

DOI: 10.25205/978-5-4437-1843-9-174

РАЗРАБОТКА ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ОЦИФРОВКИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВОЛН ВОЗБУЖДЕНИЯ В СЕРДЕЧНОЙ ТКАНИ ПО ЗАПИСЯМ ОПТИЧЕСКОГО КАРТИРОВАНИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ПРЕПАРАТОВ-АНТИАРИТМИКОВ^{*}

DEVELOPMENT OF A TOOL FOR DIGITIZING THE PROPAGATION OF EXCITATION WAVES IN CARDIAC TISSUE FROM OPTICAL MAPPING RECORDINGS AND PREDICTING THE EFFECTS OF ANTIARRHYTHMIC DRUGS

Л. Э. Руппель¹, А. П. Синицына¹, В. А. Цвела^{1,2}, К. И. Агладзе^{1,2}

¹Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет), Долгопрудный

²Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М. Ф. Владимиরского

L. E. Ruppel¹, A. P. Sinitsyna¹, V.A. Tsvelaya^{1,2}, K. I. Agladze^{1,2}

¹Moscow Institute of Physics and Technology (National Research University), Dolgoprudny

²Vladimirsky Moscow Regional Research and Clinical Institute

✉ ruppel.LEH@phystech.edu

Аннотация

Антиаритмики используются для терапии желудочковой тахикардии — одного из наиболее опасных сердечно-сосудистых заболеваний. Существует множество препаратов, различных по механизму воздействия, а клиническая картина зависит от конкретного пациента. Создание инструмента прогнозирования воздействия антиаритмиков позволит сократить риски и издержки при подборе комбинации лекарств для терапии.

Abstract

Antiarrhythmic drugs are used to treat atrial fibrillation, one of the most lethal cardiovascular diseases. There are many drugs with different mechanisms of action. Moreover, the clinical picture varies from patient to patient. The development of a tool for predicting the effects of antiarrhythmic drugs will help reduce risks and costs when selecting drug combinations for therapy.

Сердечно-сосудистые заболевания представляют высокую угрозу для взрослого трудоспособного населения в развитых странах. Желудочковая тахикардия — одно из наиболее опасных их проявлений. Препараты-антиаритмики используются в медикаментозной терапии этой болезни. Клинические испытания, проводимые для препаратов-антиаритмиков в отдельности, трудно провести для всевозможных комбинаций антиаритмиков из-за времязатрат и количества средств, требуемых для этой задачи [1]. Помимо того, от физиологических особенностей конкретного пациента может меняться действие препаратов, вплоть до возникновения нежелательных побочных эффектов [2]. Поэтому при медикаментозной терапии желудочковой тахикардии требуется инструмент, позволяющий оценить или точно предсказать поведение сердечной ткани при одновременном воздействии нескольких антиаритмиков.

В настоящей работе мы предлагаем *in silico* решение, не требующее множественных данных оптического картирования для обучения предиктивной модели и основанное на построении модели ткани и применению к ней аналитических алгоритмов [3, 4]. При валидации алгоритмов прогноз соотносится с экспериментальными данными, полученными при оптическом картировании сердечной ткани, полученной из индуцированных плюрипотентных стволовых клеток человека. Для характеристики пространственного распределения функциональных неоднородностей каждого образца строились амплитудные карты, которые совмещались с данными о зависимости скорости проведения от доли проводящих клеток. Определялся оптимальный порог соотношения проводящих и непроводящих клеток и шага модельной сетки для увеличения эффективности работы алгоритмов при сохранении точности переноса реальной ткани на смоделированную в терминах совпадения фронтов возбуждаемых волн во времени и пространстве.

Вариация параметров смоделированной ткани позволяет добиться визуального совпадения фронта волны возбуждения. Сравнение картин распространения волн при различном возбуждении ткани и фиксированных параметрах позволяет подтвердить корректность аппроксимации реальной ткани смоделированной.

^{*} Исследование выполнено при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания (ФСМГ-2023-0015, соглашение № 075-03-2025-662 от 17 января 2025 г.)

© Л. Э. Руппель, А. П. Синицына, В. А. Цвела, К. И. Агладзе, 2025

Литература

1. Reiffel J., Robinson V., Kowey P. Perspective on Antiarrhythmic Drug Combinations // Am. J. Cardiol. 2023. Vol. 192. P. 116–123.
2. Do U. Adverse reactions to antiarrhythmic drugs // Cardiovasc. Prev. Pharmacother. 2023. Vol. 5 (1). P. 1–14.
3. Sinityna A., Berezhnaya A., Semidetnov I. et al. Advanced Cardiovascular Toxicity Screening: Integrating Human iPSC-Derived Cardiomyocytes with 2D In Silico Models // Cardiovascular Toxicology. 2025. Vol. 25. P. 790–804.
4. Naumov V., Sinityna A., Semidetnov I. et al. Self-organization of conducting pathways explains complex wave trajectories in procedurally interpolated fibrotic cardiac tissue: A virtual replica study // Chaos: Interdisciplinary J. Nonlinear Sci. 2025. Vol. 35 (3).