

МИТОХОНДРИЯ КАК БИОЛОГИЧЕСКИЙ ТЕПЛОВОЙ ДВИГАТЕЛЬ ВНУТРИ КЛЕТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА

АННОТАЦИЯ

Рассмотрены морфологические и физиологические особенности клеточной органеллы митохондрии. Митохондрии являются “энергетическими станциями клетки”, участвуют в процессах клеточного дыхания и преобразуют порядка 40% энергии окисления субстратов в АТФ, в форму энергии доступную при использовании в многочисленных клеточных процессах. Принято считать, что остальные 60% выделившейся при окислении энергии превращаются в тепло и выводятся из клетки и организма. В статье высказано предположение, что, митохондрия использует энергию окисления более рационально, чем принято считать. 40% используется в процессе фосфорилирования АТФ, а 60%, выделяясь в объёме матрикса митохондрии, вызывают местный подъём температуры и как следствие давления. Повышенное давление в области матрикса сдавливает кристы и митохондрия работает как сильфонный насос. Биологический раствор выдавливается в форме гидродинамического потока из межмембранного пространства и матрикса митохондрии, обеспечивая все внутриклеточные перемещения.

Ключевые слова: клетка, митохондрия, двигатель, кристы, сильфон, АТФ, ретикулум, матрикс, мембрана, цитоплазма, цикл Кребса, поток гиалоплазмы.

Все живые организмы вне зависимости от их сложности имеют в своей основе клеточное строение. Однако “даже в случае простейшей клетки в процесс метаболизма вовлечены несколько тысяч сопряжённых химических реакций, что, безусловно, требует тонких механизмов координации и регуляции. Иными словами, здесь требуется чрезвычайно сложная функциональная организация. Если рассмотреть, как клетка выполняет сложную последовательность операций, то можно заметить, что клетка работает по тем же принципам, что и современный сборочный конвейер”. [9].

Основным источником энергии, функциональную основу жизни представляют циклические ферментативные реакции окисления и синтеза. Именно в силу цикличности этих реакций поддерживается постоянство неравновесности живой системы, формируются градиенты температур и давлений. Согласно синергетике и теории диссипативных структур наличие градиентов – необходимое условие для формирования в системе кооперативных потоков. Как пишет автор [10]: “Весьма вероятно, что через соиздание диссипативных структур возникла жизнь”. К тому же на стадии окисления до 40% выделившейся энергии связывается в универсальном энергоносителе АТФ в удобный для живого вид потенциальной энергии, используемый во многих активных процессах.

Транспорт веществ внутри клетки и во всём организме обеспечивается кооперативными потоками энергии, продуцируемыми в клетках, т.к. только такие потоки способны совершать работу против сил диссипации, совершать внешнюю работу. В животной клетке действует своеобразный двигатель внутреннего сгорания, преобразующий энергию химических связей в механическую энергию гидродинамических потоков биологического раствора. Особенностью биологического двигателя является то, что производство механической работы в биоцикле сопряжено с синтезом высокомолекулярных соединений из низкомолекулярных субстратов. Так, процессы окисления, идущие с выделением тепла, сопровождаются промежуточным синтезом АТФ, а процессы синтеза белков и других высокомолекулярных соединений, идут с поглощением тепла.

Вся кооперативная энергия в организме вырабатывается на клеточном уровне и расходуется на жизнеобеспечение самой клетки и на внешнюю по отношению к клетке работу (деятельность).

Первичная метаболическая энергия (в виде АТФ и кооперативных гидродинамических потоков гиалоплазмы) производится в митохондриях и частично в цитоплазме за счёт реакций окисления. Цикличность переноса вещества вовнутрь митохондрии и клетки и обратно обеспечивается цикличностью реакций синтеза и диссоциации.

МИТОХОНДРИЯ КАК БИОЛОГИЧЕСКИЙ ДВИГАТЕЛЬ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Условный цикл производства кооперативной энергии в животной клетке представляется следующим. По причине того, что и межклеточная жидкость, окружающая клетку, и цитоплазма, окружающая эндоплазматическую систему, состоят на 70% из воды, т.е. несжимаемой жидкости, даёт нам основание условно принять процесс в месте протекания реакций окисления и синтеза изохорическим. В местах изохорического разогрева происходит местное повышение давления, возникает перепад давления между зонами протекания реакций и остальной цитоплазмой. Органоидами эндоплазматической системы клетки, главным образом в которых протекают циклические процессы окисления, являются митохондрии, где синтезируется энергоноситель организма АТФ.

Митохондрии – наиболее обособленные структурные элементы цитоплазмы клетки, обладающие в значительной степени самостоятельностью жизнедеятельностью, обладающие собственной ДНК. Они являются “энергетическими станциями клетки”, участвуют в процессах клеточного дыхания и преобразуют порядка 40% энергии окисления субстратов в АТФ, в форму энергии доступную при использовании в многочисленных клеточных процессах. Принято считать, что остальные 60% выделившейся при окислении энергии превращаются в тепло и выводятся из клетки и организма. В световом микроскопе митохондрии выглядят в виде округлых (шарообразных) или удлинённых (палочкообразных) структур длиной 0,3 – 5 мкм и шириной 0,2 – 1 мкм. С помощью электронной микроскопии установлено, что митохондрии являются органеллами с двойными мембранами. Между наружной и внутренней митохондриальными мембранами расположено межмембранное пространство толщиной 10 – 20 нм. Внутренняя мембрана, имея большую площадь чем внешняя, образует многочисленные гребневидные складки – кристы. Кристы существенно увеличивают поверхность внутренней мембраны, обеспечивая значительное место для размещения дыхательной цепи. В митохондриях локализованы и ферменты, катализирующие окислительные реакции. Большая часть белков митохондрий синтезируется вне митохондрий и контролируется ядром, митохондриальная ДНК кодирует лишь немногочисленные митохондриальные белки. Наблюдались случаи перемещения митохондрий в протоплазме. Считается, что доставка АДФ, ферментов, кислорода, субстратов для реакций окисления в матрикс, и вывод из матрикса в цитоплазму углекислого газа и АТФ, последовательно через две мембраны митохондрии, осуществляется методом активного транспорта. В зависимости от функциональной активности клеток, количество митохондрий в них изменяется от сотен до десятков тысяч. [2,4,11,12].

В [5] высказано предположение, что, митохондрия использует энергию окисления, получаемую в соответствии с законом Гесса, более рационально, чем принято считать. 40% используется в процессе фосфорилирования АТФ, а 60%, выделяясь в объёме матрикса митохондрии, вызывают местный подъём температуры и как следствие давления. Повышенное давление в области матрикса сдавливает кристы, происходит сжатие митохондрии и она работает как сильфонный насос. Биологический раствор выдавливается в форме гидродинамического потока из межмембранного пространства и матрикса митохондрии.

Строение внутренней мембраны митохондрии – классический пример рациональности природы. С одной стороны это большая, развитая поверхность для течения реакций окисления и синтеза АТФ, с другой – возможность получения гидродинамического потока на принципах сильфона.

Прежде чем описать принцип производства гидродинамических потоков митохондрией отметим, что в клетке есть ещё одна структура с двойной мембраной. Это ядро. В ядре имеются многочисленные ядерные поры, соединяющие внутреннее пространство ядра с цитоплазмой и протоки, соединяющие межмембранное пространство ядра с полостью ретикулума. “Ядерная

оболочка пронизана множеством расположенных упорядоченно ядерных пор округлой формы диаметром 50 – 70 нм, которые в общей сложности занимают до 25% поверхности ядра. Через ядерные поры осуществляется избирательный транспорт крупных частиц, а также обмен веществ между ядром и цитоплазмой”. [11, стр.31]. “Перинуклеарное пространство составляет единую полость с эндоплазматическим ретикуломом”. [11, стр.31 и Рис.1, стр. 18].

Схожесть морфологии митохондрии и ядра позволяет, во-первых, высказать предположение о единстве эволюционного происхождения митохондрии и клеточного ядра. Во-вторых, высказать предположение о наличии у митохондрии пор наподобие ядерных, соединяющих матрикс митохондрии с цитоплазмой и наличие протоков, соединяющих межмембранное пространство митохондрии с эндоплазматическим ретикуломом.

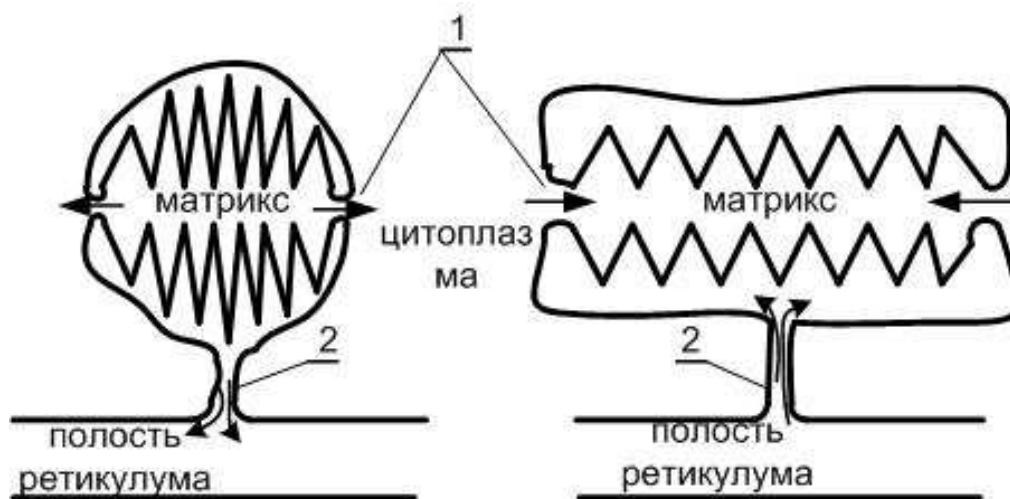


Рис.1

Митохондрия исполняет свои функции в два этапа (два такта). На рисунке - 1 показана последовательность этапов функционирования митохондрии. Здесь цифрой -1 обозначены митохондриальные поры, соединяющие полость матрикса с цитоплазмой. Цифрой -2 обозначены протоки, соединяющие межмембранное пространство митохондрии с пространством ретикулума. На рисунке -1 слева изображён этап сжатия. В этот период в матриксе и на кристах протекают реакции окисления цикла Кребса и дыхательной цепи. Выделяющееся в результате экзотермических реакций окисления тепло вызывает местный рост давления. Давление, воздействуя на площадь крист, заставляет митохондрию сжиматься, и она из палочкообразной формы превращается в округлую, уменьшаясь в объёме. При этом гиалоплазма из межмембранного пространства через протоку поступает в эндоплазматическую сеть, вызывая все внутриклеточные перемещения. Из матрикса гиалоплазма вместе с наработанной АТФ и углекислым газом вытесняется через митохондриальные поры в цитоплазму. На втором этапе (на рисунке -1 справа) в межмембранное пространство сжатой митохондрии из ретикулума через протоку начинает подаваться гиалоплазма. Это приводит к распрямлению митохондрии и она принимает палочкообразную форму, увеличиваясь в объёме. В матриксе создаётся разрежение и в него через митохондриальные поры поступают АДФ, субстраты для реакций окисления и кислород. Митохондрия готовится к новому циклу. Когда часть митохондрий в клетке сжимается, другая часть распрямляется.

Гидродинамические потоки, вырабатываемые митохондриями, и являются движущей силой внутриклеточного сборочного конвейера, основой активного внутриклеточного транспорта. Потоки упорядоченно движутся по развитой циркуляционной системе клеточного ретикулума.

В предложенной модели отпадает необходимость в прохождении крупных молекул в матрикс через две мембраны с помощью активного трансмембранного транспорта. Замеченные активные перемещения митохондрий в цитоплазме можно объяснить следующим. Когда случается отрыв протоки митохондрии от ретикулума, то в процессе сжатия у митохондрии возникает

реакция струи, которая и вызывает её перемещение. Интересно отметить и такой факт. В [12, Том1] на Рис. 5.31 изображена электронная микрофотография лизосомы, внутри которой перевариваются, захваченные ею, старые митохондрии. Все митохондрии на фото имеют округлую форму, нет ни одной палочкообразной. Это можно объяснить тем, что оторвавшаяся старая митохондрия, сработав остатки субстратов внутри матрикса, успевает принять округлую форму. А вот для принятия палочкообразной формы у неё уже нет возможности.

Окислительные реакции, протекающие в митохондриях, или реакции цикла Кребса, в которых высвобождается и запасается большая часть энергии, по праву получили название – энергетический котёл, так как основываются на тех же законах физической химии, что и технические устройства. На фотографиях, полученных с помощью электронных микроскопов, митохондрии имеют или округлую или вытянутую цилиндрическую форму. Это говорит не о различной морфологии, а о различных функциональных состояниях митохондрии.

Возникшим кооперативным гидродинамическим потоком, с одной стороны, выносятся в межклеточную жидкость продукты распада от реакций окисления и продукты синтеза в клетке, которые используются всем организмом, с другой стороны - происходят перемещения по эндоплазматической системе, обеспечивающие функционирование самой клетки. Скажем, перенос информационной РНК, сформировавшейся в ядрышке на матричном гене ДНК, к тому месту эндоплазматической сети, где в рибосоме на матричной базе информационной РНК происходит синтез соответствующего белка. Процесс кооперативного движения протекает до тех пор, пока давление в зонах повышения давления не сравняется с давлением в межклеточной жидкости. Поток из митохондрии и клетки вовне прекращается. Однако в течение кооперативного процесса в соответствующие зоны эндоплазматической системы доставлены исходные материалы для протекания реакций синтеза высокомолекулярных соединений, необходимых организму для функционирования и регенерации. Реакции синтеза - это эндотермические реакции и они протекают с затратой энергии. То есть в полостях эндоплазматической сети, где протекают реакции синтеза, снижается температура и соответственно давление, в результате чего вновь появляется перепад давлений между межклеточной жидкостью и средой эндоплазматической сети, но направленный во внутрь клетки. Вновь возникает кооперативный гидродинамический поток по эндоплазматической сети от межклеточной жидкости через внешнюю мембрану во внутрь клетки. При этом в клетку из межклеточной жидкости доставляется новая порция субстратов и других необходимых элементов для протекания следующего функционального цикла клетки и в частности “перезарядка” митохондрий. Как на Рис.1 справа. Поток вовнутрь продолжается до выравнивания давления и температуры внутри клетки и в межклеточной жидкости. Функциональный цикл окисления - синтеза животной клетки замкнулся.

Митохондриальный и клеточный цикл энергопревращения в целом соответствует циклу сильфонно поршневого двигателя. [7,8]. Отметим, что для возможности таких процессов мы предполагаем у митохондрии дополнительные морфологические особенности. А именно наличие двойных пор – 1 (Рис.1) как у клеточного ядра и наличие трубчатых каналов - 2 (Рис.1), соединяющих межмембранную полость с полостью ретикулума. Без таких морфологических особенностей митохондрия не сможет циклически работать. На эту мысль нас навела работа сильфонно поршневого двигателя. А конструкция сильфонно поршневого двигателя зародилась при изучении морфологии митохондрии. Отметим ещё раз, что при таких морфологических особенностях снимается проблема интенсивного пропуска субстратов через двойную мембрану митохондрии. В [7,8] показано, что митохондриальный цикл реализует принципиально иной способ преобразования тепла в работу, нежели тот, что реализуется в современных тепловых машинах. Этот, реализованный в живой природе принцип преобразования тепла в работу позволяет снять противоречие между теоретической термодинамикой и экспериментальной биофизикой. В экспериментальной биологии ещё более 50-ти лет назад установлены удивительные факты, противоречащие устоявшимся представлениям классической термодинамики. Так КПД мышечной деятельности черепахи достигает эффективности в 75-80%. [1]. При этом перепад температур в клетке не превышает долей градуса, что необъяснимо с позиций классической термодинамики.

В качестве примера опишем возможный механизм обмена между внутренней полостью ядра и цитоплазмой.

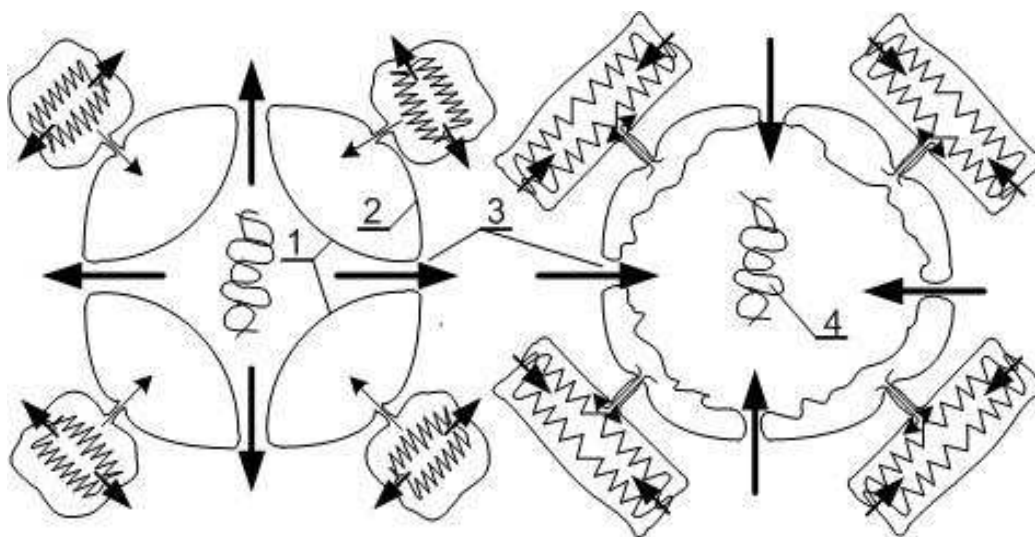


Рис. 2

Условная схема циклического обмена между полостью ядра и цитоплазмой изображена на Рис.2. Здесь: 1 и 2 – внутренняя и внешняя мембрана ядра; 3 – ядерная пора; 4 – ДНК.

Если предположить, что внутренняя мембрана ядра по площади больше внешней мембраны (как у митохондрии), то при поступлении потоков в межмембранное пространство ядра, (как на Рис.2, слева) межмембранное пространство раздувается, а внутренняя полость ядра сдавливается и содержимое ядра выдавливается через ядерные поры в цитоплазму. Этим потоком смывается сформировавшаяся в ядрышке информационная РНК и выносится к рибосомам цитоплазмы. На второй стадии (Рис.2, справа) содержимое межклеточной полости двойной ядерной оболочки, по причине циклической работы митохондрий, перетекает в митохондрии, что приводит к поступлению в полость ядра из цитоплазмы мономеров для формирования РНК или ДНК. Округлая форма и общий объём ядра за цикл не меняется по причине меньшей по площади поверхности внешней ядерной мембраны. Происходит только локальное перетекание гиалоплазмы. В случае с ядром разница в площадях внешней и внутренней мембран не приводит к изменению внешней формы как у митохондрии по причине того, что с одной стороны у ядра имеется большое количество пор, с другой – внутренняя мембрана ядра не имеет кристов. В [3] показана решающая роль митохондрий в сократительных процессах миоцитов. В [8] описана конструкция теплового двигателя, работающего на тех же физико-химических принципах, что и митохондрия.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Необходимо проведение исследований митохондрий с помощью электронного микроскопа для выявления митохондриальных пор и проток, соединяющих межмембранное пространство митохондрии с полостью эндоплазматического ретикулума, как у клеточного ядра. В случае их обнаружения изменится, принятая на сегодня картина обмена между матриксом митохондрии и цитоплазмой. Будет подтверждён принципиально новый биологический принцип преобразования тепла в работу. Получит объяснение высокий КПД мышечной деятельности, вытекающий из опытов Хилла и противоречащий классической термодинамике.

ЛИТЕРАТУРА

1. Антонов В.Ф. и др. Биофизика. - М.: “Владос”, 2003г., 288с.
2. Бышевский А.Ш., Терсенёв О.А. Биохимия для врача. Екатеринбург. Изд-во “Уральский рабочий”, 1994г., 384с.

3. Долгов М.А., Косарев А.В. Взаимодействие эластического и гидродинамического компонентов в процессе сокращения и расслабления мышечного волокна. //Вестник Оренбургского гос. у-та №12(79), 2007г., с. 106-112. http://vestnik.osu.ru/2007_12/21.pdf.
4. Каменский А.А. и др. Биология. – М.: ЭКСМО, 2003г., 640с.
5. Косарев А.В. Биодинамика, механизм и условия производства кооперативных потоков энергии в биологических структурах. // Вестник Оренбургского гос. у-та. №6, 2004г., – с. 93-99. http://vestnik.osu.ru/2004_6/17.pdf.
6. Косарев А.В. О морфологических и функциональных особенностях митохондрии. //Материалы Всероссийской научно – технической конференции “Современные проблемы математики и естествознания”. Нижний Новгород: Нижегородский научный и информационно-методический центр “Диалог”, 2009г., с.6-7.
7. Косарев А.В. Монография “Динамика эволюции неравновесных диссипативных сред”. Издание второе, переработанное и дополненное. - Из-во: LAMBERT Academic Publishing, г. Саарбрюккен, Германия, 2013г., 354с.
8. Косарев А.В. Тепловой двигатель на новом термодинамическом принципе преобразования тепла в работу и его работа на естественных перепадах температур возобновляемых источников энергии. <http://new-idea.kulichki.net/pubfiles/140121164236.doc>
9. Николис Г., Пригожин И. Самоорганизация в неравновесных системах. – М.: “Мир”, 1979г., 512с.
10. Самойлов В.О. Медицинская биофизика. – Санкт-Петербург: “СпецЛит”, 2004г., 496с.
11. Сапин и др. Анатомия человека. Т.1 –М.: “ОНИКС”, 2002г., 464с.
12. Тейлор Д. и др. Биология. / Тейлор Д., Грин Н., Стаут У. /Пер. с англ. Ю.Л. Амченкова, М.Г. Дуниной и др.). – М.: “Мир”. Том 1, 2001г., 454с. Том 2, 2002г., 436с. Том 3, 2002г., 451с.