

Митохондрия — государство в государстве

Митохондрии — это энергетические станции организма. Несмотря на то, что их структура и функции достаточно хорошо изучены, они по-прежнему продолжают преподносить сюрпризы

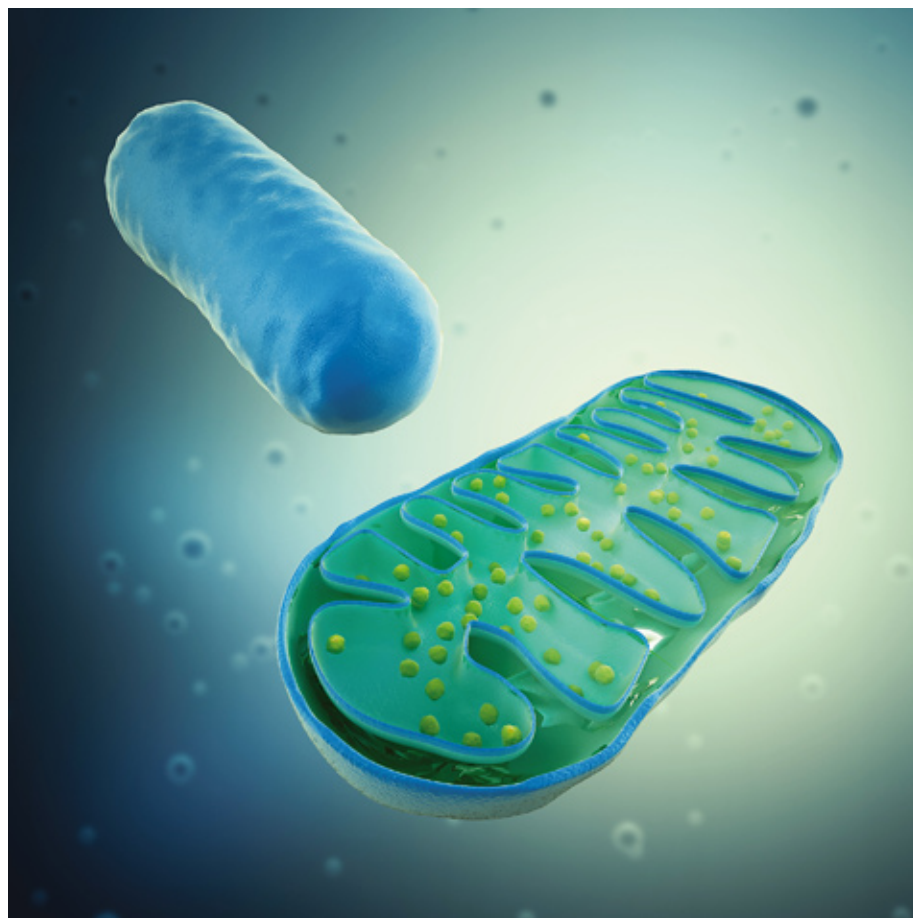
МИТОХОНДРИАЛЬНАЯ ЕВА

Миллиарды лет назад маленькая бактериальная клетка была поглощена более крупным одноклеточным организмом и, вместо того чтобы быть безжалостно переваренной, приспособилась к внутриклеточному существованию. Симбиоз оказался взаимовыгодным: «квартирант» получил «пищу и кров», а «хозяин» обеспечивался энергией. Так появились митохондрии — живые клеточные электростанции. В память о былой свободе они сохранили собственный геном и способность самостоятельно размножаться в клетке.

Митохондрии передаются по материнской линии вместе с цитоплазмой яйцеклетки, а от сперматозоидов наследуют только ядерный генетический материал. Проведя сравнительный анализ митохондриальной ДНК большого количества людей, вычислили время существования ближайшего общего предка по материнской линии. Праматерь, или, как ее окрестили, митохондриальная Ева, жила 200 тысяч лет назад в Африке.

ГЕНЕРАТОРЫ ЭНЕРГИИ

Митохондрии представляют собой цилиндрические органеллы, постоянно меняющие форму. Они ветвятся или сливаются друг с другом. Основная функция митохондрий — энергообеспечение клетки — осуществляется путем клеточного дыхания, то есть окисления органических соединений кислородом. Освобождающаяся при этом энергия посредством цепи химических реакций накапливается в виде высокоэнергетических



молекул АТФ. Это главная «разменная монета» всех происходящих в организме процессов, которая оказывается в нужное время и в нужном месте, становится источником энергии при осуществлении биохимических реакций. Митохондрии подвижны и перемещаются с помощью микротрубочек по цитоплазме в зоны наибольшего энергопотребления. Их особенно много между миофибриллами сердечной и скелетной мускулатуры, вокруг жгутика сперматозоидов и т.п.

ЧЕМ БОЛЬШЕ, ТЕМ ЛУЧШЕ

Количество митохондрий возрастает вместе с повышением содержания тирок-

сина — гормона щитовидной железы. Одно время тироксин был очень популярен среди спортсменов в качестве стимулирующего средства, пока не обнаружили побочные эффекты, к которым приводит избыточная концентрация этого гормона. Можно стимулировать рост митохондрий в мышечной ткани, не прибегая к тироксину. Для этого разрабатывают специальный график нагрузок, уменьшая продолжительность упражнений и одновременно наращивая их интенсивность.

Существуют и другие способы повышения интенсивности работы митохондрий. При продолжительном голодании митохондрии, соединяясь друг с другом,

производят больше энергии на единицу поступивших питательных веществ. Таким образом их количество уменьшается, новообразующиеся крупные агрегаты работают эффективнее.

Патогенные микроорганизмы (вирусы и бактерии) способны угнетать энергетические процессы в митохондриях. Вырабатываемые палочковидной бактерией *Listeria monocytogenes* токсины препятствуют притоку кальция в клетку, тем самым нарушая работоспособность митохондрий. Ослабив защитную реакцию клетки, бактерия беспрепятственно пересекает мембрану.

Сами того не желая, мы уничтожаем свои митохондрии, употребляя газированные напитки, которые содержат бензоат натрия. Широко применяемый в пищевой отрасли консервант (E211) вызывает серьезное повреждение митохондриальной ДНК, вплоть до ее полной инактивации.

О ПОЛЬЗЕ ЖИРОВОЙ ТКАНИ

В человеческом организме жировая ткань бывает двух видов — светлая и бурая. Первая выполняет важные функции, одна из которых — накопление энергии. Вторая (цвет обусловлен большим количеством содержащихся в ее клетках митохондрий) активно участвует в процессах обмена веществ и выработке тепла. У полных людей полезного бурого жира меньше, у женщин — больше, чем у мужчин, а с возрастом его запасы у всех уменьшаются.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ПОЛНОМОЧИЯ

Имея собственный генетический аппарат, митохондрии обладают белок-синтезирующей системой. При этом митохондриальные белки наделены полномочиями, далеко выходящими за пределы митохондрий. Они влияют на упаковку хроматина, стабильность генома клетки и ее способность избавляться от поврежденных и опасных молекул. При подавлении синтеза ряда митохондриальных белков наблюдалось «засыпание» значительной части ядерного генома. ДНК в хромосоме плотно упаковывалась и закрывалась от считывания информации, как бы погружаясь в спячку, увеличивался срок жизни клеточных белков и активизировались «системы уборки». Все выглядело так, будто клетка «сбавила темп и начала вести здоровый образ жизни». В результате при выключении специфических митохондриальных белков клетки жили дольше.

Если митохондриальные белки влияют на стабильность биомолекул в клетке, нельзя ли с их помощью препятствовать развитию заболеваний? Рак, сахарный

диабет, болезнь Альцгеймера связывают с разбалансированностью генома, нарушением синтеза и пространственной упаковки белков. Поэтому митохондриальные аспекты работы клеток представляют интерес в связи с лечением тяжелых болезней.

МИТОХОНДРИИ УПРАВЛЯЮТ СТАРЕНИЕМ

В процессе старения митохондрии постепенно утрачивают свою активность, но даже 15% неповрежденных митохондрий достаточно для нормального функционирования организма. При повреждении митохондрий существует возможность синтеза специализированных митохондриальных белков ядерным аппаратом клетки, который гораздо надежнее защищен от мутаций. Установлена взаимосвязь между определенными генами и активацией митохондрий, вследствие чего замедляются процессы старения на клеточном уровне. Интересно, что та же цепочка реакций запускается во время физических упражнений.

Низкокалорийное питание способствует активизации митохондриальных «ферментов молодости» и усилению энергообмена. При этом не только замедляется старение клеток, но и прекращается естественный процесс их разрушения. Согласно «гипотезе митохондриального оазиса», для блокирования процесса отмирания клеток достаточно просто активизировать митохондрии.

Сделанное открытие поможет в разработке лекарственных препаратов, предотвращающих многие заболевания, причиной которых является раннее старение клеток. Один из перспективных методов — целенаправленная блокировка определенных процессов в митохондриях. Таким образом, митохондрии — потенциальная мишень для лекарств, предназначенных для борьбы с возрастными заболеваниями.

КЛЕТЧНЫЕ САМУРАИ

Митохондрии располагают механизмом самоликвидации. В процессе клеточного дыхания появляются активные формы кислорода. Избыточное образование наиболее токсичных форм кислорода находится под контролем: если антиоксидантной защиты недостаточно, в мембранах митохондрий открываются специальные каналы — митохондриальные поры. Появление таких пор ведет к нарушению осмотического баланса, и мембрана становится проницаемой для ионов. Митохондрия с открытыми порами, как корабль с открытыми кингстонами, не может долго существовать. Вода из межклеточного пространства поступает в матрикс, она набухает, складки внутренней мембраны расправляются, а внешняя мембрана, площадь которой меньше площади внутренней мембраны, разрывается. Создается впечатление, что митохондрия, не справившись с проблемой детоксикации собственных активных форм кислорода, стремится к самоубийству, чтобы избавить клетку от возможных неприятностей. Из двух зол выбирается меньшее, когда под угрозой оказывается геном клетки. Атака ДНК активными формами кислорода грозит повреждением генетического аппарата клетки, поэтому защита генома является приоритетом для любого организма. Ведь нарушение в работе генетической программы может привести к необратимым последствиям не только для клетки, но и для организма, популяции и даже вида. Вступает в действие жесткий закон биологии: лучше умереть, чем ошибиться. Это означает, что любая достаточно сложная биологическая система всегда готова к самоликвидации. Самоубийство предпочтительнее, если биологическая система представляет угрозу существованию более высокой ступени в жизненной иерархии.

Татьяна Кривомаз

Митохондрии играют решающую роль во всех процессах жизнедеятельности организма — от зарождения клеток до их разрушения. Без участия этих энергетических станций невозможна ни одна биохимическая реакция в человеческом организме. Лекарства, разрабатываемые с учетом механизмов функционирования митохондрий, — это будущее медицины и фармакологии

