

УДК 612.015.3-053.2:612.015.32

ОСОБЕННОСТИ УГЛЕВОДНОГО ОБМЕНА У ДЕТЕЙ

А. А. Масловская, доцент, к.м.н.

Кафедра биохимии

УО «Гродненский государственный медицинский университет»

В обзоре обобщены данные литературы о биохимических и функциональных особенностях углеводного обмена у детей на разных этапах онтогенеза.

Ключевые слова: углеводный обмен, ребенок, детский возраст, онтогенез.

The review represents the analysis of literature sources on biochemical and functional features of carbohydrate metabolism in children in different stages of ontogenesis.

Key words: carbohydrate metabolism, children, childhood, ontogenesis.

В организме ребенка существует ряд особенностей, как качественных, так и количественных, отличающих его от взрослого. У детей в процессе роста и развития происходят значительные изменения химического состава и метаболизма тканей, поэтому детский организм нельзя рассматривать как уменьшенную копию взрослого.

Целью настоящего обзора явилось обобщение и систематизация данных литературы об особенностях углеводного метаболизма как одного из важнейших видов обмена веществ. Изучение биохимических особенностей детского организма позволит врачам-педиатрам лучше понимать закономерности патогенеза и отличительные черты симптоматики ряда заболеваний детского возраста.

У детей особенности углеводного обмена касаются потребности ребенка в углеводах, соотношения потребляемых углеводных продуктов, процессов переваривания и всасывания углеводов, их содержания в крови и моче, а также метаболизма углеводов в тканях и характеристики уровня гликемии в зависимости от возраста.

Основные углеводы пищи ребенка, их переваривание и всасывание в желудочно-кишечном тракте

Потребность детей в углеводах довольно высока и составляет 10-15 г на 1 кг массы тела практически в любом периоде жизни. В зависимости от возраста оптимальное соотношение белков, жиров и углеводов в пище ребенка несколько изменяется (таблица).

Таблица. Рекомендуемое оптимальное соотношение белков, жиров и углеводов в пище для детей различного возраста

Компоненты пищи	Дети до 1 года	Дети старше 1 года	Дети старшего школьного возраста	Взрослые
Белки	1	1	1	1
Жиры	2,7	1	1	1
Углеводы	4,8	4	3,5	4

При нарушении этого соотношения из-за снижения количества углеводов в пище даже очень калорийный рацион будет неполноценным.

На первом году жизни ребенка основным углеводом пищи является дисахарид лактоза, которая поступает с молоком. Содержание лактозы в мо-

локе следующее: женское – 60-70 г/л; коровье – 40-50 г/л; козье – 48 г/л. В женском молоке содержится α -лактоза, в коровьем – α -лактоза. В отличие от α -лактозы коровьего молока, α -лактоза женского молока медленнее усваивается в тонком кишечнике и успевает дойти до толстого кишечника, где стимулирует рост грамположительной бактериальной флоры. Ферментативный гидролиз лактозы осуществляется лактазой. В кишечнике у новорожденного активность этого фермента снижена, однако в течение нескольких дней после рождения возрастает, достигая максимума в грудном возрасте, но впоследствии снова снижается.

Постепенно лактоза уступает свое ведущее место в питании сахарозе и полисахаридам – крахмалу и гликогену. У детей раннего возраста на долю полисахаридов приходится 1/3 общего количества поступающих углеводов, у школьников 7-9 лет полисахариды составляют уже 1/2 всех углеводов рациона. В соответствии с расширением разнообразия пищевых углеводов изменяется и активность ферментов их расщепления.

У детей сразу после рождения и в первые месяцы жизни отсутствуют или малоактивны ферменты амилаза и мальтаза слюны, а также амилаза поджелудочной железы, которые у детей старшего возраста и взрослых обеспечивают полостное пищеварение. В раннем возрасте нет необходимости в указанных ферментах, поскольку молоко не содержит крахмала, который ими расщепляется. Постепенное введение в питание ребенка прикорма (с 3-5 месяца жизни), содержащего крахмал, приводит к значительному увеличению секреции α -амилазы, и после 4-5-летнего возраста активность фермента у детей достигает уровня взрослых.

Дисахаридазы (мальтаза, сахараза), которые, как и лактаза, участвуют в пристеночном пищеварении, значительно повышают свою активность с 1 месяца до 3 лет в соответствии с индуцирующим действием углеводов, поступающих с пищей.

В кишечнике детей происходит расщепление дисахаридов до моносахаридов (глюкозы, галактозы, фруктозы). Последние, вместе с моносахаридами пищи, легко всасываются из тонкого кишечника в кровь. У грудных детей дисахарида-

могут всасываться в кишечнике в нерасщепленном виде, что связано с незрелостью гидролитических ферментов желудочно-кишечного тракта и более активной, чем у взрослых, всасывательной способностью кишечника.

Углеводы в крови и моче

В крови ребенка старшего возраста, как и у взрослых, в норме отсутствуют галактоза, дисахариды, пентозы; содержится, в основном, глюкоза и может находиться незначительное количество фруктозы или, реже, галактозы при употреблении соответствующей пищи. У грудных детей в крови наряду с глюкозой и фруктозой могут находиться в повышенном количестве галактоза, пентозы, дисахариды после принятия пищи, богатой этими углеводами. Особенно часто это бывает у новорожденных, в основном, у недоношенных.

Содержащиеся в крови углеводы фильтруются в мочу. Однако, если концентрация в крови глюкозы и фруктозы не превышает почечный порог для этих углеводов, равный 10 и 0,73 ммоль/л, соответственно, то они реабсорбируются в почках полностью и поэтому с мочой в норме не выделяются. Алиментарные физиологические глюкозурия и фруктозурия встречаются только у грудных детей, что связано с физиологической незрелостью транспортных систем, участвующих в реабсорбции этих углеводов. Галактоза, пентозы и дисахариды никогда не подвергаются реабсорбции, вследствие чего у детей грудного возраста (особенно у недоношенных новорожденных) возможны алиментарные галактозурия, пентозурия, дисахаридурия в физиологических условиях. Обычно галактозурия и лактозурия исчезают у детей к 10-у дню жизни, но иногда могут сохраняться дольше.

Метаболизм углеводов в детском организме

Метаболизм глюкозы у детей имеет свои специфические особенности.

1) В тканях новорожденного и ребенка первых месяцев жизни активно протекает анаэробный гликолиз. Это в значительной степени обеспечивает устойчивость детей к гипоксии. В соответствии с высокой интенсивностью анаэробного гликолиза в тканях и крови у новорожденных и грудных детей повышена концентрация пирувата и лактата.

Коэффициент лактат / пируват имеет важное диагностическое значение, поскольку характеризует обеспеченность организма кислородом. Если уровень молочной кислоты у ребенка в первые дни жизни более чем в 10 раз превышает содержание пирувиноградной кислоты, это указывает на стойкую гипоксию.

Интенсивность анаэробного гликолиза у новорожденных на 30-35 % выше, чем у взрослых, и постепенно снижается к концу третьего месяца после рождения, когда увеличивается потребление кислорода и активируются пути аэробного расщепления углеводов. У взрослых анаэробный гликолиз сохраняет высокую активность только в некото-

рых тканях (эритроциты, семенники) и в определенные моменты жизни (гипоксия, интенсивная и быстрая работа мышц).

2) Метаболизм глюкозы в пентозофосфатном пути (ПФП) резко активизируется после рождения ребенка. Этот вид утилизации глюкозы обеспечивает растущие ткани достаточным количеством фосфопентоз и восстановленных форм НАДФ, необходимых для синтеза нуклеотидов, стероидов и жирных кислот. Особенность ПФП у новорожденных заключается в том, что половина всей глюкозы, окисляемой по этому пути, идет на образование энергии. Такой значительный вклад ПФП в наработку энергии обусловлен высокими энергетическими потребностями растущего организма, которые не могут быть удовлетворены анаэробным гликолизом (вследствие его низкой эффективности) и еще не начавшим полностью функционировать аэробным путем расщепления глюкозы.

3) Синтез и накопление гликогена в печени изменяются во времени и определяются особенностями функционирования организма ребенка на данном этапе развития.

Биосинтез гликогена идет активно еще у плода в последние 2-3 месяца внутриутробного развития. Содержание этого полисахарида в печени плода в последние недели беременности достигает 10 % массы органа (у взрослого 4 %). В первые часы после рождения происходит быстрое расщепление гликогена для обеспечения энергозатрат организма, и в течение первых суток жизни содержание гликогена в печени снижается до 1 %.

У детей грудного возраста глюкоза, поступающая в организм с пищей (молоком), в большей степени расходуется на текущие нужды организма (гликолиз, ПФП) и в значительно меньшей степени используется на отложение про запас в виде гликогена. Синтез этого полисахарида в печени фактически не происходит до конца 2-го - начала 3-го месяца жизни. Данное явление связано с тем, что в первые месяцы после рождения осуществляется частое кормление ребенка (через 2,5-3 часа). Это обеспечивает постоянный приток углеводов и, следовательно, не требует создания запасов глюкозы в организме. Возобновление синтеза гликогена на третьем месяце жизни объясняется следующими причинами. Примерно с 3-месячного возраста у ребенка начинают активно синтезироваться ферменты аэробного расщепления углеводов, являющегося энергетически более выгодным, чем анаэробный гликолиз. Аэробное расщепление углеводов позволяет расходовать меньшее количество углеводов с большим энергетическим выходом. В результате в организме создается определенный избыток глюкозы, который и откладывается в виде гликогена. С другой стороны, с этого же времени начинается постепенный прикорм ребенка (сначала фруктовые соки, затем крахмалосодержащие продукты), что влечет за собой повышенное поступление в организм моносахаридов и активацию синтеза гликогена.

Характеристика гликемии у детей

Концентрация глюкозы в крови у детей разного возраста отличается значительной вариабельностью.

Содержание глюкозы в крови у ребенка в момент рождения такое же, как и у матери. В течение первых часов после рождения и последующие несколько дней развивается физиологическая гипогликемия новорожденных. При этом состоянии концентрация глюкозы в крови снижается до таких значений, которые у взрослых неизбежно приводят к развитию гипогликемической комы (у доношенных новорожденных нижний уровень глюкозы крови составляет 1,7 ммоль/л, у недоношенных – 1,1 ммоль/л). Новорожденный переносит этот низкий уровень глюкозы без внешних признаков гипогликемии, наблюдаемых у взрослых (рвота, судороги, кома). Такая относительная устойчивость ребенка к гипогликемии связана с тем, что головной мозг новорожденного имеет довольно низкий уровень потребления энергии, вследствие чего лучше переносит недостаток кислорода и гипогликемию. Кроме того, клетки нервной системы новорожденного могут использовать в качестве энергетического источника и другие (кроме глюкозы) субстраты, главным образом, кетоновые тела и лактат. Тем не менее, концентрация глюкозы в крови ниже 1,1 ммоль/л может привести к стойкому повреждению ЦНС.

Главными причинами гипогликемии у новорожденных являются: быстрое истощение депо углеводов в печени (гликогена), незрелость регуляторных механизмов, несвоевременное начало кормления, интенсивное поглощение глюкозы тканями, особенно в условиях гипоксии. Последнее обстоятельство связано с тем, что характерная для периода новорожденности высокая активность анаэробного гликолиза, обладающего малым энергетическим выходом, может удовлетворить значительные потребности тканей в энергии только за счет усиленного поглощения глюкозы.

Для поддержания в крови нормального уровня глюкозы необходимо регулярное поступление ее из пищеварительного тракта, что требует частого кормления ребенка. В то же время у детей при гипогликемии компенсаторно активируются эндогенные механизмы регуляции гомеостаза углеводов. Снижение концентрации глюкозы в крови увеличивает секрецию глюкагона. Этот гормон стимулирует процесс глюконеогенеза, который обеспечивает выработку определенного количества глюкозы из аминокислот (из 2 г белка образуется 1 г глюкозы), а также из продуктов гликолиза - пировиноградной и молочной кислот. Глюконеогенез является важной адаптационной реакцией организма новорожденного, т.к. позволяет постепенно повысить уровень гликемии к 6-10 дню жизни (до 3,3-4,0 ммоль/л). В пределах таких величин концентрация глюкозы в крови держится на протяжении нескольких месяцев.

У детей раннего и дошкольного возраста (до 6-7 лет) отмечается склонность к гипогликемиям при недостаточном поступлении углеводов с пищей. Это может происходить несмотря на существование адаптационных механизмов, противодействующих резкому понижению глюкозы в крови (глюконеогенез, активация к этому возрасту синтеза гликогена как депо глюкозы). Такая гипогликемическая реакция организма ребенка обусловлена несовершенством механизмов регуляции, истощением маломощных депо гликогена и повышенной утилизацией глюкозы тканями (у детей дошкольного возраста потребление глюкозы более чем в 2 раза превышает утилизацию этого углевода у взрослых). Только к 7-14 годам указанные механизмы, влияющие на уровень гликемии, приходят к типу взрослого организма, регуляция концентрации глюкозы в крови стабилизируется, и гликемия у детей достигает величин взрослого человека.

Литература

1. Биохимические нормы в педиатрии: Практический справочник / Сост. Д. Б. Сыромятников. - СПб.: СОТИС, 1994. - 94 с.
2. Иванов Н. Р., Рубин В. И. Обмен веществ у детей и способы его биохимической оценки. - Саратов: Изд. СГУ, 1984. - 256 с.
3. Камышников В. С. О чем говорят медицинские анализы: Справ. пособие. - Мн.: Беларуская навука, 1997. - 189 с.
4. Маркова И. В., Неженцев М. В. Фармакология: Учебник для педиатр. ф-тов мед. ин-тов / Науч. ред. В. В. Байков. - СПб.: СОТИС, 1994. - 456 с.
5. Обмен веществ у детей / Ю. Е. Вельтищев, М. В. Ермолаев, А. А. Ананенко, Ю. А. Князев. - М.: Медицина, 1983. - 464 с.
6. Полачек К. и др. Физиология и патология новорожденных детей: Пер. с чеш. - Прага: Авицenum, 1986. - 450 с.
7. Рачев Л., Тодоров Й., Статова С. Обмен веществ в детском возрасте: Пер. с болг. - София: Медицина и физкультура, 1967. - 464 с.

Resume

SPECIFIC FEATURES OF CARBOHYDRATE METABOLISM IN CHILDREN

A. A. Maslovskaya

Grodno State Medical University

In children the change of optimal ratio of nutritional proteins, fats and carbohydrates takes place depending on age; if the disorder of this ratio occurs due to the decrease in carbohydrate content, the diet even satisfactory in calories will not be of a complete value. In the course of growth and development of a child the major dietary carbohydrate lactose gives place to sucrose and starch. In suckling disaccharides can be absorbed non-cleaved from the intestine into the blood. Normally fructose, galactose, pentoses and disaccharides can be present in the blood and urine of newborns and sucklings. In tissues of a newborn and a baby of the first months of life, anaerobic glycolysis proceeds actively, it provides the resistance of children to hypoxia. Synthesis and deposition of glycogen in the liver are determined by the specific features of the body functioning during certain stages of ontogenesis. The other peculiarities of carbohydrate metabolism in a child may be relative resistance to hypoglycemia in a newborn and the liability to hypoglycemic reactions in a deficient dietary supply of carbohydrates in children of pre-school age (younger than 6-7 years old).

Поступила 23.01.07