

ТОПОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КАК КЛЮЧ К ПОНИМАНИЮ СТРУКТУРНОЙ И ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ДИНАМИКИ МИТОХОНДРИАЛЬНЫХ СЕТЕЙ

**Д. П. Ларюшкин, С. Г. Гайдин, С. А. Майоров, А. М. Косенков, А. В. Бережнов,
К. А. Критцкая**

*Институт биофизики клетки РАН - обособленное подразделение ФГБУ науки
«Федеральный исследовательский центр «Пуцинский научный центр биологических
исследований РАН»», Пуцино, Россия*

Митохондрии, критические органеллы клеток эукариот, выполняют функции, необходимые для жизни, включая поддержание энергетического обмена, регулирование апоптотических сигнальных путей и ряд других центральных процессов. Эти динамичные структуры формируют сложные митохондриальные сети (МС), которые играют ключевую роль в эффективном распределении клеточных энергетических ресурсов и передаче сигналов. Сетевая организация митохондрий обеспечивает их адаптацию к меняющимся метаболическим требованиям клетки, поддержание биоэнергетической эффективности и взаимодействие с другими клеточными системами. Динамическое равновесие между процессами слияния и деления митохондрий поддерживает стабильность и функциональность митохондриальных сетей, тогда как дисбаланс в этих процессах может приводить к нарушениям структуры МС и митохондриальной функции. Генетические мутации, токсические воздействия и другие патологические условия могут быть причиной таких структурно-функциональных изменений. Для оценки состояния МС традиционно используются метрики, описывающие структурные и функциональные аспекты митохондриальных сетей: это количественные характеристики связей, площадь сети, число индивидуальных митохондрий, ветвление и наличие аномальных структур. Однако этот методологический подход встречает ряд проблем, включая проблему унимодальных распределений, высокую степень шума и сложность обработки данных. В нашем исследовании мы предполагаем, что топологический анализ данных может преодолеть эти препятствия. Мы разработали алгоритм на языке программирования Python, который анализирует конфокальные изображения МС и выводит набор количественных метрик, включая плотность графа, среднее число узлов, среднее число, количество эссенциальных циклов и т.д. Для валидации алгоритма мы использовали МС с заранее известными характеристиками. В качестве модели применялись фибробласты, которые служили контролем и были подвергнуты воздействию FCCP, разобщителя дыхательной цепи митохондрий. Наблюдаемые различия в метриках между контрольными и обработанными FCCP образцами были статистически подтверждены и согласуются с данными из предыдущих исследований.

Таким образом, использование топологического анализа при исследовании митохондриальных сетей может стать ценным инструментом, который обеспечивает не только автоматизацию процесса сбора и анализа данных, но и открывает новые перспективы для более глубокого понимания структурных особенностей митохондриальных сетей. С помощью топологического анализа удастся расширить понимание механизмов, лежащих в основе структурно-функциональных адаптаций митохондриальных сетей, что открывает новые возможности для разработки терапевтических стратегий в области митохондриальных заболеваний и в целом для улучшения клеточного здоровья.