

ПРЕДЕЛ ИЗГИБНОЙ ПРОЧНОСТИ ЛИПИДНОГО БИСЛОЯ ОПРЕДЕЛЯЕТ ПУТЬ СТРУКТУРНОЙ ПЕРЕСТРОЙКИ МЕМБРАН ПРИ ИХ СЛИЯНИИ И ДЕЛЕНИИ

П. В. Башкиров

НИИ Системной биологии и медицины Роспотребнадзора, Москва, Россия

Деление и слияние мембран в клетке реализуются через образование сильно искривленных промежуточных мембранных структур. Изгиб мембраны не только позволяет ограничить место топологической перестройки мембраны, но и создает упругое напряжение, являющиеся триггером структурной реорганизации липидного бислоя [1, 2]. Экспериментальные и теоретические исследования позволили выявить различные пути реорганизации липидов, индуцированные критическим изгибным напряжением. Однако остается неясным, какие молекулярные и силовые факторы контролируют выбор определенного пути и обеспечивают перестройку мембраны с сохранением ее барьерных свойств. В данной работе мы экспериментально и теоретически исследуем действие изгибного стресса с помощью простой одномерной модели – мембранной нанотрубки (НТ), сжимаемой белками и физическими силами. Мы используем электрическое поле для измерения ионной проводимости просвета и стенки НТ и одновременно для оценки материальных параметров (изгибная жесткость) мембраны НТ во время ее сужения и разрыва [3]. Мы обнаружили, что мембрана НТ сохраняет линейную упругость при изгибе вплоть до момента разрыва. Разрыв, наблюдаемый по резкому исчезновению люминальной связности, происходил спонтанно при достижении определенной критической кривизны мембраны НТ, являющейся функцией ее липидного состава. Теоретический анализ показал, что структурная неустойчивость липидного бислоя связана с достижением порогового значения напряжения изгиба, функцией изгибной жесткости и спонтанной кривизны монослоев НТ. Анализ динамики сужения НТ белками деления мембран показал, что эти белки чувствуют упругий отклик липидов и обычно создают предкритические или кратковременные критические напряжения, что позволяет эффективно избежать утечки мембраны. Мы пришли к выводу, что деформации сильно изогнутых промежуточных структур слияния и деления мембран могут быть описаны в терминах линейной макроскопической упругости. Мы также предполагаем, что материальные свойства липидного бислоя отражаются на функциональном дизайне белков, опосредующих топологическую перестройку клеточных мембран, – действие этих белков адаптировано к липидному клеточной мембраны.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского Научного Фонда, проект №22-15-00265.

Библиографические ссылки

1. Golani G., Schwarz U. S. High curvature promotes fusion of lipid membranes: Predictions from continuum elastic theory // *Biophysical Journal*. 2023. Vol. 122, iss. 10. P.1868–1882.
2. Kozlov M. M., McMahon H. T., Chernomordik L. V. Protein-driven membrane stresses in fusion and fission // *Trends in biochemical sciences*. 2010. Vol. 35, iss. 12. P. 699–706.
3. Reconstitution and real-time quantification of membrane remodeling by single proteins and protein complexes / P. V. Bashkirov [et al.] // *Nature protocols*. 2020. Vol. 15, iss. 8. P. 2443–2469.