Лекция 12. Обмен веществ и энергии в организме

Обмен веществ и энергии (метаболизм) — это совокупность физиологических процессов, направленных на обеспечение организма необходимыми для его жизнедеятельности веществами, их превращение и использование для получения энергии и построения клеточных структур, и в конечном итоге на удаление во внешнюю среду ненужных продуктов происшедших реакций.

Синтез новых веществ протекает с затратой энергии и требует исходных материалов. Последние поступают в организм либо с пищей, либо образуются при распаде старых структур. Реакции, направленные на синтез новых молекул, называются анаболическими. Часть обмена веществ, которая включает все анаболические реакции, происходящие в организме, называется пластическим обменом (анаболизмом, ассимиляцией).

Для осуществления процессов пластического обмена необходима энергия. Она образуется в результате распада сложных органических веществ (белков, жиров, углеводов) на более простые компоненты, вплоть до воды и углекислого газа. Реакции распада, сопровождающиеся выделением энергии, называются катаболическими. Все катаболические реакции составляют энергетический обмен (катаболизм, диссимиляцию). При повышенной ассимиляции организм растет, развивается. В случае преобладания реакций диссимиляции происходит активный распад структурных элементов клеток. Это ведет к истощению, старению человека. В детском возрасте преобладают реакции пластического обмена. По мере старения организма увеличивается роль катаболических процессов, постепенно угнетается синтез новых веществ.

Виды обмена веществ

Основные вещества, поступающие в организм, — это вода и растворенные в ней минеральные соли, белки, жиры, углеводы и витамины. Каждое из этих веществ имеет определенное назначение для организма, для каждого из них характерны свои пути метаболизма.

Виды обмена веществ:

- обмен воды и минеральных солей,
- обмен белков,
- обмен жиров,
- обмен углеводов.
- Витамины играют преимущественно роль катализаторов биохимических процессов, так как большинство из них входят в состав ферментов.

Обмен воды и минеральных солей.

В различных тканях **вода** составляет от 10 (в жировой) до 90 % (кровь, лимфа). В среднем на её долю приходится 65 —70 % массы тела.

В течение 1 сут в нормальных условиях человек потребляет обычно 1,5 —2,5 л воды. Такое же количество выводится почками с мочой, через кожу — с потом, через легкие — в виде водяных паров. Объем выделяемой почками воды зависит от окружающей температуры и может возрастать или уменьшаться в несколько раз.

Вода не может служить источником энергии для организма, но она выполняет ряд других жизненно важных функций:

1) является универсальным растворителем — практически все вещества клеток и внеклеточных структур растворены в воде, поэтому именно в ней происходят основные метаболические процессы;

2) обеспечивает поступление в организм растворенных в ней минеральных веществ и водорастворимых витаминов;

3) препятствует переохлаждению организма, так как обладает высокой теплоемкостью;

4) обеспечивает защиту организма от перегревания за счет испарения с поверхности кожи и слизистых оболочек;

5) включается в важнейшие биохимические процессы, образуется в их ходе.

Минеральные вещества также не являются источниками энергии. Они выполняют разнообразные функции. Из всех минеральных веществ наш организм наиболее богат натрием. Он содержится во внеклеточном пространстве и плазме крови в значительно больших количествах, чем в клетках. С ним связывают такой сложный процесс, как проведение импульсов в нервной системе. Натрий

играет важную роль в процессах выделения. Он необходим для поддержания осмотического давления жидкостей организма. Избыточное гидростатическое давление на раствор, отделенный от чистого растворителя полупроницаемой мембраной, при котором прекращается диффузия через мембрану, называется **осмотическим давлением**.

Ионы калия в отличие от ионов натрия содержатся преимущественно в цитоплазме клеток. Калий также необходим организму для проведения нервных импульсов, нормальной работы сердечной мышцы.

Кальций и фосфор в больших количествах содержатся в костях; кальций, фосфор и фтор — в эмали зубов. Кальций также необходим для мышечного сокращения, синаптической передачи нервного импульса. Он является одним из факторов свертывающей системы крови.

Железо входит в состав гемоглобина. При его недостатке возникают железодефицитные анемии.

Анионы йода играют важную роль в гуморальной регуляции функций организма, так как они входят в состав гормонов щитовидной железы. Хлор является основным анионом внутри- и внеклеточной жидкостей организма. Он играет роль в процессах передачи нервного импульса, в синаптической передаче, в образовании соляной кислоты желудочного сока.

Цинк, медь, магний, кобальт, железо входят в состав многих ферментов.

При недостатке поступления какого-либо из этих химических элементов возникают заболевания, сопровождающиеся тяжелыми нарушениями обмена веществ.

Обмен белков.

Белки состоят из аминокислот. В организме человека выделены 20 белокобразующих аминокислот, 10 из них являются заменимыми, а 10 незаменимыми.

- **Заменимые аминокислоты** - синтезиркюися клетками организма из других аминокислот,
- **незаменимые** - немогут синтезироваться из других веществ и должны в обязательном порядке поступать с пищей.

Белки пищи, содержащие полный набор аминокислот, называются полноценными. (белки имеют животное происхождение.).

В неполноценном белке отсутствует хотя бы одна из незаменимых аминокислот. Долговременное отсутствие в рационе даже одной аминокислоты приводит к тяжелым заболеваниям.

В ротовой полости, глотке, пищеводе белки не подвергаются воздействию специфических ферментов. Переваривание белков начинается в желудке под действием пепсина, который расщепляет их на молекулы меньшего размера (полипептиды).

В тонкой кишке на полипептиды воздействуют ферменты кишечного и панкреатического соков (трипсин, химотрипсин, карбоксипептидаза, аминопептидаза). Они расщепляют белки до аминокислот, которые и всасываются в кровь в тонкой кишке. С током крови они проходят через печень, где гепатоциты синтезируют из части поступивших аминокислот белки крови, в том числе белки свертывающей системы. Далее аминокислоты поступают в общий кровоток и переносятся ко всем органам и тканям. В клетках они необходимы в первую очередь для построения собственных белков, специфичных для организма.

Процесс синтеза белка происходит на рибосомах (полисомах) под действием различных ферментов. Генетическая информация о структуре белка организма записана на «матрице» — молекуле ДНК. После завершения синтеза первичной структуры белковой молекулы происходит образование вторичной, третичной структуры в комплексе Гольджи.

Обязательным компонентом молекул аминокислот является азот, поэтому определив количество азота, поступившего с пищей и удаленного из организма, можно охарактеризовать белковый обмен. В среднем человеческому организму в сутки необходимо 100— 110 г белка. Соотношение количества азота, поступившего в организм и удаленного из него, называют **азотистым балансом**. У взрослого человека в норме количество белка, поступившего в организм, равно количеству распавшегося. Это соотношение можно определить понятием **азотистое равновесие.**

При азотистом равновесии количество азота, поступающего в организм с белками, соответствует количеству азота, выводимого из организма с мочевиной и другими веществами.

В детском возрасте в связи с процессами роста количество поступающего белка превышает его распад, следовательно, организм ребенка потребляет азота больше, чем выделяет. Такой уровень белкового обмена наблюдается у больных в стадии выздоровления и в ряде других ситуаций. Это называется **положительным азотистым балансом**. В старческом возрасте, при длительном голодании и у ослабленных больных процессы распада белка преобладают над его поступлением — азот из организма выделяется в больших количествах, чем поступает. В этом случае имеет место **отрицательный азотистый баланс**, или азотистый дефицит.

В целом белки выполняют в организме следующие основные функции:

1) пластическую (они необходимы для построения клеточных мембран, органелл, внеклеточных структур);

2) ферментативную (все ферменты в природе — белки);

3) регуляторную (некоторые белки являются гормонами, например инсулин; из определенных аминокислот в организме также могут быть синтезированы гормоны или медиаторы — адреналин, норадреналин, дофамин);

4) энергетическую — белки могут выступать в роли источников энергии: при расщеплении 1 г белка образуется 17,6 кДж энергии;

5) специфические функции (актин и миозин в мышечной ткани выполняют сократительную, фибриноген сыворотки крови — свертывающую, иммуноглобулины крови — защитную и т.д.).

Белки не могут быть синтезированы из углеводов или жиров, при недостатке в организме жиров или углеводов они могут использоваться для синтеза этих веществ. Белки не депонируются в организме и при их дефиците происходит разрушение белков крови (например, антител) или белковых структур ряда органов и тканей. Освободившиеся при этом аминокислоты являются исходным материалом для обеспечения жизнедеятельности остальных клеток организма. В обычных условиях белки практически не служат источником обеспечения организма энергией, они участвуют преимущественно в пластическом обмене.

Конечный распад белков приводит к образованию воды, углекислого газа и аммиака, который затем преобразуется в мочевину.

На обмен белков влияют различные гуморальные факторы.

Гормон роста (соматотропин), гормоны щитовидной железы (тироксин, трийодтиронин) оказывают анаболическое действие на метаболизм белков. Глюкокортикоиды, глюкагон угнетают синтез белка в клетках, увеличивают скорость выведения азота из организма.

Обмен углеводов

Основным углеводом для организма человека является глюкоза. Углеводы поступают в организм в основном в виде полисахаридов (крахмала и гликогена) и дисахаридов (например, сахарозы). Под действием амилазы, содержащейся в слюне, а также кишечном и панкреатическом соках, из них образуются моносахариды (глюкоза, фруктоза и др.), которые всасываются в кишечнике. По воротной вене глюкоза поступает в печень. Здесь большая ее часть идет на образование гликогена — высокомолекулярного вещества, являющегося полимером глюкозы. По мере увеличения потребности организма в глюкозе от гликогена отщепляются остатки этого моносахарида. Они и переходят в кровь для доставки к органам и тканям. Гликоген образуется также в мышечной ткани и в небольшом количестве в других внутренних органах, за исключением головного мозга.

Поступление глюкозы в клетки регулирует гормон инсулин. Он увеличивает ее количество в клетках и уменьшает в плазме крови. Под действием инсулина происходит активный синтез гликогена. Таким образом, он отвечает за утилизацию глюкозы. К гормонам, увеличивающим количество свободной глюкозы в плазме крови, относятся адреналин, глюкагон и др. Нормальная концентрация этого моносахарида в крови — 4,2 —6,4 ммоль/л. Понижение уровня глюкозы ниже 4,2 ммоль/л называется гипогликемией. Наоборот,

повышение ее уровня выше нормы — гипергликемией. У здоровых людей глюкоза с мочой не выделяется. Однако при увеличении ее концентрации в крови до 10 ммоль/л она появляется в моче (глюкозурия), что наблюдается при сахарном диабете.

В клетках организма большая часть глюкозы идет на обеспечение энергетических потребностей. При распаде 1 г глюкозы выделяется 17,6 кДж энергии. Конечные продукты выводятся через почки (Н20) и легкие (С02). Больше других органов в глюкозе нуждается головной мозг. Ее расщепление происходит путем гликолиза (анаэробное, бескислородное окисление) и в цикле лимонной кислоты (в цикле Кребса) — аэробном, кислородном окислении. При этом выделяется 2 и 36 молекул АТФ соответственно (всего — 38 молекул АТФ).

Помимо функции энергообразования углеводы могут быть использованы организмом и для синтеза, например для образования гликопротеинов. При недостатке в организме жиров часть углеводов может расходоваться на их синтез. Однако для образования аминокислот они использоваться не могут. Наоборот, при недостатке в организме углеводов они могут быть синтезированы из жиров и белков.

В сутки человек должен потреблять 400—500 г углеводов. Таким образом, они являются основным компонентом в питании человека.

Обмен жиров

Жиры состоят из глицерина и высших карбоновых кислот. Они являются гидрофобными соединениями, т.е. плохо растворяются в воде. После обработки пищи в ротовой полости и желудке химус содержит их в виде крупных скоплений, капель. В таком состоянии они не могут быть подвержены действию ферментов пищеварительных соков. Желчные кислоты, содержащиеся в желчи, эмульгируют жиры, т. е. образуют из них более мелкие капли. После этого начинают действовать липазы кишечного и панкреатического соков. Они последовательно отщепляют от глицерина остатки жирных кислот. В результате образуются три молекулы высших карбоновых кислот и одна молекула глицерина. Они переносятся из просвета кишечника в эпителий ворсинок тонкой кишки. Там образуются молекулы липидов, свойственные данному организму. После синтеза собственных, специфичных для организма, жиров они переходят из клеток эпителия преимущественно в лимфатический (млечный) капилляр ворсинки тонкой кишки. С током лимфы, минуя печень, липиды попадают в кровь и далее направляются ко всем клеткам и тканям. Наибольшее количество липидов содержится в жировой ткани (до 90 %).

Основные запасы жира находятся в организме в подкожной жировой клетчатке и в клетчаточных пространствах брюшной полости.

Липиды выполняют в организме ряд важных функций:

1) являются компонентами клеточных структур (например, фосфолипиды мембран);

2) при их распаде до С02 и Н20 образуется большое количество энергии (1 г жиров дает 38,9 кДж энергии), при недостаточном питании жиры используются организмом как резерв энергии;

3) многие гормоны имеют липидную природу;

4) вместе с жирами в организм поступают некоторые витамины (A, D, E, K);

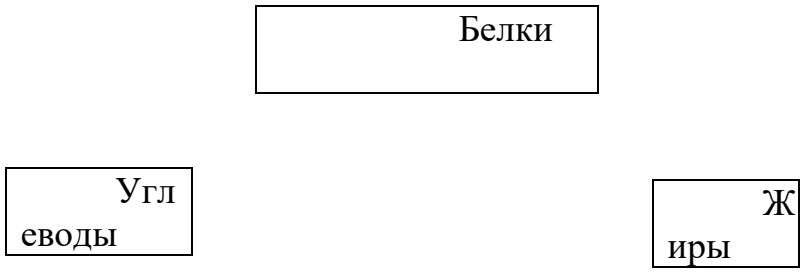
5) жиры подкожной жировой клетчатки плохо проводят тепло и, следовательно, принимают участие в поддержании температурного гомеостаза организма. Синтез липидов в организме стимулирует, например, инсулин.

Распад жиров в клетках активируют гормоны мозгового вещества надпочечников (адреналин, норадреналин), гормоны щитовидной железы (тироксин и трийодтиронин).

Следует отметить, что при избыточном потреблении жиров (в норме около 100 г в сутки) они накапливаются в депо и возникает ожирение, сопровождающееся тяжелыми нарушениями обмена веществ. Жиры играют огромную роль в образовании атеросклеротических бляшек. При высоком содержании липидов в плазме крови (особенно холестерина) они оседают на стенках сосудов. Образовавшиеся бляшки закупоривают сосуды, препятствуя нормальному кровотоку.

Избыточное потребление углеводов также может привести к этому состоянию, так как углеводы могут превращаться в жиры путем сложных биохимических превращений.

Жиры могут синтезироваться из углеводов и белков. В общем виде направления превращений питательных веществ можно представить следующей схемой:



Для нормального функционирования человеческого организма наиболее адекватным считается соотношение белков, жиров и углеводов в пропорции **1:1:4.**

Витамины

Витамины — биологически активные вещества, необходимые в малых количествах для процессов обмена веществ и поддержания нормальной жизнедеятельности организма.

Термин «витамин» образуется от лат. vita — жизнь, амины — одна из групп химических веществ, имеющих в своем составе атом азота. Первые открытые витамины относились именно к этой химической группе. Однако впоследствии были обнаружены вещества, не относящиеся к аминам, но выполняющие в организме функцию витаминов.

Большинство витаминов необходимы для нормального протекания ферментативных процессов. Многие из них являются коферментами — веществами, которые соединяются с белковой молекулой фермента и делают ее способной к осуществлению своей функции.

Для нормальной жизнедеятельности организму необходимы небольшие количества витаминов, измеряющиеся миллиграммами в сутки.

Они поступают с пищей, некоторые их них вырабатываются бактериями в кишечнике, синтезируются в организме. Для того чтобы в пище сохранялось наибольшее количество витаминов, необходимо сокращать продолжительность ее термической обработки и обеспечивать надлежащее хранение. Необходимо отметить, что при контакте с металлами большинство витаминов инактивируется, что нужно учитывать при выборе посуды для хранения пищевых продуктов.

При поступлении в организм витаминов в количествах, не соответствующих потребностям человека, возникают заболевания, связанные с нарушениями обмена веществ. При их недостаточном поступлении возникают гиповитаминозы, что наблюдается достаточно часто в конце зимы и начале весны из-за уменьшения потребления свежих овощей и фруктов, которые богаты витаминами. Если в пище полностью отсутствуют необходимые витамины, то развиваются авитаминозы. Нарушения обмена веществ, связанные с избыточным поступлением витаминов, называются гипервитаминозами. Они встречаются очень редко. Для возникновения гипервитаминоза необходимо, чтобы количество какого-либо витамина превышало норму в тысячи раз. Такие состояния стали возможны благодаря развитию фармацевтической промышленности и связаны с неумеренным употреблением витаминов в виде различных препаратов.

Все витамины подразделяют на:

- Жирорастворимые витамины - поступают в организм с жирами пищи, без которых невозможно их всасывание. К ним относят витамины А, D, Е, К.
- Водорастворимые витамины — это витамины группы В, С.

Жирорастворимые витамины.

Витамин А — ретинол, является составной частью зрительного пигмента родопсина. Помимо этого он оказывает влияние на регенерацию эпителия кожи, роговицы. При недостатке витамина возникает заболевание, называемое куриной слепотой. Оно заключается в нарушении сумеречного зрения, т.е. в утрате способности видеть в условиях слабого освещения. Позднее поражается эпителий кожи и роговицы глаза.

Ретинол содержится в виде провитамина А (каротина) в моркови, перце, шпинате и некоторых других растительных продуктах. В печени, яйцах, масле и молоке содержится собственно витамин А. Суточная потребность в витамине составляет 2,5 мг.

Витамин D — кальциферол, антирахитический витамин, участвует в регуляции обмена кальция и фосфора в организме, влияет на нормальное развитие костной ткани. Недостаток кальциферола вызывает заболевание рахит, которым страдают преимущественно дети. Заболевание сопровождается размягчением и искривлением костей, нарушениями в работе нервной системы.

Витамин D - содержится в рыбьем жире, яйцах, масле, молоке. Активные его формы могут образовываться в коже под действием ультрафиолетовых лучей солнечного света. Поэтому для излечения легких форм гиповитаминоза можно принимать солнечные ванны. Суточная потребность в витамине D составляет 2,5 мкг.

Витамин Е — токоферол, антистерильный витамин. Недостаток его у животных вызывает бесплодие. У человека он также отвечает за половую функцию. Установлено, что витамин Е препятствует старению, снижает интенсивность

процессов перекисного окисления липидов клеточных мембран (антиоксидантный эффект), уменьшает потребность клеток в кислороде, развивает у них устойчивость к повышенным концентрациям углекислого газа (антигипоксантный эффект). Витамин содержится в злаках, маслах, зеленых овощах. Суточная потребность в витамине Е составляет 15 мг.

Витамин К — это группа веществ, получивших общее название — филлохиноны. Они необходимы для синтеза многих факторов свертывания крови. Недостаток витамина К вызывает нарушения в процессе образования тромба. Следовательно, при авитаминозах и гиповитаминозах часто возникают неожиданные кровотечения. Он содержится в овощах (шпинате, капусте и др.), печени и может быть синтезирован микрофлорой кишечника. Суточная потребность в витамине К составляет 1 мг.

Водорастворимые витамины.

Витамин С — аскорбиновая кислота, противоцинготный витамин, участвует в образовании основного белка соединительной ткани — коллагена. Он необходим для укрепления стенок сосудов, формирования здоровой кожи, укрепляет мембраны клеток. Витамин С увеличивает устойчивость организма к инфекциям. При его недостатке возникает заболевание — цинга. У больных цингой поражаются кровеносные сосуды, стенка их значительно ослабевает, в результате часто возникают небольшие кровоизлияния, появляется кровоточивость десен; выпадают зубы. Снижается также сопротивляемость организма к инфекционным заболеваниям, плохо заживают раны. Витамин содержится в свежих фруктах, ягодах и овощах. Особенно им богаты шиповник, черная смородина, клюква, цитрусовые. Суточная потребность в витамине С составляет 50—100 мг.

Витамин B_1 — тиамин, антиневритный витамин, необходим для нормального функционирования ферментных систем, отвечающих за обмен углеводов и жиров. При недостатке витамина возникает заболевание — бери-бери. Оно проявляется нарушением функционирования нервной системы, сердечно-сосудистой системы, органов желудочно-кишечного тракта. Витамин содержится в злаковых и бобовых культурах, печени, яйцах, пивных дрожжах.

Витамин B_2 — рибофлавин, входит в состав ферментов, принимающих участие в обеспечении тканевого дыхания. При недостатке витамина возникают нарушения зрения, остановка роста (у детей), выпадение волос, воспаление слизистых оболочек, мышечная слабость. Содержится в зерновых и бобовых культурах, печени, яйцах, молоке, пивных дрожжах.

Витамин B_3 — пантотеновая кислота, является составной частью кофермента А, который играет важную роль практически во всех процессах обмена веществ. Гиповитаминоз встречается крайне редко. Витамин имеется практически во всех растительных и животных продуктах.

Витамин B_5 — никотиновая кислота, антипеллагрический витамин, витамин РР — необходим для синтеза ферментов, принимающих участие в тканевом дыхании, окислительно-восстановительных реакциях, в белковом, жировом и углеводном обменах. Авитаминоз витамина РР — пеллагра, сопровождается воспалением кожи, нарушением функций центральной нервной системы и органов ЖКТ. Витамин содержится в мясе, печени, яйцах, рыбе, пивных дрожжах, в некоторых зерновых и бобовых культурах.

Витамин B_6 — пиридоксин — используется организмом как кофермент многих энзимов белкового обмена. Витамин необходим для нормального процесса кроветворения. При авитаминозе возникают анемия, поражения кожи, нарушение функций центральной нервной системы. Витамин содержится в большинстве животных и растительных продуктов.

Витамин B_8 — биотин, витамин Н — является коферментом многих энзимов, которые принимают участие в метаболизме углеводов и жирных кислот. Содержится в молоке, печени, синтезируется микрофлорой кишечника. Авитаминоз проявляется в первую очередь в виде поражений кожи.

Витамин B_9 — фолиевая кислота, витамин В с — участвует в синтезе пуриновых нуклеотидов и влияет на образование ДНК и РНК. При авитаминозе нарушается нормальное кроветворение, возникает анемия. Источниками витамина B_9 являются печень, зелень, он может синтезироваться микрофлорой кишечника.

Витамин B_{12} — цианкобаламин. Основная функция этого витамина — участие в кроветворении. Следует отметить, что всасывание витамина B_{12} возможно только после его соединения с внутренним фактором Кастла. Последний вырабатывается железами желудка. Поэтому дефицит цианкобаламина возникает вследствие двух причин:

- при недостаточном поступлении витамина с пищей,
- при недостаточной выработке внутреннего фактора Кастла (в результате оперативного удаления желудка или хронического гастрита).

Дефицит витамина B_{12} приводит к злокачественной (пернициозной) анемии. При этом в крови появляются гигантские эритроциты, которые плохо переносят кислород. Витамин содержится в большинстве животных продуктов, особенно в печени. Суточная потребность в витаминах группы В составляет 20 — 25 мг.

Распад и окисление органических веществ в клетках

Для жизнедеятельности организма постоянно требуется энергия. Она образуется при распаде органических соединений — в основном углеводов и жиров, в меньшей степени — белков. Белки нужны организму человека для обеспечения анаболических процессов. Энергия выделяется при разрушении химических связей между атомами этих молекул. Частично она рассеивается в виде тепла, а частично запасается в виде АТФ (аденозинтрифосфат). Соотношение между рассеянной энергией и запасенной примерно 1:1.

В молекуле АТФ между остатками фосфорной кислоты имеются макроэргические связи, при разрыве которых выделяется большое количество энергии. Разрыв связей при гидролизе молекул АТФ осуществляется последовательно до АДФ (аденозиндифосфата) и АМФ (аденозинмонофосфата). Энергия, запасенная в АТФ, может быть использована клетками организма по мере необходимости. Таким образом, АТФ — универсальный аккумулятор энергии в клетке.

Сущностью процесса образования АТФ является фосфорилирование — присоединение остатка фосфорной кислоты к АДФ. Однако для этого необходима энергия, которая образуется в результате распада сложных органических молекул и тканевого дыхания. В качестве примера можно

рассмотреть образование АТФ при распаде одной молекулы глюкозы (С 6 Н 12 0 6). Полное расщепление глюкозы до углекислого газа и воды в клетке требует прохождения анаэробного (бескислородного) и аэробного (с участием кислорода) процессов ее окисления

Гликолиз (анаэробное окисление).

Происходит в цитоплазме клетки без участия кислорода. В последнее время установлено, что гликолиз может активно протекать с высокой скоростью и в аэробных условиях. При гликолизе происходят последовательно 10 биохимических реакций, каждая из которых катализируется своим ферментом. При достаточном количестве кислорода в клетке конечным продуктом анаэробного окисления является пировиноградная кислота (ПВК). При недостатке кислорода в клетке происходит еще одна, одиннадцатая, реакция гликолиза, в результате которой из ПВК

образуется молочная кислота. В процессе 10 реакций гликолиза образуются две молекулы ПВК и две молекулы АТФ.

Дефицит кислорода наблюдается в клетках, например, в случае чрезмерной физической нагрузки. При этом в цитоплазме происходит активация гликолитических процессов и в большом количестве из глюкозы образуется молочная кислота (лактат). Это вещество не может быть использовано клеткой в дальнейшем и удаляется из нее. При значительном накоплении лактата возникают болезненные ощущения, связанные с закислением внутренней среды организма.

Аэробное окисление. ПВК поступает из цитоплазмы клетки в митохондрии, где происходит ее декарбоксилирование до уксусной кислоты, которая «сгорает» в цикле Кребса до углекислоты с освобождением протонов водорода. В дыхательной цепи протоны водорода соединяются с кислородом, образуя воду. При этом происходит синтез 36 молекул АТФ. Суммарная реакция распада глюкозы выглядит следующим образом:

$C_6H_{12}0_6 + 60_2$ -» $6C0_2 + 6H_20$ + Q (энергия)

Тканевое дыхание.

Так называют обмен газов, происходящий в клетках при биологическом окислении питательных веществ. В ходе окислительных процессов клетки выделяют конечный продукт метаболизма — углекислый газ и одновременно поглощают из кровеносных капилляров кислород. При этом атомы водорода, образующиеся при окислении глюкозы, переносятся на ферменты внутренней

мембраны митохондрий. Это так называемая дыхательная транспортная цепь. Водород взаимодействует с кислородом, образуя воду. Ток протонов водорода характеризуется значительным выделением энергии, которая расходуется на синтез АТФ из АДФ и остатка фосфорной кислоты. В результате этих реакций при окислении одной молекулы глюкозы образуется 38 молекул АТФ. При этом недостаток кислорода лимитирует окислительные реакции значительно сильнее, чем неадекватное удаление углекислого газа. Энергия, аккумулированная в АТФ, используется организмом для поддержания всех его функций, жизненных процессов:

1) синтеза новых органических веществ, свойственных организму (белков, жиров, углеводов, ДНК), образования новых клеточных структур и органелл;

2) осуществления основных жизненных процессов в клетке (митоза, транспорта веществ в клетку и др.);

3) поддержания температурного гомеостаза организма.

Обмен энергии

Основной обмен.

Это минимальный уровень энерготрат, который необходим для поддержания жизненных функций организма в условиях полного физического и эмоционального покоя. Таким образом, данный показатель характеризует количество энергии, необходимой только для функционирования внутренних органов (сердца, легких, почек, печени и др.) и поддержания необходимой температуры тела. Измеряется он в утренние часы с помощью специальных приборов — калориметров. Испытуемый должен находиться в ежачем положении. Измерение проводят натощак, при максимальном расслаблении мышц, при этом внешняя температура поддерживается на уровне 22 °С. Приборы фиксируют выделяемое организмом тепло. Это так называемый метод прямой калориметрии. Было установлено, что величина основного обмена для взрослого мужчины составляет примерно 4,2 кДж на 1 кг массы тела в час, т.е. 7200 кДж в сутки (для человека массой 72 кг). Величина основного обмена у женщин несколько ниже. Этот показатель уменьшается с возрастом. На практике чаще используют метод непрямой калориметрии. Определяют объем легочной вентиляции, а затем количество поглощенного кислорода и выделенного углекислого газа. Отношение объема выделенного углекислого газа к объему поглощенного кислорода называют дыхательным коэффициентом. По величине последнего можно судить о характере окислительных процессов в организме.

Рассчитать основной обмен можно по таблицам. В этом случае определяют среднестатистический уровень основного обмена. Для вычисления необходимо знать рост, массу тела, возраст.

Затем по формуле Рида вычисляют процент отклонения величины основного обмена от нормы. Для применения формулы необходимо знать артериальное давление и частоту пульса:

О = 0,75(ЧП + 0,75ДП) - 72,

где О — отклонение, %; Ч п— частота пульса; Дп— пульсовое давление (разница между величиной систолического и диастолического АД).

Для упрощения расчетов по формуле Рида можно использовать специальную номограмму Соединив линейкой значения частоты пульса и пульсового давления, в средней колонке находим величину процентного отклонения основного обмена от нормы. Затем, исходя из данных таблицы, проводят перерасчет уровня основного обмена на величину полученного процентного отклонения.

Интенсивность обменных процессов резко возрастает при физической нагрузке. При этом люди, занятые легким физическим трудом, тратят 9200 кДж в сутки, средней степени — 12 000—15 000 кДж в сутки, а тяжелым — 16000—18000 кДж в сутки. Следовательно, питание человека должно соответствовать энерготратам и полностью компенсировать их.

Обмен энергии между организмом и окружающей средой.

Человек относится к гомойотермным (теплокровным) животным, т.е. он характеризуется поддержанием постоянной температуры тела с допустимыми небольшими ее колебаниями. Уровень обмена веществ теплокровных существ значительно выше холоднокровных. Поддержание постоянной температуры тела происходит за счет строгого баланса процессов образования

тепла организмом человека (теплопродукция) и его обмена с внешней средой (теплоотдача). При этом образование тепла происходит в так называемом «ядре» человеческого организма, к которому относят внутренние органы и мышцы. Теплообмен обеспечивает «оболочка», которая включает кожу, слизистую оболочку полости рта и глотки, глазного яблока и дыхательных путей. Температура тела человека неравномерна в разных его участках. Так, в температурном «ядре» (внутренние органы) она, как правило, выше чем на поверхности кожи. Нормальной температурой в подмышечной впадине считаются значения 36,1—37,1 °С. Особая роль принадлежит внутренним средам организма, обеспечивающим теплообмен между ядром и оболочкой. Таким образом, терморегуляция обеспечивается следующими процессами: теплопродукцией (в «ядре»), теплообменом между «ядром»и «оболочкой» (обеспечивается преимущественно кровью и лимфой) и теплоотдачейво внешнюю среду.

Теплопродукция осуществляется, в основном, в результате реакций распада и окисления органических веществ. Примерно 50 % образующейся при этом энергии переходит в тепло без образования АТФ. Значительная часть образовавшегося АТФ также используется для поддержания установленной температуры тела. Большое количество тепла образуется в мышцах при совершении человеком физической работы. По образному выражению И. П. Павлова, мышцы выполняют роль «печки», согревающей организм. У новорожденных активная теплопродукция наблюдается также в бурой жировой ткани. Тепло образуется и в результате сокращений гладких мышц внутренних органов.

Отдача тепла во внешнюю среду осуществляется несколькими способами:

- теплопроведение,
- конвекция,
- излучение,
- испарение.

Излучение — способ отдачи тепла в окружающую среду поверхностью тела посредством инфракрасных волн. Глаз человека не может уловить этот вид электромагнитных волн. Однако существуют живые организмы, способные их различать (например, некоторые змеи). При температуре 20 °С и относительной влажности воздуха 50 % излучение может составить 40 —50 % всего отдаваемого тепла.

Конвекция — способ отдачи тепла при контакте тела с движущимися потоками воздуха.

Теплопроведение — способ отдачи тепла через непосредственное соприкосновение тела человека с другими физическими телами (например, одеждой).

Первые три механизма теплоотдачи становятся неэффективными при выравнивании температуры тела и температуры окружающей среды. В этих условиях основным способом отдачи тепла является испарение пота с поверхности кожи и влаги с поверхности слизистых оболочек. Количество испаряемой воды в условиях тяжелой физической работы и высокой температуры может доходить до 2 л/ч.

Основную роль в теплоотдаче играет кожа. При высоких температурах внешней среды сосуды кожи расширяются, кровь поступает в нее в значительно больших количествах, чем в условиях температурного комфорта (25 — 26 °С). Усиление кровотока через кожу увеличивает потоотделение и потерю организмом тепла. При понижении температуры внешней среды идет перераспределение кровотока во внутренние органы. При этом сосуды кожи суживаются, кровоток в коже и соответственно испарение уменьшаются. Следовательно, уменьшается и выделение тепла из организма.

При охлаждении происходит сокращение гладких мышечных клеток, образующих мышцу, поднимающую волос. Стержень волоса приподнимается, и происходит выделение тепла. В то же время эта мышца вызывает некоторое сжатие кожи и лежащих в ее верхних слоях кровеносных сосудов. Возникает «гусиная кожа». Эти процессы сопровождаются снижением теплоотдачи.

Терморегуляция.

Центр терморегуляции находится в гипоталамусе (промежуточном мозге). По проводящим путям к нему поступают импульсы от терморецепторов — специализированных нервных окончаний, способных воспринимать изменения температуры различных участков тела человека. Термочувствительные клетки центра терморегуляции способны различать разницу температуры в 0,01 °С. Регуляция теплообмена осуществляется центром терморегуляции посредством воздействия на эндокринную и вегетативную системы. Увеличение теплопродукции наблюдается в результате возрастания окислительных процессов (активируются катаболические процессы) и повышения мышечной активности. Это происходит

через возбуждение соматических нервных волокон. Под влиянием гормонов и нервных импульсов изменяется деятельность сердца и сосудов, что приводит к адекватным изменениям в теплообмене между «ядром» и «оболочкой», а также в теплообмене с внешней средой. Аналогичным способом регулируются процессы удаления тепла из «оболочки» во внешнюю среду путем конвекции, излучения, теплопроведения и испарения.

Регуляция обмена веществ

Обмен веществ и энергии — свойство всех клеток и тканей организма. Следовательно, регуляция обмена веществ подразумевает регуляцию множества функций организма (дыхания, пищеварения, кровообращения, выделения и др.). Значительную роль в регуляции обмена веществ играет нервная система, в частности гипоталамус.

Этот отдел головного мозга включает в себя ряд важных центров:

голода и насыщения, жажды, терморегуляции.

Эти центры реализуют свои функции через вегетативную нервную систему. Кроме того, ипоталамус и расположенный рядом с ним гипофиз координируют

работу практически всех желез внутренней секреции.

Эндокринная система оказывает решающее влияние на регуляцию обмена веществ и энергии. Гормоны воздействуют на скорость биохимических превращений непосредственно в клетке. Совокупность их действия на отдельные клетки вызывает изменения в функционировании всего организма. Приведем лишь некоторые примеры влияния гормонов на обмен веществ.

- Соматотропный гормон гипофиза оказывает выраженное анаболическое действие, ускоряет синтез пластических веществ, следовательно, ускоряет рост.
- Катехоламины мозгового вещества надпочечников усиливают окислительные процессы, энергообразование.
- Тироксин и трийодтиронин (гормоны щитовидной железы) стимулируют синтез белка из аминокислот и в то же время активируют разрушение жиров и углеводов.