

ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный медицинский университет» Минздрава России

кафедра биологической химии

Особенности энергетического обмена у детей

Подготовили: Мурашова В. В., Шуриева М. С.

Заведующий кафедры: д. биол. н., доцент Сгибнев А. В.

Научный руководитель: к. биол. н., доцент Карнаухова И. В.

Содержание

- Введение.
- Общие закономерности энергетических процессов у детей.
- Динамика метаболических процессов.
- Обмен белков.
- Обмен углеводов.
- Обмен липидов.
- Гипоэнергетические состояния у детей.
- Заключение.
- Список литературы.

Введение

Обмен веществ и энергии - совокупность процессов превращения веществ и энергии, происходящих в живых организмах, а также осуществление обмена веществами и энергией между организмом и окружающей средой.

Процессы обмена веществ и энергии идут особенно интенсивно во время роста и развития детей, что является одной из характерных черт растущего организма. На этом этапе онтогенеза пластические процессы (ассимиляция) значительно преобладают над процессами разрушения (диссимиляции).

В связи с увеличением массы тела и развитием органов в организме возникают специфические потребности в пластическом материале. У детей, особенно в ранние возрастные периоды, с высокой скоростью протекает биосинтез белков, необходимых для обеспечения процессов роста, обновления и дифференцировки тканей; постоянно увеличивается необходимость в белках, выполняющих специфические функции в организме. В растущем организме активно происходит биосинтез нуклеиновых кислот и метаболизм азотистых оснований.

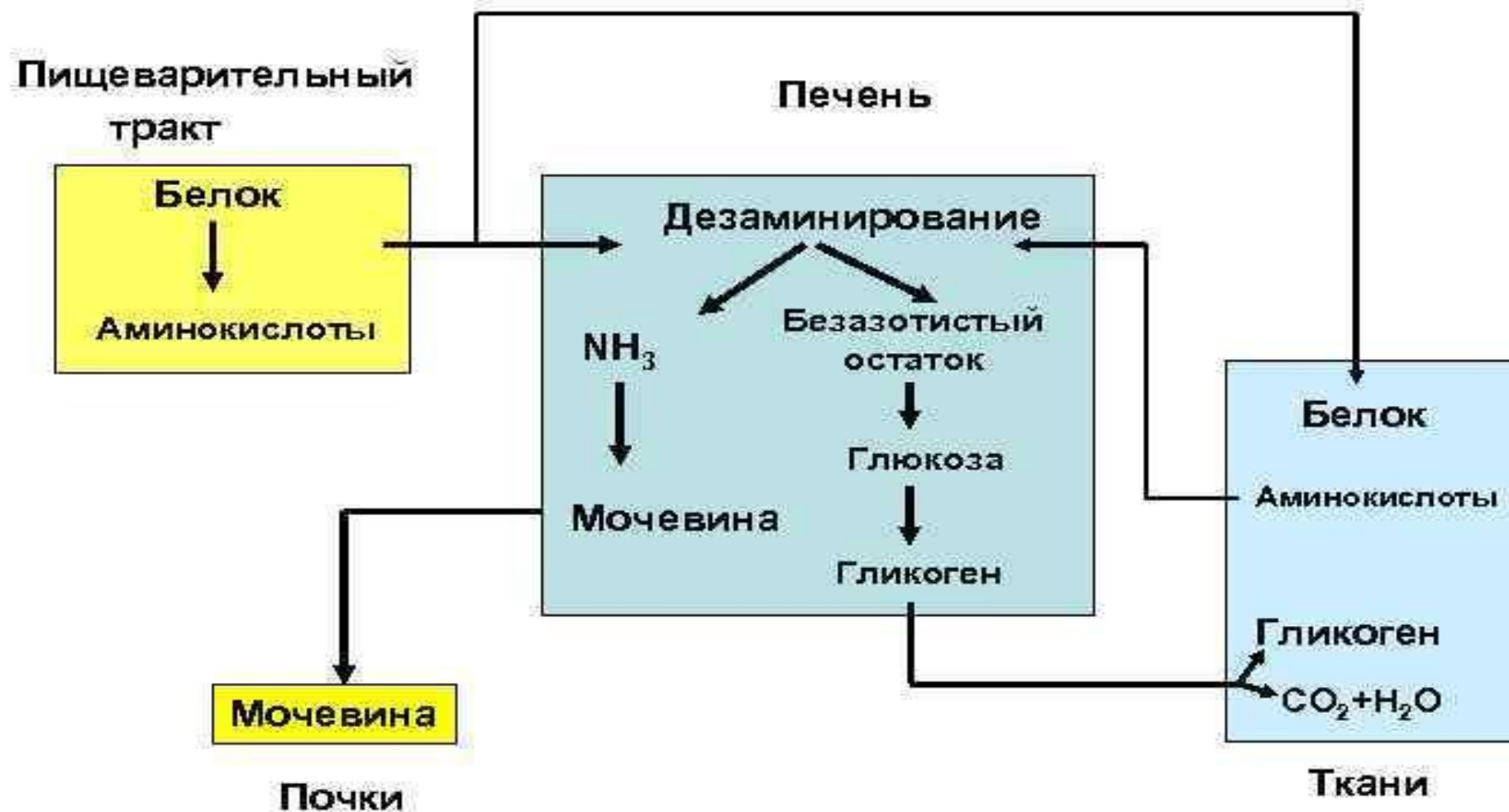
Общие закономерности энергетических процессов у детей.

1. *Высокая потребность тканей в энергии.*
2. *Специфическая терморегуляция.*
3. *Высокая чувствительность энергетического обмена к регуляторным воздействиям.*
4. *Большая интенсивность энергообразования.*
5. *Переключение путей наработки энергии с анаэробного гликолиза на аэробный.*
6. *Изменение субстратного обеспечения энергетических процессов.*

Обмен белков.

- В основе структуры любого организма и всех протекающих в нем реакций лежат белки. Любые изменения структуры и функции белков приводят к изменению жизнеспособности клетки, ткани и организма в целом.
- Потребность в белках в среднем составляет 1,0-1,5 г/кг массы тела у взрослого человека. У детей потребность в белке значительно выше, чем у взрослых, так как белок необходим для образования новых тканей и их для самообновления.
- Для изучения белкового обмена используют критерий баланса азота - соотношения поступающего в форме аминокислот азота и азота, выводимого из организма в виде конечных продуктов метаболизма. У взрослого человека в норме нулевой азотистый баланс. В противоположность этому у детей имеется положительный азотистый баланс.
- переваривание белков пищи происходит в желудочно-кишечном тракте под действием протеолитических ферментов класса гидролаз. В желудочном соке новорожденных детей имеется ранняя форма пепсина (реннин), фермент створаживает молоко, задерживает белки в просвете желудка, что улучшает их гидролиз. Основное переваривание белков идет в тонкой кишке, но, чем моложе ребенок, тем слабей этот процесс. Активность протеиназы у ребенка низкая, с возрастом она растет. Вследствие высокой проницаемости мембраны энтероцита и низкой активности протеолитических ферментов у детей первого года жизни при чрезмерном употреблении белков, особенно коровьего молока, возможно всасывание нерасщепленных белковых молекул, это вызывает сенсibilизацию организма, приводит к непереносимости пищевых продуктов (пищевая аллергия).
- Особенностью белкового обмена является высокая степень всасывания пищевых белков, так в зависимости от возраста она равна: новорожденный - 84%, грудной - 78%, дошкольник - 73% взрослый < 70%

Схема белкового обмена



Обмен углеводов.

Углеводы- это природные органические соединения, содержащиеся во всех клетках живых организмов и выполняющие важные функции:

Функции углеводов:

1. Энергетическая (1 г У - 4,1 ккал).
2. Пластическая функция, входят в состав многих структур организма: нуклеиновых кислот, мембран клеток, основного вещества соединительной ткани и т.д.
3. Резерв питания. Биологический полимер глюкозы - гликоген при полноценном питании накапливается в печени (до 10-20% и в скелетных мышцах до 2-4%).
4. В комплексе с белками углеводы влияют на: - проницаемость клеточных мембран, - проведение нервных импульсов, - образование антител, - специфичность групп крови, - индивидуальные особенности тканей.
5. Входят в состав ряда гормонов, витаминов, коферментов, участвуют в свертывании крови, регенерации и др.

Сравним потребность в углеводах грудных детей и

- в грудном возрасте - 13 г/кг,
- в 1-3 года - 174-212 г/сут,
- в 4-6 лет - 212-272 г/сут,
- в 7-10 лет - 300-310 г/сут,,
- в 11-13 лет - 340-370 г/сут,,
- в 14-17 М - 400-425, 14-17 Д - 360-380 г/сут.

Продукты, содержащие Углеводы :

моносахариды : сахар, мед, фрукты, сладости, мучные изделия;

дисахариды : молоко, фрукты, мед, ягоды;

полисахариды : овощи-фрукты, картофель, крупы, хлеб.



I этап Углеводного обмена - **ассимиляция**

Переваривание углеводов:

- В ротовой полости под действием амилазы слюны происходит расщепление крахмала и гликогена до декстринов и мальтозы.
- В желудке действие амилазы практически прекращается.
- В 12- перстной кишке амилаза панкреатического сока способствует деградации остатков крахмала (у детей до 1 года невысокая амилолитическая активность, значительно \square к 4-9 годам).
- В кишечнике - сахараза, мальтаза, лактаза расщепляют соответствующие дисахариды до моносахаридов.

II этап. **Резорбция Углеводов**

В кишечнике - моносахариды и в малом количестве дисахариды.

Особенности:

- у детей первых 2-х лет жизни глюкоза резорбцируется быстрее, чем у взрослых; - в грудном и > старшем возрасте усваивается 98-99% всех Углеводов пищи;
- всасывание глюкозы и галактозы связано с процессами активного транспорта; - резорбция фруктозы и пентоз происходит путем диффузии.

Стоит отметить особенности содержания глюкозы в плазме крови у здорового ребенка. Это величина довольно постоянная до тех пор, пока запасы гликогена в печени достаточны.

Этих запасов хватает для поддержания постоянного уровня глюкозы в течение 6-12 часов у детей первых месяцев жизни и в течение 12-24 часов и более у детей старшего возраста. При истощении запасов гликогена развивается гипогликемия и ускоряется процесс использования жиров для энергетических затрат организма.

Содержание глюкозы в крови у здоровых детей колеблется в весьма широких пределах: от 3,3-5,6 ммоль/л. У детей первых 2 лет жизни наблюдаются ещё большие колебания, что, возможно, объясняется лабильностью обмена веществ в этом возрасте.

Сразу после рождения ребенка в пупочной в пупочной вене содержится на 7-10% больше глюкозы, чем в пупочной артерии. В течение первых 4 часов после перевязки пуповины содержание глюкозы начинает медленно снижаться и достигает минимума к концу 1-3-го дня. К концу первой недели жизни оно повышается до нормального для данного ребенка уровня. У детей, рождающихся с низким весом и недоношенных, как правило, содержание глюкозы в крови ниже.

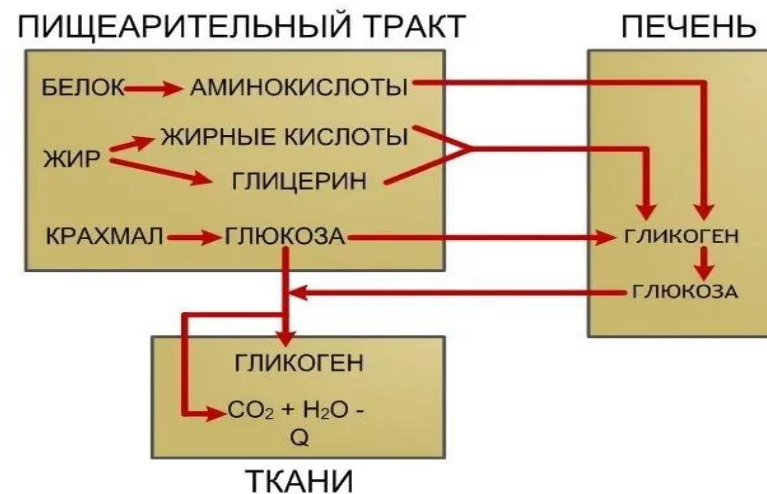
Метаболизм глюкозы имеет специфические особенности у детей:

1) В тканях новорожденного и ребенка первых месяцев жизни активно протекает анаэробный гликолиз. Это в значительной степени обеспечивает устойчивость детей к гипоксии и обеспечивает возможность использовать метаболиты гликолиза для синтеза соединений других классов.

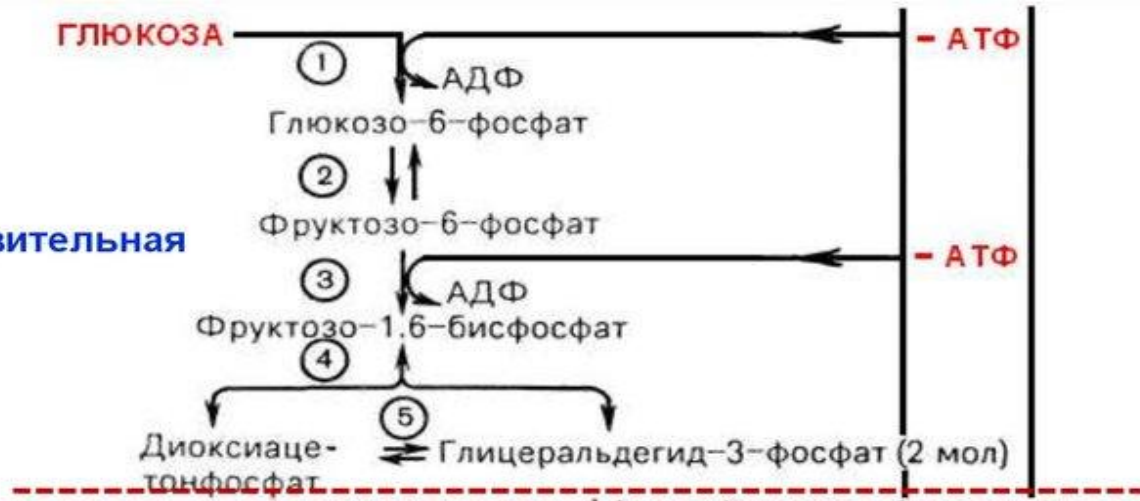
2) Метаболизм глюкозы по пентозофосфатному пути (ПФП) резко активизируется после рождения ребенка. Этот вид утилизации глюкозы обеспечивает растущие ткани достаточным количеством фосфопентоз и НАДФН, необходимых для синтеза нуклеотидов, стероидов и жирных кислот.

3) Синтез и накопление гликогена в печени определяются особенностями функционирования организма ребенка на конкретном этапе развития.

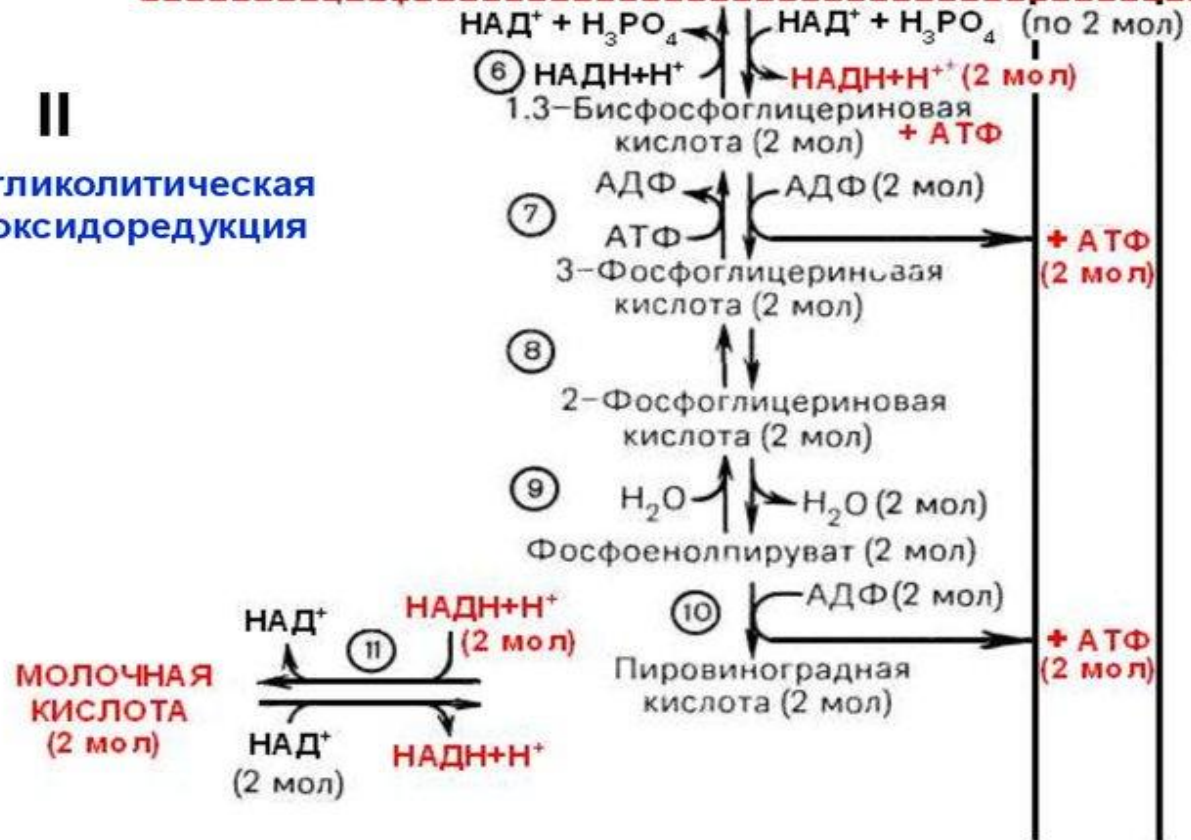
Схема углеводного обмена



I
подготовительная



II
гликолитическая оксидоредукция



Общая схема гликолиза



Обмен липидов

- Липиды являются одним из основных классов органических соединений из которых состоит живой организм. Качественный и количественный состав липидов клетки определяет ее функциональные возможности и жизнеспособность.
- Потребность ребенка в липидах превышает потребность в белках, однако она ниже, чем потребность в углеводах. В первые 6 мес жизни ребенок должен получать жиры из расчета 6,3 г/кг массы тела, а затем - 5,5 г/кг массы тела. Оптимальное соотношение белков, жиров и углеводов составляет в первые 3 месяца жизни 1:3:6, а в последующем – 1:2:4.
- У детей старше 1 года потребность в липидах в расчете на 1 кг массы тела постепенно снижается и составляет в возрасте 1-3 лет - 4,3 г; 3-7 лет - 3,7 г; 7-11 лет - 3 г; 11-14 лет - 2,5 г; старше 14 лет - 2 г. Одновременно с возрастом изменяется соотношение между белками, жирами и углеводами (1:1:4).
- Наряду с углеводами липиды являются **основным источником энергии**. У детей первых дней жизни потребность в энергии покрывается за счет жиров на 80-90%, у детей первых месяцев жизни - на 50%, в старшем возрасте – на 30-35%.

Потребность новорожденного в липидах полностью обеспечивается поступлением грудного молока. Липиды грудного молока имеют специфические количественные и качественные характеристики, присущие не только вообще грудному молоку, но и данной матери для данного ребенка.

Жиры женского и коровьего молока

Содержание в 100 мл	Женское молоко	Коровье молоко
Жиры, г	3,9 – 4,5	3,2 – 3,5
ПНЖК, %	12,75	3,5 – 8,0
Линолевая кислота, %	13	1,6
Линоленовая кислота, %	0,29	0,2 – 0,4
Арахидоновая кислота, %	0,51	1,2 – 1,8
ПНЖК/НЖК	0,4	0,04
ω -6/ ω -3 ПНЖК	10/1,7 – 1,0	0,9 – 1,0

Пищевая ценность триглицеридов женского молока и коэффициент усвоения жира выше, чем коровьего. НЖК коровьего молока обладают раздражающим действием на кишечник ребенка. ПНЖК коровьего молока плохо всасываются. Питательные формулы не содержат арахидоновой и докозогексаеновой ЖК. В женском молоке есть фермент липаза.

У детей грудного возраста клетками слизистой оболочки корня языка и глотки (железы Эбнера) при сосании секретруется лингвальная липаза, продолжающая свое действие и в желудке. У них липаза желудка более активна, чем у взрослых, так как pH в желудке детей около 5,0. Расщеплению триглицеридов способствует то, что липиды молока эмульгированы. Дополнительный вклад в расщепление триглицеридов вносит липаза, содержащаяся в грудном молоке (в коровьем молоке липаза отсутствует). Благодаря этому у детей, находящихся на грудном вскармливании, в желудке расщепляется примерно половина потребляемых триглицеридов.

Активность панкреатической липазы у новорожденного снижена и составляет у доношенных 85%, а у недоношенных – 60-70% активности взрослого организма.

Лишь после первого года жизни активность фермента достигает уровня взрослых.



Рис. 3. Гидролиз ТАГ панкреатической липазой



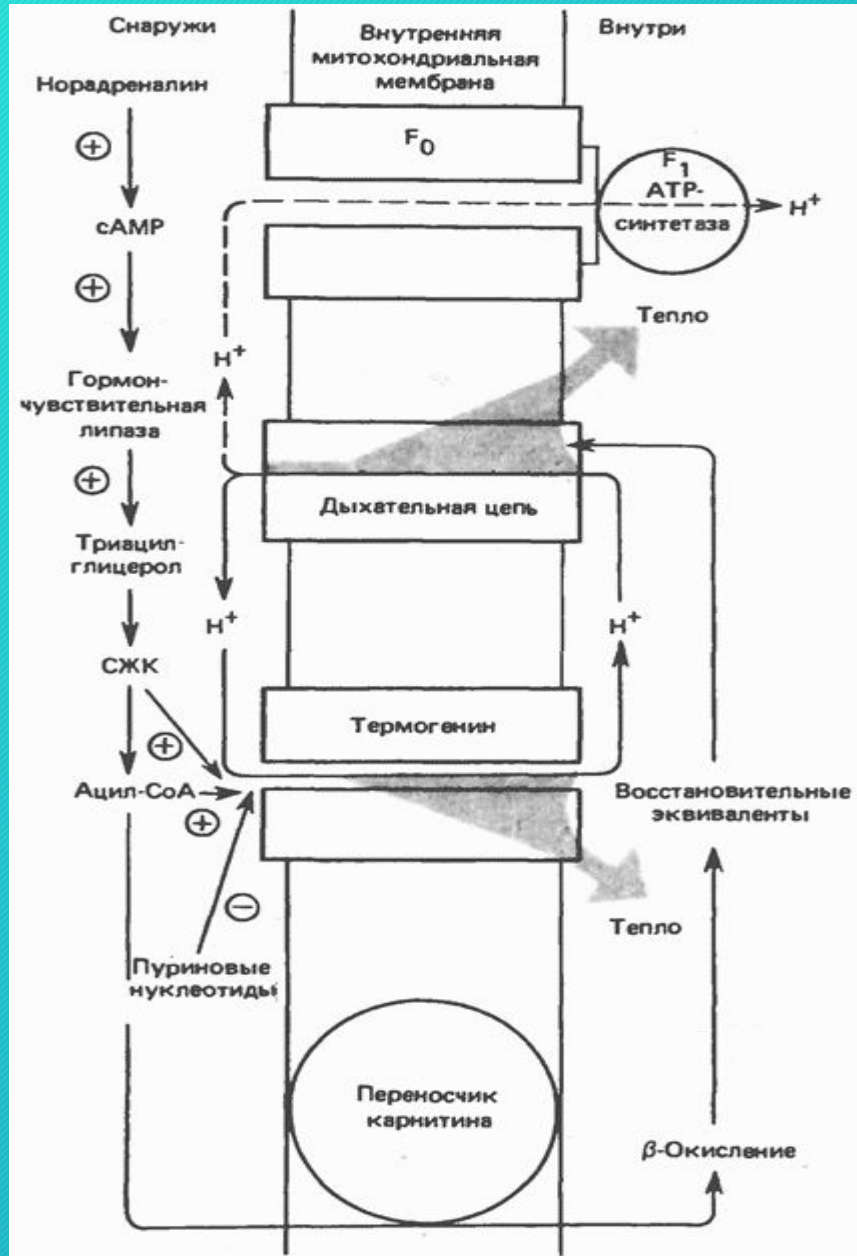
Метаболическая активность жировой ткани различается в зависимости от анатомической локализации и морфологических особенностей (белая и бурая жировая ткань). Бурая жировая ткань является метаболически более активной в периоде новорожденности и способствует ранней неонатальной адаптации. Для организма новорожденного характерно преобладание липолиза. С возрастом у ребенка усиливается липогенез, снижается степень утилизации жирных кислот, повышается содержание липидов в крови.



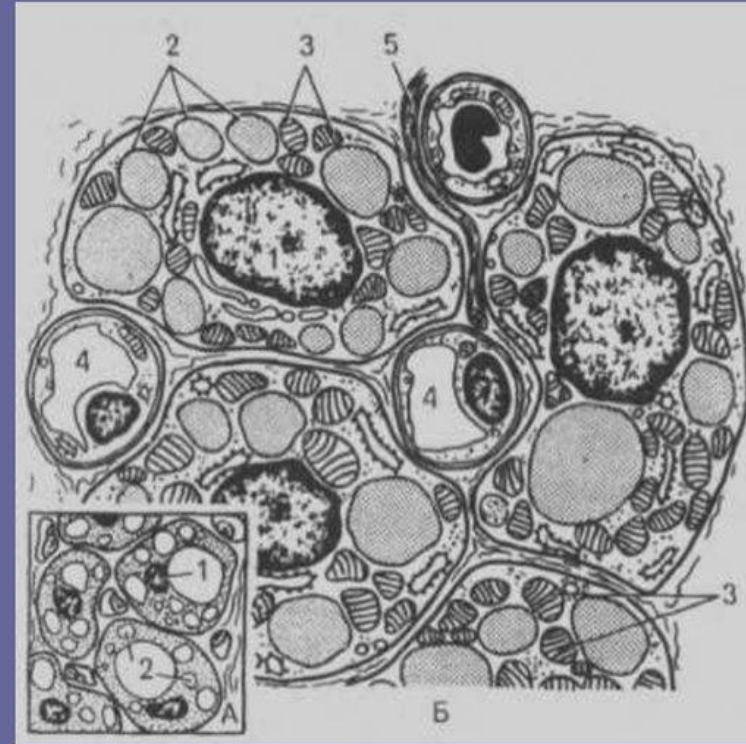
Наиболее интенсивно липолиз протекает на 3-4 день после рождения, что соответствует периоду максимальной потери массы тела новорожденного. В течение первых дней жизни ребенка содержание НЭЖК в крови повышено. Обладая высокой скоростью обмена (период полураспада равен 2 мин), они являются основной формой транспорта энергии из жировой ткани к тканям потребителям. Все ткани, за исключением мозга, периферической нервной системы и эритроцитов, потребляют НЭЖК. Однако существенное усиление липолиза оказывается небезразличным для новорожденного, поскольку высокие концентрации жирных кислот могут воздействовать на тканевое дыхание. На внутренней мембране митохондрий, в цепи тканевого дыхания (ЦТД), имеется белок термогенин. При поступлении жирных кислот в митохондрии термогенин разобщает ЦТД и окислительное фосфорилирование. Это приводит к тому, что энергия окисления расходуется больше на выработку тепла, чем на синтез АТФ, что, в свою очередь, тормозит активацию жирных кислот и снижает их утилизацию.

Довольно значительную долю массы тела новорожденного составляет бурая жировая ткань. Она располагается тонким слоем между лопатками, за грудиной, около шеи и почек. Бурая жировая ткань обильно снабжена нервами и сосудами, содержит много митохондрий, что свидетельствует о большой метаболической активности этой ткани. Норадреналин является основным медиатором, который стимулирует липолиз в бурой жировой ткани с образованием свободных НЭЖК. Последние могут поступать в общий кровоток, а также окисляться в самой бурой жировой ткани с образованием тепловой энергии. Таким образом, бурая жировая ткань у новорожденных участвует в процессе терморегуляции и является важным органом теплопродукции.

Термогенез в бурой жировой ткани



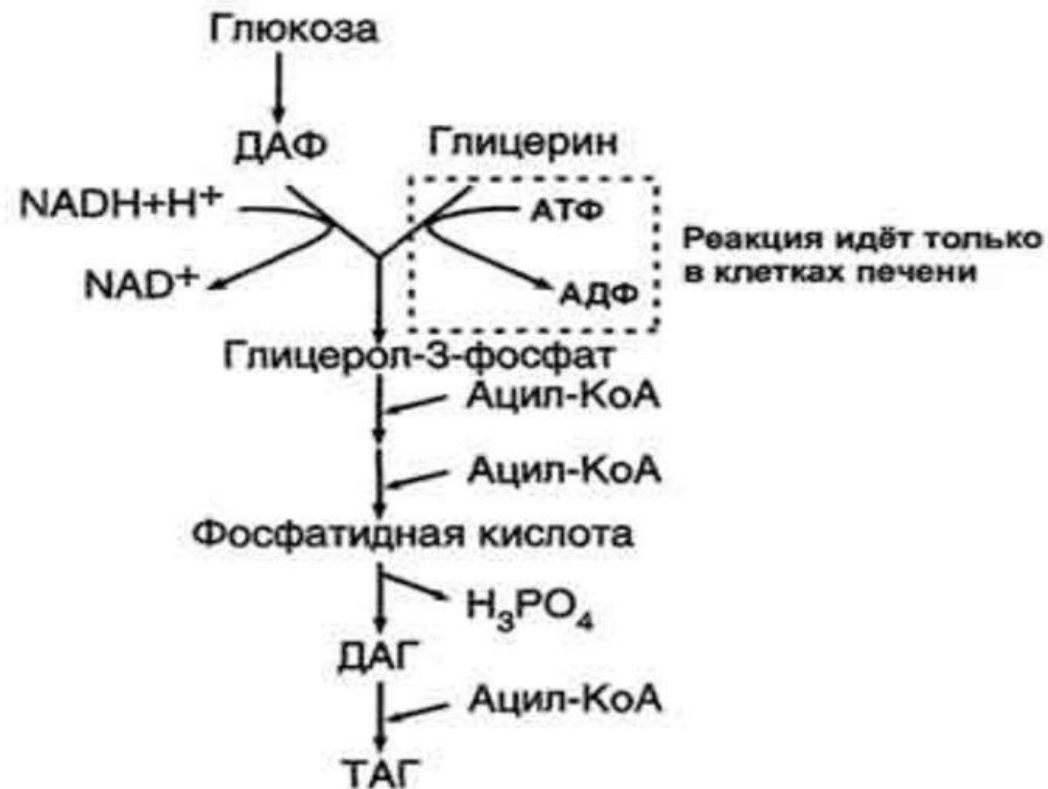
Строение бурой жировой ткани (схема).



А—адипоциты с удалённым жиром в световом оптическом микроскопе; Б—ультрамикроскопическое строение адипоцитов: 1-ядро адипоцита; 2-мелко раздробленные липиды; 3-многочисленные митохондрии; 4-гемокапилляры; 5-нервное волокно.

Липогенез в организме детей идет наиболее интенсивно в грудном возрасте. В течение первого года жизни происходит максимальное увеличение как количества, так и размеров жировых клеток. Количество адипоцитов утраивается к 3 годам жизни ребенка. Перекармливание детей на этом этапе развития приводит к увеличению у них числа адипоцитов по сравнению с нормой.

Липогенез



Таким образом, липиды новорожденных и детей раннего возраста содержат меньше ненасыщенных жирных кислот по сравнению со старшими детьми. Данное обстоятельство объясняется преобладанием синтеза жирных кислот из углеводов и ограниченным образованием мононенасыщенных жирных кислот (пальмитоолеиновой, олеиновой) у младших детей. Кроме того, грудной ребенок не располагает резервами полиненасыщенных (незаменимых) жирных кислот, как это имеет место в липидах взрослого. В тканях новорожденного очень низкий уровень линолевой кислоты. Поэтому новорожденные и дети раннего возраста наиболее чувствительны к дефициту ненасыщенных жирных кислот, а значит, в питании ребенка необходимо предусмотреть достаточное поступление с пищей этой группы питательных веществ. При грудном вскармливании потребность в ненасыщенных жирных кислотах покрывается жиром молока матери. С возрастом в триглицеридах тканей ребенка наблюдается увеличение коэффициента ненасыщенные / насыщенные жирные кислоты. Состав жировой ткани у детей стабилизируется и соответствует по составу и соотношению отдельных компонентов жировой ткани взрослых приблизительно к 5-летнему возрасту.

Гипоэнергетические состояния

Первичные нарушения биоэнергетики лежат в основе многих патологических состояний и расстройств метаболизма.

- **Гипоксии** принадлежит основная роль в развитии энергетической недостаточности. Торможение окислительного фосфорилирования и дефицит АТФ способствует возникновению каскада изменений, при которых нарушаются нормальные физиологические и биохимические процессы, запускает механизм повреждения клетки.
- Особенно легко может возникать состояние гипоксии у детей в период новорожденности и первые месяцы жизни. Это связано с определенными анатомо-физиологическими возрастными особенностями систем, осуществляющих транспорт кислорода и углекислого газа в организме: дыхательной, сердечно-сосудистой и крови.

Гипоэнергетические состояния

Формы гипоэнергетических состояний	Причины возникновения
I. Алиментарные	Голодание, гиповитаминозы В ₁ , РР, В ₂
II. Гипоксические	
1). Связанные с нарушением поступления кислорода в кровь: экзогенная гипоксия легочная (дыхательная) гипоксия	Недостаток кислорода во вдыхаемом воздухе Нарушение легочной вентиляции или перехода кислорода из альвеол в кровь
2). Связанные с нарушением транспорта кислорода в ткани: гемодинамическая гипоксия гемоглобиновая гипоксия	Нарушения кровообращения (генерализованные пороки сердца, кровопотеря, шок и др.; локальные спазмы сосудов; тромбоз; артериовенозный шунт) гипогемоглобинемия, блокирование гемоглобина ядами, патологические варианты гемоглобина
III. Митохондриальные (связанные с нарушением процессов использования кислорода в клетках - тканевая гипоксия).	Нарушение функций МХ при действии ингибиторов и разобщителей ЦПЭ; врожденные дефекты ферментов ЦПЭ и ЦТК.

Заключение

Формирование энергетического гомеостаза начинается достаточно рано и на него в значительной степени влияют особенности питания на самых ранних стадиях развития. Беременность и лактация являются критическими периодами, когда ограничение или избыток энергетических субстратов может оказывать пролонгированное воздействие на механизмы метаболической регуляции у потомства.

На каждом возрастном этапе у детей формируется то состояние метаболизма, которое обеспечивает оптимальное для роста и развития соотношение пластических и биоэнергетических процессов.

Однако все эти процессы протекают на фоне сохраняющейся морфологической незрелости и функциональной неполноценности регуляторных механизмов (ЦНС, эндокринные железы), а также недостаточной активностью ряда ферментных систем ребенка. Определенную роль в неустойчивости метаболизма ребенка играет также лабильность барьерных функций (состояние гистогематических барьеров - кишечного и гематоэнцефалического). Все перечисленные причины приводят к низкой биохимической адаптации ребенка, снижают резервные возможности организма и делают его легко уязвимым, высокочувствительным к воздействию различных неблагоприятных факторов ([гипоксия](#), нарушение питания, инфекции и т.д.).

Мощнейшим фактором, влияющим на энергетический обмен у ребенка, является характер питания, качественный и количественный состав потребляемой пищи. При нерационально составленном рационе чрезвычайно быстро возникает дефицит незаменимых нутриентов и нарушается функция митохондрий.

Таким образом, в функционировании различных метаболических путей ведущая роль принадлежит энергетическому обмену, каждый возрастной период в котором имеет свои особенности.

Список литературы

- Нагиев Э.Р., Исмаилова Ф.Э. Пособие по возрастной биохимии/ Учебное пособие для студентов. - Махачкала: ИПЦ ДГМА, 2009. - 252 с.
- Баранов А.А., Щеплягина Л.А. Физиология роста и развития детей и подростков.- М., 2000.- 584 с.
- Обмен веществ в детском организме : учебное пособие по биологической химии для студентов педиатрического факультета / В. В. Лелевич, В. М. Шейбак, А. А. Маслов-ская. - Гродно : ГрГМУ, 2018. - 212 с.