

ИЕРАРХИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЕРЕНОСА ИОНОВ В НЕЙРОНЕ

Сутормина М.И., Мелких А.В.

ГОУ ВПО «Уральский государственный технический университет – УПИ имени первого Президента России Б.Н.Ельцина», Россия, 620002, Екатеринбург, ул. Мира, 19, корп. 5, (343)374-78-54, melkikh2008@rambler.ru, marie-ya@mail.ru

Электрические свойства нейронов различных организмов, находящихся в покое (при отсутствии нервного импульса) во многом схожи. Основное отличие состоит в том, что внешняя среда нейронов может отличаться по своему составу. Важными являются два случая: нейроны млекопитающих и нейроны морских организмов (например, хорошо изученный нейрон кальмара). Во втором случае состав окружающей нейрон жидкости близок к составу морской воды, в которой существенно больше ионов натрия, хлора и магния, чем в крови млекопитающих.

На основе предложенной ранее модели активного транспорта ионов [1,2] построены модели транспорта ионов в нейронах различных организмов. Для моделирования транспорта ионов (кроме иона калия) использован иерархический алгоритм моделирования «один ион – одна система транспорта». Предположение о равенстве давлений внутри и вне клетки использовано как дополнительное условие для моделирования двух систем транспорта ионов калия.

Полученная система уравнений позволила рассчитать независимо концентрации основных ионов (натрия, калия, кальция, хлора, бикарбоната) внутри клетки и потенциал покоя на мембране нейрона:

$$\varphi = \ln \left[\frac{n_K^o}{n_{Cl}^o + n_{HCO_3}^o} \exp(\Delta\mu_K) + \frac{n_{Na}^o}{n_{Cl}^o + n_{HCO_3}^o} \exp\left(-\frac{\Delta\mu_A - 2\Delta\mu_K}{3}\right) \right], \quad (1)$$

где $\varphi \equiv \bar{\varphi}e/kT$ - мембранный потенциал покоя; n^o – внеклеточные концентрации соответствующих ионов; $\Delta\mu_A \equiv \Delta\bar{\mu}_A/kT$ – разность химических потенциалов для неравновесной системы АТФ-АДФ; $\Delta\mu_K \equiv \Delta\bar{\mu}_K/kT$ – эффективная калиевая ЭДС, учитывающая суммарное действие калиевых насосов.

Полученные аналитическим методом результаты хорошо согласуются с экспериментальными величинами и позволяют предсказывать поведение клетки при изменении внешних параметров среды.

Литература

1. Melkikh, A.V., Seleznev, V.D., Requirements on models and models of active transport of ions in biomembranes // *Bull. Math. Biol.* **68**, 2006. Стр. 385-399.
2. Melkikh, A.V., Sutormina M.I., Model of active transport of ions in cardiac cell // *Journal of Theoretical Biology.* **252**, 2008. Стр. 247-254.