

ОБМЕН ВЕЩЕСТВ И ЭНЕРГИИ

Камалова Лобарь Ягмуровна

Бухарский государственный медицинский институт имени Абу Али ибн Сино,
Узбекистан

<https://doi.org/10.5281/zenodo.7924732>

Аннотация. В организме постоянно идут процессы обновления клеточных структур, ферментов, белков плазмы, гормонов и т.д. Обновление связано с расщеплением органических соединений (катаболизм) и синтезом вновь образуемых веществ (анаболизм). С пищей в пищеварительную систему поступают белки, жиры и углеводы, которые ферментативно гидролизуются до соответствующих мономеров. Из последних синтезируются собственные белки, липиды и углеводы, которые организм использует для энергетических и пластических целей. При окислении питательных веществ освобождается потенциальная энергия их химических соединений (предмет изучения биологической химией), которые используются для кинетических процессов, например, сокращение мышц, работы К - Na – АТФ-азы и другие. Кинетическая энергия превращается в тепловую, частично в электрическую. Пластические функции белков, липидов и углеводов связаны с синтезом новых органических веществ.

Ключевые слова: Белки, азотистый баланс, обмен липидов, обмен углеводов, витамины.

METABOLISM AND ENERGY

Abstract. The processes of renewal of cellular structures, enzymes, plasma proteins, hormones, etc. are constantly going on in the body. Renewal is associated with the breakdown of organic compounds (catabolism) and the synthesis of newly formed substances (anabolism). With food, proteins, fats and carbohydrates enter the digestive system, which are enzymatically hydrolyzed to the corresponding monomers. From the latter, their own proteins, lipids and carbohydrates are synthesized, which the body uses for energy and plastic purposes. When nutrients are oxidized, the potential energy of their chemical compounds is released (a subject of study in biological chemistry), which are used for kinetic processes, for example, muscle contraction, the work of K - Na - ATPase and others. Kinetic energy is converted into thermal energy, and partially into electrical energy. The plastic functions of proteins, lipids and carbohydrates are associated with the synthesis of new organic substances.

Key words: Proteins, nitrogen balance, lipid metabolism, carbohydrate metabolism, vitamins.

Обмен белков

Обмен белков в большей мере используется организмом для пластического обмена. Разнообразные по молекулярной массе составу и свойствам белки представляют собой различные комбинации из 20 аминокислот. 12 аминокислот синтезируются в организме человека (заменимые), а 8 (незаменимые) обязательно должны поступать в организм с пищей. Незаменимыми аминокислотами являются лейцин, изолейцин, валин, метионин, лизин, треонин, фенилаланин, триптофан. Дефицит этих кислот приводит к нарушению синтеза белка, замедлению роста, уменьшению массы тела, отрицательному азотистому балансу. Белки пищи существенно различаются по аминокислотному составу. В связи с

этим введено понятие **биологической ценности белков пищи**. Белки, содержащие весь необходимый набор аминокислот (по составу и количеству), который обеспечивает нормальные процессы синтеза, являются биологически полноценными белками. Белки, не содержащие каких-либо аминокислот, особенно незаменимых, являются неполноценными. О характере белкового обмена судят по азотистому балансу.

Азотистый баланс - это соотношение количества азота, поступившего в организм с пищей, и выделенного из него. Количество азота, поступившего в организм больше, так как часть азота теряется с калом. Основным источником азота в организме является белок: 1 г азота содержится в 6,25 г белка. Количество усвоенного азота определяют по его содержанию в пище за вычетом содержания в кале.

Умножив, количество определенного азота на 6,25 определяют количество усвоенного белка. О количестве разрушенного белка судят по количеству азота, выведенному из организма с мочой в составе азотсодержащих продуктов белкового обмена (мочевина, мочевая кислота, креатинин). Часть этих веществ может секретироваться с потом, но если потоотделение незначительное – этим можно пренебречь. Количество азота в моче умноженное на 6,25 показывает, какое количество белка распалось в организме. Если количество введенного в организм азота равно выведенному количеству, говорят об азотистом равновесии. Когда поступление азота больше его выделения, наблюдается положительный азотистый баланс. Значит, синтез белка преобладает над его распадом. Такое состояние наблюдается в период роста организма, во время беременности, при усиленных спортивных тренировках, в результате которых увеличивается масса мышц. Отрицательный азотистый баланс (количество выведенного азота больше поступившего) наблюдается при белковом голодании, при питании неполноценными белками. Особенно опасна недостаточность белкового питания растущих организмов: кроме замедления интенсивности роста ослабляется иммунитет, нарушается кроветворение, снижаются функции печени и поджелудочной железы. Белковая недостаточность возможна при неудовлетворении повышенной потребности организма в белках у беременных, при кормлении ребенка грудью, при одностороннем углеводно-жировом питании, у вегетарианцев, потребляющих только растительную пищу.

Регуляцию обмена белков осуществляют: соматотропный гормон (гормон роста) аденогипофиза, тироксин и трийодтиронин – гормоны щитовидной железы. Эти гормоны увеличивают синтез белка. Распад белков в мышечной и лимфоидной тканях стимулируют гормоны коры надпочечников - глюкокортикоиды, но одновременно увеличивают синтез белка в печени.

Обмен липидов

Нейтральные жиры состоят из смеси различных триглицеридов и представляют собой эфиры глицерина и трех жирных кислот. Свойства жиров определяют жирные кислоты. Различают насыщенные (до предела насыщенные водородом) и ненасыщенные жирные кислоты (с двойными связями). Они входят в состав жиров животного и растительного происхождения, обладают высокой энергетической ценностью. Липоиды – это стерины (холестерин и фитостерины), фосфолипиды (лецитин, сфингомиелин, кефалины) играют важную роль в построении клеточных и митохондриальных мембран. Липоиды и нейтральные жиры объединены в группу липидов.

Таким образом, липиды необходимы для энергетического и пластического обмена, кроме того, с ними в организм поступают жирорастворимые витамины. Насыщенные жирные кислоты (олеиновая, стеариновая, пальметиновая и др.) в большом количестве содержатся в составе животных жиров. В животных жирах содержится большое количество холестерина, с увеличением количества которого в крови связывают развитие атеросклероза. Но, в то же время холестерин необходим для синтеза витамина D, желчных кислот, гормонов половых желез и коры надпочечников. Полиненасыщенные жирные кислоты – линолевая, линоленовая, арахидоновая получили название незаменимых жирных кислот. Они не синтезируются в организме, но необходимы для синтеза простагландинов; они повышают резистентность организма к неблагоприятным факторам, регулируют холестериновый обмен и обеспечивают структурно-функциональную целостность биологических мембран.

Жир, всасывающийся из кишечника, поступает в основном в лимфу и небольшое количество в кровь; накапливается в жировой ткани, которая играет роль жирового депо или включается в состав клеточных структур. Общее количество жира в организме человека составляет 10 – 20% от массы тела, но может при ожирении достигать 50%.

Запасный жир используется для энергетических целей. Следует отметить, что состав жира в жировых депо зависит от характера потребляемых жиров. В тех случаях, когда животные или человек длительное время употребляет один вид жира, в их депо откладывается жир идентичный данному виду. Синтез жира в организме происходит из углеводов при обильном потреблении последних.

Регуляция обмена липидов связана с углеводным обменом и осуществляется эндокринной и вегетативной нервной системами. Мобилизацию жира из депо производят гормоны адреналин и норадреналин, соматотропный гормон и гормон тироксин. Глюкокортикоиды тормозят мобилизацию жира. Активация симпатической нервной системы тормозит синтез жиров и увеличивает их распад, парасимпатические влияния, наоборот, способствуют отложению жира.

Обмен углеводов

Глюкоза является главным источником энергии для жизнедеятельности клеток, а также используется в качестве пластического материала для синтеза многих органических веществ (гликопротеины, гликолипиды и т.д.). Уровень глюкозы в крови колеблется в пределах 3,3 - 5,5 ммоль/л.

При снижении уровня глюкозы до 2,2 – 1,7 ммоль/л развиваются судороги, потеря сознания. Такое состояние называется гипогликемической комой, возникает оно потому что глюкоза является основным источником энергии для ЦНС. При окислении глюкозы образуются молекулы АТФ, которые используются в различных клеточных процессах. Несмотря на то, что энергетическая ценность глюкозы меньше, чем жиров, она используется для срочного извлечения энергии при больших энергетических затратах (интенсивная мышечная работа, эмоциональное возбуждение). Это связано с тем, что глюкоза быстро мобилизуется из депо, легко окисляется при минимальном потреблении кислорода, промежуточные продукты окисления не токсичны. При увеличении всасывания глюкоза депонируется в печени и в мышцах в виде гликогена. У взрослого человека количество гликогена в печени 150-200г (это резервная глюкоза, которая используется для

нужд всего организма). Гликоген мышц является источником энергии только для мышечного сокращения. Если уровень глюкозы в крови повышается до 8,9 – 10,0 ммоль/л за счет увеличенного всасывания из кишечника, часть глюкозы оказывается в моче (пищевая глюкозурия).

При продолжительном снижении количества глюкозы в крови углеводы (гликоген) образуются из белков и жиров. Регуляцию углеводного обмена мы будем с Вами подробно изучать в разделе «Эндокринология». Здесь же только отметим, что единственным гормоном, целенаправленно снижающим уровень глюкозы в крови, является инсулин – гормон β -клеток поджелудочной железы. Дефицит этого гормона приводит к стабильной гипергликемии и глюкозурии (сахарный диабет). Гормоны, повышающие содержание глюкозы в крови (контринсулярные гормоны), – глюкагон- гормон α -клеток поджелудочной железы, адреналин – гормон мозгового вещества надпочечников, соматотропный гормон передней доли гипофиза, глюкокортикоиды – гормоны пучковой зоны коры надпочечников.

Витамины не имеют калорической и пластической ценности, но они в минимальных количествах необходимы для нормальной жизнедеятельности организма. Витамины обладают высокоспецифичными и разнообразными функциями: входят в состав ферментов и коферментов, участвуют в процессах всасывания, обмена ионов, углеводов, белков, жиров, являются антиоксидантами; влияют на образование межклеточных структур, кроветворение, укрепляют иммунную систему. Витамины подразделяются на жирорастворимые и водорастворимые.

Жирорастворимые витамины (А, Д, Е, К) и водорастворимые витамины (группы В, С, Р). Поступают витамины в организм только с пищевыми продуктами животного и растительного происхождения, и только микрофлора кишечника синтезирует витамины К и некоторые из группы В. Одни витамины запасаются в организме (А, Д), другие должны постоянно поступать с пищей. Отсутствие или недостаток, какого – либо витамина вызывает специфические для него заболевания. Например, дефицит аскорбиновой кислоты (витамин С) приводит к хрупкости кровеносных сосудов и кровоточивости, снижению иммунитета, повышенной утомляемости. Дефицит витамина Д в детском возрасте нарушает образование костной ткани, сократительную способность мышц, проведение возбуждения в синапсах (рахит). В тоже время передозировки витаминов, особенно А и Д могут оказывать на организм токсическое действие. В этом пособии не ставится цель подробного описания физиологической роли витаминов. В настоящее время имеется достаточное количество литературы с информацией о значении витаминов, источниках их содержания и суточных потребностях в них. Механизм действия витаминов изучает кафедра биологической химии. Обращаем Ваше внимание на тот факт, что не только будущий врач, но и каждый культурный человек должен владеть этой информацией, чтобы вовремя помочь себе и окружающим людям. Рекомендуем открыть учебник «Физиология человека» под редакцией В.М. Покровского. 2003г. стр. 472 – 474. (или имеющуюся литературу).

Обмен минеральных солей и воды.

Натрий является основным катионом внеклеточной жидкости. В плазме крови содержится в количестве 130 – 150 ммоль/л. Поступает во внутреннюю среду организма в

виде поваренной соли (NaCl) в количестве 3 – 6г в сутки. Так как Вам уже многое известно о роли натрия, перечислим основное: принимает участие в процессе возбуждения, гидрокарбонат натрия является щелочным резервом в поддержании кислотно-основного равновесия. NaCl на 60 – 70% определяет осмотическую концентрацию плазмы. Один катион натрия удерживает около себя или увлекает за собой при транспорте 3 молекулы воды, поэтому объем внеклеточной жидкости опосредованно зависит от количества натрия в ней. Чрезмерное употребление натрия (любители «солененького») может привести к развитию гипертонической болезни. Низкосолевая диета используется во всем мире для профилактики этой болезни.

Кальций -является основным структурным компонентом костной ткани (депо кальция), зубов, стабилизирует мембранный потенциал, инициирует сокращение мышц, основной фактор свертывающей системы крови, инициирует секрецию нейромедиаторов в синапсах, участвует в биохимических реакциях клетки как вторичный посредник. Суточная потребность в кальции 800 – 1000 мг. Повышена потребность в кальции в периоды роста и беременности. Одновременное поступление в кишечник кальция и щавелевой кислоты (щавель, ревень) может привести к дефициту кальция, так как образуется нерастворимая оксалатная соль кальция.

Калий - основной внутриклеточный катион. В плазме содержание калия 4,5 – 5,5 ммоль/л. Калий, благодаря градиенту концентрации его вне и внутри клетки, создает трансмембранную разность потенциала, влияет на возбудимость тканей, участвует в регуляции рН. Суточная потребность в калии 2 – 3 г. Увеличение или снижение содержания калия в плазме соответственно снижает или увеличивает возбудимость клеточных мембран и, прежде всего, водителя ритма сердца. Больным с тахикардией (очень частое сокращение сердца) рекомендуется калиевая диета. Основным источником калия является растительная пища.

Магний входит в состав костной ткани и ряда коферментов.

Микроэлементами называют минеральные элементы, содержание которых в организме крайне низкое. Они имеют высокую биологическую активность, так как включаются в состав ферментов, гормонов, витаминов, дыхательных пигментов. К микроэлементам относятся: железо, йод, фтор, медь, цинк, селен и др. Недостаточное поступление или нарушение всасывания железа приводит к развитию железодефицитной анемии. Йод необходим для синтеза тиреоидных гормонов. Недостаточное поступление йода в организм вызывает гипofункцию щитовидной железы. В последние годы примерно у 20% детей выявлено снижение функции щитовидной железы. При этом снижается основной обмен, задерживается рост и развитие организма. Фтор содержится в эмали зубов и необходим для сохранения её целостности (в больших дозах токсичен). Сера входит в состав гормонов (инсулин), витаминов, аминокислот. Селен и цинк обладают антиоксидантными свойствами. Микроэлементы, в основном, содержатся в растительной пище и лучше всасываются в композиции с витаминами растительного происхождения.

Энергетический обмен происходит в каждой живой клетке. Богатые энергией питательные вещества усваиваются и химически преобразуются, их потенциальная энергия превращается в тепловую, механическую и частично в электрическую. Энергия расходуется на температурный гомеостазис, выполнение какой-либо работы (мышечное

сокращение, активный транспорт веществ и ионов через клеточные мембраны и др.), а также на синтез структурных элементов клетки и обеспечение ее функций, рост организма. В конечном итоге, механическая энергия превращается в тепловую, следовательно, количество тепла, образовавшегося в организме, становится мерой суммарной энергии окисления химических соединений.

Единицей измерения образовавшегося тепла является калория на единицу времени. В Международной системе (СИ) мерой энергообмена является джоуль (1 ккал = 4,19 кДж).

Методы исследования энергообмена

Прямая калориметрия основана на определении количества тепла, выделенного организмом, в герметизированных и теплоизолированных от внешней среды камерах – биокалориметрах. Тепло, выделяемое исследуемым организмом, определяют по нагреванию воды, протекающей по трубам в камере. По количеству протекающей воды и изменению ее температуры рассчитывают тепловые потери организма с учётом потерь тепла с выделенными мочой и калом. Биокалориметры громоздки, сложны по устройству, поэтому они применяются только в специальных научных целях.

Непрямая калориметрия.

Теплообразование в организме зависит от интенсивности обменных процессов. При любой реакции биохимического окисления веществ потребляется кислород и выделяется углекислый газ. Метод непрямой калориметрии основан на определении количества усвоенного организмом кислорода и выделенного углекислого газа, с последующими расчетами. Кислород используется для окисления белков, жиров и углеводов, но на окисление этих веществ требуется различное количество кислорода, теплопродукция при этом также различна. Количество тепла, освобождающегося после потребления организмом 1л кислорода, называется калориметрическим эквивалентом кислорода (КЭК).

Таблица № 1 Потребление кислорода и высвобождение тепла при окислении различных веществ в организме.

Вещество, окисляющееся в организме	Количество тепла, освобождающееся при окислении 1 г вещества, ккал (кДж)	Количество потребляемого O ₂ , л	Количество освобождающейся при окислении 1 л O ₂ энергии, ккал (кДж)
Белки	4,1(17,17)	0,966	4,60(19,26)
Жиры	9,3(38,94)	2,019	4,69(19,64)
Углеводы	4,1(17,17)	0,830	5,05(21,14)

Обратите внимание на тот факт, что на окисление 1г углеводов требуется меньше кислорода, чем на окисление 1г белков. Больше всего кислорода расходуется на окисление 1г жиров. Поскольку в организме одновременно могут окисляться белки, жиры и углеводы, значит, по количеству усвоенного им кислорода, невозможно определить, какие питательные вещества окислялись и сколько образовалось тепла.

Известно, что при окислении различных питательных веществ, клетки выделяют разное количество углекислого газа. Узнав объем выделенного углекислого газа и

потребленного кислорода, можно определить, какие питательные вещества окислялись. Для этого вводится понятие дыхательного коэффициента (ДК).

Дыхательным коэффициентом называется отношение объема выделенного углекислого газа к объему поглощенного кислорода.

Рассмотрим, для примера, каким будет ДК при окислении глюкозы:

$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 = 6CO_2 + 6H_2O$, следовательно, $ДК = 6CO_2 / 6O_2$ равен 1.

Мы уже обращали Ваше внимание, что на окисление 1г белков и особенно жиров требуется больше кислорода (в молекулах белков и жиров кислорода содержится меньше). ДК при окислении белков -0,8. ДК при окислении жиров еще ниже - 0,7. При смешанном питании ДК обычно равен 0,85 – 0,89. Определенному дыхательному коэффициенту соответствует определенный калорический эквивалент кислорода. Таким образом, определив ДК и соответствующий ему калорический эквивалент кислорода, можно рассчитать общую теплопродукцию организма за час, сутки.

Основной обмен

Интенсивность обменных процессов в организме и соответствующая ей энергопродукция зависит от индивидуальных особенностей организма: пола, возраста, роста и массы тела, характера питания, физической активности, условий внешней среды. Для того, чтобы результаты определения интенсивности метаболизма и энергообразования были сопоставимы для разных индивидуумов, установлены стандартные условия, исключающие влияние на организм факторов, повышающих интенсивность окислительных процессов.

Интенсивность обменных процессов и энерготраты, определённые в стандартных условиях, называются основным обменом. Установлены четыре обязательных условия измерения интенсивности основного обмена:

1. Утром, в состоянии бодрствования.
2. Умственный, психоэмоциональный и физический покой (положение лёжа, мускулатура максимально расслаблена).
3. Натощак, через 12-16 часов после приёма пищи.
4. Комфортная температура окружающей среды (нет ощущения холода или жары).

Обсудим эти условия:

1. Интенсивность обменных процессов подвержена суточным колебаниям – утром она возрастает, ночью, во время сна - снижается. Во время сна также снижается тонус скелетных мышц.

2. При умственной работе (решение математических задач, написание контрольной работы) энерготраты повышаются всего на 2-3%. Но если умственный труд сопровождается психоэмоциональным напряжением и движением, интенсивность обменных процессов повышается на 11-19 % и более.

3. Потребление пищи и её переваривание повышает интенсивность обмена веществ. Увеличение начинается через час, достигает максимума через 3 часа и сохраняется несколько часов. Повышение обмена веществ, связанное с приёмом пищи, получило название «специфического динамического действия пищи». При потреблении белковой пищи основной обмен увеличивается на 30 %, при питании жирами и углеводами обмен у человека увеличивается на 15 %.

4. Если температура окружающей среды отклоняется от температуры комфорта, интенсивность обмена существенно возрастает при охлаждении организма и, в меньшей степени, при повышении температуры.

REFERENCES

1. Ш Шадиева, М Гиязова. СОЧЕТАННАЯ ПАТОЛОГИЯ: ЗАБОЛЕВАНИЯ ПАРОДОНТА И ГАСТРОДУОДЕНАЛЬНОЙ ЗОНЫ// Stomatologiya, 80-83. 2021
2. Ш Ш Шадиева. ИЗМЕНЕНИЕ СТОМАТОЛОГИЧЕСКОГО СТАТУСА И КАЧЕСТВА ЖИЗНИ У ПАЦИЕНТОВ С HELICOBACTER PYLORI-АССОЦИИРОВАННОЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ДИСПЕПСИЕЙ// Биология и интегративная медицина, 424-426.2021.
3. Ш Шадиева, М Гиязова. Коморбидность болезней пародонта и желудочно-кишечного тракта// Общество и инновации 2 (4/S), 424-428. 2021.
4. Ш Ш Шадиева. Характеристика системы иммунитета у больных с хроническим генерализованным пародонтитом// Современные инновации, 38-39. 2019.
5. Ш Ш Шадиева. РОЛЬ ИММУННЫХ МЕХАНИЗМОВ У БОЛЬНЫХ С ВОСПАЛИТЕЛЬНОЙ ПАТОЛОГИЕЙ ПАРОДОНТА // Новый день в медицине, 707-709. 2020.
6. Sharipova Gulnihol Idiyevna. DISCUSSION OF RESULTS OF PERSONAL STUDIES IN THE USE OF MIL THERAPY IN THE TREATMENT OF TRAUMA TO THE ORAL MUCOSA// European Journal of Molecular medicine Volume 2, No.2, March 2022 Published by ejournals PVT LTDDOI prefix: 10.52325 Issued Bimonthly Requirements for the authors.
7. Sharipova Gulnihol Idievna. THE USE OF FLAVONOID BASED MEDICATIONS IN THE TREATMENT OF INFLAMMATORY DISEASES IN ORAL MUCUS// Asian journal of Pharmaceutical and biological research 2231-2218 SJIF 2022:4.465 Volume 11 Issue 1 JAN-APR 2022. P-98-101
8. Sharipova Gulnihol Idievna. THE EFFECT OF DENTAL TREATMENT-PROFILACTICS ON THE CONDITION OF ORAL CAVITY ORGANS IN CHILDREN WITH TRAUMATIC STOMATITIS // «Tibbiyotdayangikun» scientific - abstract, cultural and educational journal. - Bukhara, 2022. - №5 (43). - С.103-106.
9. Sharipova Gulnihol Idievna; Nuraliev Nekkadam Abdullaevich. GENERAL DESCRIPTION AND RESEARCH METHODS USED IN CHILDREN WITH TRAUMATIC STOMATITIS//European Journal of Research: volume 7 pp. 51-56 (Issue 1 2022).
10. Sharipova Gulnihol Idievna. CHANGES IN THE CONTENT OF TRACE ELEMENTS IN THE SALIVA OF PATIENTS IN THE TREATMENT OF PATIENTS WITH TRAUMATIC STOMATITIS WITH FLAVONOID-BASED DRUGS//Journal of research in health science: Volume 6 pp. 23-26 (issue. 1-2 2022).