

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ  
им. П.Ф. ЛЕСГАФТА

**Т.В. Живова**

**ВОЗРАСТНАЯ БИОХИМИЯ**

Учебно-методическое пособие

Санкт-Петербург  
2007

УДК 577.1

Рецензенты:

**Е.В. Розенгарт** – докт. биол. наук, профессор  
(СПбГУФК им. П.Ф. Лесгафта),

**Н.Д. Гольберг** – канд. биол. наук, доцент (СПбНИИФК)

**Живова Т.В.**

Возрастная биохимия: учебно-методическое пособие /  
Т.В. Живова; СПбГУФК им. П.Ф. Лесгафта.- СПб.: [б.и.], 2007.-  
51 с.

Печатается по решению редсовета СПбГУФК им. П.Ф. Лесгафта  
Утверждено УМК СПбГУФК им. П.Ф. Лесгафта. Прот. № 2 от  
05.10.06

Учебно-методическое пособие написано в соответствии с  
государственным стандартом по биохимии для вузов  
физической культуры. В пособии изложены особенности  
метаболизма, гормональной регуляции и биоэнергетики  
растущего организма и пожилых людей. Кроме того, в пособии  
описаны основные принципы питания детей и подростков,  
занимающихся физической культурой и спортом, и особенности  
питания пожилых людей для поддержания здоровья и активного  
долголетия. В пособии дано биохимическое обоснование  
методикам занятий физической культурой с детьми,  
подростками и пожилыми людьми.

Предназначено для студентов 4-5 курсов дневной и  
заочной форм обучения.

УДК 577.1

© СПб ГУФК им. П.Ф. Лесгафта, 2007

© Т.В. Живова, 2007

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	4
<b>Часть I.</b>	
<b>Биохимические особенности растущего организма</b>	
1. Общая характеристика растущего организма.....	5
2. Особенности метаболизма растущего организма.....	6
3. Специфика эндокринной регуляции растущего организма.....	14
4. Особенности биоэнергетики растущего организма.....	17
5. Возрастные особенности работоспособности.....	21
6. Особенности питания растущего организма.....	23
7. Биохимическое обоснование методики занятий физической культурой и спортом с детьми, подростками и юношами.....	32
<b>Часть II.</b>	
<b>Биохимические особенности стареющего организма</b>	
1. Основные механизмы старения.....	34
2. Особенности метаболизма пожилых людей.....	35
3. Особенности нейроэндокринной регуляции стареющего организма.....	40
4. Особенности биоэнергетических процессов.....	41
5. Особенности питания в пожилом возрасте.....	44
6. Обоснование методики занятий физической культурой с людьми пожилого возраста.....	46
Список литературы.....	51

## **ВВЕДЕНИЕ**

Постановлением Государственного Совета Российской Федерации, состоявшегося в январе 2002 года, предусмотрены меры, направленные на существенное развитие в нашей стране физкультуры и спорта. Особое внимание в нем уделяется физкультурно-оздоровительной работе, которой должны быть охвачены все слои населения, начиная от детей дошкольного возраста до пожилых людей. Поэтому выпускник спортивного вуза должен иметь необходимую подготовку для проведения занятий по физическому воспитанию и спорту в различных возрастных группах.

В данном учебно-методическом пособии в краткой форме рассмотрены основные биохимические особенности растущего и стареющего организма, знание которых необходимо специалисту в области физической культуры для грамотной организации физкультурно-оздоровительной работы с детьми и пожилыми людьми, а также и для проведения тренировочных занятий с детьми, занимающимися спортом.

Важнейшей задачей физического воспитания в детском возрасте является стимулирование гармоничного развития организма. Организм ребенка непрерывно растет и развивается, происходит последовательная смена стадий индивидуального развития организма. Для каждой из этих стадий характерны свои морфологические, биохимические и функциональные особенности, которые необходимо знать и учитывать при планировании и проведении занятий физической культурой и спортом.

Задача занятий физическими упражнениями в пожилом возрасте – замедлить развитие возрастных изменений, способствовать сохранению работоспособности и продлению жизни.

## ЧАСТЬ I. БИОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАСТУЩЕГО ОРГАНИЗМА

### 1. Общая характеристика растущего организма

С биологических позиций, период роста организма можно разделить на три этапа:

- детский – с рождения до 11-12 лет;
- подростковый – с 11-12 лет до 15-16 лет;
- юношеский – с 15-16 лет до 19-20 лет.

Следует отметить, что существуют и другие условные классификации растущего организма.

Ребенок рождается, в среднем, с весом 3200-3500 г и ростом 50-55 см. В течение первого года жизни прирост составляет около 25 см, а вес увеличивается в среднем в три раза. Далее до 11-12 лет темп роста снижается, но в 12-13 лет у девочек и в 14-15 лет у мальчиков, снова происходит значительный скачок в развитии. В юношеском возрасте скорость увеличения роста постепенно снижается, прекращаясь у девочек к 16-17 годам, а у мальчиков – к 18-19 годам.

За время обучения в школе организм ребенка испытывает значительный скачок в развитии: рост в среднем увеличивается на 40-50 см, масса тела - на 30 кг.

Развиваются внутренние органы, нервные клетки головного мозга. Ежегодно увеличивается объем сердца, жизненная емкость легких (ЖЕЛ) с 1400 мл в 7 лет до 2700 мл в 15 лет – у мальчиков, и с 1200 мл, соответственно, до 2500 мл – у девочек.

В развивающемся организме кривые роста различных тканей и органов значительно различаются. Например, рост мышечной ткани, органов дыхания, пищеварения, почек и объем крови организма коррелирует с ростом длины тела. Рост органов размножения до периода полового созревания замедлен, но заметно увеличен в течение этого периода. Значительно быстрее всех органов развивается головной мозг.

У разных детей данный процесс формирования и развития органов, систем, функций протекает со значительными индивидуальными колебаниями. В XX столетии в ряде стран наблюдался процесс акселерации (от латинского *acceleration* –

ускорение) – сокращения сроков роста с одновременным увеличением других показателей физического развития (длины тела, массы тела, длины стопы и т.д.).

Несмотря на более высокие физические показатели, некоторые системы организма (сердечно-сосудистая, нервная и др.) часто отставали в развитии, что приводило к снижению иммунитета, устойчивости к болезням, к раннему развитию утомления. Данный феномен акселерации обуславливает необходимость индивидуального подхода и особой специфики проведения спортивных занятий с детьми-акселератами.

Для решения данной проблемы необходим комплексный подход и учет особенностей растущего организма.

## **2. Особенности метаболизма растущего организма**

Основной биологической особенностью растущего организма является высокая интенсивность обмена веществ. На биологическом уровне это проявляется в высоких скоростях протекания метаболических реакций.

Как известно, метаболизм – это совокупность химических реакций, протекающих во внутренней среде организма. Метаболизм, в свою очередь, делится на катаболизм и анаболизм. Под катаболизмом понимают химические процессы, при которых макромолекулы подвергаются расщеплению до молекул меньшего размера. Конечными продуктами катаболизма являются углекислый газ ( $\text{CO}_2$ ), вода ( $\text{H}_2\text{O}$ ) и аммиак ( $\text{NH}_3$ ).

Для катаболизма характерны следующие закономерности:

- в процессе катаболизма преобладают реакции окисления;
- процесс протекает с потреблением кислорода;
- процесс сопровождается выделением энергии, большая часть которой аккумулируется в форме АТФ (аденозинтрифосфат). Часть энергии выделяется в виде тепла.

Анаболизм включает в себя различные реакции синтеза и характеризуется следующими особенностями:

- реакции носят восстановительный характер;
- процесс протекает с потреблением водорода (в форме НАДФ· $\text{H}_2$ );

- анаболизм протекает с потреблением энергии, источником которой является АТФ.

У взрослого человека оба эти процесса протекают с примерно одинаковой скоростью, что обеспечивает обновление химического состава организма.

У детей, подростков и юношей катаболизм и анаболизм протекают с более высокими скоростями, чем у взрослых, и при этом анаболизм по своей скорости значительно превышает катаболизм, что приводит к накоплению химических веществ в организме и, в первую очередь, белков. Накопление белков в организме – обязательное условие его роста и развития.

#### *Белковый обмен*

Белковый обмен растущего организма имеет определенную направленность и свои особенности. Необходимо учитывать, что белок является основным строительным материалом для клеток и тканей растущего организма. В процессе роста мышечной ткани в ее клетках увеличивается содержание белков (саркоплазмы, ферментов, сократительных и др., которые составляют 80% сухого остатка). Увеличивается процент отношения веса мышечной ткани к весу тела. В 16 лет он составляет около 44,2% от общей массы тела, в то время как в 8 лет он составляет только около 27,2%.

Белки выполняют в организме и другие важные функции (каталитическую, сократительную, регуляторную, энергетическую, защитную и др.).

Белковый обмен растущего организма, как и метаболизм в целом, характеризуется высокой интенсивностью и преобладанием реакций анаболизма над реакциями катаболизма, о чем свидетельствует положительный азотистый баланс.

Азотистый баланс является одним из важнейших показателей белкового обмена.

При положительном балансе количество вводимого азота, поступающего в организм с пищевыми белками, больше общего количества выводимого азота, выделяемого, главным образом, с мочой (в виде мочевины, аммиака, креатинина и других азотсодержащих соединений). Процент использования и задержки азота, поступившего в организм, у грудного ребенка

вдвое больше, чем у взрослых.

Показателем интенсивности синтеза белков в растущем организме является также высокое содержание ДНК и РНК в клетках.

Для поддержания положительного азотистого баланса, необходимого для нормального роста и развития, в растущий организм должно поступать с пищей достаточное количество белков.

Средняя суточная потребность в белках в нашей стране для взрослых составляет около 100 г; для детей абсолютная величина ниже, но на кг веса выше: 2-5-летнему ребенку рекомендуют 3,5 - 4 г/кг веса тела, 12-13-летнему - 2,5 г/кг веса тела, 17-18-летнему – 1,5 г/кг.

Значительное влияние на норму белка оказывает биологическая ценность пищевых белков, двигательная активность и характер физических нагрузок.

Нарушение роста и развития ребенка может быть вызвано как недостаточным, так и избыточным поступлением пищевых белков.

Ранним проявлением белкового дефицита является уменьшение в крови количества альбуминов и снижение альбумин-глобулинового коэффициента (А/Г). Снижение мочевины и общего азота в суточной моче растущего организма тоже является сигналом о недостаточности поступления белков с продуктами питания.

Дефицит белков может привести к задержке роста, полового созревания, к снижению массы тела, ослаблению защитных свойств организма.

Интенсивность метаболизма в организме спортсмена увеличивает потребность в белках, особенно во время нагрузок скоростно-силового характера, при выполнении которых усиливается распад белков, главным образом мышечных.

При избыточном поступлении белков в организм пищеварительные ферменты не способны их полностью гидролизовать. Активность протеолитических ферментов, катализирующих переваривание белков до аминокислот (пепсина, трипсина, химоотрипсина и др.), у детей до 11-12 лет низкая. С возрастом возрастает секреторная функция желудочного сока, его кислотность повышается, достигая к 13



годам показателей взрослых людей.

В раннем возрасте также слабо развита секреторная функция поджелудочной железы. Из-за повышенной проницаемости кишечной стенки у детей возможно всасывание в кровь наряду с аминокислотами также и частично расщепленных белков - пептидов, обладающих токсическими свойствами.

Нарушение пищеварения белков может привести к нарушению метаболических процессов растущего организма.

#### *Углеводный обмен*

Углеводный обмен тоже имеет ряд возрастных особенностей. Углеводы – основной источник энергии. За счет углеводов обеспечивается более половины суточной энергетической ценности пищевого рациона. Углеводы выполняют в организме и ряд специализированных функций (структурные, защитные и другие).

Особая роль углеводов как источников энергии обусловлена тем, что они могут окисляться в организме как аэробно, так и анаэробно, тогда как окисление белков и жиров протекает только аэробно. Потребность в углеводах для детей различного возраста очень индивидуальна, но углеводы должны обеспечивать более 50% суточной калорийности. С ростом ребенка, по мере увеличения его энергозатрат, абсолютная потребность в углеводах должна возрастать.

При пониженном поступлении углеводов с пищей в организме ускоряется использование жиров и белков в качестве источников энергии. Усиленный распад белков может привести к снижению их содержания в клетках и появлению признаков "белкового голодания".

Ввиду несовершенства нейроэндокринной регуляции обмена веществ, у детей чаще, чем у взрослых, наблюдается склонность к гипогликемии, особенно при физических нагрузках, связанных с проявлением выносливости.

В отличие от организма взрослого человека, организм ребенка не обладает способностью к быстрой мобилизации углеводных запасов и поддержанию высокой интенсивности углеводного обмена.

Длительное повышенное потребление углеводов может привести к нарушению обменных процессов у детей, так как переваривание и усвоение углеводов имеют свои специфические особенности. В процессе роста происходит изменение углеводного состава пищи. Так, у детей до 1 года главным пищевым углеводом является лактоза, входящая в состав грудного молока. Затем этот углевод уступает ведущую роль в питании сахарозе и полисахаридам (крахмалу, гликогену). Кроме того, у детей невысокой активностью обладает фермент слюны амилаза, катализирующая расщепление в ротовой полости полисахаридов и достигающая своей максимальной активности только к 7 годам жизни. Медленно нарастает и амилалитическая активность панкреатического сока, что также затрудняет переваривание углеводов до моносахаридов (глюкоза и другие).

Важнейшим критерием оценки состояния углеводного обмена у детей является содержание глюкозы в крови натощак. У детей раннего возраста она составляет 2,6 - 4,0 ммоль/л и только к 14-16 годам достигает величины взрослого человека: 3,9 - 6,1 ммоль/л.

#### *Жировой обмен*

Жировой обмен растущего организма тоже имеет специфические особенности. Жиры (липиды) играют в биологическом отношении важную роль. Они являются энергетическим материалом, который может откладываться в жировые депо и использоваться далее как топливо. По энергетической ценности жиры превосходят углеводы и белки. При окислении 1 г жира выделяется около 9 ккал энергии, а 1 г углеводов или белков - около 4 ккал. Липиды играют значительную роль в процессах терморегуляции, имеют защитно-механическое значение, выполняют структурные функции и т.д.

Потребность в жирах определяется возрастом, внешней средой, характером физических нагрузок и т.д. Например, потребность в жирах на кг массы тела для ребенка 7 - 10 лет составляет 2,6 г в сутки, а для детей 14 - 17 лет - 1,6-1,8 г в сутки. Абсолютная же потребность в жирах с увеличением

возраста увеличивается: для 7 - 10-летнего ребенка она должна составлять около 80 г в сутки, а для 14 - 17-летних – около 90 - 95 г. Потребность в жирах взрослого человека составляет около 100 г.

Важную роль в обменных процессах организма играют жироподобные вещества – липоиды. Среди них особое значение имеют фосфолипиды и стероиды. Фосфолипиды и холестерин (представитель стероидов) являются обязательными компонентами клеточных мембран, принимающих участие в выполнении барьерной, транспортной, рецепторной и других функций. Стероиды (холестерин и его производные) выполняют гормональную функцию (половые гормоны и кортикостероиды) и участвуют в образовании желчных кислот.

С возрастом увеличивается образование желчных кислот, что позволяет повысить потребление жиров и их дальнейшее включение в метаболические процессы.

Интенсивность липидного обмена на различных стадиях онтогенеза неодинакова. Расщепление жиров у детей грудного возраста происходит под действием липазы желудочного сока. В процессе роста ребенка и с изменением характера питания основная роль в переваривании жиров отводится ферменту - липазе панкреатического сока и желчным кислотам.

К нарушениям обменных процессов у детей может привести как резкое ограничение потребления жиров, так и избыточное их поступление с пищей. При физических нагрузках, особенно длительных, аэробной направленности, у детей и подростков жиры используются для энергообеспечения в большей мере по сравнению с утилизацией углеводов, о чем свидетельствует повышение концентрации свободных жирных кислот (СЖК) и глицерина уже в начале работы.

Величина дыхательного коэффициента у детей и подростков после продолжительных нагрузок меньше 1, что свидетельствует о повышенной утилизации жиров. Как известно, дыхательный коэффициент – это соотношение между объемами выводимого из организма углекислого газа и потребленного кислорода ( $\text{CO}_2/\text{O}_2$ ) за время выполнения нагрузки. При нагрузках, обеспечиваемых анаэробным распадом углеводов до лактата, этот коэффициент больше 1. При нагрузках, выполняемых за счет аэробного окисления

углеводов, он равен 1. При продолжительных нагрузках, когда главным источником энергии являются жиры, дыхательный коэффициент становится меньше 1.

#### *Водно-минеральный обмен*

Водно-минеральный обмен для растущего организма имеет существенное значение и свои особенности.

Вода является жизненной средой организма и особенно необходима в период роста, когда она составляет основную часть всех органов и тканей. С увеличением возраста ребенка содержание ее постепенно снижается, а количество минеральных веществ увеличивается. Чем моложе организм, тем у него относительно больше внеклеточной воды, которая, в основном, и участвует в водном обмене. Большая часть воды в организме взрослого человека приходится на долю внутриклеточной воды. Потребность в воде у ребенка первого года жизни в расчете на килограмм массы тела в три раза выше, чем у взрослых. В процессе роста эта величина остается достаточно высокой, снижаясь только к 14 годам до 50-70 мл/кг.

Водный обмен у ребенка отличается высокой интенсивностью, большей мобильностью и легко нарушается под влиянием различных причин. Это объясняется большей потерей воды через кожу и легкие, незрелостью почек и несовершенством гормональной регуляции. Абсолютная потребность в воде с возрастом увеличивается.

Обмен воды тесно связан с обменом углеводов, жиров, белков, но особенно минеральных солей. Минеральные вещества играют важную роль во многих физико-химических процессах растущего организма (формировании костной ткани, синтезе ферментов, гормонов). Они создают основу внутренней среды организма, поддерживают осмотическое давление и кислотность среды. К наиболее необходимым для жизнедеятельности химическим элементам относят: натрий, калий, хлор, кальций, магний, фосфор, железо, медь, йод, фтор, марганец, цинк и др.

Растущему организму для формирования скелета, роста и развития костной ткани необходимо достаточное поступление в организм кальция и фосфора.

Кальций также необходим для мышечного сокращения, тонуса нервной системы, активирования некоторых ферментов, свертывания крови и т.д. Суточная потребность в кальции у детей грудного возраста составляет 0,15-0,18 г и постепенно в школьном возрасте должна увеличиваться до 1 грамма. При этом относительная потребность в кальции (в расчете на кг массы тела) особенно велика в первые годы жизни ребенка.

Биологическая роль фосфора многогранна. Как уже указывалось выше, он составляет основу костной ткани, входит в состав нуклеиновых кислот, фосфолипидов, играет важную роль в энергетическом обмене, что обусловлено его способностью образовывать макроэргические связи, т.е. связи, богатые энергией (АТФ, АДФ, КФ).

Регуляция содержания кальция и фосфора в плазме крови осуществляется кальцитонином - гормоном щитовидной железы и паратгормоном – гормоном паращитовидных желез.

Важную роль в обмене кальция и фосфора играет витамин D. Паратгормон совместно с витамином D стимулирует всасывание кальция и фосфора из кишечника, а кальцитонин с витамином D участвует во включении кальция и фосфора в состав костной ткани.

Занятия физической культурой и спортом значительно повышают потребность в минеральных веществах. Физические нагрузки умеренной интенсивности оказывают положительный эффект на метаболизм кальция и фосфора, а интенсивные, особенно протекающие в анаэробных условиях, могут привести к нарушению осанки, остеосинтеза и развитию остеопороза.

В процессах кроветворения, кроме железа, участвуют медь, кобальт и никель. Недостаток йода ведет к нарушению функции щитовидной железы, задержке роста и развития, недостаток фтора - к кариесу. Недостаток цинка отражается в замедлении роста и недоразвитии половых органов у юношей.

Железо – важнейший микроэлемент, используемый для синтеза гемоглобина, миоглобина, цитохромов – ферментов тканевого дыхания и т.д.

Дефицит железа часто наблюдается у подростков, особенно в период полового созревания, что может привести к развитию алиментарной анемии. Железодефицитная анемия

встречается примерно у 20% женщин, а среди спортсменок эта цифра еще больше.

Следовательно, минеральные вещества, как и вода, необходимы для нормального протекания всех обменных процессов, особенно растущего организма. Однако, рост и развитие ребенка определяют некоторую закономерность минерального обмена у детей, состоящую в том, что поступление их в организм и выведение из организма не уравновешены между собой, как это бывает у взрослых людей. Из-за несовершенства процессов терморегуляции растущего организма у детей наблюдаются большие потери минеральных веществ с потом.

В регуляции обменных процессов растущего организма большое биологическое значение отводят витаминам - биологически активным веществам, поступающим в организм преимущественно с пищей.

Роль витаминов многогранна. Многие из них обеспечивают ряд каталитических реакций, так как участвуют в построении коферментов (низкомолекулярных соединений, участвующих вместе с ферментом в катализе). К таким витаминам можно отнести В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>6</sub>, РР и др. Витамины В<sub>1</sub>, С, РР и др. стимулируют окислительные процессы, а витамины А, Е, С являются сильнейшими антиоксидантами. Таким образом, витамины можно рассматривать как важнейшие факторы роста, развития и повышения уровней энергообеспечения и работоспособности ребенка.

В зависимости от возраста детей и подростков суточное потребление витаминов изменяется.

### **3. Специфика эндокринной регуляции растущего организма**

Уровень здоровья человека обеспечивается деятельностью нервной, гормональной и иммунной систем, которые находятся в тесной взаимосвязи. Онтогенез человека протекает в постоянном единстве с гормональной регуляцией функций.

Рост и развитие организма, обмен веществ и энергии, реализация генетической программы осуществляются через

нейроэндокринные механизмы регуляции. Железы внутренней секреции вырабатывают гормоны – регуляторы метаболизма, которые обладают высокой биологической активностью и специфичностью действия.

По химической природе их делят на 3 группы:

- белки и пептиды (инсулин, соматотропин, глюкагон и т.д.);
- производные аминокислот (тироксин, адреналин и др.);
- стероиды (кортикостероиды, половые гормоны).

В растущем организме взаимоотношения между железами внутренней секреции еще не полностью сформированы и поэтому они не способны длительное время функционировать на высоком уровне.

Так как в основе роста лежит синтез белка и клеточное размножение, то большое значение имеет гормон роста соматотропин, вырабатываемый передней долей гипофиза. Гормон роста усиливает синтез белка, так как создает более быстрый транспорт аминокислот через клеточную мембрану и активирует их включение в белковый синтез. Недостаток гормона роста у детей приводит к развитию карликовости, а избыток - к гигантизму. Анаболический эффект гормона роста осуществляется только при наличии инсулина - гормона поджелудочной железы.

В свою очередь, снижение уровня глюкозы под действием инсулина стимулирует выделение из передней доли гипофиза соматотропина. С несовершенством механизмов нейроэндокринной регуляции, с мобилизацией глюкозы из печени, с повышенной утилизацией ее тканями у детей наблюдается склонность к гипогликемии при недостаточном поступлении глюкозы с пищей. Нормальная утилизация глюкозы, аналогичная взрослым, устанавливается от 8 до 14 лет.

Белково-анаболический эффект оказывают тиреоидные гормоны (тироксин и трийодтиронин), вырабатываемые щитовидной железой. Особенно большое влияние на организм ребенка оказывают данные гормоны до 6-7 лет, когда щитовидная железа функционирует наиболее интенсивно.

Щитовидная железа является регулятором основного обмена, регулируя теплообмен, окислительные процессы в

клетках, потребление ими кислорода.

Тироксин и трийодтиронин участвуют в мобилизации углеводных и жировых запасов, регулируют обмен воды и электролитов.

При гиперфункции щитовидной железы усиливается катаболизм белков, резко возрастает основной обмен, нарушаются процессы терморегуляции (разобщение дыхания с фосфорилированием), может развиваться тиреотоксикоз (Базедова болезнь).

При гипофункции щитовидной железы у детей развивается врожденное слабоумие, задержка роста и развития. Дозированные физические нагрузки стимулируют выработку гормонов щитовидной железы в физиологических нормах у детей.

Корковое вещество надпочечников выделяет глюкокортикоиды (кортизол, кортикостерон), а также кортикостероиды с андрогенной активностью, играющие важную роль в развитии половых желез в детском организме. Они оказывают анаболический эффект на белковый обмен, повышают массу тела, мышечную силу, ускоряют рост, дифференцирование костной ткани, улучшают всасывание кальция в кишечнике, задерживают в организме воду, калий и фосфор.

Половые железы у детей крайне неразвиты, что обусловлено тем, что в детском возрасте активно функционирует шишковидная железа (эпифиз), вырабатывающая гормон – мелатонин, угнетающий функцию этих желез.

В период полового созревания эпифиз атрофируется, что приводит к резкому возрастанию выработки половых гормонов в половых железах. Гормоны мужских половых желез – тестостерон, андростерон, женских – эстрадиол, эстрол, эстриол – влияют на развитие вторичных половых признаков, усиливают основной обмен, обмен белков, повышают тонус центральной нервной системы (ЦНС) и кровяное давление. Образующиеся в больших количествах половые гормоны способствуют значительному увеличению скорости синтеза белков, что, в свою очередь, сопровождается так называемым «скачком



роста». Более интенсивное половое созревание сопровождается более ранним физическим развитием подростка.

Важную роль в процессах адаптации, в том числе к мышечной работе, играют катехоламины - адреналин и норадреналин, вырабатываемые мозговым слоем надпочечников. Адреналин совместно с симпатической нервной системой повышает возбудимость ЦНС, силу и частоту сердечных сокращений. Он участвует в перераспределении кровотока крови во время работы, повышая снабжение тканей кислородом. Адреналин обеспечивает быструю мобилизацию энергетических запасов, усиливая распад гликогена в мышцах и печени, распад жиров, тем самым, повышает работоспособность скелетных мышц.

В целом, следует отметить, что в растущем организме функциональные резервы гормонов относительно малы, поэтому эмоциональные и физические нагрузки, вызывающие утомление, могут привести к нарушению эндокринной регуляции, задержке роста, развития и полового созревания растущего организма.

#### **4. Особенности биоэнергетики растущего организма**

Течение энергетических процессов определяется направленностью метаболизма, потребностью тканей в энергии и характером питания. Энергозатраты растущего организма имеют определенную направленность. После рождения энергия расходуется на основной обмен и интенсивный рост ребенка. Основной обмен – это минимальные затраты энергии в состоянии покоя, до приема пищи, при нормальной температуре тела и окружающей среды, необходимые для поддержания основных функций систем жизнеобеспечения организма. Эти затраты энергии у детей в расчете на кг массы тела выше, по сравнению со взрослыми людьми. Реальные затраты энергии у растущего организма значительно превышают основной обмен в связи с интенсивным синтезом белков, нуклеиновых кислот, с повышенной двигательной активностью, а также в связи с большими теплотерями, обусловленными несовершенством процессов терморегуляции и бóльшей удельной поверхностью тела (отношением поверхности тела к его массе). Так, у детей 4-6 лет расход энергии на кг массы тела в два раза выше, чем у

взрослых. Суточный расход энергии с возрастом значительно увеличивается, причем у мальчиков обычно в большей мере, чем у девочек.

Согласно данным Санкт-Петербургского НИИ физической культуры, суточные энергозатраты учащихся обычных школ составили: для учащихся 7-10 лет - 2400 ккал, 11-13 лет - 1850 ккал, 14-17 лет - 3150 ккал для юношей и 2750 ккал - для девушек.

Для воспитанников спортивных школ: 3619 ± 475 ккал (лыжные гонки) и 4173 ± 186 ккал (академическая гребля).

Высокий уровень энергозатрат растущего организма обеспечивается, в первую очередь, интенсивно протекающими процессами аэробного окисления - тканевого дыхания. Это отражается в более высоком, чем у взрослых, потреблении кислорода на кг веса тела. Потребление кислорода в покое у 10-летнего ребенка составляет около 6,0 мл/кг·мин, а у 16-летнего юноши - в среднем 4,7 мл/кг·мин, в то время как у взрослых эта величина равна 3-4 мл/кг·мин.

Общее же количество потребляемого кислорода за единицу времени у взрослых выше из-за большего веса.

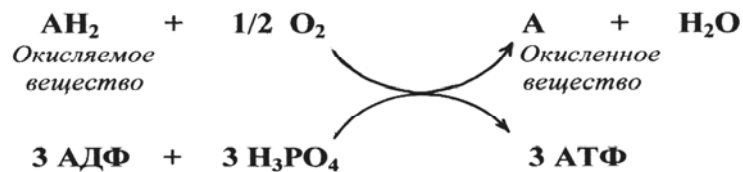
Повышенное потребление кислорода на кг массы у детей обеспечивается напряжением дыхательной и сердечно-сосудистой систем. При этом все системы организма, участвующие в потреблении, транспорте и использовании клетками кислорода, имеют у детей и подростков более низкий уровень развития, по сравнению с взрослыми.

В детском возрасте ниже кислородная емкость крови, что обусловлено пониженным содержанием гемоглобина в крови. Относительное содержания его у детей ниже, но к 12-14 годам это содержание может соответствовать нижней границе взрослого организма. Возможности тканевого дыхания ограничены также из-за пониженного содержания мышечного белка миоглобина, участвующего в транспорте кислорода из крови в митохондрии клеток. Кроме того, растущий организм отличается меньшими энергетическими запасами, доступными для использования (гликогенными, жировыми, белковыми). Все метаболические процессы, протекающие в организме, осуществляются при участии ферментов. У детей количество и

активность ферментов тканевого дыхания существенно ниже, по сравнению с взрослыми.

Еще одним фактором, ограничивающим тканевое дыхание у растущего организма, является высокая степень разобщения переноса электронов в дыхательной цепи с реакцией фосфорилирования, что приводит к увеличению теплопотерь организма и к снижению выработки АТФ.

Аэробный путь ресинтеза АТФ в упрощенном виде может быть представлен схемой:

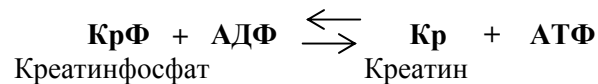


Чаще всего окисляемыми веществами являются промежуточные продукты цикла трикарбоновых кислот (ЦТК). Данный цикл является завершающим этапом катаболизма, в ходе которого происходит окисление углеводов, жиров, белков через ацетил - КоА (в присутствии кислорода) до конечных продуктов окисления  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ .

Основным показателем, характеризующим возможности тканевого дыхания, является МПК (максимальное потребление кислорода). У детей этот показатель ниже, чем у взрослых. Даже у юношей МПК ниже, чем у взрослых.

На более низком уровне, чем у взрослых, находятся и анаэробные пути ресинтеза АТФ. Метаболическая емкость, время поддержания максимальной мощности анаэробных способов энергообеспечения, особенно у детей и подростков, значительно уступают взрослым.

Одним из анаэробных путей образования АТФ является креатинфосфатная реакция, протекающая согласно уравнению:



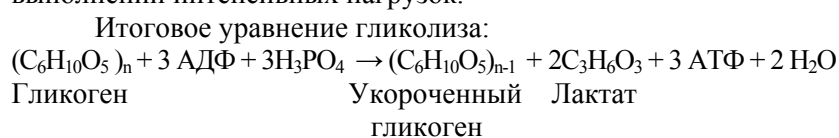
Креатинфосфатный путь ресинтеза АТФ является

обратимой реакцией, но ее равновесие уже в начале любой работы смещено в сторону образования АТФ. Данная реакция может включаться в энергообеспечение неоднократно, по ходу выполнения физических нагрузок, если меняется характер работы (скорость, мощность и т.д.). Оценивают запасы КрФ в мышцах по креатининовому коэффициенту - количеству креатинина, выделенного с мочой за сутки в расчете на кг массы тела. Этот коэффициент у взрослых мужчин составляет 18-32 мг/сутки·кг, у женщин – 10-25 мг/сутки·кг, у детей – значительно ниже.

У растущего организма также ниже содержание и активность фермента креатинкиназы, катализирующего креатинфосфатную реакцию, что тоже ограничивает мощность данного анаэробного пути ресинтеза АТФ.

С возрастом, с увеличением мышечной массы возможности энергообеспечения за счет креатинфосфатного ресинтеза АТФ возрастают. Особенно усиленно развиваются возможности данной реакции в возрасте 15-17 лет.

Еще одним анаэробным способом выработки АТФ является гликолитический путь ресинтеза (гликолиз, лактатный). Этот процесс представляет собой анаэробный распад мышечного гликогена до молочной кислоты (лактат) без участия митохондрий и без потребления кислорода и является дополнительным способом получения энергии, особенно при выполнении интенсивных нагрузок.



У детей возможности гликолитического (лактатного) анаэробного энергообеспечения низкие, что объясняется пониженным содержанием мышечного гликогена, меньшей активностью ферментов гликолиза и, особенно, низкой устойчивостью детского организма к повышению кислотности вследствие образования и накопления лактата.

Источником лактата может быть и глюкоза, поступающая в мышцы из крови.

Все основные критерии, характеризующие

гликолитический путь ресинтеза АТФ (мощности, емкости и времени поддержания максимальной мощности), у детей, подростков и даже юношей имеют более низкие величины, по сравнению с взрослыми. Данный путь энергообеспечения медленнее выходит на максимальную мощность, имеет более низкую ее величину. Вклад гликолиза в энергообеспечение оценивают по возрастанию уровня лактата в крови после нагрузки ( $\Delta C$  лактата), по выделению лактата с мочой и по величине лактатного кислородного долга.

У спортсменов с хорошей физической подготовкой величины лактатного кислородного долга могут достигать 18-20 л. У детей и подростков даже при выполнении физических нагрузок на уровне индивидуальных рекордов эта величина значительно ниже.

К концу подросткового периода, особенно юношеского, повышаются как аэробные, так и анаэробные механизмы энергообеспечения и работоспособности.

### **5. Возрастные особенности работоспособности**

В онтогенезе физическая работоспособность, зависящая от аэробных механизмов энергообеспечения, развивается раньше, чем анаэробная. С 6 лет в значительной степени увеличиваются возможности аэробного энергообеспечения, повышается кровоснабжение мышц и окислительные процессы в митохондриях. Однако резервы аэробного энергообеспечения у детей и подростков невелики. Системы организма, отвечающие за аэробное энергообеспечение растущего организма, функционируют почти на пределе своих физиологических возможностей.

Наибольший годовой прирост аэробной работоспособности наблюдается у мальчиков 13 - 14 лет (МПК увеличивается на 28%) и у девочек 12 - 13 лет (МПК увеличивается на 17%). Абсолютное развитие аэробной работоспособности отмечается только к 20 - 25 годам. За счет постоянных тренировок до 40 - 45 лет может поддерживаться высокий уровень аэробной работоспособности. Дети младшего школьного возраста достаточно легко переносят длительные, мало интенсивные нагрузки продолжительностью не более 40

минут.

В период полового созревания наблюдается некоторое снижение аэробной работоспособности, направленной на развитие выносливости. В этот период легко развивается гипоксия, "юношеская" гипертония с повышением артериального давления до 130 - 140 мм ртутного столба. К концу юношеского возраста ликвидируется рассогласованность в гормональной регуляции, завершается развитие функциональных систем, ЧСС достигает уровня взрослого человека (66 ударов в минуту), стабилизируется МПК, поэтому аэробная работоспособность резко возрастает.

Анаэробная (алактатная и лактатная) работоспособность растущего организма существенно ограничена. Анаэробная работоспособность более специфична, по сравнению с аэробной работоспособностью. Она преимущественно связана с внутримышечными энергетическими запасами (креатинфосфата, гликогена), количеством миофибрилл, активностью ферментов и т.д.

Недостаточное содержание креатинфосфата в мышцах у детей существенно ограничивает алактатную работоспособность детей. С возрастом с увеличением мышечной массы усиливаются возможности ресинтеза АТФ за счет креатинфосфата с 15 - 17 лет, которые достигают наибольшего развития к 19 - 20 годам. Высокая алактатная работоспособность может сохраняться до 30-летнего возраста.

Пропорционально нарастанию веса тела возрастают и возможности гликолитической (лактатной) работоспособности. Низкие запасы мышечного гликогена, недостаточная эффективность его использования для энергообеспечения, повышенная чувствительность к молочной кислоте существенно снижают работоспособность растущего организма при выполнении нагрузки в зоне субмаксимальной мощности продолжительностью до 2 - 3 минут. С 15 - 16 лет значительно возрастают возможности гликолитического пути ресинтеза АТФ, но наибольшая гликолитическая (лактатная) работоспособность отмечается только в возрасте 20 - 22 лет, которая затем быстро падает.

Специальная выносливость определяется не только

внутренними возможностями организма (энергетическими, функциональными, гормональными и т.д.), специфическими для определенного вида нагрузок, но еще в большей степени - высокой технической, тактической и психологической подготовкой, развитием морально-волевых качеств. Только многолетняя техническая подготовка, правильно подобранная тактика, высокая мотивация позволяют спортсмену экономно и рационально использовать энергетический потенциал и выполнять работу даже в условиях значительных сдвигов в организме (биохимических, функциональных и других).

Процессы восстановления у растущего организма протекают значительно быстрее, чем у взрослых. Это объясняется меньшим объемом нагрузок, более низкой их мощностью и меньшими метаболическими сдвигами во время работы.

Повышенное потребление кислорода на единицу веса тела у детей после окончания мышечной работы ускоряет окисление недоокисленных метаболитов и сокращает время восстановления. Однако, если нагрузка протекает на фоне недовосстановления или носит запредельный характер, то процессы восстановления могут затягиваться до 6 - 24 часов. Следовательно, режим физических нагрузок, отдыха, питания для детей, подростков и юношей должен быть под постоянным контролем врача, тренера, биохимика.

#### **6. Особенности питания растущего организма**

Обязательным условием нормального роста и развития организма, повышения уровня физической работоспособности, профилактики заболеваний является полноценное питание. Под питанием понимают поступление пищевых веществ из внешней среды в организм, их переваривание и всасывание продуктов переваривания.

У растущего организма возможности пищеварительной системы значительно ниже, чем у взрослого. Это связано, как указывалось выше, с небольшим объемом пищеварительных соков, низкой активностью пищеварительных ферментов и более низкой способностью всасывания конечных продуктов распада (гидролиза) в желудочно-кишечном тракте. В связи с

ограниченными возможностями пищеварительной системы детям и подросткам рекомендуется повысить кратность питания до 5-6 раз в сутки.

С биологических позиций, питание преследует такие основные цели, как:

- обеспечение организма источниками энергии,
- обеспечение организма строительным материалом,
- обеспечение организма водой, минеральными веществами, витаминами и другими незаменимыми продуктами питания.

У занимающихся спортом рациональное питание позволяет повысить эффективности тренировочного процесса и рост спортивных результатов, а также ускорить восстановительные процессы.

Энергетическая ценность (калорийность) пищевого рациона оценивается количеством энергии, которая выделяется при окислении пищевых углеводов, жиров и белков до конечных продуктов распада ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{NH}_3$ ).

Главными источниками энергии являются пищевые углеводы, которые должны обеспечивать у детей 50-60% суточной потребности в энергии. Наиболее богаты углеводами следующие продукты: крупы, хлеб, картофель, овощи и др.

Кроме крахмала, с пищей могут поступать клетчатка, сахара и некоторые простые углеводы (глюкоза, фруктоза), а также животные углеводы (гликоген и лактоза - молочный сахар).

Учитывая высокий расход энергии на единицу веса растущего организма, повышенные энерготраты при выполнении физических нагрузок, особенно анаэробных, когда углеводы становятся основными источниками энергии, рекомендуется увеличивать содержание углеводов в пищевом рационе. Норма потребления углеводов должна составлять 8,3 - 14,3 г/кг массы тела.

Обогащение рациона углеводами обусловлено еще и тем, что углеводные запасы (гликоген печени и мышц) у детей ограничены и быстро расходуются. Для поддержания работоспособности используют дополнительный прием углеводов во время тренировки, соревнования или восстановления до 600-800



г в сутки.

Пищевой рацион растущего организма должен содержать так называемые балластные вещества. К ним относятся такие растительные углеводы, как клетчатка, пектин, лигнин, которые не гидролизуются пищеварительными ферментами и поэтому не всасываются. В настоящее время установлено, что эти углеводы выполняют в организме функцию сорбентов токсических веществ, которые могут содержаться в недоброкачественной пище или возникать в процессе обмена веществ (холестерин, продукты гниения и др.), а также усиливают перистальтику кишечника, что стимулирует движение пищи по пищеварительному тракту.

Еще одним обязательным компонентом пищевого рациона являются жиры, которые по калорийности превосходят углеводы и белки (см. метаболизм липидов). Потребность в жирах для взрослого человека составляет 80-100 г в сутки, для детей абсолютная потребность ниже (табл. 1). Для спортсменов, в зависимости от вида спорта, она может колебаться от 1,7 до 2,4 г/кг массы тела, что позволяет обеспечивать до 30% суточной калорийности. По калорийности жиры должны составлять 30-35% суточного рациона.

Следует отметить, что наиболее энергетически ценными являются животные жиры. Однако биологическая ценность пищевых жиров определяется содержанием в них полиненасыщенных жирных кислот (линолевой, линоленовой, арахидоновой и др.), которые необходимы для синтеза фосфолипидов - липоидов клеточных мембран - для образования простагландинов - гормоноподобных веществ, регулирующих в организме тонус гладкой мускулатуры, и других биологически активных веществ. Источниками полиненасыщенных кислот являются растительные масла, жирная рыба, рыбий жир и другие продукты. Для взрослого человека ежедневный прием 20-30 мл растительного масла обеспечивает потребности организма в полиненасыщенных жирных кислотах. Оптимальным соотношением между животными и растительными жирами принято считать 7:3.

Пищевые жиры также являются источниками жирорастворимых витаминов (А, D, Е и К), которые могут

накапливаться в составе резервного жира. Большие затраты энергии юных спортсменов, вызванные высокой двигательной активностью, нервно-психическими перегрузками, большим объемом нагрузок, требуют достаточного поступления пищевых жиров.

В обеспечении организма строительным материалом ведущее значение имеют пищевые белки, состоящие из аминокислот. Аминокислоты необходимы для обновления тканевых белков, белков плазмы крови, для синтеза других азотсодержащих веществ организма (креатина, азотистых оснований, гормонов - адреналина, тироксина и т.д.).

Таблица 1

**Рекомендуемые величины суточной потребности в основных пищевых веществах, витаминах и энергии для юных спортсменов**

Виды спорта	Возраст, лет	Пол	Калорийность, ккал	Белки, г		Жиры, г		Углеводы, г	Витамины, мг			
				Общие	В т. ч. животные	Общие	В т. ч. растительные		A	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	C
Гимнастика (спортивная, художественная), настольный теннис, прыжки на лыжах с трамплина, санный спорт, стрельба, фехтование, фигурное катание на коньках.	11-13	М	3050	112	67	90	20	448	2,1	2,3	2,5	115
		Д	2650	97	59	79	18	388	2,0	2,0	2,2	100
	14-17	М	3600	132	79	106	21	528	2,4	2,7	3,0	135
		Д	3050	112	67	90	20	448	2,1	2,3	2,5	115
Бег на 400, 1500, 3000 м, бокс, борьба, горнолыжный спорт, плавание, спорт. игры (волейбол, теннис, футбол, хоккей, баскетбол).	11-13	М	3600	132	79	106	21	528	2,4	2,7	3,0	135
		Д	3400	125	74	100	20	499	2,3	2,6	2,8	128
	14-17	М	3900	134	80	126	32	522	2,6	2,9	3,3	146
		Д	3300	114	68	107	27	444	2,2	2,5	2,8	124
Велогонки на шоссе, гребля на байдарках и каноэ, академическая, лыжные гонки, лыжное двоеборье, конькобежный спорт.	11-13	М	3600	132	79	106	21	528	2,4	2,7	3,0	135
		Д	3400	125	74	100	20	499	2,3	2,6	2,8	128
	14-17	М	4600	157	94	148	37	627	3,1	3,5	3,8	173
		Д	3900	134	80	126	32	533	2,6	2,9	3,2	147

Особенно необходимо поступление с пищей полноценных белков, содержащих незаменимые аминокислоты, которые не могут синтезироваться в организме. Животные белки (молочные продукты, яйца, мясо, рыба и др.) имеют большую биологическую ценность, чем белки растительного происхождения. Из растительных белков наиболее полноценными являются белки гречи, овса, белых грибов и т.д.

Как указывалось выше, суточная потребность в белках зависит от возраста, массы тела, характера физических нагрузок. При выполнении силовых нагрузок повышается катаболизм белков, главным образом мышечных. Для восстановления разрушенных белков рекомендуют дополнительный прием пищевых белков до 150-200 г в сутки (2,2 - 2,9 г/кг массы тела).

Широкое распространение в настоящее время получили пищевые добавки. В состав белковых добавок часто входят молочные и яичные белки, гидролизаты белков (пептиды, аминокислоты) и белково-углеводные смеси. Они содержат в высоких концентрациях наиболее полноценные и легко усвояемые пищевые белки.

В связи с несовершенством процессов терморегуляции у детей и подростков наблюдается повышенное выделение воды и минеральных солей в составе пота. Вследствие интенсивности водно-солевого обмена дети страдают от дефицита воды и минеральных веществ тяжелее, чем взрослые. Для нормальной жизнедеятельности растущего организма потребность в воде у ребенка в расчете на кг массы тела должна быть выше. Суточная потребность в воде у детей различного возраста различна. Например, для 2-4-летнего ребенка она должна составлять 1350 – 1800 мл/сутки (115-110 мл на кг веса), для 14-летнего – 2000 - 2700 мл/сутки (40-50 мл/кг веса).

Минеральные вещества играют огромную роль во многих физико-химических процессах, протекающих в организме. Особенно велико их значение для растущего организма. Потребность в минеральных веществах зависит от возраста, а при занятиях спортом - от характера физических нагрузок.

Суточная потребность в основных минеральных веществах (в граммах) у детей, занимающихся и не занимающихся спортом, в зависимости от возраста, приведена в табл. 2.

Таблица 2

**Потребность детей и подростков (юных спортсменов и не занимающихся спортом) в минеральных веществах, мг/день**

Сравниваемые группы	Возраст, лет	Пол	Минеральные вещества				
			Ca	P	Mg	Fe	K
Не занимающиеся спортом	11-13	М	1200	1800	350	18	3000
		Д	1100	1650	300	18	3000
	14-17	М	1200	1800	300	18	3500
		Д	1100	1650	300	18	3500
Юные спортсмены	11-13	М	1550	2300	530	23	3700
		Д	1400	2100	450	23	3700
	14-17	М	1550	2300	450	23	4300
		Д	1400	2100	450	23	4300

В периоды интенсивных тренировок и восстановления подростки и юноши особенно нуждаются в таких минеральных элементах, как железо, кальций, магний, калий и фосфор. Это, прежде всего, связано со значительными потерями солей при обильном потоотделении.

Продуктами питания, наиболее богатыми минеральными веществами, являются овощи и фрукты. Наряду с поступлением минеральных веществ с натуральными продуктами питания, они могут дополнительно вводиться в составе поливитаминных комплексов и др., а также в виде специальных фармацевтических препаратов: аспаркама, содержащего калий и магний, глицерата кальция, содержащего кальций и фосфор и т.д. Минеральными веществами могут быть обогащены белковые и углеводные добавки.

В настоящее время в практике спортивной медицины большое внимание уделяется дозированию и учету введения микроэлементов с пищевыми добавками и поливитаминных комплексов.

Витамины – низкомолекулярные соединения, поступающие в организм человека преимущественно с пищей. Это – биологически активные вещества, играющие важную роль в регуляции обменных процессов, и их недостаточное поступление (гиповитаминозы) или полное

отсутствие поступления с пищей (авитаминозы) может привести к различным нарушениям метаболизма и тяжелым болезням.

В зависимости от возраста ребенка и энерготрат, суточная потребность в витаминах различна (табл. 1).

Среди жирорастворимых витаминов наиболее значимым для роста и развития ребенка является витамин А (ретинол). Он оказывает влияние на развитие скелета, способствует росту и регенерации кожных покровов и слизистых оболочек. Он обеспечивает нормальное зрение. Витамин А – сильнейший антиоксидант.

Пищевыми источниками витамина А являются печень животных и рыб, яичный желток, молочные продукты. В растительных продуктах (морковь, тыква и др.), в плодах и фруктах (цитрусовых и др.) содержится каротин – провитамин А, который в организме при определенных условиях является источником витамина А.

Витамин D (кальциферол) участвует в процессах всасывания и обмена кальция и фосфора. При его недостатке у детей нарушается обмен в костной ткани, развивается рахит, задерживается рост и развитие. Пищевыми источниками витамина D являются жирная рыба, рыбий жир, молоко и молочные продукты. Кроме того, витамин D может синтезироваться в коже под воздействием на нее солнечного света.

Витамин E (токоферол) принимает участие в окислительно-восстановительных процессах, является природным антиоксидантом, регулирует функцию половых желез, поддерживает мышечный тонус. Основными источниками витамина E являются растительные масла, зародыши семян злаков, зеленые овощи.

Витамин K (филлохинон) играет важную роль в синтезе протромбина – фактора свертывания крови. Его пищевыми источниками являются шпинат, зеленый горошек и другие овощи, а также мясо и рыба.

Гиповитаминозы, обусловленные дефицитом в организме жирорастворимых витаминов (А, D, E, K), встречаются редко. У детей же чаще наблюдаются гипervитаминозы, обусловленным избыточным содержанием в организме витаминов А и D. Длительное применение витамина А у детей в возрасте 1-4 лет вызывает увеличение возбудимости, отсутствие аппетита, увеличение печени, выпадение волос и т.д. Высокая токсичность избыточного поступления витамина D проявляется в раннем окостении, задержке роста, нарушении пищеварения и возникновении судорог.

Гиповитаминозы наиболее характерны для водорастворимых витаминов. Из них наиболее значимыми для растущего организма являются витамины группы В, витамины С и Р.

Витамин В<sub>1</sub> (тиамин) играет важную роль в обмене углеводов, белковом и жировом обмене, а также используется для синтеза кофермента тиаминдифосфата. Недостаточное его поступление в организм приводит к снижению энергообеспечения за счет углеводов, нарушениям нервной системы и т.д. Витамин В<sub>1</sub> содержится в муке грубого помола (отрубях), дрожжах, орехах и продуктах животного происхождения (сердце, печень, почки).

Витамин В<sub>2</sub> (рибофлавин) принимает участие в окислительно-восстановительных процессах, входит в состав коферментов дыхательной цепи, участвует в обмене аминокислот и жирных кислот. При недостаточном поступлении В<sub>2</sub> с пищей усиливается катаболизм белка, происходит задержка роста, нарушается функция пищеварения. Пищевые источники: дрожжи, печень, почки, яйца, молоко. Витамин В<sub>2</sub> может быть синтезирован микрофлорой кишечника при достаточном поступлении кобальта с пищей.

К витаминам группы В относят и никотиновую кислоту (РР). Механизм биологического действия ее связан с построением коферментов (НАД и НАДФ), участвующих в процессах тканевого дыхания. Недостаточное поступление РР с пищей вызывает пеллагру - заболевание, сопровождающееся дерматитами, нарушениями функции кишечника и психическими нарушениями. Важнейшими источниками витамина РР являются хлеб, крупы, мясо и рыба.

Витамин В<sub>6</sub> (пиридоксин) играет важную роль в обмене аминокислот и липидов. Этот витамин обладает липотропным действием, стимулирует работу печени. При недостатке В<sub>6</sub> у детей нарушается синтез белков и происходит задержка роста. Пищевыми источниками В<sub>6</sub> являются крупы, дрожжи, печень, почки. Витамин может быть синтезирован в организме микрофлорой кишечника.

Витамин В<sub>12</sub> (цианкобаламин) обладает антианемическим действием, а также участвует в синтезе эритроцитов и нуклеиновых кислот и аминокислот. При гиповитаминозе В<sub>12</sub> развивается малокровие. Пищевые источники В<sub>12</sub>: печень, почки, рыба.

Витамин С (аскорбиновая кислота) участвует в окислительно-восстановительных реакциях,

синтезе соединительной ткани, в том числе и стенок кровеносных сосудов. Витамин С играет важную роль в синтезе кортикостероидов и обладает антиоксидантной активностью. При недостаточном содержании в организме витамина С возникает цинга, которая характеризуется повышенной ломкостью и проницаемостью стенок кровеносных сосудов. При этом также снижается иммунитет, развивается слабость и быстрая утомляемость, снижается функция сердечно-сосудистой системы. Пищевыми источниками витамина С являются, главным образом, свежие овощи и фрукты (плоды шиповника, черная смородина, картофель и т.п.).

Гипервитаминозы, вызванные избыточным поступлением водорастворимых витаминов, практически не встречаются, так как их избыток легко выводится из организма, преимущественно с мочой.

В период интенсивного роста и полового созревания, особенно при занятиях спортом, рекомендуется адекватное применение витаминов.

При несбалансированном питании потребность в витаминах может изменяться. Избыточное углеводное питание увеличивает потребность в витаминах В<sub>1</sub>, В<sub>6</sub> и С. Использование пищевого рациона белковой направленности требует большего количества витаминов В<sub>2</sub>, В<sub>6</sub> и В<sub>12</sub>,

Основополагающим принципом витаминпрофилактики и витаминотерапии является комбинированное применение витаминов, базирующееся на феномене синергизма. Синергическое взаимодействие наблюдается при сочетании витаминов В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub> и РР, витаминов В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>6</sub> и С, витаминов В<sub>12</sub>, В<sub>с</sub> (фолиевая кислота), В<sub>6</sub> и С, витаминов С и Р.

Нерациональное использование витаминов может привести к нарушению обменных процессов и важнейших функций растущего организма.

## **7. Биохимическое обоснование методики проведения занятий физической культурой и спортом с детьми и подростками**

Занятия физической культурой с детьми, подростками и юношами должны быть направлены на гармоничное развитие, совершенствование функций организма и повышение уровня спортивной работоспособности.

Очень важным условием успешной физкультурно-оздоровительной работы с детьми и подростками, особенно проведения спортивных тренировок с юными спортсменами, является знание преподавателем и тренером биохимических и физиологических особенностей растущего организма. Только с учетом возрастных особенностей можно, с одной стороны, достичь высоких спортивных результатов, а, с другой стороны, не нанести вреда еще не сформировавшемуся организму.

Дети младшего школьного возраста достаточно легко переносят длительные, мало интенсивные нагрузки продолжительностью не более 40 минут.

У детей среднего и старшего возраста нагрузки продолжительностью в 1,5 - 2 часа будут стимулировать обменные процессы и оказывать положительное влияние на развитие организма. Однако юноши и девушки еще не способны выдерживать длительную работу на максимальной мощности за такое же время, как взрослые. Величина ПАНО (порог анаэробного обмена) у них ниже, чем у взрослых. (ПАНО - это минимальная относительная мощность работы, которая измеряется по потреблению кислорода в процентах по отношению к величине МПК, при которой в энергообеспечение включается гликолиз, и концентрация лактата возрастает до 4 ммоль/л).

Как известно, проявление силы и быстроты характерно для физических нагрузок, выполняемых в зонах максимальной и субмаксимальной мощности. Именно за счет креатинфосфатного пути ресинтеза АТФ мышечные нагрузки выполняются с самой большой силой и скоростью. Скоростно-силовые качества зависят не только от энергообеспечения мышц но и от их структурно-морфологических особенностей, которые в значительной мере предопределены генетически. Высокая степень развития быстроты характерна для подросткового возраста. Важнейшим средством развития быстроты является бег от 20 до 60 м с предельной скоростью.

В период полового созревания в значительной степени увеличивается сила - из-за наибольшего прироста мышечной массы. Её наибольший прирост наблюдается с 14 - 17 лет, а максимальные её показатели достигаются в 18 - 20 лет. Развитие этих качеств полностью завершается в первом периоде зрелого возраста.

Для развития силы рекомендуют нагрузки с отягощением, умеренные статические упражнения. Данные нагрузки рекомендуются только мальчикам и при условии не использования

объемных силовых нагрузок, которые могут оказать отрицательное воздействие на опорно-двигательный аппарат, положение внутренних органов, привести к сколиозам, травмам, задержке роста и развития. Особенно противопоказаны такие нагрузки девочкам, так как они могут нарушить функции деторождения.

Детям и подросткам очень трудно сохранять высокий уровень энергообеспечения интенсивной мышечной работы во времени, проявляя скоростную, силовую, т.е., специальную, выносливость, которую они могут сохранять в 9 лет только в течение 3 минут, что составляет около 40% мощности работы взрослого человека.

При проведении занятий с детьми и подростками следует считаться с тем, что эндокринные железы обладают низкой производительностью и имеют слабые возможности функционирования на высоком уровне. Повысить эффективность их действия возможно за счет создания положительного эмоционального фона спортивных занятий путем внесения в них элементов игры, проведения соревнований, музыкального сопровождения и т.п.

## **ЧАСТЬ II. БИОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СТАРЕЮЩЕГО ОРГАНИЗМА**

### **1. Основные механизмы старения**

Биология старения - раздел геронтологии, который изучает старение живых организмов на всех уровнях их организации.

Геронтология изучает влияние различных факторов на процессы старения, на продление жизни человека.

Согласно современной возрастной классификации, человек в возрасте 60-74 лет относится к пожилым, 75-90 лет - к старым, более 90 лет - к долгожителям.

Различают календарный возраст (количество прожитых лет) и биологический возраст (мера состояния организма). Именно биологический возраст определяет продолжительность жизни.

Люди стареют в разном темпе, и их возможности (адаптационные, генетические, энергетические, социальные и т.д.) в одном и том же возрасте существенно отличаются друг от друга. Однако каждый вид животных на земле имеет определенный биологический лимит продолжительности жизни. Старение присуще любой живой системе, это – естественный, необратимый процесс, который можно только замедлить. Многие авторы утверждают, что продление жизни будет возможно в случае установления основных механизмов старения. Эти механизмы многочисленны и до конца не изучены.

Так, И.И. Мечников утверждал, что старение связано с нарушением функции кишечника, с самоотравлением организма, в первую очередь, продуктами гниения белков.

И.П. Павлов и его ученики связывали процессы старения, прежде всего, с закономерными возрастными изменениями высшей нервной деятельности.

В настоящее время ряд исследователей считает, что старение, является результатом разрушения, нарушения обменных процессов и других сдвигов в организме, которые происходили на протяжении жизни. Другие исследователи связывают процесс старения с нарушением генетического аппарата клетки, регуляции генома, т.е., старение – это генетически запрограммированный процесс.

И.В. Давыдовский писал: "Старение и смерть многоклеточных "вделаны" в генетический план и являются закономерным периодом в общем развитии организма".

В последние годы выяснилось, что одним из механизмов старения является повышение скорости процессов свободнорадикального окисления (Д. Харман, С. Эммануэль).

Как известно, незначительная часть кислорода воздуха при определенных условиях превращается в активные формы - свободные радикалы, вызывающие окисление белков, липидов и нуклеиновых кислот. Наиболее активно данный процесс протекает в липидном слое биологических мембран. Такое окисление называют перекисным окислением липидов (ПОЛ).

В физиологических условиях ПОЛ протекает с низкой скоростью, так как в организме существует антиоксидантная система, защищающая его от накопления свободных радикалов окисления.

Вследствие снижения емкости антиоксидантной системы у пожилых людей активизируются процессы перекисного окисления, что приводит к повреждению молекул, органоидов и клеток в целом.

Решающее влияние на развитие геронтологии в нашей стране оказал А.А. Богомолец. В

своих исследованиях он сочетал поиск механизмов старения, анализ долголетия и разработку средств увеличения продолжительности жизни.

## 2. Особенности метаболизма пожилых людей

Характерной чертой стареющего организма является снижение уровня пластического обмена на фоне общего уменьшения интенсивности обмена веществ.

Снижение интенсивности обмена веществ начинается уже с 30-35 лет, что является основой постепенного перерождения тканей и развития процессов инволюции.

Белковый обмен характеризуется снижением скорости белкового синтеза на фоне уменьшения концентрации гормонов анаболического типа (инсулина, половых и других гормонов).

Угнетение синтеза белков и замедление их самообновления в стареющем организме связывают с угнетением обмена нуклеиновых кислот, со снижением содержания ДНК в ядрах клеток, укорачиванием молекул ДНК под действием активных форм кислорода.

Существенное значение для оценки особенностей белкового обмена имеет азотистый баланс, который у пожилых, особенно старых людей, носит отрицательный характер.

Конечные продукты распада белков выделяются, как указывалось выше, преимущественно в виде мочевины. Сравнительные показатели указывают, что содержание мочевины в сыворотке крови у молодых людей составляет 3,2 - 7,2 ммоль/л, у старых - 3,9-9,9 ммоль/л.

Нарушение функций клеток и их гибель является итогом старения и отражается на деятельности всех органов и организма в целом. Число нейронов в мозгу уменьшается на 10-20%, а в некоторых структурах - на 30-50%, уменьшается число нефронов почки, альвеол легких.

Широко распространено мнение ученых о том, что первичное старение свойственно неделящимся клеткам, и что деление клетки "освобождает" ее от грубых возрастных изменений.

Уменьшение клеточной массы свидетельствует о преобладании катаболических процессов в белковом обмене. Клеточная масса тела 25-летних мужчин составляет около 47% всей массы тела, а 70-летних - только 36%. В организме пожилых и старых людей наблюдается значительное снижение мышечной массы примерно на 12 кг (при увеличении возраста с 30 до 70 лет).

Одной из причин снижения интенсивности обмена веществ считают укрупнение коллоидных частиц тканевых белков, увеличение содержания высокомолекулярных белков - на фоне снижения низкомолекулярных. Так, с возрастом уменьшается содержание альбуминов в крови и увеличивается содержание глобулинов, особенно наиболее высокомолекулярных гамма-глобулинов, что приводит к снижению альбумино-глобулинового коэффициента. Например, в 13-14 лет он составляет 2,28, в 40-50 лет - 1,78, в 60-70 лет - 1,58.

Снижение числа иммунокомпетентных клеток в периферической крови уменьшает функциональную активность лимфоцитов. Число лейкоцитов с возрастом снижается: так, у молодых людей - 4000 - 11000 в мм<sup>3</sup>, а у старых - 3100 - 8900 в мм<sup>3</sup> (Ю.М. Губачев).

С возрастом снижается содержание гемоглобина в крови и миоглобина - в мышцах. Нормативные величины для гемоглобина не должны быть ниже 120-130 г/л (Andres R. и др.). Уменьшается содержание в организме ферментов, сократительных и других белков.

В мышцах отмечается уменьшение количества мышечных волокон и их диаметра, снижение количества сократительных белков (актина, миозина и др.). Это сопровождается атрофией мышц, их дряблостью, неспособностью к длительной физической активности.

Уменьшение количества белков в организме приводит к снижению функциональных возможностей важнейших органов и тканей, сердца, легких, печени и ферментативных систем.

Углеводно-жировой обмен у пожилых и старых людей имеет свою специфику. Нейроэндокринная регуляция углеводов имеет существенные недостатки. Инсулиновая недостаточность может привести к нарушению утилизации глюкозы, снижению уровня гликогенных запасов организма и интенсивности окисления глюкозы как важнейшего источника энергии. Недостаток инсулина стимулирует распад белков, особенно в мышечной ткани. При недостатке инсулина происходит внутриклеточная дегидратация, которая сопровождается потерей не только воды, но и азота и минеральных солей.

При патологии у пожилых и старых людей чаще развивается сахарный диабет, но при физических нагрузках, особенно протекающих в анаэробном режиме, у пожилых людей, раньше, чем у молодых, возникает гипогликемическое состояние, что значительно снижает работоспособность. Это объясняется тем, что повышенная потребность организма в углеводах (как важнейшем источнике энергии) при дефиците кислорода не соответствует гликогенным запасам и



их восстановлению из-за сниженной концентрации и активности ферментов, участвующих в глюконеогенезе.

Нарушение углеводного обмена часто приводит к ожирению, к избыточной массе тела за счет увеличения содержания резервного жира. Так, при повышении содержания глюкозы в крови уменьшается использование резервного жира и освобождение жирных кислот, а при недостатке углеводов в организме (гипогликемии) увеличивается расход жира, мобилизованного из жировых депо.

Возрастное снижение двигательной активности и энерготрат, перестройка эндокринной системы у пожилых людей может привести к ожирению.

Возрастные изменения гормонального статуса приводят к нарушению метаболизма в жировых клетках. Так, тестостерон обладает выраженным липолитическим действием. К 65 годам его секреция снижается, и это приводит к снижению липолиза и повышению синтеза липидов. Эстрогены и прогестины у женщин также обладают липолитическим действием, но с возрастом, с повышением уровня андрогенов, у них изменяется тип ожирения, с преимущественным отложением жира в области живота – "мужской тип ожирения".

Существенные изменения у пожилых людей наблюдаются в обмене сложных липидов, в частности, фосфолипидов и холестерина.

Развитие преждевременного старения людей связано с нарушениями в сердечно-сосудистой системе и обусловлено, главным образом, образованием атеросклеротических бляшек из холестерина.

Содержание общего холестерина в плазме крови у мужчин 25-29 лет составляет около  $4,61 \pm 0,05$  ммоль/л, 65-69 лет -  $5,77 \pm 0,1$  ммоль/л (Комаров, 1981).

У пожилых людей снижается метаболизм холестерина и степень его расходования на синтез гормонов стероидной природы (половых, кортикостероидов) и других биологически активных веществ, что приводит к его накоплению в крови, развитию склеротических изменений в кровеносных сосудах, снижению их эластичности и прочности.

Запасание липидов в жировых депо зависит от энергетического баланса организма и двигательной активности. Известно, что длительные аэробные физические упражнения на уровне ПАНО (порог анаэробного обмена) приводят к увеличению использования липидов, повышению липолитического действия гормонов - катехоламинов, соматотропного и тестостерона.

Условия окружающей среды, особенно питание и характер физической активности, оказывают значительное влияние на содержание белков, углеводов, липидов крови и их обмен. Например, белки, содержащие необходимый набор незаменимых аминокислот, предупреждают отложение холестерина. Снижение холестерина рекомендуют осуществлять за счет снижения в рационе доли животных жиров и углеводов, но увеличения - растительных масел, содержащих незаменимые полиненасыщенные жирные кислоты.

После 40 лет рекомендуется не более 60-70 г жира в суточном рационе, причем около половины должны составлять жиры растительного происхождения.

Полный отказ от жиров может привести не только к дефициту полиненасыщенных жирных кислот, но и к недостатку жирорастворимых витаминов, многие из которых являются природными антиоксидантами (А, Е).

Обмен воды тесно связан с обменом минеральных и органических веществ. При старении происходит частичное обезвоживание организма из-за несовершенства процессов терморегуляции и снижения величины основного обмена. Особенно быстрое снижение содержания внутриклеточной воды, как и угасание многих функций, происходит после 70-75 лет. Уменьшение содержания воды в миоцитах снижает у пожилых людей упругость и эластичность мышц.

Нарушение водного баланса у пожилых людей обусловлено действием нервно-гормональной регуляции и сопровождается частичным обезвоживанием тканей, а иногда и задержкой внеклеточной воды в организме. Такая задержка может возникнуть при заболеваниях сердечно-сосудистой системы и почек, при голодании, а также при чрезмерном приеме с пищей поваренной соли. Обычно задержка воды в организме сопровождается развитием отеков.

Снижение уровня работоспособности в мышцах у пожилых людей связывают с уменьшением в них количества калия, фосфора и кальция.

Снижение механической прочности костной ткани связывают с нарушением фосфорно-кальциевого обмена в организме. Ионы калия и натрия особенно необходимы для нормального функционирования сердечной мышцы. Недостаток железа, йода, цинка и некоторых других элементов существенно сказывается на состоянии пожилых людей.

Дефицит минеральных веществ, выявленный при старении, необходимо восполнять, включая их дополнительно в пищевой рацион.

### **3. Особенности нейроэндокринной регуляции стареющего организма**

Возрастные изменения в гомеостазе пожилых людей многие авторы связывают с нарушениями, которые протекают в нейрогуморальных механизмах регуляции. Изменяется функциональная активность мозга, к 75 годам вес мозга уменьшается и составляет около 56%, снижается лабильность многих его структур, уменьшается количество нервных волокон, скорость проведения нервных импульсов.

Биохимической основой возрастных изменений в деятельности мозга являются нарушения в обмене медиаторов - норадреналина, дофамина, ацетилхолина, гамма-аминомасляной кислоты и др.

Многие авторы связывают старение с состоянием гипоталамуса, который по нервным и гормональным путям регулирует состояние внутренней среды (гомеостаз) организма. При старении "надежность" гипоталамуса как высшего центра регуляции всех функций снижается. Большое значение при старении имеют сдвиги в системах "гипоталамус - гипофиз - половые железы". Концентрация половых гормонов изменяется по-разному. У мужчин снижается концентрация тестостерона (у мужчин 20-40 лет концентрация тестостерона в крови составляет  $6,7 \pm 5-8$  мкг/л; 40-90 лет -  $3,5 \pm 2,5$  мкг/л), и возрастает содержание эстрадиола и прогестерона, а у женщин падает содержание женских половых гормонов на фоне повышения количества тестостерона. Концентрация гонадотропных гормонов, фолликулостимулирующего (ФСГ) и лютеинизирующего (ЛГ), с возрастом увеличивается, что является компенсаторным механизмом поддержания функций половых желез.

При старении снижается активность щитовидной железы, основной обмен и нарушаются процессы терморегуляции. Также ослабевают функции бета-клеток поджелудочной железы, вырабатывающих инсулин. Инсулиновая недостаточность у пожилых людей снижает скорость утилизации глюкозы клетками и тканями организма, что может вызвать гипергликемию. Однако у пожилых людей достаточно долго сохраняется стабильность коркового слоя надпочечников, вырабатывающих кортикоиды, участвующие в глюконеогенезе. т.е., в синтезе глюкозы из веществ неуглеводной природы.

Атрофические процессы в большей части органов эндокринной системы осуществляются медленно. Исключения: глубокая инволюция вилочковой железы, заметное снижение веса и функции щитовидной железы, сопровождающееся уменьшением продукции тироксина до 25-40% после 60 лет, а у мужчин старше 60 лет наблюдаются изменения предстательной железы.

Комплекс гормональных расстройств лежит в основе метаболических сдвигов, нарушения энергообеспечения, снижения работоспособности и развития болезней у пожилых людей.

### **4. Особенности биоэнергетических процессов**

Существенные изменения в клеточной биоэнергетике происходят на этапе образования, передачи и использования энергии в клетке.

Во многих клетках снижается потребление кислорода, уменьшается активность ферментов дыхательной цепи и содержание макроэргов (АТФ, КФ, и др.). С возрастом ухудшается синтез белков митохондрий, что вызывает нарушения всей энергетики клетки. Ухудшается основной обмен. Для взрослого человека величина основного обмена составляет 24 ккал на 1 кг веса в сутки, а для 75-летнего эта величина снижается до 84%. Если у детей большая часть энергии тратится на рост и увеличение массы тела, то у пожилых людей из-за снижения интенсивности анаболических процессов и метаболизма в целом основной обмен существенно ухудшается. Уже в состоянии покоя у пожилых людей используется почти весь резервный энергетический фонд организма.

Генерация энергии – синтез АТФ происходят в ходе двух основных процессов – тканевого дыхания, протекающего в митохондриях, и гликолиза, протекающего в цитоплазме. На кристах митохондрий расположены дыхательные ферменты, которые переносят электроны с субстратов на кислород с образованием воды и энергии (частично в виде АТФ).

При старении происходит уменьшение количества митохондрий в клетках, появляются поврежденные митохондрии, снижается интенсивность окислительного фосфорилирования, что приводит к уменьшению образования энергии. Наряду с этим возникают процессы, связанные с возникновением компенсации, которые не могут обеспечить клетки энергией в полной мере. К ним

относят появление гигантских митохондрий, активизацию гликолиза, образование, к примеру, в сердце большого количества АТФ на один моль потребляемого кислорода.

Возможности аэробного энергообеспечения за счет тканевого дыхания у пожилых людей ограничены в силу следующих основных причин:

- снижение уровня возможностей кардиореспираторной системы;
- снижение кислородной емкости крови (величина МПК в 50 лет составляет 70% от средневозрастной величины МПК, а к 70 годам - падает до 55%);
- снижение энергетических запасов организма (жировых, гликогенных);
- снижение количества и активности ферментов, участвующих в аэробном энергообеспечении;
- снижение содержания гемоглобина в эритроцитах крови и миоглобина в саркоплазме мышечных клеток;
- изменение в состоянии митохондриального аппарата (уменьшение количества и размера митохондрий и т.д.).

В старости во многих клетках относительно большее значение приобретает более древний, резервный путь энергообеспечения – гликолиз. При интенсивных нагрузках сердечно-сосудистая и дыхательная системы не могут обеспечить мышцы кислородом, что приводит к кислородному голоданию организма. Значительное увеличение лактата (молочной кислоты) в крови после выполнения стандартных нагрузок указывает на снижение возможностей тканевого дыхания и включение гликолиза в энергообеспечение. Усиление в сердечной мышце гликолиза – резервного энергетического фонда – способствует сохранению работы сердца. Однако образование лактата в сердечной мышце может привести к нарушению ритма сердца и к его повреждению. Незначительное увеличение лактата по сравнению с показателями молодых людей после выполнения максимальных нагрузок анаэробного характера свидетельствует о низком уровне возможностей гликолиза.

Устранение избытка лактата требует у пожилых людей обычно нескольких часов. В опытах на животных установлено резкое снижение (при старении) запасов гликогена в организме, повышение уровня неорганического фосфата, который ускоряет распад гликогена и замедляет его синтез. Экспериментально доказано, что количество креатинфосфата, например, в сердечной мышце старых животных падает на 40-50%. Следовательно, существенные недостатки анаэробных (алактатного и лактатного) механизмов энергообеспечения можно объяснить следующими причинами:

- снижением энергетических резервов (низкий уровень запасов гликогена и креатинфосфата);
- снижением мобилизационных возможностей (низкие концентрации фермента креатинкиназы, ферментов гликолиза и нарушение регуляторных механизмов);
- снижением устойчивости организма к метаболитам (лактату, пирувату и др.).

"Отказ" при выполнении нагрузок максимальной и субмаксимальной мощности у пожилых людей наступает значительно раньше, что является сигналом снижения мощности и эффективности анаэробного энергообеспечения. В мышечных клетках снижается активность миозиновой АТФ-азы - фермента, катализирующего гидролиз АТФ.

При старении снижается эффективность аэробного пути ресинтеза АТФ вследствие нарушения механизмов сопряжения дыхания и фосфорилирования, в результате чего большая часть энергии переходит в тепловую, что понижает К.П.Д. этого способа образования АТФ.

Кроме основных путей окисления в организме (тканевого дыхания и гликолиза) существуют и другие пути, в частности, микросомальное окисление (гидроксилирование). В этом случае кислород включается в состав окисляемых веществ. Данный процесс не имеет энергетического значения. Основное назначение микросомального окисления состоит в обезвреживании ядовитых веществ, в снижении их токсичности. Г.И. Парамонова в своих исследованиях показала, что к старости снижается способность ферментов этой системы защищать организм от токсических веществ.

## **5. Особенности питания в пожилом возрасте**

Питание – сложный физиолого-биологический процесс утилизации смеси различных веществ, поступающих извне с пищей, и превращение их в структурные элементы организма и энергию, необходимую для различных функций. Для каждого возраста разработаны гигиенические нормы питания. Вопросами питания людей пожилого и старческого возраста занимается геродистика. Теоретические основы этой отрасли медицинских знаний разработаны академиком А.А. Покровским и его сотрудниками в Институте питания АМН.

Основными принципами питания являются:

1. Энергетическая сбалансированность питания с фактическими энергозатратами стареющего организма.

В пожилом возрасте закономерно снижается основной обмен, затраты на физическую работу, потому и энергоёмкость пищи также надо снижать по мере старения организма в общей сложности на 1/3 в период от 30 до 70 лет. Если энергетическую ценность суточного рациона в возрасте от 20 до 30 лет принять за 100%, то в 31-40 лет она должна составлять 97%, 41-50 лет - 94%, 51-60 лет - 86%, 61-70 лет - 79%. Ограничительная диета как бы растягивает траты энергии, в этих условиях мобилизуются адаптивные механизмы, направленные на уменьшение метаболических затрат организма, использование более экономных путей обеспечения функций.

2. Лечебно-профилактическая направленность питания.

У людей пожилого возраста часто развиваются атеросклероз, диабет, ожирение, гипертония и другие заболевания. Для предупреждения этих болезней рекомендуют снижение содержания в пище холестерина до 200-300 мг в сутки, жира – до 25-30% от общей энергетической ценности пищи, оптимальное содержание жиров растительного происхождения должно быть не менее 1/3 от общего суточного количества жира. В. Рис установил, что люди, страдающие ожирением, живут в среднем на 6-8 лет меньше. Пищу рекомендуют обогащать липотропными веществами, нормализующими жировой обмен (метионин, холин, фосфолипиды, лецитины и т.д.), пищевыми волокнами и продуктами моря. Количество углеводов должно составлять 55-60% от общей энергетической ценности. С пищей рекомендуется принимать преимущественно сложные углеводы со слабо- и неперевариваемой клетчаткой, пектиновыми веществами. Количество легкоусвояемых сахаров должно быть снижено до 30-35 г в сутки. Содержание белков в пище не должно превышать 1 г на 1 кг массы тела. Для поступления необходимых незаменимых аминокислот важно, чтобы количество животных белков было больше, чем растительных. Потребность в животных белках рекомендуют покрывать за счет белков молочных продуктов и рыбы. При этом рекомендуют молочную пищу сочетать с растительной. Овощи и фрукты – важнейший источник витаминов и минеральных элементов.

3. Сбалансированность рациона по незаменимым факторам питания.

С возрастом для оптимального обмена веществ важно не только абсолютное содержание различных пищевых веществ, но и их соотношение. На основании клинических исследований установлено, что в старости соотношение белков, жиров и углеводов должно составлять 1,0: 0,8: 3,5.

4. Щелочная направленность питания.

Снижение интенсивности обменных процессов, изменение функции почек, развитие тканевой гипоксии - предпосылки метаболического ацидоза. Следовательно, для поддержания гомеостаза, рН среды пищи должна содержать вещества с основными свойствами (фрукты, овощи, молочные продукты).

5. Нормализация микрофлоры кишечника.

У пожилых людей преобладает гнилостная микрофлора, продукты жизнедеятельности которой токсичны. Нормальная микрофлора кишечника определяет витаминную обеспеченность организма. Аэробная микрофлора синтезирует многие витамины.

6. Обогащение пищи алиментарными геропротекторами.

К данным факторам, кроме ограничивающей диеты и обогащения пищи витаминами и витаминными комплексами, относят минеральные элементы (магний, марганец, медь, цинк, селен) и антиоксиданты. В ходе жизнедеятельности образуются свободные радикалы, повреждающие молекулы, органоиды и клетки и способствующие старению. Вместе с тем, существует система антиоксидантов, связывающая и обезвреживающая свободные радикалы. К системе антиоксидантов относят ряд витаминов (А, Е, С, Р и др.), некоторые ферменты, красящее вещество свеклы – бетанидин и некоторые другие вещества. При старении снижается мощность систем антиоксидантной защиты, поэтому дополнительный прием антиоксидантов задерживает накопление холестерина, жирных кислот и повышает эффективность тканевого дыхания.

7. Режим питания определяет усвояемость пищи.

Наиболее рациональным является четырехразовое питание. Первый завтрак должен составлять 25% от общей суточной энергетической ценности, второй - 15%, обед - 35% и ужин - 25%.

Правильное питание, подвижный и здоровый образ жизни, минимум стрессов и максимум душевного равновесия - залог долголетия.

## **6. Обоснование методики занятий физической культурой с пожилыми людьми**

Снижение уровня многих метаболических процессов энергообеспечения организма у пожилых людей сочетается со снижением двигательной активности, что может привести к необратимым расстройствам функционирования физиологических систем, которые проявляются снижением их приспособительных реакций к условиям внешней среды и к ускоренному, преждевременному старению.

Разработка средств, предупреждающих старение, увеличивает продолжительность жизни. Оптимальные физические нагрузки являются одним из средств, улучшающих здоровье, повышающих жизненный тонус и замедляющих процессы старения. Физические нагрузки, их характер, дозирование, должны проводиться под контролем врача, с учетом возрастных и индивидуальных особенностей человека. При этом следует учитывать пониженную работоспособность стареющего организма, снижение уровня функциональных возможностей сердечно-сосудистой, иммунной и других систем, а также механизмов адаптации.

Задача преподавателя - тренера по физической культуре - строить индивидуальные программы с учетом возраста, степени подготовленности и здоровья. Давно известно влияние мышечной деятельности на изменение активности генетического аппарата, на биосинтез белка. Ограничение движения особенно плохо влияет на пожилых людей. Есть немало наблюдений о высокой двигательной активности долгожителей. Высокая двигательная активность, тренируя системы организма, повышает уровень адаптации, делает его более устойчивым к действию повреждающих факторов. Двигательная активность, физические нагрузки уменьшают кислородную "стоимость" работы, деятельность сердечной мышцы становится более экономной, улучшается кровоснабжение тканей, увеличивается число митохондрий, мобилизуется весь комплекс мышечных сокращений и т.д. Весь этот комплекс повышает устойчивость организма и предупреждает старение. И.А. Аршавский выдвинул концепцию "правило скелетных мышц". Он указывал на связь между двигательной активностью и видовой продолжительностью жизни. Заяц живет дольше, чем его малоактивный родственник кролик, лошадь - дольше коровы и т.д. Дозированными нагрузками была продлена жизнь кролика до "заячьих" сроков. Академик Н.М. Амосов на собственном примере пропагандировал активную физическую жизнь. В.И. Зациорский проанализировал фактический материал о влиянии физической активности на снижение заболеваемости и смертности от ишемической болезни сердца.

При старении ослабевают процессы возбуждения и торможения, влияние коры головного мозга на нейроны спинного мозга, что отражается на двигательной активности и способности длительно производить работу. Сдвиги в двигательной активности - результат изменений во всех звеньях регуляции. Эти изменения сказываются на точности движений, способности выполнять двигательный комплекс, работоспособности. Реакция сердечно-сосудистой системы на физическую нагрузку в пожилом возрасте указывает на ограничение резервных возможностей организма, снижение эффективности его деятельности. Это проявляется в уменьшении максимально возможной нагрузки, уровня максимального потребления кислорода. Уменьшаются резервы прироста при нагрузке минутного объема сердца. При этом гиподинамическое обеспечение отстает от роста энергетических запросов при работе, что приводит к более раннему вовлечению анаэробных механизмов энергообеспечения и снижению порога анаэробного обмена.

У пожилых и старых людей наблюдается замедленное развитие изменений гиподинамических и дыхательных показателей, вызванных мышечной работой. Это проявляется в удлинении периода вработывания. После выполнения мышечной работы характерно замедленное восстановление различных функций, особенно со стороны сердечно-сосудистой системы.

Для поддержания работоспособности пожилых людей, жизненного тонуса, здоровья им рекомендуют общеукрепляющие нагрузки небольшой мощности и интенсивности, аэробной направленности и тренирующие все жизненно важные функции организма. Такие упражнения, как ходьба, велосипед, лыжные прогулки умеренного темпа, наиболее соответствуют особенностям метаболизма и энергообеспечения пожилых людей.

Так как восстановительный период после выполнения таких нагрузок более длительный, то рекомендуют чаще во время их выполнения устраивать отдых до восстановления. Выполнение физических упражнений (особенно на свежем воздухе) повышает активность окислительных процессов, задерживает развитие атеросклероза, значительно увеличивает возможности сердечно-сосудистой системы организма пожилых людей.

Следует отметить, что такое качество двигательной работы, как общая выносливость,

утрачивается медленнее в процессе старения, чем скоростная или силовая. При занятиях с пожилыми людьми рекомендуется ограничивать нагрузки скоростно-силового характера, особенно нагрузки, связанные со скоростной или силовой выносливостью. Нагрузки такого характера могут привести к повышению кровяного давления, нарушению дыхания и кровообращения, нарушениям в опорно-двигательном аппарате, перелому костей. Следует ограничивать прыжки в высоту, длину, резкие наклоны и другие гимнастические упражнения. Чрезмерные, недозированные физические нагрузки у пожилых людей могут стать причиной развития различных заболеваний, травм и даже гибели.

Костно-мышечная система пожилых людей имеет существенные недостатки:

- уменьшение объема мышечной массы;
- уменьшение количества мышечных волокон и их диаметра;
- увеличение жировых включений в мышечные клетки;
- снижение АТФ-азной активности миозина;
- снижение гликогенных и креатинфосфатных запасов в скелетных мышцах и их мобилизация, и т.д.

В костях уменьшается содержание минеральных веществ, с годами происходит постепенная потеря кальция, снижается объем костной ткани, начиная с 40 лет (у женщин - 2-3% в год), и уменьшается рост (к 70 годам приблизительно на 5 см). Изменяется осанка, появляется риск патологических переломов.

У пожилых людей интенсивные физические нагрузки не могут обеспечить работающие мышцы кислородом. В этих условиях возрастает кислородный долг, хотя его абсолютная величина всегда ниже, чем у молодых. Не успевает за потребностями организма и дыхательная система. Сдвиги в кровоснабжении мозга снижают энергетику нервных клеток, и это приводит к более быстрому утомлению. Следовательно, физические нагрузки должны соответствовать состоянию здоровья, важнейших систем организма. Относительная заторможенность, низкий эмоциональный статус организма обуславливают включение в занятия с пожилыми людьми элементов игры, музыкального сопровождения занятий. Однообразные физические упражнения вызывают более быстрое утомление.

Занятия с пожилыми людьми рекомендуют проводить на воздухе с целью активизации окислительных процессов в организме. Резкая смена условий внешней среды (температуры, влажности, давления) может оказать неблагоприятное влияние на работоспособность и состояние здоровья пожилых людей. С возрастом надежность работы центров терморегуляции снижается.

Здоровье должно стать естественной потребностью, выражением морального облика современного человека 21-го века.

Знание закономерностей биохимических процессов, протекающих при старении, необходимо тренерам-педагогам для оценки состояния здоровья, составления программ по физической культуре, управления тренировочным процессом в группах здоровья и в группах лечебной физкультуры.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

### Основная литература

1. Биохимия мышечной деятельности: учебник / Н.И.Волков, Э.Н. Несен, А.А. Осипенко, С.Н. Корсун. – Киев: Олимпийская литература, 2000. – 504 с.
2. Вдовиченко, Л.М. Биохимические аспекты занятий физическими упражнениями различными возрастными групп. Лекция. / Л.М. Вдовиченко, И.А. Сытинский. - Л.: ГДОИФК им. П.Ф. Лесгафта, 1985. – 13 с.
3. Возрастная биохимия: Учебное пособие. – СПб.: Петербургский педиатрический институт, 1992.- 61 с.
4. Гериатрия: Учебное пособие. / Д.Ф. Чеботарев, В.В. Фролькис, О.В. Коркушко и др.; под ред. Д.Ф. Чеботарева.- М.: Медицина, 1990.- 240с.
5. Михайлов, С.С. Спортивная биохимия: учебник / С.С. Михайлов. - СПб.: ГАФК им. П.Ф. Лесгафта., 2002.- 252 с.
6. Яковлев, Н.Н. Биохимия спорта / Н.Н. Яковлев. - М.: ФиС, 1974.- 288с.

### Дополнительная литература

1. Биология старения. /Под ред. В.В. Фролькиса. – Л., 1982.- 280с.
2. Давыдовский, И.В. Геронтология / И.В. Давыдовский. - М., 1966.- 280с.
3. Држевицкая, И.А. Эндокринная система растущего организма. Учебное пособие для вузов. / И.А. Држевицкая. - М.: Высшая школа, 1987.- 207с.
4. Комаревцев, Л.Н. Возрастная биохимия физических упражнений / Л.Н. Комаревцев. - Л.: ГДОИФК им. П.Ф. Лесгафта, 1974.- 13с.
5. Оптимальные режимы двигательной активности у детей и взрослых в норме и патологии. /Под ред. В.Л. Уткина. – М.: ВНИИМИ, 1981.- 82с.
6. Rogozkin, V.A. Питание спортсменов / В.А. Rogozkin, А.И. Пшендин, Н.Н. Шишина. - М.: ФиС, 1989.- 160с.
7. Солодков, А.С. Возрастная физиология. Учебное пособие. / А.С. Солодков, Е.Б. Сологуб. - СПб.: ГАФК им. П.Ф. Лесгафта, 2001.- 187с.
8. Черемисинов В.П. Биохимическое обоснование методики занятий физическими упражнениями с лицами разного возраста. Лекция. - М., ГЦОЛИФК, 1979.- 15с.

УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ

Св. план 2007

Живова Тамара Васильевна

ВОЗРАСТНАЯ БИОХИМИЯ

Учебно-методическое пособие

Редактор В.П. Товстых  
Корректор Н.Л. Журавлева

Сдано в набор 12.01.2007 Подписано в печать 19.01.2007  
Объем 2,2 усл.-изд. л. Тир. 100 экз. Заказ \_\_\_\_\_ Цена свободная

ПИО СПб ГУФК им. П.Ф. Лесгафта  
190121 Санкт-Петербург, ул. Декабристов, 35