



DOI: 10.5281/zenodo.1492994

LCC - № RA440-440.87

МОДЕЛЮВАННЯ ЗБУДЖЕННЯ БІОТКАНИНИ СЕРЦЯ

Лідія Новікова¹, Андрій Давидов¹

¹ Херсонський національний технічний університет, Україна

Address for Correspondence: Андрій Давидов, студент

Херсонський національний технічний університет

E-mail: Baltazor933@gmail.com

Анотація. Робота присвячена моделювання збудження біотканини та розповсюдження по її поверхні автохвиль коливання.

Проведено аналіз виникнення електричних ревербераторів на збудженій поверхні серця.

Показано, що екіпотенційні лінії з однієї сторони нескінченно намотуються на ядро ревербератора радіусом r_0 , із іншої сторони - відходять від ядра зі зростаючим кроком. Показані умови коли ревербератор може зберігати та не може зберегти свою спіральну структуру. Визначено, що тільки 0,025% всієї енергії потенціалу дії укладено в електромагнітному полі усередині волокна; основна енергія зосереджена усередині мембрани.

Ключові слова: моделювання, біотканина, коливання.

Abstract. The work is devoted to modeling the excitation of biological tissues and the propagation of autowave oscillations along its surface.

The analysis of occurrence of electric reverberators on the excited heart surface is carried out.

It is shown that equipotential lines on one side are infinitely wound on the core of the reverberator of radius r_0 , on the other hand, they leave the nucleus with increasing pitch. The conditions shown when the reverb can and can not retain its spiral structure. It is determined that only 0.025% of the total energy of the action potential is enclosed in the electromagnetic field inside the fiber; the main energy is concentrated inside the membrane.

The analysis of the phenomenon of fibrillation has shown that the violation often has the form of spiral auto-waves, reverberators. So far, reverb calculations are conducted mainly using two approaches. The first - the so-called kinematic approach - is of an exclusively general nature. The conclusion of the main integrated differential equation comes, basically, with geometric parcels.

The biophysics of the process under the kinematic approach is taken into account rather weakly by the introduction of a small number of constant quantities: the critical value of the curvature of the front of the autowave, the speed of the plane front, etc. Such an important parameter as the shape of a wave of violations under the kinematic approach does not affect the calculation results.

Another method of calculating reverb uses the differential equations of the parabolic type "reaction-diffusion", usually in a slightly simplistic form. At the heart of this direction is the model of Hodgkin-Huxley's nerve tissue. Therefore, the main disadvantage of the Hodgkin-Huxley model (or D. Noble's for the heart muscle) - the use of phenomenological dependencies of the conductivity of the membrane or the quantities associated with it, from the potential difference on the membrane - remains.

Keywords: simulation, bioassay, oscillation.

Introduction. Актуальність теми роботи полягає в тому, що у цей час найбільш поширеними захворюваннями є серцево –судинні. Одним з таких захворювань є аритмія. Різні по своєму характеру та походженню захворювання, супроводжуються порушенням анатомічної структури серця, які породжують автономні джерела енергії.

Елементи активного середовища мають контакти між собою і можуть передавати імпульс збудження від однієї клітини до іншої. Такий активним середовищем є м'язова структура серця, в якому поширюються автохвилі. Порушення умов розповсюдження автохвиль призводить до патології серця. Сердечно судинні захворювання -одні з найпоширеніших в наш час, тому своєчасна їх діагностика, а тим більше прогнозування, яке спирається на моделюванні процесу порушення стану серця, є актуальною темою.

Метою даної роботи було моделювання процесу збудження тканини серця з використанням представлення її як індуктивно –ємної. При цьому вирішували наступні завдання.

1. Теоретичний аналіз характеристик ревербератора.
2. Визначення електричного поля нервового волокна.
3. Визначення середнього значення потенціалу дії.

Objective. Об'єктом дослідження є процес розробки моделі збудженої біотканини. За основу взята біотканина серця і розглянуто процеси виникнення електричних ревербераторів на збудженій поверхні.

Предметом дослідження є характеристики моделі тканини, яка збуджується.

Materials and methods. При моделюванні за основу взято відоме рівняння руху спіральної автохвилі по збудженої поверхні і використане для розгляду процесу патологічного збудження міокарду. Представляємо міокард у вигляді збудженої поверхні.

Еквіпотенціальні лінії (при моделюванні) з одного боку нескінченно намотуються на ядро ревербератора радіусом r_0 , з іншого боку - відходять від ядра зі зростаючою кроком. Ядро ревербератора - це і область міокарда, де відбувається мимовільне періодичне збудження клітин.

Ревербератор не може зберегти свою спіральну структуру далеко від ядра. Коли кут досягає $\pi / 2$ спіральне поширення фронту збудження припиняє існування. Мінімальний крок спіральної автохвилі визначається рефрактерним періодом клітин міокарда 0,3 с.

Далі провели розрахунок електричного поля нервового волокна і визначили потенціал дії. Електричне поле всередині мембрани приблизно однорідне. Використовуючи відомі дані і беручи значення довжини окремої хвилі 0,042 м, отримуємо хвильове число рівне 150 м⁻¹, максимальний мембранний потенціал = 0,12 В, радіус нервового волокна 0,0005 м, товщину мембрани $8 \cdot 10^{-9}$ м, отримуємо енергію окремої хвилі $3 \cdot 10^{-9}$ Дж.

Отже, при проходженні по нервовому волокну одного потенціалу дії звільняється енергія 3 нДж.

Можна зробити висновок, що тільки 0,025% всієї енергії потенціалу дії укладено в електромагнітному полі усередині волокна (поза волокна ще на два порядки менше); основна енергія зосереджена всередині мембрани. Це вказує на те, що при поширенні потенціалу дії втрат енергії на випромінювання в зовнішнє середовище практично не відбувається.

Розраховано кількість одновалентних іонів, які переносяться через мембрану. Середнє значення потенціалу з цієї формули розраховується за формулою (7). Приймаємо значення кількості іонів рівним $7,8 \cdot 10^{11}$ Кл = 2π отримуємо значення в 0,048 В, що узгоджується з літературними даними.

Conclusions. 1. Показано, що еквіпотенційні лінії з однієї сторони нескінченно намотуються на ядро ревербератора радіусом r_0 , із іншої сторони - відходять від ядра зі зростаючим кроком.

2. Визначено, що ревербератор не може зберегти свою спіральну структуру вдалині від ядра. Коли кут α досягає $\pi/2$ спіральне поширення фронту збудження припиняє існування. Мінімальний крок спіральної автохвилі $\lambda_{\text{мін}}$, визначається рефрактерним періодом клітин міокарда $\tau_r = 0,3$ с.

3. Показано, що електричне поле в середині волокна практично однорідне.

4. Встановлено, що при проходженні по нервовому волокну одного потенціалу дії звільняється енергія 3 нДж.

5. Визначено, що тільки 0,025% всієї енергії потенціалу дії укладено в електромагнітному полі усередині волокна; основна енергія зосереджена усередині мембрани. Це вказує на те, що при

поширенні потенціалу дії втрат енергії на випромінювання в зовнішнє середовище практично не відбувається.

Conflict of interest statement: The authors state that there are no conflicts of interest regarding the publication of this article.

REFERENCES:

1. Рашмер Р. Динамика сердечно-сосудистой системы. Пер. с англ.- М.: Медицина, 1981. С. 346.
2. Иваницкий Г.Р., Крымский В.И., Сельков Е.Е. Математическая биофизика клетки. М.: Наука, 1978. 310 с.
3. Давыдов В.А., Зыков В.С. Спиральные автоволны в круглой возбудимой среде. ЖЭТФ- Т. 103, В. 3.- 1993. С. 844-855.

100% Unique

Total 7589 chars (**2000 limit exceeded**), 267 words, 18 unique sentence(s).

Essay Writing Service - Paper writing service you can trust. Your assignment is our priority! Papers ready in 3 hours! Proficient writing: top academic writers at your service 24/7! Receive a premium level paper!

Results	Query	Domains (original links)
Unique	Робота присвячена моделювання збудження біотканини та розповсюдження по її поверхні автохвиль коливання	-
Unique	Проведено аналіз виникнення електричних ревербераторів на збудженій поверхні серця	-
Unique	Показані умови коли ревербератор може зберігати та не може зберегти свою спіральну структуру	-
Unique	Визначено, що тільки 0.025% всієї енергії потенціалу дії укладено в електромагнітному полі усередині волокна	-
Unique	основна енергія зосереджена усередині мембрани	-
Unique	Ключові слова: моделювання, біотканина, коливання	-
Unique	The analysis of occurrence of electric reverberators on the excited heart surface is carried out	-
Unique	The conditions shown when the reverb can and can not retain its spiral structure	-
Unique	the main energy is concentrated inside the membrane	-
Unique	So far, reverb calculations are conducted mainly using two approaches	-
Unique	The first - the so-called kinematic approach - is of an exclusively general nature	-
Unique	The conclusion of the main integrated differential equation comes, basically	-
Unique	DOI: LCC - № RA440-440.87 Моделювання збудження біотканини серця Лідія Новікова1, Андрій Давидов11 Херсонський національний технічний університет, Україна Address	-
Unique	Показано, що еквіпотенційні лінії з однієї сторони нескінченно намотуються на ядро ревербератора радіусом r_0, із	-
Unique	The work is devoted to modeling the excitation of biological tissues and the propagation	-
Unique	of the reverberator of radius r_0, on the other hand, they leave the nucleus with	-
Unique	It is determined that only 0.025% of the total energy of the action potential	-
Unique	The analysis of the phenomenon of fibrillation has shown that the violation often has the	-