

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 537.868.029.64

МОДЕЛЬ МЕТАБОЛИЧЕСКИХ МЕХАНИЗМОВ АККУМУЛЯЦИИ КАЛЬЦИЯ В МИТОХОНДРИИ ЖИВОЙ КЛЕТКИ

Е.Н. ЗАЦЕПИН, С.В. ДРОБОТ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
П. Бровка, 6, Минск, 220013, Беларусь

Поступила в редакцию 9 ноября 2018

Аннотация. В работе на основе универсальной модели живой клетки предложена модель, позволяющая исследовать аккумуляцию кальция в митохондриях. Представленная модель реализована в системе MatLab.

Ключевые слова: модель, живая клетка, аккумуляция кальция, митохондрия.

Abstract. A model based on universal model of a living cell, allowing to investigate calcium accumulation in mitochondria is offered in the article. The presented model is implemented in MatLab system.

Keywords: model, living cell, calcium accumulation, mitochondria.

Doklady BGUIR. 2018, Vol. 117, No. 7, pp. 148-150

Model of metabolic mechanisms of calcium accumulation in mitochondria of living cell

E.N. Zatsepin, S.V. Drobot

Введение

Одним из важнейших внутриклеточных элементов, регулирующих многочисленные биохимические и физиологические (патофизиологические) процессы в клетке является кальций. Основным сенсором и регулятором ионов кальция Ca^{2+} являются митохондрии. Аккумуляция в митохондриях избыточного цитоплазматического кальция происходит при помощи кальциевого унипортера, а высвобождение кальция происходит посредством натрий-кальциевого и кальций-протонного антипортеров. Митохондрии регулируют кальциевый гомеостаз в клетке и контролируют важнейшие клеточные функции, такие как метаболизм, пролиферация, выживаемость. Идентификация клеточных и митохондриальных кальциевых транспортеров и выяснение механизмов их функционирования открывает новые перспективы их использования в качестве механизмов терапевтического воздействия. В этой связи актуальной в настоящее время является задача моделирования аккумуляции кальция в митохондриях.

Структура и взаимосвязь основных элементов живой клетки

Блок-схема используемой универсальной модели живой клетки [1] представлена на рисунке. Она содержит 12 входов, по которым входные воздействия в различных комбинациях поступают на 4 подсистемы, каждая из которых включает регулируемые усилители, функциональные блоки, динамические звенья, усилители, сумматоры, регулируемые ограничители и петлю обратной связи.

В предложенной модели живой клетки, отражающей аккумуляцию кальция

в митохондрии, используются 8 переменных, которые являются входными параметрами и подаются на входы с соответствующими номерами:

1. $\Delta\alpha_{\text{MX}}$ – приращение концентрации кальция, высвобождающейся из митохондрии;
2. δ – степень агрегации ретикулума;
3. $\Delta\delta$ – отклонение степени агрегации ретикулума от ее генетического значения;
4. η – коэффициент адаптации;
5. t_0 – отклонение от нормального значения неспецифического воздействия физической природы на клетку;
6. \mathcal{E}_{Σ} – суммарная энергия основного обмена;
7. EH1 – индуцированная (внешним функциональным воздействием) энергия, обеспечивающая синтез углеводов первичного обмена в клетке;
8. a_{M} – локальная концентрация кальция, входящая в клетку.

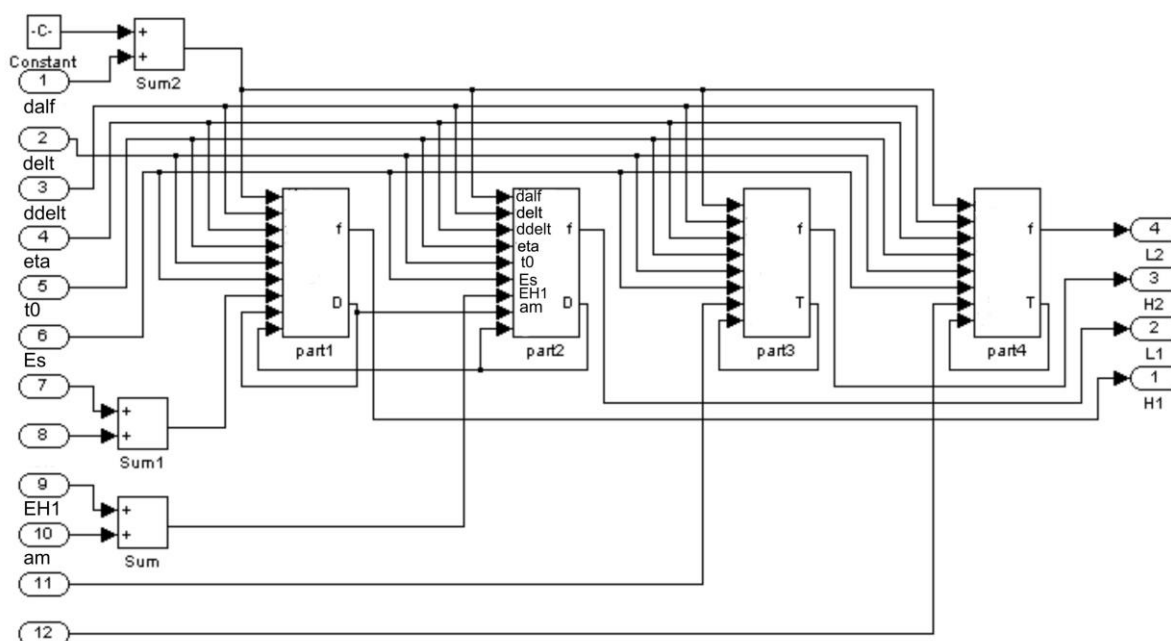


Рис. 1. Блок-схема модели живой клетки

Выходным параметром, который снимается с выхода 2, является L1 – концентрация свободного кальция.

Входные воздействия a_{M} , $\Delta\alpha_{\text{MX}}$, δ , $\Delta\delta$, η , \mathcal{E}_{Σ} , EH1 в первом приближении представляют собой квазисинусоидальные сигналы, а воздействие t_0 – постоянная или дискретно изменяющаяся в ходе проведения имитационного эксперимента величина.

Модель участка рецепторной мембраны живой клетки предназначена для воспроизведения электрохимических механизмов ионного транспорта, генерации трансмембранного потенциала и их зависимости от энергетических и пластических процессов в рецепторной зоне живой клетки. Она демонстрирует предположение о роли параметров кинетики связывания и освобождения внутриклеточного кальция (через систему циклических нуклеотидов) в регуляции чувствительности клетки к медиатору. Для проведения моделирования временной селекции рецепторной зоны живой клетки был использован алгоритм [2], который в настоящей работе реализован с помощью модуля Simulink математического пакета MatLab. Разработанная программа позволяет исследовать поведение 4 выходных функций во временной области в зависимости от 12 входных параметров.

Заклучение

Предложенная модель подтверждает различную по скорости аккумуляции кальция в митохондриях и в ретикулуме – в зависимости от ритма раздражения и уровня изменения кальция в цитозоле. При значительном увеличении концентрации кальция в цитозоле и высокой частоте раздражения основным буфером гомеостатирования концентрации кальция в цитозоле выступают митохондрии, а при небольшом увеличении концентрации кальция в цитозоле или низкой частоте раздражения – ретикулум. Эта закономерность объясняет экспериментальные данные о сравнительной кинетике кальция в митохондриях и ретикулуме для разных видов клеток при различных по силе и скорости нагрузках.

Список литературы

1. Асаенок И.С., Дробот С.В., Е.Н. Зацепин Клеточный метаболизм в системе биологической и биотехнической обратной связи // Сб. науч. статей 5 МНТК «Медэлектроника-2008». Минск, 11–12 декабря 2008 г. С. 39–43.
2. Гринченко С.И., Загускин С.Л. Механизм живой клетки: алгоритмическая модель. М.: Наука, 1989. 232 с.

References

1. Asaenok I.S., Drobot S.V., Zatsepin E.N. Kletochnyi metabolism v sisteme biologicheskoi i biotekhnicheskoi obratnoi sviasi // Sb. nauch. statei 5 MNTK «Medelektronika-2008». Minsk, 11–12 dekabria 2008. S. 39–43. (in Russ.)
2. Grinchenko S.I., Zaguskin S.L. Mechanism jivoi kletki: algorithmicheskaia model. M.: Nauka, 1989. 232 s. (in Russ.)

Сведения об авторах

Зацепин Е.Н., к.т.н., доцент, доцент кафедры инженерной психологии и эргономики Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники.

Дробот С.В., к.т.н., доцент, декан факультета инфокоммуникаций Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники.

Information about the authors

Zatsepin E.N., PhD, associate professor, associate professor of department of human engineering and ergonomics of Belarusian state university of informatics and radioelectronics.

Drobot S.V., PhD, associate professor, dean of faculty of infocommunications of Belarusian state university of informatics and radioelectronics.

Адрес для корреспонденции

220013, Республика Беларусь,
г. Минск, ул. П. Бровки, д. 6,
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники
тел. +375-17-293-23-87;
e-mail: ecolog@bsuir.by
Зацепин Евгений Николаевич

Address for correspondence

220013, Republic of Belarus,
Minsk, P. Brovki st., 6,
Belarusian state university
of informatics and radioelectronics
tel. +375-17-293-23-87;
e-mail: ecolog@bsuir.by
Zatsepin Evgeni Nikolaevich.