УДК 577.35

**Разработка инструмента сегментации предсердий на МРТ снимках в рамках создания системы корректировки абляции**

***А.К. Бережной1,2,4, М.М. Слотвицкий1,2,4, Д.А. Паршин2, Селиванов1, А.Г. Демин2, А.И. Калинин, В.А. Сыровнев3, В.С. Кириллова5, А.А. Аитова1, К.И Агладзе4, В.А. Цвелая1,2,4***

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

2Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО»

3ФГБУ «Клиническая больница №1» (Волынская) Управления делами Президента РФ

4Государственное бюджетное учреждение здравоохранения Московской области "Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского

5Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр имени академика Е.Н. Мешалкина» Министерства здравоохранения Российской Федерации

 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 50% пациентов возвращаются на повторную операцию [3]. В данной работе описана разработка инструмента автоматической 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 легли электрофизиологическая модель Contermanche [4] и морфологическая модель Поттса [5]. Первая показала себя как хорошо описывающая электрофизиологию предсердных кардиомиоцитов для описания аритмогенных процессов в ткани. В основе имитации предсердий электрофизиологически лежит численное решение системы уравнений типа Ходжкина-Хаксли. Вторая модель Поттса является моделью адгезии кардиомиоцитов на поверхность, отражает формирование монослоя человеческих сердечных клеток и по сути структурно полностью характеризует предсердия.

На основе указанных моделей создана единая компьютерная модель сердечной ткани с электрофизиологией, отвечающей параметрам предсердной ткани человека, по принципу создания DigitalTwins. 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 Светлана Игоревна, Хохлунов Сергей Михайлович Предикторы рецидива фибрилляции предсердий после ее катетерной абляции // Медицинский альманах. 2015. №3 (38).

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. Nina Kudryashova, Aygul Nizamieva, Valeriya Tsvelaya, Alexander V. Panfilov, Konstantin I. Agladze. 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