

МОДЕЛЬ ИЗМЕНЕНИЯ ПОТЕНЦИАЛА ДЕЙСТВИЯ В НЕРВНОМ ВОЛОКНЕ

Богатов Н.М., Григорьян Л.Р., Понетаева Е.Г.

Кубанский государственный университет, г.Краснодар

Богатов Н.М.
Григорьян Л.Р.
Понетаева Е.Г.
Кубанский
государственный
университет

Электрическая природа нервного импульса доказана в работах Ходжкина, Хаксли с сотрудниками [1 – 3]. Моделирование биоэлектрических явлений – одно из современных направлений изучения процессов, протекающих в живых электровозбудимых структурах [4, 5]. В работе [6] разработана солитонная модель изменения трансмембранного потенциала нервного волокна при распространении по нему возбуждения. Точное аналитическое решение задачи распространения нервного импульса в рамках модели Ходжкина-Хаксли на основе интегрального преобразования Лапласа и теоремы Эфроса, когда входной импульс возбуждения отклоняется от ступенчатой функции Хевисайда, получено в [7].

Целью данной работы является обобщение модели распространения потенциала действия с учетом генерации потенциала в каждом участке волокна и анализ изменения сигнала, когда форма импульса возбуждения соответствует реально наблюдаемой.

В результате моделирования распространения потенциала действия с учетом генерации потенциала на каждом участке волокна показано, что генерация заряда в нервном волокне обуславливает увеличение эффективной длины и уменьшение фазовой скорости распространения сигнала, так что эффективное время распространения сигнала возрастает. Отсюда следует, что механизм распределенной генерации заряда в нервном волокне не выгоден, так как приводит к замедлению реакции биологического объекта.

Характерными закономерностями являются уменьшение амплитуды и увеличение ширины импульса потенциала действия. Сигнал, содержащий только низкочастотные составляющие, сохраняет свою форму в каждом координатном сечении, уменьшаясь по амплитуде. Увеличение ширины и асимметрии импульсного сигнала в процессе распространения обусловлено суперпозицией высоких частот.

Типичный импульс возбуждения имеет знакопеременную форму. В этом случае координатная зависимость потенциала действия во временных сечениях $t' = const$ может иметь как монотонный, так и немонотонный характер, обусловленный формой возбуждающего импульса, а также тенденциями уменьшения амплитуды и увеличения ширины импульса потенциала действия в процессе распространения по нервному волокну.

Литература

1. *Hodgkin A. L., Rushton W. A. H.* The electrical constants of a crustacean nerve fibre // Proc. Roy. Soc. London. 1946. Ser B. V. 133. P. 444-479.
2. *Hodgkin A. L., Huxley A. F.* A quantitative description of membrane current and its application to conduction and excitation in nerve // J. Physiol. (London). 1952. V. 117. N4. P. 500-544.
3. *Frankenhaeuser B., Huxley A.* The action potential in the myelinated nerve fibre of *Xenopus Laevis* as computed on the basis of voltage clamp data // J. Physiol. 1964. N2. P. 302-315.
4. *Abbott L. F., Kepler T. B.* Model neurons: from Hodgkin-Huxley to Hopfield // Statistical Mechanics of Neural Networks, L. Garrido, ed., no. 368 in Lecture notes in Physics, Springer-Verlag, 1990. P. 5-18.
5. *Dominique Debanne.* Information processing in the axon // Nature Reviews Neuroscience. 2004. V.5. N4. P. 304-316.
6. *Максименко Е.В.* Об использовании математических методов в биологических исследованиях // Обозрение прикладной и промышленной математики. 2005. Т. 12. Вып. 2. С. 431-432.
7. *Селезов И.Т., Морозова Л.В.* Обобщение задачи возбуждения и распространения потенциала действия по нервному волокну // Прикладна гідромеханіка. 2010. Т. 12. N. 3. С. 75-83.