

DOI: 10.25205/978-5-4437-1691-6-303

**РАЗРАБОТКА ИНСТРУМЕНТА СЕГМЕНТАЦИИ ПРЕДСЕРДИЙ НА МРТ-СНИМКАХ
В РАМКАХ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ КОРРЕКТИРОВКИ АБЛЯЦИИ****DEVELOPMENT OF AN ATRIAL SEGMENTATION TOOL ON MRI IMAGES
AS PART OF THE CREATION OF AN ABLATION CORRECTION SYSTEM**

А. К. Бережной^{1,2,4}, М. М. Слотвицкий^{1,2,4}, Д. А. Паршин², А. С. Селиванов¹,
А. Г. Демин², А. И. Калинин¹, В. Д. Наумов¹, А. П. Синицына¹, В. А. Сыровнев³,
В. С. Кириллова⁵, А. А. Аитова¹, В. А. Цвелая^{1,2,4}, К. И. Агладзе^{1,4}

¹Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет),
факультет биологической и медицинской физики

²Университет ИТМО, Санкт-Петербург

³Клиническая больница № 1 (Волынская) Управления делами Президента РФ, Москва

⁴Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М. Ф. Владимирского

⁵Национальный медицинский исследовательский центр им. акад. Е. Н. Мешалкина, Новосибирск

A. K. Berezhnoy^{1,2,4}, M. M. Slotvitskiy^{1,2,4}, D. A. Parshin², A. S. Selivanov¹,
A. G. Demin², A. I. Kalinin¹, V. D. Naumov¹, A. P. Sinitsyna¹, V. A. Syrovnev³,
V. S. Kirillova⁵, A. A. Aitova¹, V. A. Tsvelay^{1,2,4}, K. I. Agladze^{1,4}

¹Moscow Institute of Physics and Technology (National Research University),
Faculty of Biological and Medical Physics

²ITMO University, Saint Petersburg

³Clinical Hospital № 1 (Volynskaya) of the Office of the President of the Russian Federation, Moscow

⁴Vladimirsky Moscow Regional Research and Clinical Institute

⁵Meshalkin National Medical Research Center, Novosibirsk

✉ berezhnoi.ak@phystech.edu

Аннотация

Фибрилляция предсердий — одно из самых распространенных сердечно-сосудистых заболеваний, основной метод лечения персистирующей формы заболевания — сердечная абляция. Для такой операции широко распространены рецидивы, представленная работа предлагает подход к решению этой проблемы путем предсказания оптимального протокола операции в персонализированной математической модели предсердия пациента.

Abstract

Atrial fibrillation is one of the most common cardiovascular diseases, the main method of treating a persistent form of the disease is cardiac ablation. Relapses are widespread for such an operation, and the presented work suggests an approach to solving this problem by predicting the optimal surgery protocol in a personalized mathematical model of the patient's atrium.

Согласно исследованиям Всемирной организации, сердечно-сосудистые заболевания являются наиболее распространенной причиной смертности среди трудоспособного населения развитых стран [1, 2]. Высоко распространены фибрилляции предсердий (ФП), это заболевание поражает до 2 % взрослого населения развитых стран [2]. Прогнозирование и оценка риска возникновения аритмий (волн реентри) является актуальной задачей для современного здравоохранения.

Основным методом лечения ФП является абляция — создание искусственных препятствий на поверхности ткани, призванных остановить возникновение и развитие спиральных волн. Однако процент рецидивов при проведении таких операций крайне высок: более половины пациентов возвращаются на повторную операцию [3], поскольку аритмия возникает повторно в новых условиях. В данной работе описана разработка инструмента сегментации предсердий на МРТ-снимках в рамках создания пациент-специфичной модели сердечной ткани предсердий человека. Это необходимо для воссоздания формы предсердий пациента и неоднородностей в их ткани, способных служить субстратами (инициаторами) аритмий. С использованием полученной модели можно проводить симуляции волновой динамики в ткани и в результате предсказывать оптимальный протокол операции для выбранного пациента.

В рамках исследования были вручную размечены МРТ-изображения из открытых источников и полученные благодаря партнерству с лечебными учреждениями. С использованием этих данных была обучена нейронная сеть для сегментации стенок предсердий, внутреннего пространства предсердий и фиброза в ткани. Продолжается набор данных и доработка архитектуры нейронной сети, наибольшего внимания требует алгоритм сегментации фиброза в ткани, что связано с очень малыми размерами таких зон на снимке.

В основу модели электрофизиологии легли модели Contermanche [4] и Поттса [5]. Первая показала себя как хорошо описывающая электрофизиологию кардиомиоцитов и аритмогенность ткани. В основе имитации лежит численное решение системы уравнений типа Ходжкина — Хаксли. Вторая является моделью адгезии кардиомиоцитов на поверхность, отражает формирование монослоя человеческих сердечных клеток.

На основе указанных моделей создана модель сердечной ткани с электрофизиологией, отвечающей параметрам предсердной ткани человека. В дальнейшем будет проведена работа по интеграции в модель МРТ-данных, цельная система моделирования волновой динамики в ткани предсердий с учетом индивидуальных особенностей пациента станет доступной к использованию.

Литература

1. Wang H. et al. Global, regional, and national life expectancy, all-cause mortality and cause-specific mortality for 249 causes of death, 1980–2015: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015 // *The Lancet*. 2016. Т. 388. № 10053. С. 1459–1544.
2. Roth, Gregory A., et al. Global and regional patterns in cardiovascular mortality from 1990 to 2013. *Circulation* 132.17 (2015): 1667–1678.
3. Долгинина С. И., Хохлунов С. М. Предикторы рецидива фибрилляции предсердий после ее катетерной абляции // *Медицинский альманах*. 2015. № 3 (38). С. 93–96.
4. Courtemanche M., Ramirez R. J., Nattel S. Ionic mechanisms underlying human atrial action potential properties: insights from a mathematical model // *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*. 1998. Т. 275. № 1. С. H301–H321.
5. Kudryashova N., Nizamieva A., Tsvelaya V., Panfilov A., Agladze K. Self-organization of conducting pathways explains electrical wave propagation in cardiac tissues with high fraction of non-conducting cells, <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1006597>.