

МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТРУБЧАТОЙ СИСТЕМЫ ПОПЕРЕЧНО-ПОЛОСАТОЙ МЫШЦЫ

Нуртазина К.Б., Атангаева С.А.

Астана, ЕНУ им. Л.Н. Гумилева,
knurtazina@mail.ru, saniya.atantayeva@gmail.com

Исследуется трубчатая система поперечно-полосатой мышцы как сеть разветвленных канальцев, впадающих в волокно с поверхности. Трубчатые потенциалы индуцируют саркоплазматический ретикулум для высвобождения кальция, активируя сокращение волокна. Высокая канцентрация кальция поддерживается специальным белком, кальсеквестрином, содержащим кислые аминокислоты и прочно связанным с кальцием. Специальные поперечные t-трубочки соединены с индивидуальными миофибриллами, перенося потенциал действия индивидуальной миофибриллы на саркоплазматический ретикулум. Внутриклеточный транспорт кальция зависит от показателя саркоплазматического ретикулума клеток поперечно-полосатой мышцы.

Данная работа посвящена изучению функциональной активности саркоплазматического ретикулума с помощью электрофизиологических тестов, основанных на компьютерной программе, построенной по авторскому алгоритму идентификации источника на графе-дереве. По результатам тестирования можно будет сделать вывод о внутриклеточных процессах, протекающих в клетках во время сокращения поперечно-полосатой мышцы. Гладкая мышечная ткань поперечно-полосатой мышцы образует мышечные оболочки t-трубочек, находящихся в стенках кровеносных сосудов, а нервная ткань состоит из нейронов, образующих дендритное дерево, с математической точки зрения рассматриваемого нами как граф-дерево.

Нами представлен математический анализ восстановления топологии графа-дерева с экзогенными источниками. Эти источники основаны на соединениях, которые создают дендрит данной клетки через другие нейроны. Таким образом, на любой заданной ветви дендрита (ребра e_i графа-дерева) найдутся источники N_i соединения с другими клетками, где $N_i = 0, 1, 2, \dots$, причем N_i конечное число. Значит, на ребре e_i мы имеем кабельное уравнение [1]. В результате масштабирования и новых обозначений приходим к задаче управления гиперболического типа и соответствующей обратной задаче. Наш подход отличается от [2] математическим обоснованием, основанным на обратных задачах для уравнений на графах: доказано достаточное условие идентификации априорных параметров; построен алгоритм идентификации источника на графе-дереве; восстановлены топология графа и длины ребер; применен численный метод, сводящий задачу к компьютерному тестированию.

Литература

1. Avdonin S., Bell J., Nurtazina K. Determining distributed parameters in a neuronal cable model on a tree graph // Mathematical methods in the applied sciences, V.40(11), 2017. – P. 3973-3981.
2. Stephenson E., Kojouharov H. A mathematical model of skeletal muscle regeneration // Mathematical methods in the applied sciences, 25 April, 2018.