

МУЛЬТИФРАКТАЛЬНОСТЬ В АКТИВНОСТИ ОДИНОЧНЫХ ИОННЫХ КАНАЛОВ КАК СЛЕДСТВИЕ ГИДРОФОБНЫХ ЭФФЕКТОВ

Гриневич А.А., Асташев М.Е.

Институт биофизики клетки РАН, лаб. Клеточной нейробиологии,
Россия, 142290, Московская обл., г.Пушино, ул. Институтская, д. 3,
Тел.: (495) 923-74-67 доб. 3-15, факс: (4967)33-05-09,
E-mail: grinevich@icb.psn.ru, grin_aa@mail.ru

Применение методов мультифрактального анализа к экспериментальным записям активности одиночных ионных каналов обнаруживает сильную нестационарность и неоднородность воротного процесса. Такая ситуация обычно характерна для систем с мультифрактальным поведением. Природа появления мультифрактальности в активности ионных каналов пока не ясна. Используя ранее разработанную физико-математическую модель воротного механизма одиночного ионного канала мы показали, что возможной причиной сильной нестационарности воротного процесса может служить гидрофобное взаимодействие поры канала с водой.

Модель построена с использованием методов броуновской динамики и описывает конформационные изменения воротной частицы (часть трансмембранного сегмента вблизи внутриклеточного устья поры). Основное уравнение модели:

$$\frac{d^2}{d\tau^2} \varphi(\tau) = -\frac{d}{d\tau} \varphi(\tau) - 3 \frac{E_g}{\gamma^2 m L^2} \frac{\partial}{\partial \varphi} U(\varphi, \tau, V) + 3 \sqrt{\frac{kT}{2\gamma^3 m L^2}} \zeta(\tau)$$

Здесь $\varphi(\tau)$ – угол отклонения подвижной части трансмембранного сегмента от центра поры, $\tau = \gamma t$ – безразмерное время, γ – коэффициент трения, E_g – величина энергетического барьера между закрытым и открытым конформационными состояниями канала, V – трансмембранный электрический потенциал, m и L – масса и длина подвижной части трансмембранного сегмента, k – постоянная Больцмана, T – абсолютная температура. $\zeta(\tau)$ – случайная сила. Гидрофобная зависимость включена в модель в виде феноменологических уравнений изменяющих профиль конформационного потенциала $U(\varphi, \tau, V)$ в зависимости от количества водного раствора в поре, которое, в свою очередь, зависит от радиуса воротной части поры или конформационного состояния канала.

Обработка модельных данных проводилась при помощи мультифрактального бестрендового флуктуационного анализа (МБФА). В результате были построены зависимости показателя Хёрста (H) от порядка функции флуктуации (q) и спектры сингулярностей, которые показали хорошее согласие с аналогичными зависимостями для K_V - и K_{Ca} -каналов. Кроме того было обнаружено существенное влияние параметров ответственных за гидрофобный эффект на ширину спектра сингулярностей и на размах монотонной зависимости $H(q)$.