

УДК 611.013

МОРФОФУНКЦИЯ МИТОХОНДРИЙ В КЛЕТКАХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ

**Стешина Е.С., студентка 2 курса факультета ветеринарной
медицины и биотехнологии**

**Научный руководитель – Фасахутдинова А.Н, кандидат
биологических наук, доцент
ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ**

Ключевые слова: митохондриальная динамика, ультраструктура, количественная микроскопия живых клеток

Эта работа посвящена краткому представлению роли митохондрий в клеточной физиологии и важности митохондриальной цепи переноса электронов (ETC) в ней.

Введение. Практически каждая клетка млекопитающих содержит митохондрии, которые классически признаны ключевыми генераторами клеточной энергии в форме аденозинтрифосфата (АТФ). Кроме того, митохондрии составляют неотъемлемую часть механизмов, которые контролируют функционирование и выживание клеток. Это подтверждается их установленной физиологической ролью в дифференцировке клеток, функции иммунных клеток, регуляции гибели клеток, гомеостазе кальция и нейрогенезе. Кроме того, дисфункция митохондрий связана со множеством патофизиологических состояний, включая нарушения обмена веществ, рак, диабет и нейродегенерацию. Для правильной работы митохондрий у млекопитающих требуется около 1200 генов [MitoCarta 2.0 и MitoMiner 4.0].

Цель работы: объяснить концепцию митохондриальной морфофункции в клетках млекопитающих.

Результаты исследования. Изменения в митохондриальной (ультра)структуре и функции двунаправленно связаны во многих отношениях, и существует множество исследований, в которых (ультра)структурная модуляция вызывает функциональные изменения

и наоборот. Сильная связь между митохондриальной (внутренней) структурой и функцией предполагает, что они эквивалентны, тем самым давая начало концепции митохондриальной «морфофункции». Этот термин был впервые предложен Бенардом и Россиньолем, когда они определили «митохондриальный морфофункциональный анализ» как: «одновременную количественную оценку митохондриальных морфологических и функциональных показаний».

Митохондрии состоят из двойной мембранной системы, в которой MOM окружает МИМ. Последняя составляет границу компартмента митохондриального матрикса и содержит множество складок (крист), которые выступают в этот компартмент, тем самым увеличивая площадь поверхности МИМ. МИМ и MOM разделены митохондриальной IMS и частично соединены *через* контактные сайты, которые участвуют в организации крист. Важные структурные особенности митохондриального матрикса и системы крист включают внутреннюю пограничную мембрану (IBM), соединение крист (CJ) и мембрану крист. Параметры, описывающие митохондриальную (ультра)структуру, включают расстояние между МИМ и MOM (обозначено «а»), пространство внутри крист (обозначено «b») и расстояние между соседними кристами («пространство между кристами»).

Как интегрированный результат механизмов, описанных ранее, внешняя морфология митохондрий варьируется от удлинённых трубчатых структур до органелл в форме пончика и часто демонстрирует гетерогенность в пределах одной клетки. Было высказано предположение, что эта морфологическая пластичность допускает: смешивание содержимого митохондрий, перераспределение повреждённых белков и липидов между митохондриями при снижении стресса, локальное функционирование (подмножеств) митохондрий внутри клетки и митофагию. Важно отметить, что митохондрии не могут быть созданы *de novo*. Это означает, что деление митохондрий имеет решающее значение для их наследования обеими дочерними клетками во время деления клетки. Клетки демонстрируют значительную степень метаболической гибкости, что означает, что баланс между генерацией АТФ, полученной в результате гликолиза и ОХРНОС, является изменчивым. Это подтверждается исследованиями

на миоблстах мышей C2C12, демонстрирующими, что острое ингибирование OXPHOS быстро увеличивает стационарное поглощение/потребление глюкозы и что это увеличение полностью компенсирует снижение производства митохондриального АТФ. Альтернативно, АТФ может быть получен путем фосфорилирования на уровне субстрата в митохондриальном матриксе. В этом процессе фосфорилированная биомолекула напрямую переносит группу PO_3^{2-} (фосфорил) в АДФ или гуанозиндифосфат (ГДФ) для образования АТФ или гуанозинтрифосфата (ГТФ). Еще больше подчеркивая их центральную роль в клеточной физиологии, митохондрии физически и функционально взаимодействуют с различными другими клеточными компонентами, включая цитоскелет, плазматическую мембрану (ПМ), эндоплазматический ретикулум (ЭР), аппарат Гольджи, липидные капли (ЛК), пероксисомы и лизосомы. Что касается пероксисом, митохондрии необходимы для их биосинтеза *de novo* из митохондриальных и полученных из ЭР препероксисом. Взаимодействия митохондрий и ЭР в настоящее время изучены лучше всего и опосредуются мембранами, связанными с митохондриями. Последние находятся в центре внутриклеточной сигнализации и других путей, включая синтез холестерина и фосфолипидов, продукцию АФК и поглощение/высвобождение митохондриального кальция. В этом отношении, различные связывающие белки, участвующие в мито-ER-сцеплении, были идентифицированы в дрожжевых и млекопитающих системах [1-4].

Вывод. Мы смогли изучить митохондриальную морфофункцию в клетках млекопитающих, выделили основные механизмы и экспериментальные доказательства, демонстрирующие тесную и многонаправленную связь между внутренней структурой митохондрий, внешней структурой и функцией. Ожидается, что детальное понимание митохондриальной морфофункции внесет значительный вклад в расшифровку: почему отдельные митохондрии демонстрируют гетерогенные (ультра) структурные и функциональные свойства между клетками и внутри них, как митохондриальная (ультра)структура влияет на митохондриальные и клеточные биореакции.

Библиографический список:

1. Гук, А.Г. Митохондрия /А.Г. Гук, Е.С. Данько, А.К. Шленкин, Е.С.Сергаченко //В сборнике: В мире научных открытий материалы международной студенческой научной конференции, 2017. – С.115-117.
2. Дежаткина С.В. Кормовые добавки нового поколения с целью получения органической продукции в аграрном производстве /С.В. Дежаткина, Т.М. Ахметов, Ш.Р. Зялалов, Е.В. Панкратова. В кн.: Казанский Международный конгресс евразийской интеграции - 2021. Казань, 2021. - С. 48-63.
3. Фасахутдинова, А.Н. Цитология, гистология и эмбриология: учебное пособие для лабораторных занятий /А.Н. Фасахутдинова, С.Н. Хохлова, М.А. Богданова, Н.П. Перфильева. -Ульяновск: УлГАУ, 2023. –216с.
4. Юдич, Г.А. Применение цитологического метода исследования при инфекционных заболеваниях /Г.А. Юдич, А.Д. Шишова, А.Н. Фасахутдинова //Интеграционные взаимодействия молодых ученых в развитии аграрной науки: материалы Национальной научно-практической конференции молодых ученых, в 3 томах. Том II. – Ижевск, 2020. – С. 198-201.

MORPHOFUNCTION OF MITOCHONDRIA IN MAMMALIAN CELLS

Steshina E.S.

Scientific supervisor – Fasakhutdinova A.N.

Ulyanovsk SAU

Keywords: *mitochondrial dynamics, ultrastructure, quantitative microscopy of living cells*

This work is devoted to a brief presentation of the role of mitochondria in cellular physiology and the importance of the mitochondrial transfer chain electrons (ETC) in it.