### Клеточное дыхание

Основными процессами, обеспечивающими клетку энергией, являются фотосинтез, хемосинтез, дыхание, брожение и гликолиз как этап дыхания.

С кровью кислород проникает в клетку, вернее в особые клеточные структуры – митохондрии. Они есть во всех клетках, за исключением клеток бактерий, сине-зеленых водорослей и зрелых клеток крови (эритроцитов). В митохондриях кислород вступает в многоступенчатую реакцию с различными питательными веществами – белками, углеводами, жирами и др. Этот процесс называется клеточным дыханием. В результате выделяется химическая энергия, которую клетка запасает в особом веществе – аденозинтрифосфорной кислоте, или АТФ. Это универсальный накопитель энергии, которую организм тратит на рост, движение, поддержание своей жизнедеятельности.

Дыхание – это окислительный, с участием кислорода распад органических питательных веществ, сопровождающийся образованием химически активных метаболитов и освобождением энергии, которые используются клетками для процессов жизнедеятельности.

Общее уравнение дыхания имеет следующий вид:

Где Q=2878 кДж/моль.

Но дыхание, в отличие от горения, процесс многоступенчатый. В нем выделяют две основные стадии: гликолиз и кислородный этап.

***Гликолиз***

Драгоценная для организма АТФ образуется не только в митохондриях, но и в цитоплазме клетки в результате гликолиза (от греч. “гликис” - “сладкий” и “лисис” – “распад”). Гликолиз не является мембранозависимым процессом. Он происходит в цитоплазме. Однако ферменты гликолиза связаны со структурами цитоскелета.

Гликолиз – процесс очень сложный. Это процесс расщепления глюкозы под действием различных ферментов, который не требует участия кислорода. Для распада и частичного окисления молекулы глюкозы необходимо согласованное протекание одиннадцати последовательных реакций. При гликолизе одна молекула глюкозы дает возможность синтезировать две молекулы АТФ. Продукты расщепления глюкозы могут затем вступать в реакцию брожения, превращаясь в этиловый спирт или молочную кислоту. Спиртовое брожение свойственно дрожжам, а молочнокислое – свойственно клеткам животных и некоторых бактерий. Многим аэробным, т.е. живущим исключительно в бес кислородной среде, организмам хватает энергии, образующейся в результате гликолиза и брожения. Но аэробным организмам необходимо дополнить этот небольшой запас, причем весьма существенно.

***Кислородный этап дыхания***

Продукты расщепления глюкозы попадают в митохондрию. Там от них сначала отщепляется молекула углекислого газа, который выводится из организма при выходе. “Дожигание” происходит в так называемом цикле Кребса (приложение №1) (по имени описавшего его английского биохимика) – последовательной цепи реакций. Каждый из участвующих в ней ферментов вступает в соединения, а после нескольких превращений вновь освобождается в первоначальном виде. Биохимический цикл вовсе не бесцельное хождение по кругу. Он больше схож с паромом, который снует между двумя берегами, но в итоге люди и машины движутся в нужном направлении. В результате совершающихся в цикле Кребса реакций синтезируются дополнительные молекулы АТФ, отщепляются дополнительные молекулы углекислого газа и атомы водорода.

Жиры тоже участвуют в этой цепочке, но их расщепление требует времени, поэтому если энергия нужна срочно, то организм использует не жиры, а углеводы. Зато жиры – очень богатый источник энергии. Могут окислятся для энергетических нужд и белки, но лишь в крайнем случае, например при длительном голодании. Белки для клетки – неприкосновенный запас.

Главный по эффективности процесс синтеза АТФ происходит при участии кислорода в многоступенчатой дыхательной цепи. Кислород способен окислять многие органические соединения и при этом выделять много энергии сразу. Но такой взрыв для организма был бы губителен. Роль дыхательной цепи и всего аэробного, т.е. связанного с кислородом, дыхания состоит именно в том, чтобы организм обеспечивался энергией непрерывно и небольшими порциями – в той мере, в какой мере это организму нужно. Можно провести аналогию с бензином: разлитый по земле и подожженный, он мгновенно вспыхнет без всякой пользы. А в автомобиле, сгорая понемногу, бензин будет несколько часов совершать полезную работу. Но для этого такое сложное устройство, как двигатель.

Дыхательная цепь в совокупности с циклом Кребса и гликолизом позволяет довести “выход” молекул АТФ с каждой молекулы глюкозы до 38. А ведь при гликолизе это соотношение было лишь 2:1. Таким образом, коэффициент полезного действия аэробного дыхания намного больше.

***Как устроена дыхательная цепь?***

Механизм синтеза АТФ при гликолизе относительно прост и может без труда быть воспроизведен в пробирке. Однако никогда не удавалось лабораторно смоделировать дыхательный синтез АТФ. В 1961 году английский биохимик Питер Митчел высказал предположение, что ферменты – соседи по дыхательной цепи – соблюдают не только строгую очередность, но и четкий порядок в пространстве клетки. Дыхательная цепь, не меняя своего порядка, закрепляется во внутренней оболочке (мембране) митохондрии и несколько раз “прошивает” ее будто стежками. Попытки воспроизвести дыхательный синтез АТФ потерпели неудачу, потому что роль мембраны исследователями недооценивались. А ведь в реакции участвуют еще ферменты, сосредоточенные в грибовидных наростах на внутренней стороне мембраны. Если эти наросты удалить, то АТФ синтезироваться не будет.

Дыхание, приносящее вред.

Молекулярный кислород – мощный окислитель. Но как сильнодействующее лекарство, он способен давать и побочные эффекты. Например, прямое взаимодействие кислорода с липидами вызывает появление ядовитых перекисей и нарушает структуру клеток. Активные соединения кислорода могут повреждать также белки и нуклеиновые кислоты.

Почему же не происходит отравления этими ядами? Потому, что им есть противоядие. Жизнь возникла в отсутствие кислорода, и первые существа на Земле были анаэробными. Потом появился фотосинтез, а кислород как его побочный продукт начал накапливаться в атмосфере. В те времена этот газ был опасен для всего живого. Одни анаэробы погибли, другие нашли бескислородные уголки, например, поселившись в комочках почвы; третьи стали приспосабливаться и меняться. Тогда-то и появились механизмы, защищающие живую клетку от беспорядочного окисления. Это разнообразные вещества: ферменты, в том числе разрушитель вредоносной перекиси водорода – катализа, а также многие другие небелковые соединения.

Дыхание вообще сначала появилось, как способ удалять кислород из окружающей организм атмосферы и лишь потом стало источником энергии. Приспособившиеся к новой среде анаэробы стали аэробами, получив огромные преимущества. Но скрытая опасность кислорода для них все же сохранилась. Мощность антиокислительных “противоядий” небезгранична. Вот почему в чистом кислороде, да еще под давлением, все живое довольно скоро погибает. Если же клетка окажется повреждена каким-либо внешним фактором, то защитные механизмы обычно отказывают в первую очередь, и тогда кислород начинает вредить даже при обычной атмосферной концентрации