

МОДЕЛЬ СЛОЖНЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ ТКАНЕЙ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА



А.Н. Голубович
Студентка БГУИР
anastasiagolubovich5@gmail.com



П.В. Камлач
Заместитель декана
факультета
компьютерного
проектирования БГУИР,
кандидат технических
наук, доцент



Чураков А.В.
врач анестезиолог-
реаниматолог УЗ «5 ГКБ»,
кан.мед.наук, доцент



В.М. Бондарик
доцент кафедры электронной
техники и технологии
доцент; канд. техн. наук
декан факультета
доуниверситетской подготовки и
профессиональной ориентации
bondarik@bsuir.by

А.Н. Голубович

Окончила белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. Область научных интересов связана с разработкой методов построения информационно-компьютерных систем.

П.В. Камлач

Окончил белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. Область научного интереса – проектирование медицинских электронных систем.

А.В. Чураков

Врач анестезиолог-реаниматолог УЗ «5 ГКБ», кан.мед.наук, доцент. Область профессиональных интересов/исследований - эфферентные методы терапии, квантовая медицина, программное моделирование медико-биологических технологий в инновационных платформах

В.М. Бондарик

Окончил Минский радиотехнический институт. Область научного интереса – медицинская электронная техника.

Аннотация. Разработана геометрическая модель мышечной ткани для исследования воздействия электрического тока. Модель включает кожу, электроды, мышцы и промежуточный слой соединительной ткани. Модель создана в программном обеспечении SolidWorks.

Ключевые слова: моделирование, воздействие электрического тока, модель мышечной ткани.

Введение. Современные методы численного моделирования позволяют детально исследовать процессы распространения электрического тока в биологических тканях, что актуально для медицинской диагностики, физиотерапии и реабилитации. В данной работе разработана геометрическая модель мышечной ткани для анализа электрического воздействия. Модель включает кожу, электроды, мышцы и соединительную ткань, созданную в SolidWorks с учетом анатомических и биофизических особенностей тканей, включая их неоднородность и анизотропию.

Целью работы является исследование влияния электрического тока на мышечные ткани путем построения точной цифровой модели, которая в дальнейшем будет использована для численного анализа в SolidWorks.

Разработка и последующий численный анализ модели позволяют оптимизировать параметры электростимуляции и определить наиболее эффективные режимы воздействия. Полученные результаты могут быть применены в физиотерапии, реабилитации, спортивной медицине и разработке персонализированных методов лечения.

Создание модели в SolidWorks. Для создания модели в SolidWorks, которая будет использована для дальнейшего численного анализа электрического воздействия в COMSOL Multiphysics, было выполнено несколько этапов. Была построена базовая геометрия, включающая ключевые биологические слои, такие как кожа, фасция и мышцы. Эти слои были созданы с учетом их анатомической структуры и физических характеристик, таких как толщина, форма и взаимное расположение. Кожа была смоделирована как наружный слой, состоящий из двух элементов, который будет контактировать с электродами, фасция — как промежуточный слой между мышечными тканями, а мышцы — как основной объект исследования.

Для увеличения точности модели добавлена мелкомасштабная структура мышечных волокон. Это детализированные элементы, представляющие собой отдельные мышечные волокна, что позволяет более точно отразить особенности взаимодействия электрического тока с тканями. Созданы электроды на поверхности кожи. Эти элементы смоделированы в виде тонких пластин, которые контактируют с кожей.

Описание модели. Модель состоит из кожи, которая является внешним слоем и служит для контакта с электродами. Далее, добавлена фасция, которая является промежуточным слоем между мышцами и оказывает влияние на распространение электрического тока. Добавлена структура мышечных волокон. Созданы электроды на поверхности кожи. Модель представлена на рисунке 1.

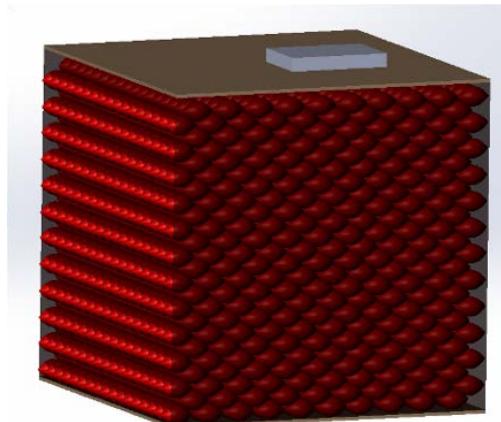


Рисунок 1. Модель мышечной ткани

Кожа, которая служит внешним слоем и контактирует с электродами. В реальной анатомической структуре кожи можно выделить несколько слоев, таких как эпидермис и дерма. В модели кожа была представлена как однородный слой толщиной 2мм.

Электроды были размещены на поверхности кожи. Эти элементы были смоделированы как тонкие пластины, представляющие собой контактные поверхности для подачи электрического тока. Размеры и расположение электродов были подобраны, чтобы обеспечить правильное распределение электрического тока.

В модели так же представлена фасция (соединительная ткань), которая служит промежуточным слоем между мышцами. Фасция не только структурно поддерживает мышцы, но и оказывает влияние на распространение электрического тока. Хотя фасция имеет более низкую проводимость по сравнению с мышечной тканью, она все же играет роль в распределении тока, особенно в местах, где она окружает группы мышечных волокон. Модель фасции представлена на рисунке 2.

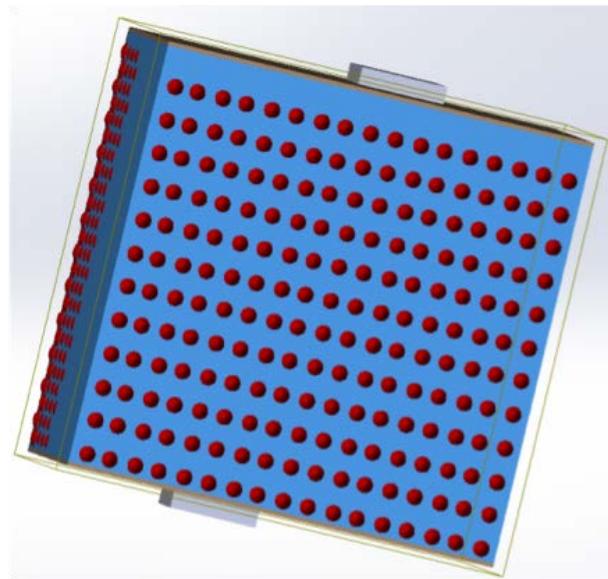


Рисунок 2. Модель фасции

Самым важным объектом в модели является мышечная ткань, которая является основным объектом исследования. Мышечные волокна были смоделированы в виде сетчатой структуры, что позволяет точнее отобразить реальные характеристики ткани и ее взаимодействие с электрическими импульсами. Мышечная ткань имеет высокую проводимость, особенно в областях, где расположены отдельные волокна, и она является тем слоем, в котором происходит основная электрическая стимуляция. В модели была использована детализированная структура, которая позволяет более точно смоделировать распределение электрического тока и его воздействие на каждое мышечное волокно.

Каждая часть модели, включая кожу, фасцию и мышцы, была создана с учетом анатомических и физических характеристик реальных тканей. В будущем планируется исследование модели в COMSOL Multiphysics, где будет проведен численный анализ воздействия электрического тока, распределения электрического поля и его влияния на ткани.

Заключение. Была разработана геометрическая модель мышечной ткани для исследования воздействия электрического тока. Модель, включающая кожу, фасцию, мышцы и электроды, была создана в SolidWorks с учетом анатомических и биофизических особенностей тканей. После проведения численного анализа в COMSOL Multiphysics, результаты работы будут служить основой для более точных рекомендаций по выбору параметров электростимуляции и расположению электродов, что поможет улучшить эффективность лечения и восстановительных процедур.

Список литературы

- [1] Гуляев, В. Ю. Электродиагностика, электростимуляция и импульсная низкочастотная электротерапия / В. Ю. Гуляев, В. А. Матвеев, И. Е. Оранский. Екатеринбург, 2004. 104 с.
- [2] . Резникова С.В. Терапевтическое применение постоянного электрического тока. Учебное пособие. Астрахань : ГОУ ВПО «АГМА» Росздрава, 2007. — 28 с.

MODEL OF COMPLEX BIOLOGICAL TISSUES FOR INVESTIGATING THE IMPACT OF ELECTRICAL CURRENT

A. N. Golubovich

Student of BSUIR

P.V. Kamlach

*Deputy dean of the Faculty of Computer Design of BSUIR,
PhD of Technical Sciences,
Associate Professor*

A.V. Churakov

*PhD, anesthesiologist-resuscitator
of the State Health Institution "5th
City Clinical Hospital"*

V.M. Bondarik

*Associate Professor of the
Department of Electronic
Engineering and Technology
Associate Professor; Ph.D. in
Engineering
Dean of the Faculty of Pre-
University Training and Career
Guidance*

Abstract. A geometric model of muscle tissue has been developed to study the effects of electric current. The model includes the skin, electrodes, muscles, and an intermediate layer of connective tissue. The model was created using SolidWorks software.

Keywords: modeling, electrical current impact, muscle tissue model.