой являются белки, жиры, углеводы, витамины, вода и минеральные соли. Однако органические вещества, поступающие в организм, являются для него чужеродными. Для того чтобы они могли использоваться в обменных процессах организма, необходима их длительная физическая и химическая переработка. Процесс физических и химических превращений пищи, представляющий собой ее расщепление до простых составляющих веществ, удобных для всасывания и усвоения организмом, называют пищеварением.

Органы, осуществляющие процессы пищеварения, образуют пищеварительную систему, состоящую из ротовой полости, слюнных желез, пищевода, желудка, тонкого и толстого кишечника, печени и поджелудочной железы.

Функции органов пищеварения были детально изучены выдающимся отечественным физиологом И.П. Павловым. С помощью фистульного метода Павлова удалось выяснить наиболее основные физиологические механизмы деятельности органов пищеварения и получить научную информацию, ценность которой не теряет своего значения до сегодняшнего времени. В мировой физиологии главу об органах пищеварения называют «русской главой», а ее автор в 1904 г. был удостоен высшей награды ученого – Нобелевской премии.

Схематически система пищеварения представляет собой трубку (пищеварительный тракт), начинающуюся в ротовой полости и кончающуюся толстым кишечником. На всем протяжении пищеварительный тракт имеет общую схему строения. Все его отделы образованы трехслойной стенкой. Внутренний слой, называемый слизистой оболочкой, содержит большое количество кровеносных сосудов и желез. Существует два основных типа желез: одни выделяют пищеварительные соки (слизистая ротовой полости, желудка, тонкого кишечника), другие – бесцветную и тягучую жидкость (слизь), увлажняющую пути пищеварительного тракта и способствующую передвижению пищи. В слизистой оболочке находится также специальная ткань, обладающая иммунными свойствами и называемая лимфо-идной. Особенности строения слизистой способствуют диффузии через нее из полостей пищеварительного тракта в кровь и лимфу воды и растворенных в ней питательных веществ.

Внутренний средний слой состоит из гладкомышечной ткани, благодаря сокращениям которой происходит передвижение пищи по пищеварительному тракту.

Верхний слой всех отделов пищеварительного тракта представлен соединительно-тканной оболочкой (серозная оболочка), служащей своеобразной «разделительной границей» пищеварительного тракта и окружающих его внутренних органов.

Начало пищеварительного тракта – ротовая полость. Это своеобразные «ворота» пищеварительной системы. Функции ротовой полости связаны с опробованием пищи (определение ее качественного состава, вкусовых свойств и температуры), ее механической переработкой (размельчение и увлажнение) и некоторыми химическими превращениями (расщепление углеводов). Размельчение пищи, ее пережевывание, осуществляется с помощью зубов, движения щек и языка.

В результате происходит увлажнение пищи слюной и формируется мягкий, эластичный пищевой комок, удобный для глотания. Кроме того, слюна оказывает на пищу химическое действие: в ней содержится фермент, расщепляющий углеводы.

**Механизм выделения слюны** – рефлекторный. При действии пищи на рецепторы ротовой полости (вкусовые, температурные, болевые) происходит их возбуждение. Нервные импульсы затем попадают в продолговатый мозг, где расположен центр слюноотделения, и оттуда их поток идет к слюнным железам, расположенным в ротовой полости. Этот тип секреции слюны называют безусловно-рефлекторным. Возможно также и условно-рефлекторное отделение слюны. Сильные раздражители вызывают слюноотделение уже через 1–2 с, а слабые – через 20–30 с. В среднем в ротовой полости пища находится около 15–20 с. Сокращение этого времени, плохое пережевывание пищи мешает ее последующей переработке в других отделах пищеварительного тракта. Кроме того, плохо размельченная пища способна повредить слизистую оболочку желудка и вызвать ее хронические заболевания (катар, язва).

Глотание пищевого комка является сложным рефлекторным актом, начало которого имеет произвольный характер, а конец – непроизвольный (автоматический). Нервный центр акта глотания также находится в продолговатом мозге. Механизм глотания следующий: подготовленный пищевой комок проталкивается с помощью языка к глотке (произвольная часть глотания), где находятся специальные рецепторы. Раздражение рецепторов является сигналом к осуществлению автоматической части глотания. При этом с помощью специальных «приспособлений» предотвращается возможность попадания пищи в дыхательные пути (носовая полость и гортань). Вот почему возникла поговорка: «Когда я ем, я глух и нем». Слишком оживленная беседа за едой может привести к диссонансу рефлекторного акта глотания и попаданию пищевых комков в дыхательные пути. Автоматизм глотания приносит много хлопот детским врачам, так как маленькие дети часто проглатывают все, что попадает им под руку.

Таким образом, из ротовой полости пищевой комок поступает в глотку, проглатывается, попадает в пищевод и, наконец, в полый орган – желудок. Здесь происходит дальнейшая физическая и химическая обработка пищи и ее расщепление. Общий объем желудка взрослого человека составляет 1–2 л. Благодаря мощным мышечным слоям стенок желудка и их периодическим сокращениям пища продолжает размельчаться и хорошо смешивается с желудочным соком, образующимся в желудочных железах. Эти железы расположены в значительном количестве в слизистой желудка. Подсчитано, что 1 мм<sup>2</sup> слизистой желудка содержит около 100 желез, а всего в слизистой желудка находится около 14 млн. желез. Желудочный сок содержит в основном воду (98 %), а также соляную кислоту (0,3– 0,5 %), различные соли и ферменты, осуществляющие частичное расщепление белков и жиров. В среднем в желудке пища находится от 3–4 до 10 ч.

**Механизм секреции желудочного сока** осуществляется нервно-гуморальным путем. Важное значение для секреции желудочного сока имеет раздражение обонятельных и зрительных рецепторов, рецепторов ротовой полости и глотки. В основе этой секреции лежат безусловно-рефлекторные механизмы (рефлекторная фаза секреции желудочного сока). Благодаря условно-рефлекторному механизму отделения желудочного сока его секреция начинается еще до приема пищи, что

имеет важное биологическое значение. И.П. Павлов называл этот желудочный сок «запальным» или «аппетитным». Нервное возбуждение может надолго затормозить сокоотделение, что существенно нарушает весь ход пищеварительных процессов. Причиной такого торможения может быть чтение за обедом литературы, обсуждение каких-либо событий, споры, ссора и т. д.

Сигналом к секреции желудочного сока является механическое раздражение слизистой желудка пищей и действие на нее некоторых содержащихся в пище химических веществ (нервно-гуморальная фаза секреции желудочного сока). Наконец, возможны чисто гуморальные механизмы секреции желудочного сока. Эта гуморальная фаза сокоотделения связана с действием на желудочные железы химических веществ, которые попадают в кровь при их всасывании в тонком кишечнике. Гуморальными механизмами объясняется, в частности, сокогонное действие различных закусок (салаты, винегреты, соленья) и первых блюд (супы, бульоны и т. д.).

После соответствующей обработки и благодаря сокращениям мышечных стенок желудка и специального сфинктера пища проталкивается в первый отдел тонкого кишечника – двенадцатиперстную кишку. Это один из важнейших отделов пищеварительного тракта. Здесь происходит расщепление практически всех пищевых компонентов до их элементарных удобных для всасывания частей. Особое значение в этом процессе имеет пищеварительный сок двенадцатиперстной кишки, содержащий полный набор ферментов, действующих на белки, жиры и углеводы. Важное значение для пищеварения жиров имеет желчь, образующаяся в самой крупной железе нашего тела – печени. Желчь эмульгирует жиры, т. е. превращает их в мельчайшие капельки, что значительно увеличивает площадь соприкосновения жировых частичек с ферментами и, следовательно, способствует ускорению их расщепления.

**Функции печени** не ограничиваются ее участием в процессах пищеварения. Выключение желчеобразования не приводит организм к гибели, в то время как удаление печени из организма через несколько дней вызывает его гибель. Дело в том, что печень, образно говоря, сложно-строенная «химическая лаборатория» нашего тела. Она участвует практически во всех обменных процессах животного организма, в ней осуществляется частичная функция кроветворения. Наконец, печень – это своеобразный «фильтр», через который проходит вся кровь. Причем печень обладает способностью нейтрализовывать все ядовитые вещества, содержащиеся в крови. Вот эта барьерная функция печени и обуславливает ее жизненное значение.

Постоянное поступление в организм значительных количеств ядов может повредить печень и вызвать заболевание цирроз, сопровождающийся гибелью клеток печени и потерей ее барьерных функций. Особенно вредное воздействие на печень оказывает алкоголь. Именно алкогольный цирроз печени является наиболее частой причиной гибели людей, злоупотребляющих алкоголем.

В следующих отделах тонкого кишечника происходит дальнейшее расщепление оставшихся еще нерасщепленными питательных веществ и их всасывание. Процесс всасывания представляет собой переход (диффузия) элементарных составных компонентов питательных веществ из полости пищеварительного тракта через его стенку в кровь и лимфу. Белки всасываются в виде аминокислот, углеводы – в виде глюкозы, а жиры – в виде глицерина и жирных

кислот. Процессу всасывания питательных веществ способствует особое строение слизистой тонкого кишечника. Здесь имеются специальные выросты слизистой, называемые ворсинками. Количество ворсинок на  $1 \text{ мм}^2$  достигает 20–40, а их высота – около 1 мм. Наличие ворсинок значительно увеличивает площадь соприкосновения питательных веществ со слизистой кишечника. Однако роль ворсинок не сводится только к механическому участию во всасывании. Они имеют сложное строение: сверху покрыты эпителием, а внутри имеют кровеносный и лимфатический сосуды и мышечные клетки. Последние сокращаясь работают, как насос, нагнетающий жидкое содержимое полости кишечника в кровь и лимфу. Как показывают исследования, только за 1 сутки из тонкого кишечника всасывается до 10 л жидкости, которая образуется в основном за счет пищеварительных соков.

Изучение строения ворсинок с помощью электронного микроскопа показало, что на каждой ворсинке находится до 3000 микроворсинок, увеличивающих площадь контакта слизистой кишечника с питательными веществами до нескольких сотен квадратных метров (до  $500 \text{ м}^2$ ). Как показали исследования известного советского физиолога А. М. Уголева, на микроворсинках находится множество ферментов, быстро завершающих процессы расщепления питательных веществ. Это пищеварение на поверхности слизистой кишечника А.М. Уголев (1967) назвал пристеночным, или контактным, пищеварением.

Заканчивается пищеварительный тракт в толстом кишечнике. Здесь в основном всасывается вода и формируются каловые массы. В толстом кишечнике находится большое количество различных микроорганизмов, участвующих в расщеплении грубой растительной пищи – клетчатки. Сам по себе этот процесс практически не имеет никакого значения в питании человека, но наличие грубой клетчатки в толстом кишечнике способствует сокращению его мышечных стенок и своевременному удалению из организма каловых масс, которое осуществляется произвольно регулируемым нервно-рефлекторным механизмом. Задержка каловых масс в толстом кишечнике сопровождается усилением гнилостных процессов и накоплением в кишечнике ядовитых продуктов гниения. Незначительное количество этих ядов обычно направляется вместе с кровью в печень, где происходит их нейтрализация. Однако большое количество ядов затрудняет работу печени, может вызвать ее нарушение и привести к развитию заболеваний печени и всего организма. В этой связи застой каловых масс в толстом кишечнике (запоры) всегда является нежелательным явлением.

Значение толстого кишечника не ограничивается его участием в процессе пищеварения. Как стало известно в последние годы, бактерии толстого кишечника вырабатывают витамин  $\text{B}_{12}$ , необходимый для нормальной деятельности системы крови. В начальном отделе толстого кишечника – слепой кишке, находится аппендикс – червеобразный отросток, имеющий определенное значение в обеспечении иммунных свойств нашего организма.

## **2. Возрастные особенности органов пищеварения у детей и подростков.**

Наиболее существенные морфологические и функциональные отличия между органами пищеварения взрослого человека и ребенка наблюдаются только в первые годы постнатального развития. Функциональная активность слюнных желез проявляется с появлением молочных зубов (с 5–6 месяцев). Особенно значительное усиление слюноотделения происходит в конце первого года жизни. В течение первых двух лет интенсивно идет формирование молочных зубов. В возрасте 2–2,5 года

ребенок имеет уже 20 зубов и может употреблять сравнительно грубую пищу, требующую пережевывания. В последующие годы, начиная с 5–6 лет, молочные зубы постепенно заменяются на постоянные.

В первые годы постнатального развития интенсивно идет формирование других органов пищеварения: пищевода, желудка, тонкого и толстого кишечника, печени и поджелудочной железы. Меняются их размеры, форма и функциональная активность. Например, объем желудка с момента рождения до 1 года увеличивается в 10 раз. Форма желудка у новорожденного округлая, после 1,5 лет желудок приобретает грушевидную форму, а с 6–7 лет его форма ничем не отличается от желудка взрослых.

Значительно изменяется строение мышечного слоя и слизистой оболочки желудка. У детей раннего возраста наблюдается слабое развитие мышц и эластических элементов желудка. Желудочные железы в первые годы жизни ребенка еще недоразвиты и малочисленны, хотя и способны секретировать желудочный сок, в котором содержание соляной кислоты, количество и функциональная активность ферментов значительно ниже, чем у взрослого человека. Так, количество ферментов, расщепляющих белки, увеличивается особенно интенсивно с 1,5 до 3 лет; затем в 5–6 лет и в школьном возрасте до 12–14 лет. Содержание соляной кислоты увеличивается до 15–16 лет. Низкая концентрация соляной кислоты обуславливает слабые бактерицидные свойства желудочного сока у детей до 6–7 лет, что способствует более легкой восприимчивости детей этого возраста к желудочно-кишечным инфекциям.

Количество желез в слизистой оболочке желудка интенсивно нарастает до 10 лет и приближается к уровню взрослого в 15–16 лет.

В процессе развития детей и подростков существенно меняется не только количество и состав желудочного сока, но и активность содержащихся в нем ферментов. Особенно значительно меняется в первый год жизни активность фермента – химозина, действующего на белки молока. У ребенка 1–2 месяцев его активность в условных единицах равна 16–32, а в 1 год может достигать 500 ед., у взрослых этот фермент полностью теряет свое значение в пищеварении. С возрастом нарастает также активность других ферментов желудочного сока и в старшем школьном возрасте она достигает уровня взрослого организма. Следует отметить, что у детей до 10 лет в желудке активно идут процессы всасывания, в то время как у взрослых эти процессы осуществляются в основном только в тонком кишечнике.

Поджелудочная железа развивается наиболее интенсивно до 1 года и в 5–6 лет. По своим морфофункциональным параметрам она достигает уровня взрослого организма к окончанию подросткового возраста (в 11–13 лет завершается ее морфологическое развитие, а в 15–16 лет – функциональное).

Аналогичные темпы морфофункционального развития наблюдаются у печени и всех отделов кишечника.

Таким образом, характеризуя развитие органов пищеварения в целом, следует отметить, что их развитие в известной степени идет параллельно с общим физическим развитием детей и подростков. Наиболее интенсивный рост и функциональное развитие органов пищеварения наблюдается в 1-й год постнатальной жизни, в дошкольном возрасте и, наконец, в подростковом периоде, когда органы пищеварения по своим морфофункциональным свойствам приближаются к уровню взрослого организма.

Педагогам важно учитывать, что деятельность органов пищеварения находится под контролем нервной системы и значительно зависит от функционального состояния коры головного мозга. В процессе жизни у детей и подростков легко вырабатываются условные пищевые рефлексы, в частности рефлексы на время приема пищи. В обеденное время начинается усиленное отделение желудочного сока или «психического сока», как называл его И. П. Павлов. В связи с этим важно приучить детей к строгому соблюдению режима питания и в школе строить учебно-воспитательный процесс таким образом, чтобы он не нарушал «обеденный стереотип». Важное значение для нормального пищеварения имеет соблюдение «пищевой эстетики» – сервировка стола, вид и запах поданной пищи, окружающая обстановка в комнате и др.

## **ЛЕКЦИЯ № 6**

### **Тема: Возрастные особенности обмена веществ и энергии. Питание детей и подростков**

#### **План**

1. Значение обмена веществ и энергии;
2. Основные особенности обмена веществ и энергии у детей и подростков;
3. Питательные вещества, их значение и обмен в организме;
4. Энергетический обмен у детей и подростков;
5. Питание детей и подростков.

**1. Значение обмена веществ и энергии.** Обмен веществ и энергии является одной из важнейших качественных особенностей живой природы и основной функцией организма, с его прекращением прекращается и жизнь.

В процессе обмена веществ в организм поступают различные энергосодержащие питательные вещества, вода, минеральные соли и выделяются продукты распада – уже ненужные или вредные для жизнедеятельности организма вещества. Из вновь поступивших химических веществ организм строит новые клетки и их составные части. Это пластические процессы, или процессы ассимиляции. Одновременно с этим в организме происходят процессы разрушения старых, «отживших» клеток и их составных частей, т. е. идут процессы диссимиляции, или распада. В результате этих процессов организм освобождается от «изношенных и негодных своих частей» и получает энергию, необходимую для его жизнедеятельности.

#### **2. Основные особенности обмена веществ и энергии у детей и подростков.**

Процессы обмена веществ и энергии особенно интенсивно идут во время роста и развития детей и подростков, что является одной из характернейших черт растущего организма. На этом этапе онтогенеза пластические процессы (ассимиляция) значительно преобладают над процессами разрушения (диссимиляция) и только у взрослого человека между этими единственными и противоположными процессами обмена веществ и энергии устанавливается динамическое равновесие.

Таким образом, процессы ассимиляции и диссимиляции в здоровом взрослом организме находятся в динамическом равновесии. В детстве, когда происходит усиленный рост, преобладают процессы ассимиляции, в старости – процессы диссимиляции. Эта закономерность может нарушаться в результате различных заболеваний и действия других экстремальных факторов окружающей среды.

### **3. Питательные вещества, их значение и обмен в организме.**

Выше было отмечено, что в состав клеток входит около 70 химических элементов, образующих в организме два основных типа химических соединений: органические и неорганические вещества. К органическим веществам относятся белки, жир и углеводы, а к неорганическим – вода и минеральные соли. В теле здорового взрослого человека средней массы (70 кг) содержится примерно (в кг): воды – 40–45; белков – 15–17; жиров – 7–10; минеральных солей – 2,5–3; углеводов – 0,5–0,8. Однако химический состав организма никогда не бывает постоянным. Непрерывные процессы синтеза и распада, происходящие в организме, требуют правильного и регулярного поступления материала, необходимого для замещения уже отживших и ненужных частиц организма. Этот «строительный материал» поступает в организм с пищей, в состав которой входят белки, жиры, углеводы, минеральные соли, вода и витамины. За 70 лет жизни человек съедает и выпивает (в т): воды – более 50; белков – 2,5; жиров – 2; углеводов – 10; поваренной соли – 0,2–0,3. Следовательно, количество пищи, которую съедает человек за свою жизнь, во много раз превышает его собственную массу. Все это говорит о высокой скорости процессов обмена веществ в организме человека. Например, с помощью метода меченых атомов (радиоизотопный метод) было установлено, что обновление половины всего имеющегося в организме белка осуществляется всего за 80 дней. Половина белков плазмы крови человека замещается в течение 10 дней. В мышцах и коже белки замещаются в течение 158 дней. В процессе жизни белки организма человека должны обновляться приблизительно около 200 раз. Если бы в организме не протекали процессы распада, то накопилось бы столько белка, что его хватило бы для построения тела 200 человек. Обмен белков. Белки составляют около 25 % от общей массы тела. Это самая сложная его составная часть. В состав простых белков входит всего четыре химических элемента: кислород, водород, углерод и азот. В состав сложных белков (например, белки мозга) входит также сера, фосфор, железо и др.

Белки представляют собой полимерные соединения, состоящие из мономеров – аминокислот. Молекулы белков могут содержать от 100 до 30 000 мономеров, а их молекулярная масса колеблется от 17 000 до 500 000. Известно всего 20 аминокислот, из которых и построено все бесконечное многообразие белковых соединений, входящих в состав организма человека; причем белковый набор каждого человека является строго уникальным, специфичным. Специфичность белков определяется как количеством составляющих белковые молекулы аминокислот, так и их последовательностью. Если представить, что каждый белок состоит из наименьшего числа аминокислот, т. е. примерно 100, то из 20 аминокислот можно построить 20'00 белковых молекул. Это число более чем в триллион раз ( $10^{12}$ ) превышает число всех атомов во Вселенной. Таким образом, из 20 аминокислот можно построить практически бесконечное число белковых соединений. Если учесть к тому же, что аминокислотные цепи – первичные структуры белка – могут различным образом скручиваться, образуя вторичные, третичные и

четвертичные структуры, то безграничные возможности синтеза белковых молекул не вызывают сомнений.

В организме белки выполняют различные функции. Являясь основой ферментов, белки способны изменять скорость химических превращений в процессе обмена веществ, т.е. играют роль биологических катализаторов. Некоторые белки выполняют транспортную функцию. Например, гемоглобин, содержащийся в эритроцитах, участвует в переносе кровью кислорода. Все виды двигательных реакций в организме выполняются особыми сократительными белками – актином и миозином. Являясь основным материалом, из которого построены клетки нашего тела, белки выполняют строительную роль.

В нашем организме белок пищи под действием пищеварительных соков расщепляется на свои простые составные части – пептиды (промежуточные продукты) и аминокислоты, которые затем всасываются в кишечнике и поступают в кровь.

Равноценны ли для нашего организма любые белки, поступающие с различными продуктами питания? Бесспорно нет! Дело в тех аминокислотах, из которых они состоят. Научкой доказано, что из 20 аминокислот только 8 являются незаменимыми для человека. К ним относятся: триптофан, лейцин, изолейцин, валин, треонин, лизин, метионин и фенилаланин. Для растущего организма необходим также гистидин.

Отсутствие в пище любой из незаменимых аминокислот (остальные могут синтезироваться в организме) вызывает серьезные нарушения жизнедеятельности организма, особенно растущего организма детей и подростков. Хотя белки и составляют  $\frac{1}{5}$  часть организма человека и около  $\frac{2}{3}$  его плотного остатка, организм обладает лишь незначительными белковыми резервами. Вот почему белковое голодание приводит к задержке, а затем и к полному прекращению роста и физического развития. Ребенок становится вялым, наблюдается резкое похудание, обильные отеки, поносы, воспаление кожных покровов, малокровие, снижение сопротивляемости организма к инфекционным заболеваниям и т.д. В малоразвитых странах широко распространено заболевание, называемое «квашиноркор» – результат питания преимущественно растительной пищей, лишенной многих незаменимых аминокислот.

Серьезные нарушения развития детей и подростков, вызванные белковым голоданием, объясняются тем, что белок, как было сказано выше, является основным пластическим материалом организма, из которого образуются различные клеточные структуры. Кроме того, белки входят в состав ферментов, гормонов, нуклеопротеинов, образуют гемоглобин и антитела крови.

Каковы потребности человека в белке? Если работа не связана с интенсивными физическими нагрузками, организм человека в среднем нуждается в получении в сутки примерно 1,1 – 1,3 г белка на 1 кг массы тела. Это означает, что человек, весящий 70 кг, должен получать в сутки не менее 80–100 г белка. С увеличением физических нагрузок возрастают и потребности организма в белке.

Для растущего организма потребности в белке значительно выше. На первом году постнатального развития ребенок должен получать более 4 г белка на 1 кг массы тела, в 2–3 года – 4 г, в 3–5 лет – 3,8 г и т. д. Об интенсивности белкового обмена в организме судят по количеству поступившего и выделившегося из организма азота. Дело в том, что белок в отличие от других органических веществ организма человека содержит в своем составе азот. Поэтому, определяя так

называемый азотистый баланс организма, мы определяем и обмен белков. Обычно 1 г азота содержится в 6,25 г белка. Если поступление азота больше, чем его выделение, то в организме наблюдается положительный азотистый баланс, т. е. преобладание синтеза белка над его распадом. Обычно положительный азотистый баланс наблюдается у растущего организма. Если количество выведенного из организма азота больше количества введенного, то говорят об отрицательном азотистом балансе. Он обычно наблюдается при голодании, некоторых заболеваниях и на заключительных этапах старения организма.

Конечными продуктами белкового обмена являются азотсодержащие вещества – мочевины и мочевая кислота, образующиеся в организме в результате реакций дезаминирования, т.е. отделения от молекул аминокислот азота, и безазотистые вещества, из которых сначала образуется глюкоза, а затем конечные продукты ее обмена – диоксид углерода и вода.

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

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

Количество запасного жира зависит от характера питания, количества пищи, конституционных особенностей, пола и возраста. Использование жиров как резервного вещества связано с его высокой энергетической ценностью – окисление 1 г жира в организме дает примерно 39 кДж, а окисление 1 г углеводов и белков – около 17 кДж.

В организме жир расщепляется на глицерин и жирные кислоты и всасывается в лимфу, после чего поступает в жировую ткань и клетки.

Принято считать, что в рационе здорового взрослого человека жиры должны составлять около 30 % общей калорийности пищи, т. е. человек должен съедать в сутки 80–100 г жиров. Необходимо использовать в пищу жиры и животного, и растительного происхождения, приблизительно в соотношении соответственно 2:1, так как некоторые составные компоненты растительных жиров не могут синтезироваться в организме. Это так называемые непредельные жирные кислоты: линолевая, линоленовая и арахидоновая. Недостаточное поступление этих жирных кислот в организм человека приводит к нарушению обмена веществ и развитию атеросклеротических процессов в сердечно-сосудистой системе. Потребности детей и подростков в жирах имеют свои возрастные особенности.

Углеводы в организме расщепляются до простых сахаров – глюкозы, фруктозы, галактозы и т.д. – и всасываются в кровь. Содержание глюкозы в крови взрослого человека постоянно и равно в среднем 0,1 %. При повышении количества сахара в крови до 0,11–0,12 % глюкоза поступает из крови в печень и мышечные ткани, где откладывается в запас в виде животного крахмала – гликогена. При дальнейшем увеличении содержания сахара в крови до 0,17 % в его выведение из организма

включаются почки, в моче появляется сахар. Это явление называют глюкозурией. В некоторых случаях возможно стойкое патологическое повышение концентрации углеводов в крови, сопровождающееся усиленным выведением сахара с мочой. Это заболевание, называемое сахарным диабетом (мочеизнурение), связано с нарушением внутрисекреторной функции поджелудочной железы.

При пониженном содержании сахара в крови (менее 0,1 %) гликоген, имеющийся в печени и мышцах, расщепляется до глюкозы и поступает в кровь; образование глюкозы возможно также из белка и жира. Патологическое снижение глюкозы до 0,05 % опасно для жизни, наступает обморочное состояние (инсулиновый шок), которое также связано с нарушением функций поджелудочной железы.

Организм использует углеводы в основном как энергетический материал. Замечательное свойство Сахаров заключается в их быстрой утилизации в процессах жизнедеятельности, именно поэтому при интенсивном физическом труде в пище должно содержаться большое количество углеводов (до 800–900 г/день).

В обычных условиях в среднем для взрослого мужчины, занятого умственным или легким физическим трудом, в день требуется 400–500 г углеводов. Потребности в углеводах детей и подростков значительно меньше, особенно в первые годы жизни. В детском организме наблюдается более полноценное и быстрое усвоение углеводов и большая устойчивость к избытку сахара в крови. Например, появление сахара в моче у детей наблюдается при поступлении не менее 8–12 г глюкозы на 1 кг массы тела, а у взрослых – уже при поступлении 2,5–3 г.

Водно-солевой обмен. Для жизнедеятельности организма вода играет намного большую роль, чем остальные составные части пищи. Например, при нормальном поступлении воды в организм (суточная потребность человека в воде 2,3–2,7 л; и при полном голодании возможно сохранить жизнь до 60 дней. Без воды жизнь человека возможна лишь в течение нескольких дней. Дело в том, что вода в организме человека является одновременно строительным материалом, катализатором всех обменных процессов и терморегулятором тела.

Общее количество воды в организме зависит от возраста, пола и упитанности. В среднем в организме мужчины содержится около 61 % воды, в организме женщины – 51 %.

Содержание воды в детском организме значительно выше, особенно на первых этапах развития. По данным эмбриологов, содержание воды в теле 4-месячного плода. Достигает 90%, а у 7-месячного – 84 %. В организме новорожденного, по данным разных авторов, вода составляет от 70 до 80 %. В постнатальном онтогенезе содержание воды быстро падает. Большее содержание воды в организме детей, очевидно, связано с большей интенсивностью обменных реакций, связанных с их быстрым ростом и развитием. Общая потребность в воде детей и подростков возрастает по мере роста организма. Если годовалому ребенку необходимо в день примерно 800 мл воды, то в 4 года – 1000 мл, в 7–10 лет – 1350 мл, в 11 – 14 лет – 1500 мл.

Минеральные вещества – также необходимый компонент питания человека. Выше было отмечено, что по процентному содержанию в организме человека химические элементы делятся на макро- и микроэлементы.

Роль макро- и микроэлементов многообразна. Например, кальций и фосфор составляют основу нашего скелета, фосфор и сера входят в состав белков нашего мозга. Натрий и калий играют большую роль в деятельности нервной системы,

обуславливая электрофизиологические процессы. Железо является необходимым компонентом гемоглобина крови.

Не менее важна и роль микроэлементов, многие из них участвуют в процессах кроветворения (медь, молибден, кобальт). Йод необходим для образования гормонов щитовидной железы. Его отсутствие в пище приводит к развитию заболевания, называемого эндемическим зобом. Фтор необходим для правильного формирования ткани зубов, особенно зубной эмали. Его избыток вреден, он приводит к заболеванию – флюорозу (хрупкость зубной эмали), недостаток вызывает разрушение зубов (кариес), особенно у детей. В целом роль микроэлементов сводится к тому, что они являются тонкими регуляторами обменных процессов. Соединяясь с белками, многие микроэлементы служат материалом для построения ферментов, гормонов и витаминов.

Потребности взрослого и ребенка в минеральных веществах значительно отличаются, недостаток минеральных веществ в пище ребенка более быстро приводит к различным нарушениям обменных реакций детского организма и соответственно к нарушению его роста и развития. Витамины. Одна из необходимых составных частей пищи – витамины. Слово «витамин» переводится с латыни как вещество жизни. Витамины требуются для нашего организма в ничтожно малых количествах, но их отсутствие (авитаминоз) приводит организм к гибели, а недостаток в питании или нарушение процессов их усвоения – к развитию различных заболеваний, называемых гиповитаминозами.

Открытие витаминов – одно из величайших завоеваний науки XX в. Оно способствовало искоренению таких заболеваний, как цинга, бери-бери, пеллагра, которые уносили в могилу тысячи человеческих жизней.

Впервые мысль о наличии в продуктах питания особых веществ, необходимых для нормальной жизнедеятельности организмов, была высказана нашим соотечественником – врачом Н.И. Луниным еще в 80-х годах прошлого столетия. Эти вещества впоследствии названные витаминами т.е. жизненные амины; К. Функ, 1911), обладают различной химической природой и часто не имеют ничего общего между собой. Тем не менее термин «витамины» укоренился и является в настоящее время общепризнанным.

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

Все витамины делятся на две группы: водорастворимые (группа витаминов В, С, РР и др.) и жирорастворимые (А, В, К и др.).

Человек получает витамины с пищей растительного и животного происхождения. Для нормальной жизнедеятельности человеку из 30 витаминов необходимо обязательно поступление 16–18. Особенно важное значение имеют витамины В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, РР, В<sub>12</sub>, С, А и D. Растущий организм детей и подростков обладает особенно высокой чувствительностью к недостатку витаминов в пище. Наиболее распространенным гиповитаминозом среди детей является заболевание, называемое рахитом. Оно развивается при недостатке в детском питании витамина D и сопровождается нарушением формирования скелета. Встречается рахит чаще всего у детей до 5 лет. В нашей стране в связи с совершенствованием всей системы

охраны здоровья детей и подростков проявление гиповитаминозов практически не наблюдается.

Следует также отметить, что поступление в организм избыточного количества витаминов может вызвать серьезные нарушения его функциональной деятельности и даже привести к развитию заболеваний, получивших название гипервитаминозы. Последние стали появляться в связи с изучением химической структуры витаминов и организацией их промышленного производства, поэтому не следует злоупотреблять препаратами витаминов, которые продаются в аптеках, а включать их в питание необходимо только по рекомендации врача.

#### **4. Энергетический обмен у детей и подростков.**

Обмен веществ в организме тесно связан с превращением энергии, поэтому о нем можно судить измеряя общее количество тепла, образующегося в организме (тепловая энергия является конечным продуктом всех энергетических превращений в организме).

Таким образом, вся энергия, освобождающаяся в организме, может быть определена и выражена в единицах тепла – джоулях (Дж) и килоджоулях (кДж). Определить количество продуцируемой в организме энергии можно методами прямой и непрямой калориметрии.

Прямая калориметрия производится с помощью специальных калориметрических камер. Такая камера имеет двойные стенки (принцип термоса), между которыми проходят трубы с протекающей водой. Если поместить человека внутрь камеры, то тепло, выделяемое организмом, нагревает воду, протекающую через камеру. Зная температуру воды, поступающей в камеру, и температуру воды, прошедшей камеру, можно определить количество тепла, продуцируемое организмом человека за единицу времени. Однако сооружения подобного рода сложны и дороги, поэтому очень широко распространен метод непрямой калориметрии. Он основан на том, что источником энергии в организме служат окислительные процессы, при которых потребляется кислород и выделяется диоксид углерода. Учитывая количество поступающего кислорода и выделяющегося диоксида углерода, можно рассчитать энергообмен организма человека. Есть еще один метод определения тепловой энергии, образующейся в организме. Он основан на законе сохранения энергии. Этот метод учитывает энергетическую ценность пищевых продуктов. (1 г жиров = 39,06 кДж, 1 г белков и углеводов = 17,22 кДж), а также количество и качественный состав пищи. Имея эти данные, можно легко рассчитать количество поступившей и образующейся в организме энергии.

Одним из важнейших функциональных показателей интенсивности обменных процессов в организме является величина основного обмена, под которой понимается уровень обменных реакций при комнатной температуре и в полном функциональном покое, т. е. при отсутствии мышечной нагрузки, интенсивной умственной деятельности и низком уровне вегетативных процессов. Величина основного обмена зависит от возраста, пола и упитанности. В среднем величина основного обмена у мужчин составляет в сутки 7140–7560 кДж, а у женщин 6426–6804 кДж. Интенсивность обменных реакций у детей в пересчете на 1 кг массы тела или 1 м<sup>2</sup> его поверхности значительно выше, чем у взрослых, хотя абсолютные величины меньше. Измеряют величину основного обмена рано утром (натощак). Определение основного обмена возможно с помощью указанных выше

физиологических методов. Наиболее доступным и легким является расчет основного обмена по специальным таблицам.

В обычных условиях жизни на интенсивность обмена веществ оказывают влияние различные факторы, и прежде всего мышечная деятельность. Поэтому уровень обмена веществ в естественных условиях – общий обмен – значительно превышает основной.

### **5. Питание детей и подростков.**

Зная энергетические затраты организма, легко составить оптимальный пищевой рацион так, чтобы количество энергии, поступающее с пищей, полностью покрывало энергетические расходы организма. Ниже приведены данные о средней энергетической суточной потребности детей и подростков.

Для детей и подростков особенно важным является состав пищи, так как детский организм для нормального развития и роста нуждается в определенном количестве белков, жиров, углеводов, минеральных солей, воды и витаминов. Важно помнить, что правильно организованное питание является обязательным условием нормальной и здоровой жизни, а для детей и подростков нормальное питание – необходимое условие их физического и психического развития. Пренебрежение едой так же вредно, как и злоупотребление. Дать детям первичные рекомендации к организации правильного питания – долг каждого учителя и воспитателя и необходимый элемент гигиенического воспитания школьников.

## **ЛЕКЦИЯ № 7**

### **Тема: Возрастные особенности органов выделения у детей и подростков**

#### **План**

1. Значение органов выделения;
2. Мочевыделительная система;
3. Ночное недержание мочи (энурез);
4. Заключение.

**1. Значение органов выделения.** Выше неоднократно было отмечено, что основной функцией организма является обмен веществ и энергии, связанный с поступлением в организм разнообразных веществ и их многочисленными химическими превращениями, которые сопровождаются образованием многих уже ненужных, а иногда и вредных для организма промежуточных и конечных продуктов обмена.

При поступлении веществ в организм также не все вещества оказываются нужными для его обмена. Не исключено при этом попадание ядовитых веществ, способных существенно нарушить нормальный ход обменных реакций. Следовательно, для нормальной жизнедеятельности организма необходимо постоянное выведение из него ненужных и ядовитых веществ. Эта функция выполняется различными органами, объединенными в единую систему органов выделения. Например, функцию выведения из организма газообразных продуктов обмена выполняют легкие. Выведение не растворимых в воде веществ осуществляется с помощью кишечника. Излишки воды с растворенными в ней различными продуктами обменных реакций выводятся почками и потовыми

железами кожи. Незначительное участие в этом процессе принимают слюнные железы, а у кормящих женщин – молочные железы.

Особенно важное значение имеют органы выделения для сохранения постоянства химического состава внутренней среды организма – гомеостаза. В почках осуществляется также секреция гормонов (ренин), принимающих участие в регуляции кровообращения.

## **2. Мочевыделительная система.**

Почки, мочеточники и мочевого пузыря называют мочевыделительной системой. Важнейшим органом системы выделения являются почки. Большинство не нужных для организма веществ, которые часто являются и ядовитыми, попадает в почки и удаляется из организма вместе с образующейся здесь мочой. Наиболее интенсивно почки растут в первые годы жизни и в период полового созревания. Основные особенности строения почек таковы.

Почки – парный орган, по форме они напоминают фасоль. Почки расположены в поясничной области справа и слева от позвоночника. Физиологический смысл деятельности почек связан с извлечением из крови воды и растворенных в ней веществ, подлежащих выведению из организма. В этой связи почки имеют интенсивное кровообращение. Всего за сутки через почки протекает до 2000 л крови. Важнейшее значение в образовании мочи имеют так называемые «рабочие» элементы почек, или их морфофункциональные единицы – нефроны. Их количество в почках превышает 2 млн. Каждый нефрон представляет собой систему заканчивающихся слепо почечных канальцев. Слепой конец нефрона имеет большое количество микроскопических кровеносных сосудов (капиллярные клубочки), в которых кровь находится под большим давлением, в результате чего жидкая часть крови и растворенные в ней вещества переходят в просвет почечных канальцев. Так образуется так называемая первичная моча. Далее благодаря особому строению стенок почечных канальцев здесь осуществляется «досмотр» химического состава первичной мочи и происходит обратное всасывание и возвращение в кровь большей части жидкости и растворенных в ней полезных для организма веществ. Вещества, подлежащие удалению из организма, остаются в полости почечных канальцев. Эта жидкость с растворенными в ней не нужными и ядовитыми для организма веществами называют конечной (вторичной) мочой.

Из 2000 л крови, которые проходят через почки за сутки, образуется всего 150–180 л первичной мочи и только 1,5 л конечной мочи. Такие интенсивные фильтрационные процессы в почках осуществляются благодаря огромной общей площади всех почечных канальцев. Их общая длина достигает 120 км, а суммарная поверхность равна 40–50 м<sup>2</sup>.

Химический состав конечной мочи довольно сложен. Она содержит 98–99 % воды и не менее 150 различных химических веществ, важнейшими из которых являются хлористый натрий, мочевины и мочевая кислота. У детей содержание мочевой кислоты выше, чем у взрослых, а содержание мочевины ниже. Содержание хлористого натрия в моче у детей значительно меньше, чем у взрослых. Химический состав мочи детей приближается к уровню взрослого организма только в подростковом возрасте.

Образующаяся в почках моча поступает по мочеточникам в мочевой пузырь, опорожнение которого осуществляется безусловно-рефлекторным и условно-рефлекторным механизмами. У грудных детей мочеиспускание осуществляется

только безусловно-рефлекторным путем. В стенках мочевого пузыря находятся рецепторы, реагирующие на повышение давления при накоплении мочи в мочевом пузыре. Возбуждение от рецепторов поступает в низшие нервные центры мочеиспускательного рефлекса, находящиеся в спинном мозге. Отсюда идет соответствующий «приказ» к мышцам пузыря, они сокращаются и осуществляется акт непроизвольного мочеиспускания.

Начиная с 1 года дети приучаются к произвольной регуляции мочеиспускания (условно-рефлекторная регуляция). Контроль над деятельностью низшего нервного центра мочеиспускания начинает осуществлять высший отдел головного мозга – его кора. В 2–3 года дети, как правило, способны к полной произвольной регуляции мочеиспускания. Число мочеиспусканий у детей различного возраста в сутки колеблется. В возрасте 1 года оно составляет 16–20 раз, у 7–13-летних – 7–8 раз. Количество мочи, образующейся за сутки, у детей значительно меньше, чем у взрослых. Так, у одномесячного ребенка выделяется в сутки примерно 350–380 мл мочи, в 1 год – 750 мл, в 4–5 лет – 1 л, в 10 лет – 1,5 л.

**3. Ночное недержание мочи (энурез).** В практике воспитательной работы и особенно в дошкольном и младшем школьном возрасте, а иногда до 13–14 лет приходится встречаться с явлениями ночного недержания мочи, называемого энурезом. Причины этого нарушения различны: они могут быть связаны с воспалительными процессами в мочевом пузыре, с поражениями почек или иметь нейрогенную природу. Последнее встречается чаще всего и является следствием некоторой ретардации психического развития, психической травмы или психического заболевания ребенка. Такие дети требуют к себе особо бережного отношения, их следует оберегать от насмешек взрослых и товарищей и тем более не пытаться угрозами исправить этот недостаток. В каждом случае необходима консультация врача, а часто и более внимательное клиническое обследование ребенка.

Органы мочевыделительной системы тесно связаны с половыми органами, поэтому основы гигиены мочеполовых органов сообщаются детям и подросткам в процессе полового воспитания.

#### **4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В главах настоящего учебного пособия в доступной форме для будущих учителей и воспитателей изложены основы морфологии и физиологии организма детей и подростков, показано значение физиологии в оптимизации учебно-воспитательной работы в дошкольных и школьных учреждениях. Прогресс в изучении физиологических основ обучения и воспитания детей и подростков свидетельствует, что физиологические знания учителей и воспитателей являются обязательным элементом их педагогического мастерства, фактором, без которого невозможна организация полноценного обучения и воспитания здорового и гармонично развитого молодого поколения.

Подводя итог рассмотренному в учебном пособии материалу, необходимо отметить, что к моменту поступления в школу организм детей достигает относительно высокой функциональной зрелости. Масса тела увеличивается в 6–7 раз. Интенсивно продолжается окостенение скелета. Параллельно развитию скелета в 6–7 лет идет интенсивное развитие мышц рук, совершенствуются процессы их координации, что создает благоприятные условия для обучения ребенка письму. Вместе с тем напряженная ручная работа может нарушить развитие кисти, поэтому

не следует заставлять учащихся 1-го класса писать без перерыва более 10 мин. В целом скелет детей младшего школьного возраста высоко эластичен, поэтому нарушение гигиенических правил может привести к его необратимой деформации.

В младшем школьном возрасте продолжается развитие мышечной системы, однако мышцы еще обладают низкой выносливостью и не способны к силовым напряжениям. Физический труд в этом возрасте не должен быть длительным, движения должны быть разнообразными, без значительных статических нагрузок.

Сердечно-сосудистая система младшего школьника уже обладает достаточными функциональными возможностями. Вместе с тем несовершенство нервной регуляции делает сердечно-сосудистую систему более лабильной и в этом возрасте следует избегать значительных физических и эмоциональных нагрузок. С другой стороны, двигательная активность ребенка с началом обучения сокращается почти на 50 %, т. е. наблюдается явление пониженной двигательной активности – гиподинамия, которая также может привести к сердечно-сосудистым заболеваниям. Кроме того, как показывают современные исследования, двигательная активность ребенка является важным фактором развития его нервной системы.

Таким образом, с одной стороны, необходимо ограждать ребенка от чрезмерных физических нагрузок, с другой – для правильного развития ему необходим достаточный уровень двигательной активности. Это возможно при методически правильной организации занятий физической культурой и спортом под постоянным контролем врача в спортивных секциях, организованных при обычных средних или специальных детских спортивных школах.

У младших школьников интенсивность обмена веществ и энергии еще остается на высоком уровне, поэтому они особенно нуждаются в полноценном и достаточном питании и остро реагируют на его дефицит или нарушение баланса белков, жиров, углеводов, витаминов и минеральных солей. В частности, переизбыток в этом возрасте нередко вызывает различную степень ожирения. Например, в московских школах такие дети составляют 10–12 % от общего числа младших школьников.

В младшем школьном возрасте нервная система и органы чувств достигают высокой степени функциональной зрелости. Так, масса головного мозга ребенка 6–7 лет уже составляет 80–90 % от массы головного мозга взрослого. Но вместе с тем имеются и свои возрастные особенности. В частности, еще недостаточно развиты лобные доли больших полушарий, т.е. те отделы мозга, которые ответственны за высшую регуляцию психической деятельности человека. В результате процессы возбуждения еще значительно преобладают над процессами торможения, детям трудно сдерживать свои желания и поступки. Они не в состоянии без утомления сохранять внимание и высокий уровень работоспособности более 20–25 мин. Данное обстоятельство необходимо учитывать при выполнении учащимися домашних заданий: для учащихся 1 классов рекомендуется длительность выполнения домашних заданий 45–60 мин, для 2 классов – до 1,5 ч, для 3–4 классов – до 2-х ч. Целесообразно каждые 30–35 мин делать 10–15-минутные перерывы с активным физическим отдыхом. Продолжительность непрерывного письма для учащихся 1–2 классов не должна превышать 10 мин, а непрерывного чтения – 15–20 мин. Особое внимание учителей и воспитателей должно быть обращено на гигиену органов зрения.

Важное значение для оптимальной деятельности всех физиологических систем и органов детского организма имеет нормальный ночной сон. Сокращение ночного сна на 2–3 ч вызывает у младших школьников резкое ухудшение деятельности

нервной системы и внутренних органов, в частности деятельности сердца. В результате у школьников падает работоспособность и снижается школьная успеваемость.

Средний школьный или подростковый возраст (с 11 – 12 до 15–16 лет) характеризуется бурным созреванием желез внутренней секреции, значительными нейrogормональными перестройками и интенсивным развитием всех физиологических систем организма подростка. В этот период вновь наблюдается резкое ускорение роста (третий период вытягивания).

Количественные и качественные изменения, наблюдаемые в организме подростков, оказывают существенное влияние на деятельность их нервной системы и сказываются на их поступках и поведении. В психиатрии этот возраст относят к третьему «критическому периоду» развития, а большинство родителей и педагогов характеризуют его как «трудный возраст», требующий от воспитателей особого подхода, изобретательности и глубоких знаний физиологии и психологии подростка.

К 12–14 годам практически завершается развитие суставов, связок и всего скелета. Позвоночник теряет свою эластичность, заканчивается смена молочных зубов. Особенно важен пубертатный период для развития мышечной системы, формирования двигательных возможностей организма, совершенствования всех двигательных навыков и физических качеств. У подростков быстро нарастает общая масса мышц, совершенствуется их координация и двигательные качества: быстрота и ловкость движений, сила и выносливость. Быстрота и ловкость движений практически достигают уровня взрослого организма к 13–14 годам. Сила мышц приближается к уровню взрослого к 15 годам и соответствует ему полностью в 18 лет, что важно учитывать в физическом воспитании подростков: до 18 лет необходимо избегать больших силовых нагрузок. Развитие выносливости идет более медленными темпами, и подростки неспособны к длительным мышечным напряжениям, что важно учитывать при организации их физического труда.

В качестве эффективных средств развития двигательных качеств подростков можно рекомендовать подвижные и спортивные игры. Следует также помнить, что ловкость обладает специфическими свойствами, т. е. подросток может быть ловким в спортивных играх и недостаточно ловким в трудовых движениях (работа со слесарным или столярным инструментом и т. д.), поэтому в целях подготовки подростков к физическому труду особое внимание следует уделять развитию ловкости рук.

В пубертатном периоде в основном заканчивается развитие пищеварительной, сердечно-сосудистой и дыхательной систем. Масса сердца и сосудов к 15–16 годам увеличивается в 10–11 раз, частота сердечных сокращений и дыхания устанавливается соответственно уровню взрослого человека, у юношей формируется брюшной, а у девушек – грудной тип дыхания. Вместе с тем несовершенство нервной регуляции и гормональные сдвиги в организме подростка способствуют быстрым сдвигам в деятельности сердечно-сосудистой и дыхательной систем. При действии внешних факторов легко меняется частота сердцебиений и дыхания, уровень кровяного давления. У подростков в этот период возможны различные вегетативные расстройства: одышка, боли в сердце, головокружения и т. д.

Как это ни парадоксально, но в сравнении с младшим школьным возрастом, у подростков регулирующая роль коры несколько ослабевает. Подростки становятся легко возбудимыми, процессы торможения у них ослабевают. Наблюдается высокая

эмоциональность, неуравновешенность настроения, немотивированные поступки, вспыльчивость, снижение уровня физической и умственной работоспособности.

С окончанием подросткового возраста организм из периода бурных изменений переходит в этап спокойного завершения процессов формирования всех его органов и физиологических систем. Следовательно, старший; школьный возраст (с 15–16 до 18 лет) – это период незначительных анатомо-физиологических преобразований и достижения организмом подростка функционального уровня взрослого человека. Прежде всего, это касается желез внутренней секреции и нервной системы. В организме старшего школьника устанавливается гормональный баланс, свойственный взрослому человеку, что благоприятно сказывается на деятельности его нервной системы. У старших школьников значительно возрастает роль коры головного мозга в регуляции деятельности всех органов и поведения, усиливаются процессы торможения. В результате этих изменений поведение школьников становится более уравновешенным, возрастает физическая и умственная работоспособность.

Многие гигиенические требования в среднем и старшем школьном возрасте по своей сущности аналогичны требованиям гигиены младшего школьного возраста. Основным условием продуктивной учебной деятельности школьников этого возраста также является соблюдение режима дня. Незначительно изменяется лишь продолжительность и характер выполнения домашних заданий, прогулок на свежем воздухе, проведения свободного времени. Особое внимание следует обратить на продолжительность работы над домашними заданиями. Для школьников среднего школьного возраста это 2–2,5 ч, для старших школьников – 2,5–3 ч.

Важное значение для продуктивной учебной деятельности и сохранения здоровья учащихся средних и старших классов имеет правильная организация их активного отдыха, необходимой частью которого являются занятия физической культурой и спортом. Согласно современным физиологическим и психологическим исследованиям, между физической и психической деятельностью ребенка существует прямая и тесная связь, сохраняющаяся в его последующей жизни. В частности, показана корреляция между состоянием здоровья, уровнем физического развития и успеваемостью ребенка в школе (М.В. Антропова, 1968; Ю. К. Бабанский, 1977). Оказалось, что около 30 % неуспевающих учащихся младших классов имеют различные нарушения в двигательной сфере.

Таким образом, правильно организованное обучение и воспитание детей и подростков в школе должно объединять все воспитательные воздействия в единую систему, способствующую в должной мере их физическому и умственному развитию. Организация такой системы возможна лишь с учетом анатомических и физиологических особенностей детей и подростков.

Ограниченный объем книги не позволил в должной степени охватить все физиологические вопросы, имеющие значение в практической деятельности педагога. К тому же межпредметные связи возрастной физиологии с курсом школьной гигиены дали возможность не останавливаться на некоторых физиологических вопросах научной организации режима дня для детей и подростков и повышения их работоспособности. Среди последних особое внимание следует обратить на физиологические аспекты проблемы биоритмов. Рождение человека, его развитие, жизнь и смерть, деятельность его органов, клеток и их микроструктур – все подчинено определенным ритмическим колебаниям. Ритмично работает сердце человека, сокращается его дыхательная мускулатура, состояние бодрствования

ритмично сменяется сном и т. д. Природа этих ритмических функциональных процессов пока остается загадкой. Как функционируют и где находятся «биологические часы» нашего тела – вопрос, над которым придется еще немало поработать.

Обнаружены суточные, недельные, месячные, сезонные, годовые и многолетние ритмы функциональных процессов, которые связаны с периодичностью метеорологических и гелеогеографических условий. Исключение представляет лишь недельный ритм, который, очевидно, обусловлен характером общественного и научно-технического развития человеческого общества. Тем не менее, этот ритм сказывается на многих функциональных особенностях жизнедеятельности нашего организма. В частности, в процессе недели меняется содержание гормонов в крови, деятельность нервной системы, уровень физической и умственной работоспособности и многое другое. Показано, что у школьников и студентов работоспособность растет от понедельника до четверга, затем вновь снижается. Самая низкая работоспособность наблюдается в понедельник и субботу. Это обстоятельство необходимо учитывать при планировании учебно-воспитательной работы.

Определенная динамика уровня работоспособности учащихся, связанная с особенностями протекания в их организме функциональных процессов, наблюдается и в течение дня. В частности, работоспособность младших школьников растет от первого урока к третьему, а у старших школьников – от первого к четвертому (М.В. Антропова, 1951 –1977). Максимум работоспособности наблюдается с 8 до 12 ч дня, затем происходит ее снижение с минимумом в 14–15 ч. Далее, до 17 ч, вновь наблюдается незначительное повышение работоспособности, а затем она падает до самых низких показателей в вечерние и ночные часы. Такая динамика работоспособности человека характерна для большинства людей, хотя встречаются индивидуумы с максимальным уровнем работоспособности в вечерние часы («совы»).

Поскольку существуют естественные физиологические ритмы функциональных процессов, постольку вся практическая деятельность человека на любом возрастном этапе должна строиться с учетом этих ритмов. Важно также отметить, что у человека помимо естественных биоритмов легко вырабатываются и искусственные. В их основе лежит деятельность нервной системы, а точнее – выработка динамических корковых стереотипов.

Обязательным условием выработки прочных стереотипов является строгое соблюдение определенного распорядка дня. Сон, работа, учеба, отдых, прием пищи и т. д. – всему должно быть свое время. Режим «как важнейшая часть педагогической системы» должен быть органически связан «со всеми формами, методами и приемами обучения и воспитания». Определение длительности отдельных элементов режима дня детей, подростков и взрослых людей осуществляется с учетом их возрастных морфофункциональных и психологических особенностей. В этом направлении гигиеной, физиологией и медициной в настоящее время достигнуты значительные успехи. Однако действительно научная организация режима дня дошкольников и школьников без помощи педагогов будет невозможна. Поэтому необходимо, чтобы будущие учителя и воспитатели щадили свои природные и искусственные биоритмы и еще более внимательно и бережно относились к биоритмам своих питомцев. В этом залог здорового обучения и

воспитания, успешной и высокопроизводительной физической и умственной работы учащихся и собственной педагогической деятельности.

Будущим учителям и воспитателям необходимо знать ряд правил, получивших научное обоснование в физиологических исследованиях отечественных выдающихся физиологов И.М. Сеченова, И.П. Павлова и Е.Н. Введенского. Выполнение их является обязательным условием высокопроизводительного труда в любой сфере деятельности человека. Педагог никогда не должен забывать, что научная организация труда воспитанника начинается с научной организации труда учителя и воспитателя. Их личный пример может сделать больше, чем сотни бесед и рекомендаций..

Первое условие высокопроизводительного труда – это его соразмерность с возрастными и индивидуальными морфофункциональными возможностями организма.

Второе условие – постепенность (вработываемость) включения в деятельность. Важно помнить, что любую работу, по словам И.П. Павлова, как бы человек ни привык к ней, никогда не надо начинать стремительно, а с некоторой постепенностью. Начинать надо с легкой деятельности и затем переходить к трудной. Особенно важно это правило учитывать при организации школьных занятий после воскресного и каникулярного отдыха.

Третье условие – последовательность и систематичность. Всякая работа, в том числе и учеба, должна выполняться каждый день. Не усвоив старого материала, нельзя переходить к новому. Распорядок дня должен быть строго регламентирован и безукоризненно выполняться. Соблюдение этого правила поможет выработать полезные учебные и рабочие стереотипы, в результате которых все функциональные процессы организма будут «пригнаны» к распорядку дня, как «ключ к соответствующему замку». И тогда, чтобы достигнуть высокой производительности труда, не нужно будет прилагать много усилий и нервной энергии.

Четвертое правило – правильное чередование труда и отдыха. Причем отдых всегда должен быть активным и связан лишь с изменением рода деятельности. Например, после приготовления школьных домашних заданий или другой умственной деятельности ни в коем случае не следует заниматься чтением художественной литературы или садиться за телевизор. Лучший отдых в данном случае – двигательная разрядка: спорт, подвижные игры, прогулка на свежем воздухе.

Пятое условие – благоприятные внешние условия. Прежде всего, это создание всех необходимых гигиенических условий: освещенность рабочего места, свежий воздух, температура помещения и т.д. Особенно важное значение имеет общественная оценка проделанной работы и соответствующий благоприятный «психологический климат в коллективе, но эти вопросы являются уже предметом психологии и педагогики.

## ЛЕКЦИЯ № 8

### Тема: Морфофизиологические особенности системы крови

#### План:

1. Кровь, ее значение, состав и общие свойства
2. Форменные элементы крови
3. Иммуитет
4. Возрастные изменения иммуитета
5. Группы крови
6. Возрастные особенности крови у детей и подростков

Существование организма человека и животных невозможно без постоянного поступления питательных веществ, в которых заключена энергия, необходимая для всех без исключения процессов жизнедеятельности: обмена веществ, роста, развития, движения и т. д. Химическая энергия питательных веществ в организме освобождается в процессе их окисления, обязательным участником которого является кислород. Многогранные превращения питательных веществ в организме животных и человека сопровождаются образованием различных промежуточных и конечных продуктов обмена веществ, ненужных для организма, а зачастую даже вредных для его жизнедеятельности. Например, ядовитыми промежуточными продуктами обмена веществ у животных и человека являются аммиак мочевины, фенол, индол и др.

Таким образом, жизнь человека связана с непрекращающимся ни на минуту поступлением в его клетки питательных веществ и кислорода и выделением из них ненужных и вредных конечных продуктов обмена веществ. Эту транспортную и выделительную функцию в организме человека выполняет кровь. Циркулируя по организму, кровь приносит ко всем его клеткам, тканям и органам необходимые им химические компоненты обмена веществ и уносит из них вещества, нарушающие нормальное функционирование организма. Помимо этих функций кровь участвует в поддержании постоянной температуры тела, обеспечивает иммунные свойства организма и участвует в гуморальной регуляции всех функций. Недаром кровь образно называют «рекой жизни» и с незапамятных времен человек объединил два понятия: кровь и жизнь, веря в то, что «душа всякого тела есть кровь его». Кровью лечились, защищались от «злых» сил, братались, клялись в верности и т. д. Как указано выше, эта вера в чудодейственную силу крови имеет под собой физиологическую основу. Свои жизненно необходимые функции кровь выполняет благодаря особенностям своего строения и свойств.

Кровь – это жидкая соединительная ткань организма. В ее состав входят форменные элементы (клетки крови) и плазма (жидкая часть крови). К форменным элементам крови относят красные кровяные тельца (эритроциты), белые кровяные тельца (лейкоциты) и кровяные пластинки (тромбоциты). Клетки крови составляют 55–60 % ее объема, 40–45 % объема крови составляет плазма. В состав плазмы входят вода (около 90 %), органические вещества (белки, жиры, углеводы и т. д.) и неорганические вещества (минеральные соли), причем белки составляют 7–8 % и лишь около 2 % приходится на все остальные органические и неорганические вещества.

Общее количество крови в организме взрослого человека равно 4,5–6 л, т. е. около 6–8 % от общей массы тела.

Важное значение в сохранении относительного постоянства состава и количества крови в организме имеет ее «резервирование» в специальных кровяных депо. Эту функцию выполняют некоторые органы: селезенка, печень, легкие, кожа (подкожные слои), в которых резервируется до 50 % крови. Потеря организмом около 50 % крови приводит к его гибели.

Важнейшими физико-химическими свойствами крови являются осмотическое давление плазмы и активная реакция крови. Под осмотическим давлением плазмы понимают давление, которое создают растворенные в ней органические и неорганические вещества. В основном величина осмотического давления плазмы зависит от количества минеральных веществ: чем больше их концентрация в плазме, тем больше ее осмотическое давление. Постоянство осмотического давления плазмы имеет важное значение для нормальной жизнедеятельности форменных элементов крови и омываемых кровью тканей.

Активная реакция крови характеризуется концентрацией в крови ионов водорода и обозначается рН (водородный показатель). Постоянство рН крови имеет важное значение для протекания всех ферментативных реакций и является одной из наиболее стабильных величин внутренней среды организма. В норме рН крови составляет около 7,36, это слабощелочная среда (нейтральная среда рН=7, кислая – при рН<7, щелочная – при рН>7).

Большое значение для сохранения постоянства рН крови имеют так называемые буферные вещества крови: белковые компоненты, некоторые неорганические соединения, которые обладают способностью связывать поступающие в кровь продукты обмена веществ с кислыми или щелочными свойствами. Например, при значительных физических нагрузках в кровь поступают кислые продукты метаболизма.

Таким образом, состав крови, ее количество и физико-химические свойства характеризуются относительным постоянством, которое обеспечивается сложными нейрогуморальными механизмами регуляции.

**Форменные элементы крови.** Самыми многочисленными форменными элементами являются эритроциты. Их количество составляет в крови мужчин 4,5– 5 млн/мм<sup>3</sup>, женщин – 4–4,5 млн/мм<sup>3</sup>. Это безъядерные клетки диаметром около 7–8 мкм и толщиной около 2 мкм. По форме они напоминают двояковогнутую линзу, что увеличивает их поверхность и способствует выполнению в крови транспортных функций, а главное – переносу кислорода от легких к различным клеткам и тканям организма.

Важное значение при этом имеет *гемоглобин* – специальный белок, содержащийся в эритроцитах и обуславливающий красный цвет крови. Он легко вступает в химическую связь с кислородом, а затем отдает его тканям т. е. восстанавливается, и принимает участие в доставке диоксида углерода в легкие. Содержание гемоглобина в крови относительно постоянно и составляет 13-15 % (13–15 г/100 г крови).

Эритроциты особенно чувствительны к изменениям осмотического давления плазмы крови. Снижение осмотической устойчивости эритроцитов приводит к их разрушению и выходу в плазму крови гемоглобина, это явление называется гемолизом. В результате эритроцит не выполняет своих функций, что отрицательно сказывается на всех процессах жизнедеятельности организма. К тому же вследствие гемолиза значительно возрастает вязкость крови, что затрудняет процесс

кровообращения. В этой связи «осмотическая устойчивость» эритроцитов является важным диагностическим показателем при различных заболеваниях. Аналогичное значение имеет и так называемая реакция оседания эритроцитов (РОЭ). Последнюю можно наблюдать, если набрать кровь в узкую стеклянную трубочку и оставить ее стоять, предупредив свертывание крови. Через час можно обнаружить расслоение крови: форменные элементы будут оседать, а сверху будет оставаться желтоватый слой плазмы, по величине которого судят о РОЭ. В норме у женщин РОЭ колеблется в пределах 7–12 мм/ч, у мужчин – 3–9 мм/ч.

*Лейкоциты* – это ядерные клетки крови, в 1 мм<sup>3</sup> крови их содержится 6000–8000. От лейкоцитов в значительной степени зависят иммунные (защитные) свойства организма, следовательно, лейкоциты обеспечивают устойчивость организма к инфекционным заболеваниям. Эта важная функция лейкоцитов была открыта выдающимся русским биологом, лауреатом Нобелевской премии И.И. Мечниковым (сущность иммунитета человека и роль лейкоцитов в устойчивости организма к инфекционным заболеваниям будут рассмотрены специально в следующем разделе).

Различают несколько видов лейкоцитов, обладающих морфологическими и функциональными отличиями: 1) *зернистые лейкоциты, или гранулоциты* (нейтрофилы, эозинофилы и базофилы); 2) *незернистые лейкоциты, или агранулоциты* (лимфоциты); 3) *моноциты*. В крови поддерживается относительно постоянное количественное соотношение всех вышеназванных лейкоцитов. Это соотношение выражают в процентах и называют лейкоцитарной формулой. Количество лейкоцитов и их соотношение может изменяться в результате различных воздействий на организм; например при заболеваниях, тяжелой мышечной работе, приеме пищи и т. д. Изменение лейкоцитарной формулы является характерным для некоторых заболеваний, что помогает врачам поставить точный диагноз.

Третий вид форменных элементов крови – *тромбоциты*. Это образования овальной или округлой формы диаметром всего 2–5 мкм. Число тромбоцитов в 1 мм<sup>3</sup> крови колеблется от 300 до 400 тыс. Они имеют важное значение в свертывании крови.

**Иммунитет.** Под иммунитетом (от лат. *immunitas* – свобода от податей) понимают специфическую невосприимчивость животного или человека к некоторым инфекционным заболеваниям. Явление иммунитета представляет собой весьма сложное состояние организма, зависящее от его многих морфологических и функциональных свойств. Изучение этой проблемы входит в задачу специальной биологической научной дисциплины – *иммунологии*.

Невосприимчивость организма к инфекционным болезням и виды иммунитет а. Уже в глубокой древности было замечено, что люди, переболевшие некоторыми заразными болезнями, вторично ими не заболевают. Древнегреческий историк Фукидид впервые описал большую эпидемию сыпного тифа (430-425 гг. до н. э.): «Кто перенес болезнь, был уже в безопасности, ибо дважды никто не заболел...» Это явление было известно в Древнем Китае, Индии, Африке и других странах. Однако научные основы иммунологии были заложены только в XVIII–XIX вв. работами Э. Дженнера, Л. Пастера, И. И. Мечникова и др.

Особое значение имеет фагоцитарная теория иммунитета, разработанная И. И. Мечниковым (1886). Явление фагоцитоза заключается в способности некоторых клеток животного организма – *фагоцитов* – захватывать и переваривать различные

чужеродные частицы, в том числе и патогенные микроорганизмы, попавшие в организм. У человека фагоцитарную роль выполняют лейкоциты и особенно нейтрофилы. Лейкоциты – это своеобразный «патруль» экстренной помощи. Как только в организм попадают чужеродные частицы, тотчас по «аварийному сигналу» к месту их внедрения «мчатся» находящиеся поблизости лейкоциты, при этом скорость некоторых из них может достигать почти 2 мм/ч. Приблизившись к чужеродному предмету, лейкоциты способны обволакивать его, втягивать внутрь протоплазмы и затем переваривать с помощью специальных пищеварительных ферментов. Если чужеродное тело значительно превышает размеры лейкоцитов, то в месте его проникновения скапливается множество лейкоцитов, образуя для этого тела непроходимый барьер. Многие из лейкоцитов при этом гибнут, и из них образуется гной. При распаде погибших лейкоцитов выделяются также вещества, вызывающие в ткани воспалительный процесс, сопровождающийся неприятными и болевыми ощущениями. Вещества, вызывающие воспалительную реакцию организма, способны активировать все защитные силы организма. Это уже сигнал «всеобщей тревоги»: к месту внедрения чужеродного тела направляются лейкоциты из самых отдаленных частей тела.

Важную защитную функцию выполняют и другие компоненты крови. Помимо фагоцитарных клеток в крови содержатся вещества, имеющие иммунологическое значение. Это антитела и антитоксины. *Антитела, или иммунотела*, представляют собой циркулирующие в крови белковые вещества (иммуноглобулины), образующиеся в организме под воздействием попавших в него чужеродных тел (бактерии, вирусы, белковые частицы и пр.), называемых антигенами (анти + греч. генос – род, рождение, порождающий антитела). *Антитоксины* – это антитела, синтезирующиеся в организме при его отравлении токсинами '.

Антитела, антитоксины и антигены строго специфичны между собой, т. е. для каждого антигена или токсина существует только один тип антител или антитоксинов. Они подходят друг к другу, как ключ к замку.

Защитное действие антител заключается в их реакциях взаимодействия с патогенными микроорганизмами. Одни антитела нейтрализуют патогенное действие бактерий с помощью реакции преципитации; другие лизируют – растворяют бактериальные клетки (реакция лизиса); третьи склеивают или осаждают антигены (реакция агглютинации).

Сигналом к образованию антител является проникновение в организм антигенных веществ. Например, если бактерия коклюша попала в организм ребенка, то сейчас же организм начинает вырабатывать защитные тела, ведущие с бактериальными клетками активную борьбу, а после перенесения заболевания обеспечивающие надежный и длительный иммунитет – естественно приобретенный иммунитет. Это значит, что вторичное вторжение патогенных бактерий этого вида организм встретит во «всеоружии» – антигены будут тут же уничтожаться антителами.

Важное значение в обеспечении иммунитета человеческого организма кроме крови имеют зубная железа, селезенка, костный мозг, глоточная, язычная и небные миндалины, червеобразный отросток слепой кишки (аппендикс) и лимфатические узлы. Совокупность этих органов объединяют под понятием «иммунный аппарат», или «ретикуло-эндотелиальная система». Подобно сосудистой и нервной системам она присутствует во всех уголках нашего тела.

Можно ли вызвать образование антител и антитоксинов искусственно? Да. Именно на этом и основана профилактика многих инфекционных болезней. Этот профилактический метод называют вакцинацией или предохранительными прививками, а препараты, применяемые при этом, – вакцинами. Таким образом, различают иммунитет естественный, или врожденный, под которым понимается видовая невосприимчивость животных и человека к инфекционным болезням (например, крупный рогатый скот не заболевает сапом, человек оказывается невосприимчив к возбудителям чумы собак или свиней и др.), и иммунитет приобретенный, который вырабатывается у животных и человека после перенесения ими какого-либо заболевания (естественно приобретенный иммунитет) либо после вакцинации – искусственно приобретенный иммунитет. Принято выделять также активный иммунитет, если организм сам участвует в его выработке, и пассивный, когда в организм вводятся готовые антитела. Примером активного иммунитета является иммунитет, возникающий после перенесенной болезни, а также выработанный искусственно при вакцинации живыми или мертвыми микроорганизмами или продуктами их жизнедеятельности. Введение противостолбнячной или противодифтерийной сыворотки обеспечивает пассивную иммунизацию организма человека.

Различают также общий иммунитет, обеспечиваемый деятельностью всего организма, и местный иммунитет, локализованный в отдельных тканях и органах. Последнее время устойчивость организма к инфекциям связывают с иммунологическими особенностями дыхательных путей и пищеварительного тракта, являющихся основными «воротами» для вторжения инфекции.

Таким образом, в основе иммунологических реакций организма лежат два основных механизма – фагоцитарная активность некоторых клеток и формирование антител. Однако такое рассмотрение механизмов иммунитета человека было бы односторонним, так как любой физиологический процесс, любая реакция должна рассматриваться в комплексе и взаимосвязи со всеми системами организма, и, прежде всего с нервной системой.

Нервная система в значительной степени определяет общую (неспецифическую) устойчивость организма не только к инфекционным заболеваниям, но и к любым другим стрессорным воздействиям. В отличие от рассмотренных выше гуморальных факторов иммунитета (антигены, антитела, антитоксины) участие в иммунных реакциях нервной системы и защитно-адаптационных гормональных механизмов можно обозначить понятием «функциональный иммунитет». Именно этот иммунологический механизм И. П. Павлов называл физиологической мерой организма человека против заболеваний.

**Возрастные изменения иммунитета.** Вопрос о развитии иммунологического аппарата в пре и постнатальном онтогенезе еще далек от своего решения. В настоящее время обнаружено, что плод в материнском организме еще не содержит антигенов, он является иммунологически толерантным (от лат. *tolerantia* – терпение). В его организме не образуется никаких антител, и благодаря плаценте плод надежно защищен от попадания антигенов с кровью матери. Очевидно, переход от иммунологической толерантности к иммунологической реактивности происходит с момента рождения ребенка. С этого времени начинает функционировать его собственный иммунологический аппарат, который вступает в действие на второй неделе после рождения. Образование собственных антител в организме ребенка

еще незначительно, и важное значение в иммунологических реакциях в течение первого года жизни имеют антитела, получаемые с молоком матери. Интенсивное развитие иммунологического аппарата идет со второго года примерно до 10 лет, затем с 10 до 20 лет интенсивность иммунной защиты незначительно ослабевает. С 20 до 40 лет уровень иммунных реакций стабилизируется и после 40 лет начинает постепенно снижаться.

Важное значение в формировании достаточной устойчивости организма детей и подростков к заболеваниям имеют профилактические прививки. До последних лет действовала следующая схема основных прививок и их ревакцинации (повторения):

1. Против туберкулеза – первая прививка на 5–7-й день жизни. Ревакцинация в 7, 12 и 17 лет.
2. Против полиомиелита – первая прививка в 2 месяца. Ревакцинация в 1, 2, 3, 7, 15–16 лет.
3. Против дифтерии, коклюша – первая прививка в 5–6 месяцев. Ревакцинация в 2–3 и 6 лет.
4. Против оспы – первая прививка в 1–1,5 года. Ревакцинация в 8 и в 15 лет (в связи с полным исчезновением в последние годы случаев заболевания оспой этот вид прививок, очевидно, будет отменен).
5. Против кори прививка делается однократно с 10 месяцев до 8 лет, если дети не были вакцинированы ранее и не болели корью.

**Группы крови.** Как было отмечено выше, потеря около 50 % крови приводит организм к гибели. Эффективным средством, помогающим сохранить жизнь человека в этом случае, является переливание крови. Попытки переливания крови были известны издавна, причем переливали не только кровь человека другому человеку, но и кровь животных человеку. Например, в исторических Документах 1667 г. зафиксирована такая попытка перелить кровь овцы человеку, которая к счастью окончилась удачно. Большинство же подобных случаев кончались трагично, и люди, получившие кровь животных или другого человека, погибали. Лишь в начале нашего века удалось установить, что причина гибели этих людей связана с наличием в крови антигенов и антител. Антигены – *агглютиногены А и В* содержатся в эритроцитах, вещества типа антител – агглютинины *а и /3* – в плазме крови. В случае совмещения агглютиногена А с агглютинином *а* или агглютиногена В с агглютинином *р* происходит склеивание эритроцитов и их разрушение, что в тяжелых случаях кончается смертельным исходом. Комбинация этих веществ в крови людей существует лишь в четырех вариантах.

1. В эритроцитах отсутствуют агглютиногены, а в плазме содержатся только агглютинины *а* и *0* (I группа крови; люди с этой группой составляют около 40 %).
2. Эритроциты содержат агглютиноген А, а в плазме содержится агглютинин (3 (II группа крови; люди с такой группой составляют около 39 %).
3. Эритроциты содержат агглютиноген В, а в плазме находится агглютинин *а* (III группа; люди с такой группой составляют 15 %).
4. Эритроциты содержат агглютиногены А и В, а в плазме полностью отсутствуют агглютинины (IV группа; люди с такой группой составляют 6 %).

Как показали наблюдения, небольшое количество крови I группы можно переливать людям любой группы крови, поэтому людей I группы крови называют универсальными донорами. При переливании значительных количеств крови необходимо строгое совпадение групп. Кроме системы АВ0 существуют и другие

иммунологические системы, специфические для разных групп людей. Особенно важное значение среди них имеет резус-фактор (Rh-фактор), который содержится в эритроцитах у большинства людей (85 %). Кровь этих людей называют *резус-положительной*. Если такую кровь перелить людям, кровь которых не содержит резус-фактора (*резус-отрицательная кровь*), то в крови у последних образуются специальные агглютиногены и вещества, лизирующие эритроциты. Повторное переливание резус-положительной крови этим людям вызывает склеивание и разрушение эритроцитов и может быть причиной трагического исхода.

С открытием резус-фактора была установлена причина гибели плода у некоторых беременных женщин. Оказалось, что развитие резус-положительного плода у резус-отрицательной матери сопровождается чрезвычайно редким явлением – проникновением через плаценту резус-фактора плода в кровь матери и обратной диффузией в кровь плода антирезусных веществ, вызывающих у него гемолиз эритроцитов и последующую гибель.

Таким образом, для переливания крови необходимо учитывать совпадение крови по системам АВ и Rh. Существование других иммунологических систем имеет в основном значение только для криминалистов, поскольку совокупность этих систем образует в крови каждого человека индивидуально специфические соотношения.

**Возрастные особенности крови у детей и подростков.** Количественные и качественные возрастные отличия крови ярко выражены лишь в первые годы постнатального развития. Обычно у детей старше одного года многие гематологические показатели приближаются к значениям, характерным для взрослого организма. Позднее всего в подростковом возрасте устанавливается соотношение лейкоцитов, соответствующее взрослому человеку. До этого момента и особенно до 5–6 лет в крови детей содержится меньше нейтрофилов, чем у взрослых. Возможно, с этим связана более высокая восприимчивость Детей-дошкольников к инфекционным заболеваниям. Осмотическая устойчивость эритроцитов у дошкольников выше, чем у взрослых, а у подростков даже несколько ниже, что связано с гормональными перестройками, происходящими в их организме.

## ЛЕКЦИЯ №9

### Тема: Морфофизиологические особенности системы кровообращения

#### План:

1. Значение системы кровообращения и общая схема ее строения;
2. Деятельность сердца;
3. Периферическое кровообращение;
4. Кровяное давление;
5. Нейрогуморальная регуляция деятельности сосудов и сердца;
6. Лимфообращение;
7. Возрастные особенности системы кровообращения у детей и подростков;
8. Проблема сердечно-сосудистых заболеваний;
9. Основные причины сердечно-сосудистых заболеваний.

**Значение системы кровообращения и общая схема ее строения.** Кровь не могла бы выполнять свои жизненно важные функции, если бы она не приводилась в движение непрерывной работой сердца и не была бы заключена в сосудистое русло. Сердце и сосуды образуют сердечно-сосудистую систему, или систему кровообращения.

*Сердце* – центральное звено системы кровообращения. Сокращаясь без усталости в течение нашей жизни оно обеспечивает постоянную циркуляцию крови по кровеносным сосудам. Только за сутки сердце перекачивает более 6000 л крови. Суточная работа сердца составляет 20 000 кгм. Это равноценно усилию, которое необходимо для того, чтобы поднять груз весом в 200 кг на высоту 100 м. Физические нагрузки на организм значительно увеличивают эти цифры. Например, при интенсивной мышечной работе объем крови, прошедший сердце только за 1 ч, может достигать 2000–2500 л. Такая интенсивная работа сердца возможна только при условии его обильного кровоснабжения. Действительно, сердце человека, составляя всего 1/200 часть от массы тела (около 300 г), потребляет 1/10 часть циркулирующей по организму крови. Кровеносные сосуды, питающие сердечную мышцу, называются венечными артериями, и они вместе с венами сердца образуют коронарные сосуды – собственную кровеносную систему сердца. Сердце человека имеет конусовидную форму и представляет собой полый мышечный орган, разделенный специальной перегородкой на левую и правую части, в которых различают сообщающиеся между собой предсердие и желудочек. Масса сердца взрослого человека колеблется у мужчин в среднем около 300 г, у женщин – около 220 г, длина его около 12–13 см, а наибольшая ширина – 10–11 см. Основную массу сердца образуют желудочки, которые и выполняют функцию основных двигателей крови. Наибольшее значение имеет левый желудочек, которому приходится обеспечивать циркуляцию крови практически по всему телу, включая головной мозг и конечности. Кровь из левого желудочка выталкивается в самый крупный сосуд нашего организма – *аорту*, а затем попадает в более мелкие сосуды, доставляющие кровь в большинство органов. Эти сосуды, проводящие кровь от сердца к тканям, называются *артериями*. Артерии, разветвляясь на более мелкие сосуды, обильно снабжают кровью каждый орган. Самый микроскопический и многочисленный кровеносный сосуд – *капилляр*, его диаметр всего около 8 мкм, а длина – 0,3–0,7 мм. Благодаря капиллярам образуется громадная площадь соприкосновения крови с

тканевой жидкостью, что способствует обменным процессам. Пройдя капилляры, кровь поступает в более крупные кровеносные сосуды, которые вновь доставляют ее к сердцу. Эти сосуды называют венами. Таким образом кровь *циркулирует по замкнутому кругу*, берущему начало в левом желудочке и кончающемся в правом предсердии. Это *большой круг кровообращения*. Из правого предсердия кровь попадает в правый желудочек сердца, а затем она выталкивается в легочную артерию. Далее кровь попадает по артериальным легочным сосудам в легочные капилляры, где обогащается кислородом. Из легочных капилляров кровь поступает по мелким венам в крупную легочную вену и далее в левое предсердие. Это *малый круг кровообращения*. Однонаправленность движения крови в большом и малом кругах кровообращения обеспечивается последовательностью сокращений отделов сердца и наличием в сердце и некоторых сосудах специальных клапанов, пропускающих кровь только в одном направлении. Так, после сокращения левого желудочка кровь попадает в аорту, ибо в левое предсердие путь крови закрывает створчатый клапан. При расслаблении левого желудочка путь крови назад из аорты закрывают *полулунные клапаны*. Аналогичные клапаны имеются в правом желудочке и легочной артерии.

**Деятельность сердца.** Структурную основу сердца составляет сердечная мышца – миокард, образованная особыми поперечнополосатыми мышечными клетками. Важнейшими свойствами сердечной мышцы являются возбудимость, сократимость и проводимость. Процессы возбуждения в сердечной мышце, как и в любой ткани, сопровождаются изменением биоэлектрических процессов в мышечных клетках. Эти биоэлектрические процессы сердца могут быть зарегистрированы с помощью специальных приборов – электрокардиографов, позволяющих записывать биоэлектрические процессы сердца на бумажной ленте – электрокардиограмме (ЭКГ). Электрокардиограмма позволяет объективно изучать деятельность сердца в норме и патологии, и ее широко используют в настоящее время для диагностики заболеваний сердца.

В деятельности сердца легко различаются *три фазы*. Первая связана с сокращением предсердий, она протекает в течение 0,1 с, затем в течение 0,33 с сокращаются желудочки сердца. Фазу сокращения отделов сердца называют *систолой сердца*. Вслед за систолой предсердий и желудочков наступает их ритмическое и последовательное расслабление, называемое *диастолой сердца*. Фазу совместного, одновременного расслабления предсердий и желудочков называют паузой сердца; она продолжается в среднем около 0,4 с. В течение диастолы и паузы сердечной мышце предоставляется «отдых», вслед за которым начинается новый цикл деятельности. В целом сердечный цикл длится около 0,8 с.

В покое в течение 1 мин сердце успевает сократиться около 60–80 раз, при этом каждый желудочек во время одного сокращения выталкивает 60–80 мл крови. Это количество крови называют систолическим, или ударным объемом крови. Количество крови, выталкиваемое каждым желудочком за 1 мин, называют минутным объемом крови. При систоле желудочков в них остается часть крови. Это количество крови называют резервным объемом. Количество сердечных сокращений за 1 мин называют частотой сердечных сокращений (ЧСС). ЧСС (пульс), систолический, минутный и резервный объемы крови являются важнейшими функциональными показателями деятельности сердца. Величина этих показателей зависит от половых, возрастных и индивидуальных особенностей человека. Например, у физически тренированного человека в покое систолический, минутный и

резервный объемы больше, чем у нетренированного, а ЧСС значительно меньше. У спортсменов ЧСС не превышает 50 ударов/мин. При физической нагрузке у спортсменов увеличение минутного объема происходит за счет увеличения систолического объема крови, а у нетренированного человека – менее экономичным путем: за счет учащения сердцебиений.

**Периферическое кровообращение.** Кровеносные сосуды организма человека не являются пассивными резервуарами крови, это активные участники кровообращения. От их функционального состояния зависит непрерывное обеспечение органов кровью, уровень кровяного давления и режим кровообращения в целом. Стенки капилляров играют также решающую роль в обмене веществ между кровью и межтканевой жидкостью.

*Линейная и объемная скорости кровотока.* Одним из важнейших функциональных показателей периферического кровообращения является скорость кровотока. Под линейной скоростью понимается расстояние, которое проходит частица крови за 1 с. В покое линейная скорость кровотока у взрослого человека составляет в среднем 21–23 с. Однако в различных участках сосудистой сети линейная скорость кровотока значительно различается. Например, в аорте она максимальна и составляет 40–50 см/с, а в капиллярах минимальна – 0,5–1 мм/с. В венах скорость кровотока вновь увеличивается. Объемной скоростью кровотока называют количество крови, протекающее через поперечное сечение кровеносной системы за 1 мин. На практике объемный кровоток измеряют в миллилитрах на 100 г ткани в 1 мин. Оба эти показателя имеют половые, возрастные и индивидуальные особенности.

**Кровяное давление.** Давление крови в сосудах определяется в основном двумя факторами: интенсивностью сердечных сокращений и сопротивлением периферических сосудов. В различных отделах системы кровообращения кровяное давление имеет различную величину. Наибольшая величина кровяного давления отмечается в аорте, наименьшая – в капиллярах. Кровяное давление зависит также от фаз сердечной деятельности. При систоле сердца оно максимально, при диастоле – минимально. Систолическое давление в левой плечевой артерии составляет 110–125 мм рт. ст., диастолическое – 60–80 мм рт. ст. У мужчин кровяное давление обычно выше, чем у женщин. Имеются также существенные возрастные особенности величины кровяного давления у детей и подростков.

*Движение крови по венам.* В артериальных сосудах движение крови обеспечивается сокращениями сердца. Какая сила заставляет двигаться кровь в венах? Движению крови в венах способствуют три основных фактора: присасывающее действие грудной клетки, мышечные сокращения и наличие в венах полулунных клапанов.

Присасывающее действие грудной клетки обусловлено тем, что при вдохе давление в грудной клетке резко понижается, чем обеспечивается движение крови из мелких вен в более крупные, находящиеся в грудной клетке.

Важное значение для движения крови в венах имеет также работа мышц. При этом мышцы, окружающие вены, сокращаясь, сдавливают венозные сосуды и проталкивают кровь к сердцу. В обратном направлении движение крови невозможно из-за полулунных клапанов, находящихся в венах и пропускающих кровь только в сторону сердца. Следовательно, физические упражнения являются важным

фактором нормального кровообращения. Отсюда становится понятным положительное влияние на работоспособность организма утренней и производственной гимнастики. Механизм этого влияния заключается в том, что всякое неподвижное состояние тела (сон, длительное сохранение какой-либо рабочей позы, например позы сидения за школьным столом, и т. д.) приводит к застою крови в венах. Мышечные движения, напротив, способствуют улучшению кровообращения и устраняют застой венозной крови.

**Нейрогуморальная регуляция деятельности сосудов и сердца.** Любая деятельность организма возможна только при достаточном поступлении питательных веществ в рабочие органы. Следовательно, рациональное распределение крови в организме, которое осуществляется системой кровообращения, является необходимым условием оптимизации деятельности всего организма и его адекватного приспособления к внешним воздействиям. Регуляция этих сложных реакций системы кровообращения осуществляется нейрогуморальным путем и подчиняется общим принципам регуляции физиологических процессов. Деятельность сердца и сосудов регулируется вегетативной нервной системой, центры которой находятся в продолговатом мозге. Отсюда к сердцу направляются симпатический нерв, учащающий и усиливающий сердечные сокращения, и парасимпатический (блуждающий) нерв, замедляющий и ослабляющий сердечные сокращения. Нервный центр, управляющий деятельностью сосудов, также расположен в продолговатом мозге, его называют сосудодвигательным центром. Нервные импульсы из сосудодвигательного центра поступают к сосудам по симпатическим нервам. Возбуждение сосудодвигательного центра сопровождается сужением сосудов, а торможение – расширением.

Механизм нервной регуляции сердечной деятельности *рефлекторный*. Раздражение рецепторов в любой точке тела вызывает их возбуждение, нервные импульсы поступают в структуры головного мозга, а затем через парасимпатические или симпатические нервы изменяется деятельность сердца. Существуют также рецепторы, расположенные в сосудистой системе, обладающие специфической чувствительностью к изменению кровяного давления и химического состава крови. Эти специальные рецепторные зоны имеют чрезвычайно важное значение в процессах саморегуляции системы кровообращения. Высший нервный контроль за деятельностью системы кровообращения осуществляется корой головного мозга. Например, изменение деятельности сердца спортсмена, стоящего на старте, обусловлено условно-рефлекторными механизмами.

Деятельность сердца и сосудов может изменяться под влиянием разнообразных химических веществ. Особенно значительное влияние оказывают гормоны и некоторые другие биологически активные вещества. Ведущую роль среди них играет гормон надпочечников – *адреналин*, действие которого на сердце и сосуды аналогично симпатическому нерву.

Постоянные рефлекторное и химическое воздействия приводят к тому, что нервные центры системы кровообращения всегда находятся в состоянии некоторого возбуждения – *тонуса*. Тонус нервных центров системы кровообращения имеет важное значение в своевременной и адекватной перестройке деятельности системы кровообращения при внешних воздействиях. Таким образом, особо важное значение для нормальной работы сердечно-сосудистой системы имеет функциональное состояние центральной нервной системы. Хорошо известно, что даже легкое

волнение может вызвать у человека учащение сердцебиений, повышение кровяного давления, расширение или сужение кровеносных сосудов лица и т. д. (аналогичные изменения наблюдаются у студентов, сдающих трудный зачет или экзамен). Эти нарушения работы сердечно-сосудистой системы носят временный характер и являются обратимыми. Однако если человек постоянно подвергается действию факторов, травмирующих нервную систему, то нарушения функций сердца и сосудов становятся необратимыми. Конечно, неврогенные факторы не единственная причина, способствующая развитию сердечно-сосудистых болезней у человека. Неправильное питание, малоподвижный образ жизни, злоупотребление алкогольными напитками и курением, заболевания других физиологических систем, механические травмы и многие другие факторы также могут привести к развитию патологического процесса в сердечнососудистой системе.

**Лимфообращение.** Как было показано выше, кровь циркулирует в организме в сосудах по двум замкнутым кругам и нигде непосредственно не соприкасается с клетками тканей. Естественно, возникает вопрос: каким путем осуществляются обменные реакции между кровью и клетками организма? Оказывается, питательные вещества и кислород крови в капиллярах вместе с жидкой частью крови переходят в межклеточное пространство и образуют межтканевую жидкость, в которую выделяются клетками также продукты обмена. Именно межтканевая жидкость и является связующим звеном между клетками и кровью. Обратное поступление межтканевой жидкости в кровеносное русло осуществляется с помощью специальных сосудов, образующих в совокупности систему лимфообращения. Находящуюся в лимфатических сосудах жидкость называют лимфой (от лат. *lympha* – влага). По своему составу лимфа близка к плазме крови. Общий объем лимфы составляет в организме человека около 2 л.

Лимфообращение начинается с микроскопических замкнутых с одной стороны сосудиков (лимфатические капилляры), стенки которых способны всасывать жидкость из межклеточного пространства, удаляя из тканей ее избыточное количество. Лимфатические капилляры собираются в более крупные сосуды. Заканчивается лимфатическая система двумя крупными лимфатическими протоками, впадающими в подключичные вены. Лимфатическая система помимо участия в обменных процессах организма является компонентом иммунного аппарата. Здесь находятся своеобразные биологические «фильтры» – лимфатические узлы, задерживающие попадание в организм чужеродных частиц, в том числе и патогенных микроорганизмов. В лимфатических узлах образуются также некоторые формы лейкоцитов.

**Возрастные особенности системы кровообращения у детей и подростков.** В процессе развития ребенка в его сердечно-сосудистой системе происходят существенные морфологические и функциональные изменения. Формирование сердца у эмбриона начинается со 2-й недели пренатального развития, а его развитие в общих чертах заканчивается уже к концу 3-й недели. Кровообращение плода имеет свои особенности, связанные прежде всего с тем, что до рождения кислород поступает в организм плода через плаценту и так называемую пупочную вену. Пупочная вена разветвляется на два сосуда, один питает печень, другой соединяется с нижней полой веной. В результате в нижней полой вене происходит смешение крови, богатой кислородом, с кровью, прошедшей через печень и

содержащей уже продукты обмена. Через нижнюю полую вену смешанная кровь попадает в правое предсердие. Далее кровь проходит в правый желудочек и затем выталкивается в легочную артерию; меньшая часть крови течет в легкие, а большая часть через *боталлов проток* попадает в аорту. Наличие боталлова протока, соединяющего легочную артерию с аортой, является второй специфической особенностью в кровообращении плода. В результате соединения легочной артерии и аорты оба желудочка сердца нагнетают кровь в большой круг кровообращения. Кровь с продуктами обмена возвращается в материнский организм через пупочные артерии и плаценту.

Таким образом, циркуляция в организме плода смешанной крови, его связь через плаценту с системой кровообращения матери и наличие боталлова протока являются основными особенностями кровообращения плода.

У новорожденного ребенка связь с материнским организмом прекращается и его собственная система кровообращения берет на себя все необходимые функции. Боталлов проток теряет свое функциональное значение и вскоре зарастает соединительной тканью. У детей относительная масса сердца и общий просвет сосудов больше, чем у взрослых, что в значительной степени облегчает процессы кровообращения. Интересно отметить, что рост сердца находится в тесной связи с общим ростом тела. Наиболее интенсивный рост сердца наблюдается в первые годы развития и в конце подросткового периода. Форма и положение сердца в грудной клетке в процессе постнатального развития также изменяется. У новорожденного сердце шаровидной формы и расположено значительно выше, чем у взрослого. Различия по этим показателям ликвидируются только к 10-летнему возрасту.

Функциональные различия в сердечно-сосудистой системе детей и подростков сохраняются до 12 лет. Частота сердечного ритма у детей больше, чем у взрослых, что связано с преобладанием у детей тонуса симпатических центров. В процессе постнатального развития тоническое влияние на сердце блуждающего нерва постепенно усиливается. Заметное влияние блуждающий нерв начинает оказывать с 2-4 лет, а в младшем школьном возрасте степень его влияния приближается к уровню взрослого. Задержка в формировании тонического влияния блуждающего нерва на сердечную деятельность может свидетельствовать о задержке (ретардации) физического развития ребенка. ЧСС у детей более подвержена влиянию внешних воздействий: физических упражнений, эмоционального напряжения и т. д. Кровяное давление у детей ниже, чем у взрослых, а скорость кровообращения выше (у новорожденного линейная скорость кровотока составляет 12 с, у 3-летних – 15 с, у 14-летних – 18,5 с). Ударный объем крови у детей значительно меньше, чем у взрослых. У новорожденного он составляет всего 2,5 см<sup>3</sup>, за первый год постнатального развития он увеличивается в 4 раза, затем темпы его увеличения снижаются, но он продолжает расти до 15–16 лет, лишь на этом этапе ударный объем приближается к уровню взрослого. С возрастом увеличиваются минутный и резервный объем крови, что обеспечивает сердцу возрастающие адаптационные возможности к физическим нагрузкам.

Морфологические и функциональные изменения в сердце в процессе его постнатального развития определяют возрастные особенности биоэлектрических процессов в сердце детей и подростков. Их электрокардиограмма имеет специфические отличия до 13–16 лет, далее все основные показатели ЭКГ приближаются к ЭКГ взрослого человека.

Иногда в подростковом возрасте возникают обратимые нарушения в деятельности сердечно-сосудистой системы, связанные с перестройкой эндокринной системы. У подростков могут наблюдаться учащение сердечного ритма, одышка, спазмы сосудов, нарушения показателей ЭКГ и многие другие (Р. А. Калюжная, 1973).

Педагогу, работающему с подростками, необходимо проявлять особое внимание к своим воспитанникам. При наличии в классе подростков с дисфункциями кровообращения важно правильно организовать режим дня и питания, строго дозировать и предупреждать чрезмерные физические и эмоциональные нагрузки. Естественно, что организация учебно-воспитательной работы с такими детьми должна проводиться в тесном союзе со школьным врачом.

### **Проблема сердечно-сосудистых заболеваний**

Необходимость специального рассмотрения причин сердечно-сосудистых заболеваний вполне очевидна. Это объясняется катастрофическим ростом числа больных с поражениями сосудов и сердца, а также «омоложением» сердечно-сосудистых заболеваний. Наиболее распространенными сердечно-сосудистыми заболеваниями являются три: *стенокардия*, или ишемическая болезнь сердца, *гипертония*, характеризующаяся стойким повышением кровяного давления, и *атеросклероз* – патологические изменения стенок кровеносных сосудов.

*Стенокардия* (грудная жаба) – заболевание, связанное в большинстве случаев с атеросклеротическими изменениями коронарных сосудов и нарушением кровоснабжения сердечной мышцы. Выше уже указывалось, что сердце нуждается в обильном кровоснабжении, т. е. в постоянном поступлении в сердечную мышцу значительных количеств энергосодержащих веществ и кислорода. Сужение же венечных сосудов вследствие атеросклеротических изменений, а также спазмы сосудов нервно-рефлекторного порядка, вызванные перенапряжением нервной системы, ухудшают обмен веществ и энергии в сердечной мышце. Субъективно это выражается в приступообразных болях, возникающих в области сердца.

Длительное нарушение кровоснабжения сердца может вызвать омертвление – некроз его отдельных участков, и тогда развивается особо опасное поражение сердца – *инфаркт миокарда*.

*Гипертоническая болезнь* в большинстве случаев имеет нейрогенную природу и связана с нарушением нервной регуляции сосудистого тонуса. Дело в том, что мышечные клетки, входящие в состав сосудистой стенки, постоянно находятся в состоянии некоторого напряжения – тонуса. Это тоническое напряжение мышц сосудов, а соответственно и величина кровяного давления поддерживаются на определенном уровне благодаря деятельности головного мозга, в том числе и его высшего отдела – коры больших полушарий. Вот почему нервно-психическое напряжение, сопровождающееся возбуждением коры головного мозга и его подкорковых образований, одновременно вызывает и повышение кровяного давления.

Действие на нервную систему чрезвычайных факторов может повредить ее регуляторные механизмы, нарушить нормальную регуляцию сосудистого тонуса и способствовать развитию гипертонической болезни, которая в свою очередь является причиной склеротических изменений сосудов.

*Атеросклероз* («ржавчина» сосудов) – склеротические изменения сосудов меняют их функциональные свойства, они становятся хрупкими, теряют свою

эластичность и прочность. Это нередко приводит к разрыву сосудов и массивным кровоизлияниям в органы со смертельным исходом. Склеротические изменения сосудистой стенки сопровождаются также сужением просвета отдельных сосудов вплоть до их полной закупорки, что нарушает кровоснабжение органов. При атеросклерозе наблюдается и явление внутрисосудистого тромбообразования, характеризующееся повышением свертывающей способности крови. Вопрос о внутрисосудистом тромбообразовании является одним из самых актуальных в современной медицине и биологии и ввиду своей сложности и важности требует специального рассмотрения.

*Биология тромбозов. Гемостаз.* Если человек порезал палец, но не повредил крупного кровеносного сосуда, то кровотечение из ранки прекращается уже через 2–4 мин. Процесс остановки кровотечения при нарушении целостности сосудистой стенки называют гемостазом (от греч. гайма – кровь + стазис – стояние, неподвижность).

*Гемостаз* – сложная реакция всего организма, в ней участвуют: сосудистая стенка, различные составные компоненты крови, эндокринная и нервная системы. Образно говоря, гемостаз с чрезвычайной бережливостью сохраняет для организма циркулирующую в нем кровь, чтобы ни одной ее капли не пролилось зря. Следовательно, этот физиологический процесс имеет важное биологическое значение. Как уже было отмечено выше, потеря около 50 % крови, содержащейся в организме человека, опасна для жизни.

В месте повреждения максимально сокращаются сосудистые мышцы, просвет сосудов значительно уменьшается и соответственно уменьшается количество крови, притекающей к месту повреждения. Далее в процесс гемостаза включаются форменные элементы крови. В связи с истечением крови из сосуда в месте повреждения нарушается стройный поток эритроцитов. Движущиеся ранее в строго определенном порядке один за другим, они начинают сталкиваться между собой и с другими форменными элементами крови: тромбоцитами и лейкоцитами. При этом многие из них разрушаются и в кровь выделяются вещества, инициирующие и стимулирующие процессы свертывания крови. В результате свертывания крови растворимый белковый компонент крови фибриноген переходит в нерастворимое состояние – *фибрин*. Нити фибрина, соединяясь друг с другом, образуют густую сеть, плотно закрывающую место повреждения. Этому способствуют форменные элементы крови, застревающие в *фибриновой сети*. Таким образом формируется кровяной сгусток, или тромб, прочно и надежно закрывающий место повреждения сосуда и препятствующий большой кровопотере. Процессы тромбообразования ускоряются также веществами, выделяемыми сосудистой стенкой при ее повреждении. Особое значение для укрепления тромба в месте повреждения имеют тромбоциты – самые мелкие форменные элементы крови. Они способны приклеиваться к краям сосудистой раны и друг к другу и поэтому вместе с фибриновой сетью придают тромбу необходимую прочность. Согласно данным, полученным в последние десятилетия, именно эти динамические функции тромбоцитов являются необходимым условием нормального гемостаза.

Процессы тромбообразования, обеспечивающие у здорового человека остановку кровотечения в случае повреждения сосудистой стенки, при сердечно-сосудистых заболеваниях могут привести к трагическим последствиям. Дело в том, что вследствие склеротических изменений сосудистой стенки инициирование процессов тромбообразования может произойти в целом сосуде, образовавшийся

кровяной сгусток закрывает просвет сосуда и нарушит кровоснабжение какого-либо участка тела или органа. Закупорка сосудов жизненно важных органов, например тромбирование сосудов сердца или мозга, часто бывает причиной смерти человека при сердечно-сосудистых заболеваниях. В связи с тем, что свертывание крови является важнейшим элементом нормального гемостаза, остановимся на природе этого процесса несколько подробнее.

*Процессы свертывания крови.* Кровь в известном приближении представляет собой биологическую коллоидную систему, где дисперсионной средой является вода с растворенными в ней минеральными солями и некоторыми органическими веществами, а дисперсионную фазу составляют агрегаты белковых молекул, микроскопические жировые капли и форменные элементы крови. Находясь в организме, кровь бесконечно долго сохраняет свое коллоидное состояние; извлеченная из организма, она свертывается через 2–4 мин. Поскольку процессы свертывания крови с химической точки зрения близки к процессам коагуляции в коллоидной системе, науку о свертывании крови называют *гемокоагулологией*. Родоначальником этого нового раздела в физиологии является русский ученый, профессор А. А. Шмидт (1831 – 1894). Он же является создателем ферментативной теории свертывания крови, получившей в настоящее время всеобщее признание и дальнейшее развитие (Б. А. Кудряшов, А. А. Маркосян). Согласно этой теории, разрушение форменных элементов крови и особенно тромбоцитов сопровождается выделением в кровь ферментоподобного вещества – тромбопластина, который действует на циркулирующий в крови протромбин и переводит его в активный фермент – *тромбин*. Тромбин способствует превращению растворимого фибриногена в нерастворимый фибрин.

По современным данным, в процессе свертывания крови помимо названных веществ принимают участие еще свыше двадцати факторов свертывания крови и их ингибиторов, находящихся в плазме крови и клеточных поверхностях форменных элементов. Ход процессов гемокоагуляции определяется нервной и эндокринной системами.

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

Таким образом, свертывание крови – обязательный элемент нормального гемостаза, но в патологических ситуациях этот процесс лежит в основе образования внутрисосудистого тромба, часто обрывающего жизнь человека.

### **Основные причины сердечно-сосудистых заболеваний.**

Современная биология и медицина связывают развитие сердечно-сосудистых заболеваний с тремя основными факторами: нерациональным питанием, гиподинамией и напряженным ритмом жизни цивилизованного общества, предъявляющим к нервной системе человека повышенные требования.

Влияние нерационального питания на нормальное функционирование сердечно-сосудистой системы подтверждается многочисленными статистическими и экспериментальными данными. Так, например, смертность негров племени банту, японцев и китайцев лишь в 1–2 % случаев связана с инфарктом миокарда, в то время как среди американцев, англичан и финнов наличие поражений сердца и

сосудов выявлено почти в 50 % случаев. Анализ характера питания обследованных групп показал, что в питании негров племени банту, японцев и китайцев животные жиры составляют лишь 10 % от общей калорийности пищи, в питании американцев животные жиры составляют 40 % от общей калорийности, у англичан и финнов – 35 %.

В экспериментах было также показано, что скармливание опытным животным большого количества животных жиров (сливочное масло, яйца и пр.) вызывало у них атеросклеротические изменения сосудов.

Обнаружена зависимость между развитием атеросклероза и потреблением большого количества сахара, которое за последние годы резко возросло. Например, в Англии в XVIII в. потребление сахара одним человеком составляло 2 кг/год, а в наши дни оно увеличилось до 50 кг. Определенную роль в развитии сердечно-сосудистых патологий играет также и избыточное питание, когда количество калорий в пище значительно превосходит их утилизацию, осуществляемую в процессе жизнедеятельности организма. Особенно это характерно для людей, ведущих малоподвижный образ жизни.

Отрицательное воздействие на сердечно-сосудистую систему оказывает гиподинамия (пониженная физическая подвижность). В процессе становления и на первых этапах развития человеческого общества для того, чтобы уцелеть и выжить в жестокой борьбе с биологическими и физическими факторами окружающей среды, человек должен был обладать рядом физиологических особенностей: достаточной мускульной силой, выносливостью к тяжелым физическим нагрузкам, быстротой реакции и т. д.

Однако дальнейший научно-технический прогресс освободил человека из-под владычества Природы и поднял его над факторами естественного отбора. Современный труд уже не требует от человека напряженной мышечной работы, что приводит к снижению двигательной активности – гиподинамии.

Таким образом, снижение физической активности является важным фактором, нарушающим работу сердечнососудистой системы человека и способствующим развитию заболеваний его сосудов и сердца. Справедливость этого заключения показана также в экспериментальных работах на животных с ограничением подвижности. Например, помещение животных в тесную клетку всегда приводит к нарушению функционирования сердечно-сосудистой системы и развитию атеросклеротических изменений.

Огромное значение для нормального функционирования сердечно-сосудистой системы имеет неврогенный (эмоциональный) фактор. Нервная система в жизнедеятельности организма человека играет решающую роль. Вполне естественно, что от ее нормального функционирования зависит работа всех физиологических систем и органов человеческого тела, в том числе и нормальная работа системы кровообращения.

Статистические данные показывают, что сердечно-сосудистые заболевания встречаются намного чаще у лиц, характер работы которых требует от них большого напряжения нервной системы.

Существует прямая зависимость между плотностью населения и количеством сердечно-сосудистых заболеваний. В районах с большой плотностью населения число больных значительно больше. В городах с напряженным ритмом жизни, загрязненностью воздуха, высоким уровнем шума и т. д. процент поражений сердца и сосудов выше, чем среди жителей сельских районов.

В настоящее время можно считать доказанным, что в основе прогрессивного роста сердечно-сосудистых заболеваний лежат три разобранных выше основных фактора: нерациональное питание, гиподинамия и перенапряжения нервной системы. Однако и другие причины могут способствовать поражениям органов системы кровообращения. Например, пагубным для сердца и сосудов является потребление алкогольных напитков и курение.