

Энергетическая проблема раковых клеток

Основы биоэнергетики клеток

Любое живое существо нуждается в постоянном притоке энергии извне. Биоэнергетика изучает одну из основных функций любого живого организма — способность обеспечить себя энергией за счет каких-либо внешних энергетических источников. Биоэнергетика позволяет нам заглянуть внутрь энергетических процессов, происходящих в организме, и понять, каким образом мы можем ими управлять.

В организме человека биополимеры пищи распадаются в желудочно-кишечном тракте на жирные кислоты и глицерин, полисахариды — на моносахариды. Мономеры превращаются в организме в небольшие по величине моно-, ди- и трикарбоновые кислоты, которые уже способны окисляться с выделением определенного количества энергии.

Биологическое окисление происходит в митохондриях — особых внутриклеточных образованиях,



которые являются энергетическими станциями клетки. Митохондрии имеют вид шарообразных или вытянутых пузырьков размером от одного до нескольких десятков микрон. Именно в них происходят окислительно-восстановительные реакции. В результате этих реакций высвобождается энергия. Самое большое количество митохондрий можно увидеть в печеночных и мышечных клетках — там, где энергия наиболее интенсивно синтезируется и потребляется. В клетках печени, например, митохондрии могут занимать до 22% всего объема, и в каждой клетке их можно насчитать больше тысячи.

Аэробная энергетика, или Дыхание клетки

Суть окислительно-восстановительных реакций, протекающих в митохондриях с выходом энергии, кратко можно выразить следующим образом: карбоновые кислоты окисляются кислородом воздуха до углерода с водородом, отщепленным от карбоновых кислот.

Карбоновые кислоты могут образовываться в клетке за счет метаболизма, катаболических процессов клетки, а также поступать извне через кровь в качестве конечных продуктов распада.

Окисление водорода кислородом — это реакция гремучего газа: $O_2 + 2H_2O$. В лабораторных условиях она сопровождается взрывом. Если бы такая реакция происходила в живой клетке одновременно, клетка погибла бы в результате выделения слиш-



ком большого количества энергии. Она бы попросту сгорела. Процесс выделения энергии в клетке происходит поэтапно. Высвобождающаяся в процессе биологического окисления энергия откладывается впрок и особым образом консервируется.

Митохондрии — биоэнергостанции клеток

У всех эукариот генетическая информация содержится не только в хромосомах клеточного ядра, но и в митохондриях — самовоспроизводящихся полуавтономных органеллах клетки, имеющих собственный геном. Если рассмотреть отдельно взятую митохондрию под электронным микроскопом, то можно увидеть две полупроницаемые оболочки, две мембраны: наружную и внутреннюю. Наружная мембрана гладкая, а вот внутренняя образует большое количество складок — крист. Эти кристы служат для увеличения поверхности мембраны, ведь именно в ней идет непосредственное образование энергии.

В них встроены белковые компоненты дыхательной цепи — ферменты, участвующие в преобразовании энергии химических связей окисляемых питательных веществ в энергию молекул аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ). Такой «конвертируемой валютой» клетка оплачивает все свои энергетические потребности.

Анаэробная энергетика, или Гликолиз в здоровых клетках

При возникновении необходимо в малых количествах энергии или при небольших либо уме-



ренных нагрузках выработка энергии идет бескислородным путем. Одна молекула глюкозы расщепляется на 2 молекулы молочной кислоты. При этом выделяется энергия, которая аккумулируется в виде 2 молекул АТФ.

Аэробная энергетика (аэробизм)

АТФ — универсальное топливо всех живых клеток. Аккумуляция энергии в виде АТФ просто необходима, так как энергия выделяется в одно время, а используется в другое, вырабатывается в одном месте, а потребляется в другом. АТФ как аккумулятор позволяет организму использовать полученную энергию в различных органах и в любое время вне зависимости от создавшейся ситуации. При больших и сверхмаксимальных нагрузках выработка энергии осуществляется уже с помощью кислорода. Глюкоза распадается на более простые, чем молочная кислота, части и вступает в цикл Кребса.

Цикл Кребса — целая цепь химических реакций. В этих реакциях водород постепенно, маленькими порциями отщепляется от одного окисляемого вещества и передается другому, от другого третьему и т. д. до тех пор, пока не соединится с кислородом воздуха с образованием воды. Энергия при этом высвобождается тоже не сразу, а постепенно, частями, аккумулируясь в виде АТФ. При кислородном окислении одной молекулы глюкозы образуются уже не 2, а целых 38 молекул АТФ.

Как образуется АТФ? При переносе атомов водорода (и соответствующих ему электронов) от од-



ного вещества к другому возникает перепад ионов водорода. В результате такого перепада концентраций электронов наружная мембрана митохондрий заряжается положительно, а внутренняя — отрицательно. Образуется энергетический мембранный потенциал. Энергия возникшей разницы потенциалов и затрачивается на синтез АТФ.

Если окисление происходит во внешней мембране митохондрий, то АТФ синтезируется во внутренней.

Митохондрия — одно из самых поразительных изобретений природы. Если вдуматься, то митохондрии есть не что иное, как живые молекулярные электростанции! Внутренняя мембрана митохондрий содержит так называемые дыхательные ферменты. Одни дыхательные ферменты присоединяют и отсоединяют атом водорода, передавая его с вещества на вещество. Другие отвечают за передачу электронов. В результате работы дыхательных ферментов и происходит генерация электрического мембранного потенциала, который запускает синтез АТФ. В процессе совершения химической, осмотической и механической работы, как оказалось, расходуется не только энергия, запасенная в виде АТФ. Все виды работ могут совершаться и непосредственно за счет использования электрического мембранного потенциала без участия АТФ. Такой электрический потенциал между двумя мембранами митохондрий наряду с АТФ есть конвертируемая форма энергии в живой клетке. АТФ растворима в воде и хорошо подходит для



использования в водной среде. Мембранный потенциал используется для совершения работы внутри липидных клеточных мембран, которые обладают водоотталкивающими свойствами.

Совокупность окислительно-восстановительных реакций, протекающих в клетке с использованием кислорода, и называется дыханием. Дыхание — это длинная цепь окислительно-восстановительных реакций, где водород, а также электроны переносятся с окисляемых веществ на кислород воздуха. Путь прохождения водорода и электронов с окисляющего вещества на кислород является довольно длинным. Он имеет большое физиологическое значение, так как позволяет постепенно использовать энергию, освобождающуюся в результате переноса водорода и электронов от одних веществ к другим.

Кислород — самый эффективный конечный присоединитель электронов (акцептор). Наиболее эффективным он является потому, что позволяет добиться наибольшего выхода энергии по сравнению с другими веществами, способными присоединять электроны.

Основное количество энергии все ткани и органы получают за счет кислородного окисления веществ. Бескислородное окисление в обычных условиях является второстепенным как менее эффективное в энергетическом отношении. Кислородное и бескислородное окисление в нормальных тканях сосуществуют, дополняя друг друга.

Энергетически малоэффективное бескислородное окисление является в организме тем резервным



механизмом, который может очень сильно активизироваться в экстремальных условиях. Бескислородное окисление может стать тем спасательным кругом, который позволяет клеткам выжить даже в условиях тяжелого, чрезмерно выраженного кислородного голодания.

Классическим примером здесь может послужить работа скелетной мышцы. При очень большой нагрузке (интенсивный бег, тяжелое базовое упражнение и т. д.) мышца оказывается в экстремальных условиях. Возникает опасный для мышечных клеток энергетический дефицит. Тут же срабатывает защитный механизм: интенсивность бескислородного окисления, например в поперечно-полосатой мышце, возрастает в 100–1000 раз по сравнению со спокойным состоянием. Чем выше уровень тренированности, тем большая интенсивность бескислородного окисления может быть достигнута при больших нагрузках.

Электрогомеостаз и онкология

Чтобы получить полноценный ответ на все глубинные вопросы онкологии, возникла необходимость разработать и признать новую теорию электрогомеостаза клетки, основанную на управлении основными жизненными процессами клетки путем поддержания и сохранения оптимального соотношения электрзарядов в ее органеллах.

Онкология — в первую очередь изменение гомеостаза электрзарядов во внутреннем хозяй-



стве клетки и между органеллами. Именно этот электрогомеостаз и определяет статус базисных генетических программ, а изменения в электробалансе переопределяет их статус. Причем все начинается именно с поддержания баланса на различных структурах клетки. Все заряды в клетках на различных слоях мембран в разных органеллах строго взаимоувязаны. Поэтому, действуя на одну область заряда мембран клеток, мы можем одновременно рассчитывать на мгновенную корректировку потенциала или соответствующей поляризации на остальных частях клетки, где имеется свой определенный заряд. Но это в норме, а, например, в случае патологического нарушения заряда на митохондриях корректировка его со стороны других мембран клетки, в том числе и внешних, не происходит. Очевидно, в этом случае произойдет вторичная переполаризация внешних мембран клеток. Одно обуславливает состояние активности другого. В свою очередь, первичное патологическое изменение заряда внешних мембран тоже может вторично привести к изменению заряда митохондрий.

Норма заряда клеток

Клетки организма обладают своим электрическим потенциалом, в зависимости от его уровня происходит продуцирование важнейших субстанций: сахара в крови и утилизирование кислорода. При снижении вольтажа с 70–110 до 50 мВ нормальные клетки могут продолжать свое функционирование, но раковые или вирусные не могут обеспечить себя энергетически и начинают голодать.