

Частное учреждение образования  
«Минский институт управления»

**Физиология поведения**

Курс лекций  
1-23.01.04 - ПСИХОЛОГИЯ  
4 издание переработанное и дополненное

Минск  
Изд-во МИУ  
2013

## Лекция 5

### Основы жизнедеятельности

Обмен веществ и энергии составляет основу жизнедеятельности и принадлежит к числу важнейших специфических признаков живой материи.

В процессе обмена питательные вещества превращаются в собственные компоненты тканей и конечные продукты метаболизма. При этих превращениях поглощается и высвобождается энергия.

Использование химической энергии в организме называют энергетическим обменом. Он измеряется количеством выделяющегося тепла. Например, при окислении 1 моль глюкозы (180 г) выделяется 686 ккал тепла.

Выделившаяся, в результате химических реакций в организме, энергия используется в дыхательном обмене клеток, преобразуется в другие полезные биологические формы — электрическую, осмотическую, механическую. Основная часть энергии выделяется в виде тепла.

Выделившиеся в результате химических реакций в организме энергия используется в дыхательном обмене клеток, преобразуется в другие биологически полезные формы — электрическую, осмотическую, механическую. Основная часть энергии выделяется в виде тепла.

Химическая работа обеспечивает обмен белков, жиров и углеводов, рост и размножение клеток, синтез и передачу наследственной информации. Осмотическая работа способствует трансмембранному переносу веществ (натрия, калия, хлора, кальция и др.); накоплению в клетке и выведению продуктов метаболизма; поддержанию постоянства состава клеточной и тканевой жидкости.

Электрическая работа поддерживает разность потенциалов между наружной и внутренней поверхностями мембраны, вследствие чего клетка реагирует на воздействия внешней и внутренней среды процессом возбуждения, одним из проявлений которого является трансмембранный электрический ток (потенциал действия).

Механическая работа определяет разные формы движения — от потоков цитоплазмы в клетке и трепетания ресничек эпителия в кишечнике, до согласованного сокращения различных групп мышц в сложных двигательных актах.

Питательные вещества для человека являются единственным источником энергии. Пластическая роль питательных веществ состоит в том, что из них после химических превращений образуются собственные структурные компоненты клеток и тканей.

Процесс обмена веществ подчиняется всеобщему закону сохранения материи: при всех явлениях природы видоизменяется только форма вещества, количество же его остается постоянным.

Условно в процессе обмена веществ можно выделить три этапа.

Первый этап — ферментативное расщепление питательных веществ и всасывание их в кровь, лимфу.

Второй этап — транспорт питательных веществ жидкими средами организма к тканям и клеточный метаболизм.

Третий этап — выведение конечных продуктов.

Промежуточный обмен - это совокупность химических превращений переваренных питательных веществ с момента поступления их в кровь до начала выделения конечных продуктов из организма.

Промежуточный обмен состоит: из катаболизма и анаболизма.

Катаболизм - это ферментативное расщепление в процессе окислительных реакций крупных органических молекул на более простые, в результате чего выделяется заключенная в них энергия. Часть этой энергии накапливается в виде АТФ и используется для выполнения биологически полезных форм работы (например, мышечного сокращения).

Анаболизм - это ферментативный синтез из простых органических молекул крупномолекулярных клеточных компонентов — полисахаридов, нуклеиновых кислот, белков, липидов. Анаболические реакции протекают с использованием энергии и обеспечивают обновление, рост и регенерацию тканей.

Клеточный метаболизм

Все клетки организма имеют примерно одинаковый набор неорганических и органических веществ. Вода является той общей средой, в которой находятся все компоненты протекающих в клетке химических реакций. Молекулы кислорода и углекислого газа участвуют в реакциях биологического окисления, ионы натрия, калия, хлора определяют электрические свойства клеток, нерастворимые соли (кальций) придают структурам устойчивость и пластичность.

Минеральный обмен

Процессы всасывания, усвоения, распределения, превращения и выделения из организма неорганических соединений составляют в совокупности минеральный обмен.

Основными источниками минеральных веществ являются пищевые продукты — мясо, молоко, черный хлеб, бобовые, овощи. Соли должны составлять 4% сухой массы пищи. Основными физиологически активными являются ионы натрия, калия, кальция, магния. В состав жидких сред входят также ионы железа, марганца, цинка, кобальта, йода и др.

В организме здорового человека массой тела около 70 кг содержится 150—170 г натрия, 3200—3150 ммоль калия.

Физиологическая роль калия чрезвычайно высока, он участвует во всех видах обмена веществ, особенно белков и углеводов; в синтезе АТФ, и поэтому влияет на сократимость. Недостаток его вызывает атонию скелетных мышц; избыток — повышение тонуса, а очень высокое содержание парализует мышцу;

Калий необходим в синтезе ацетилхолина и он влияет на синоптическую передачу возбуждения; вызывает расширение сосудов; обеспечивает клетке способность к возбуждению.

Нормальное содержание кальция в плазме 2,1—2,6 ммоль/л. Кальций принимает активное участие в процессах возбуждения, синоптической передаче, мышечном сокращении, участвует в окислении жиров и углеводов, в свертывании крови, формирует структурную основу костного скелета.

Главная роль в регуляции равновесия между кальцием плазмы и кальцием костей принадлежит гормону околощитовидных желез паратирину.

Суточная потребность в магнии 150—450 мг. При недостатке магния наблюдаются мышечная слабость, в том числе и сердечной мышцы, угнетение дыхания.

Общее содержание хлора в организме 2000 м/моль. Он является вторым после натрия внеклеточным анионом. Участвует в процессах возбуждения и торможения, в синоптической передаче, в образовании соляной кислоты желудочного сока.

Биологическая роль углеводов для человека определяется, прежде всего, его энергетической ценностью. Процессы превращения углеводов обеспечивают 60% суммарного энергообмена.

При окислении 1 г углеводов выделяется 4 ккал тепла. Углеводы используются либо как прямой источник химической энергии (глюкозо-6-фосфат), либо как энергетический резерв (гликоген). Основные углеводы — сахара, крахмал, клетчатка — содержатся в растительной пище, суточная потребность в которой взрослого человека составляет около 500 г (минимальная потребность - 100—150 г в сутки).

Мышечная ткань, особенно при активной работе, извлекает из крови значительное количество глюкозы. В мышцах из глюкозы синтезируется гликоген. Распад гликогена (гликолиз) является одним из источников энергии мышечного сокращения.

Мозг не имеет депо гликогена, поэтому он нуждается в постоянном поступлении глюкозы. Углеводы — единственный источник, за счёт которого в норме покрываются энергетические расходы мозга. Ткань мозга поглощает около 70% глюкозы, выделяемой печенью.

Около 70% углеводов пищи окисляется в тканях до воды и двуокси углерода; 25% глюкозы крови превращается в жир; из 2—5% в печени и в мышцах путем гликогенеза синтезируется гликоген.

Уровень глюкозы в крови регулируется гормонами — инсулином, глюкагоном, адреналином, соматотропином и кортизолом.

Суммарное количество жиров в организме человека составляет 10—20% массы тела.

Суточная потребность 70—80 г. Жиры, поступившие в пищеварительный тракт, распадаются на глицерин и жирные кислоты, которые всасываются в лимфатические сосуды, а оттуда поступают в кровь. В процессе окисления жирные кислоты

превращаются в ацетилкоэнзим А, при помощи которого осуществляется связь углеводного и жирового обменов. Уровень жирных кислот в организме регулируется как отложением их в жировой ткани, так и высвобождением из нее.

Жиры, весьма неоднородные в химическом отношении выполняют следующие функции.

Нейтральные жиры пищи являются важнейшим источником энергии. При окислении 1 г вещества выделяется максимальное по сравнению с окислением белков и углеводов количество энергии — 9,0 ккал. За счет окисления нейтральных жиров образуется 50% всей энергии в организме. Жиры, депонированные в подкожной клетчатке, предохраняют организм от потерь тепла, а окружающие внутренние органы — от механических повреждений.

Увеличение массы тела на 20—25% против нормы считается предельно допустимой физиологической границей.

Фосфо- и гликолипиды входят в состав всех клеток, особенно нервных. Фосфолипиды синтезируются в печени и в кишечной стенке.

Бурый жир представлен особой жировой тканью, располагающейся в области шеи и верхней части спины у новорожденных и грудных детей. В небольшом количестве бурый жир имеется и взрослого человека. Продукция тепла бурым жиром (на единицу массы его ткани) в 20 и более раз превышает таковую обычной жировой ткани. Несмотря на минимальное содержание бурого жира, в нем может генерироваться 1/3 всего образующегося в организме тепла. Бурому жиру принадлежит важная роль в адаптации организма к низким температурам. Следует отметить, что бурый жир является также источником эндогенной воды.

Высшие жирные кислоты являются основным продуктом гидролиза липидов в кишечнике. Суточная потребность в них составляет 10—12 г. Линолевая и линоленовая кислоты содержатся в растительных жирах, арахионовая — только в животных. Они необходимы для построения и сохранения липопротеидных клеточных мембран, для синтеза простагландинов и половых гормонов.

Дефицит незаменимых жирных кислот в пище приводит к замедлению роста и развития организма, снижению репродуктивной функции и различным поражениям кожи.

Регуляция расщепления и накопления жиров осуществляется гормонами надпочечников (адреналин) и поджелудочной железы (инсулин), которые усиливают липолиз, активируют фазу катаболизма. Хронический стресс, сопровождаемый напряжением симпатико-адреналовой системы, приводит к истощению жировых депо и потере массы тела. Напротив, дефицит инсулина, например, при сахарном диабете, сочетается с ожирением.

Незаменимые сложные жиры — фосфатиды и стеринны. Ими поддерживается постоянство состава цитоплазмы нервных клеток, синтезируются половые гормоны и

гормоны коркового вещества надпочечников, некоторые витамины (например, витамин Д).

Функции белков в организме многообразны. Пластическое или структурное значение белков состоит в том, что они входят в состав всех клеток и межтканевых структур, а также обеспечивают рост и развитие организма за счет процессов биосинтеза.

Каталитическая, или ферментативная, активность белков регулирует скорость биохимических реакций, определяет все стороны обмена веществ и образования энергии не только из самих протеинов, но и из углеводов и жиров.

Защитная функция заключается в образовании иммунных белков — антител. Белки способны связывать токсины и яды, обеспечивают свертываемость крови (гемостаз).

Транспортная функция — перенос кислорода и двуокиси углерода эритроцитным белком — гемоглобином; связывание и перенос некоторых ионов (железо, медь, водород), лекарственных веществ, токсинов.

Энергетическая роль белков определяется их способностью освобождать при окислении энергию: 1 г белка аккумулирует 4 ккал.

По степени важности пластическая роль белков в метаболизме превосходит их собственную энергетическую, а также пластическую роль других питательных веществ. Особенно велика потребность в белке в периоды роста, беременности, выздоровления после тяжелых заболеваний.

Для поддержания азотистого равновесия в организме требуется как минимум 30—45 г животного белка в сутки — физиологический минимум белка.

Белки органов и тканей нуждаются в постоянном обновлении. Около 400 г белка из 6 кг, составляющих белковый «фонд» организма, ежедневно подвергается катаболизму и должно быть возмещено эквивалентным количеством вновь образованных белков в анаболической фазе белкового обмена.

Минимальное количество белка, постоянно распадающегося в организме называется коэффициентом изнашивания Рубнера. Потеря белка у человека массой 70 кг равна 23 г/сут. Поступление в организме белка в меньшем количестве ведет к отрицательному азотистому балансу, не удовлетворяющему пластические и энергетические потребности организма.

Для полного удовлетворения потребности организма в белке в сутки человек должен получить 80—100 г белка, в том числе 30 г животного происхождения, а при физических нагрузках—130-150 г. Эти количества в среднем соответствуют физиологическому оптимуму белка — 1 г на 1 кг массы тела.

Гормональная регуляция обмена белков обеспечивает динамическое равновесие их синтеза и распада.

Анаболизм белков контролируется гормонами аденогипофиза (соматотропином), поджелудочной железы (инсулином), мужских половых желез (андрогенами). Усиление анаболической фазы метаболизма белков при избытке этих гормонов выражается в

усиленном росте, увеличении массы тела. В ряде случаев, например, в период полового созревания, эти явления имеют физиологический характер. В других случаях (например, при опухоли гипофиза) могут развиваться гигантизм и другие гиперпластические процессы. Недостаток анаболических гормонов (например, соматотропина) вызывает задержку роста у детей.

Катаболизм белков регулируется гормонами щитовидной железы (тироксином, трийодтиронином), коркового (глюкокортикоидами) и мозгового (адреналином) вещества надпочечников. Избыток этих гормонов усиливает распад белков в тканях, что сопровождается истощением и отрицательным азотистым балансом. Недостаток гормонов, например, щитовидной железы сопровождается ожирением.

Большое значение для здоровой жизнедеятельности имеют витамины. Это органические низкомолекулярные соединения, поступающие с пищей или синтезируемые в самом организме. Витамины не являются пластическим материалом и не участвуют непосредственно в энергетическом обмене. Вместе с тем, функции их многообразны, а недостаток, или избыток приводит к серьезным нарушениям метаболизма.

#### Обмен энергии

В основе процессов обмена энергии лежат законы термодинамики — взаимных превращений различных видов энергии при переходах ее от одних тел к другим в форме теплоты или работы.

С точки зрения термодинамики живые организмы относятся к открытым стационарным неравновесным системам. Это означает, что:

- 1) они обмениваются с окружающей средой веществом и энергией;
- 2) способны в течение определенного времени удерживать свои основные параметры и под влиянием внешней среды переходить из одного стационарного состояния в другое в пределах колебаний жизненно важных констант, допустимых для сохранения жизни;
- 3) благодаря наличию в организме множества градиентов и потенциалов создаются условия для неравновесного распределения вещества и энергии между живыми системами и окружающей средой.

Принцип устойчивого неравновесия живых систем гласит:

«Живые системы никогда не бывают в равновесии и исполняют за счет своей свободной энергии постоянную работу против равновесия, требуемого законами физики и химии».

#### Законы термодинамики

Первый закон термодинамики — закон сохранения и превращения энергии (Ломоносов М.В., 1748):

«Энергия не исчезает и не творится вновь, а только переходит из одной формы в другую: механическая работа, кинетическая энергия и теплота могут превращаться друг в друга».

Второй закон термодинамики (Больцман, 1880) гласит:

«Если любой вид энергии можно трансформировать в эквивалентное количество тепла, то в случае обратного превращения полная трансформация невозможна».

Свободная энергия способна к превращениям и к совершению полезной работы. Связанная энергия составляет ту «непроизводительную» часть, которая не переходит в другие формы и рассеивается в виде тепла, характеризуя меру термодинамической неупорядоченности системы, называемую энтропией.

Имеется коэффициент полезного действия живой клетки определяется:

$$\text{КПД} = \frac{\text{Внешняя работа}}{\text{Вырабатываемая энергия}} \times 100$$

Вследствие энтропии КПД живых организмов всегда очень низок. При мышечном сокращении, например, 80% энергии теряются в виде теплоты и только 20% превращаются в механическую работу.

Теплоту, выделяемую организмом, условно делят на два типа. Первичная теплота постоянно высвобождается в ходе клеточного метаболизма, вне зависимости от того, совершается внешняя работа или нет. Ее количество является показателем интенсивности основного обмена, обеспечивающего функционирование жизненно важных органов.

Вторичная теплота выделяется при совершении организмом любой работы за счет резерва аккумулированной энергии АТФ, образующегося в результате метаболических превращений питательных веществ.

В физиологических условиях оба вида теплоты находятся в относительном равновесии. Первичная теплота непрерывно рассеивается в окружающую среду, даже если температура среды превышает температуру тела. При переохлаждении количество первичной теплоты обеспечивается за счет увеличения доли вторичной теплоты вследствие усиления двигательной активности, и особенно при появлении непроизвольной дрожи (дрожательный термокинез).

В физиологических и медицинских исследованиях для определения количества энергии, выделенной организмом используют внесистемные единицы — калорию (кал) и килокалорию (ккал). Калория — количество энергии (тепла), необходимое для повышения температуры 1 г воды на 1<sup>0</sup>С.

Основной обмен — минимальное количество энергии, необходимое для обеспечения нормальной жизнедеятельности в условиях относительного физического и психического покоя. Эта энергия расходуется на процессы клеточного метаболизма, кровообращение, дыхание, выделение, поддержание температуры тела, функционирование жизненно важных нервных центров мозга, постоянную секрецию эндокринных желез.

Печень потребляет 27% энергии основного обмена, мозг — 19%, мышцы — 18%, почки — 10%, сердце — 7%, остальные органы и ткани — 19%.



Любая работа — физическая или умственная, а также прием пищи, колебания температуры окружающей среды и другие внешние и внутренние факторы, изменяющие уровень обменных процессов влекут за собой увеличение энергозатрат.

Зависимость интенсивности основного обмена от площади поверхности тела была показана немецким физиологом Рубнером для различных животных (кривая «мышь — слон»). Согласно этому правилу, интенсивность основного обмена тесно связана с размерами поверхности тела: у теплокровных организмов, имеющих разные размеры тела, с 1 м<sup>2</sup> поверхности рассеивается одинаковое количество тепла.

Таким образом, закон поверхности тела гласит:

«Энергетические затраты теплокровного организма пропорциональны площади поверхности тела».

С возрастом величина основного обмена неуклонно снижается. Средняя величина основного обмена у здорового человека равна 1 ккал (кг. ч).

Общий расход энергии человеком зависит от состояния организма и мышечной деятельности. Мышечная работа сопряжена со значительными затратами энергии и увеличением теплопродукции. У спокойно лежащего человека теплопродукция составляет 35 ккал. Если человек слегка приподнимается и облокачивается на спинку кровати — теплопродукция увеличивается на 15%; если принимает сидячее положение — на 42%; в положении стоя — на 70%, а при спокойной неторопливой ходьбе теплопродукция увеличивается на 180%.

При мышечных нагрузках средней интенсивности КПД работы мышц составляет около 24%. Из всего количества энергии, расходуемой рабочими мышцами, 43% затрачивается на активацию сокращения, и вся эта энергия переходит в тепло. Только 57% из общего количества энергии идет на рабочее сокращение.

Разность между энергозатратами при физической нагрузке и энергозатратами основного обмена составляет рабочую прибавку, которая тем больше, чем интенсивнее работа. Рабочая прибавка — это вся оставшаяся энергия, которую тратит организм в течение суток на физическую и умственную активность.

Сумма основного обмена и рабочей прибавки составляет валовой обмен. Сумма валового обмена и специфического динамического действия пищи называется общим обменом.

Предельно допустимая по тяжести работа для данного человека, постоянно выполняемая им в течение длительного времени, не должна превышать по энергозатратам уровень основного обмена более чем в 3 раза.

При кратковременных нагрузках энергия выделяется за счет окисления углеводов. При длительных мышечных нагрузках в организме расщепляются преимущественно жиры, обеспечивая 80% потребной энергии.