

УДК 004.942

ВЫБОР СРЕДЫ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ НАПРАВЛЕННОЙ КОНТАКТНОЙ ДИАТЕРМИИ

А.Е. НОВИЦКАЯ, П.В. КАМЛАЧ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники (Минск, Беларусь)

Аннотация. Проведен систематический анализ программных сред моделирования для создания физико-математических моделей воздействия на биологические ткани. С целью оценки их характеристик была разработана таблица сравнения, включающая как универсальные, так и специализированные решения. В результате анализа была выбрана среда моделирования COMSOL Multiphysics, которая демонстрирует высокую эффективность и многофункциональность для разработки и анализа модели воздействия направленной контактной диатермии на биоткани. Этот выбор обусловлен ее способностью глубоко исследовать физические процессы в биологическом материале, что имеет важное значение для дальнейших научных изысканий в данной области.

Ключевые слова: направленная контактная диатермия, TR-терапия, TECAR-терапия, среда моделирования.

SELECTION OF A MEDIUM FOR SIMULATION OF THE EFFECTS OF DIRECTED CONTACT DIATHERMY

HANNA Y. NAVITSKAYA, PAVEL V. KAMLACH

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics (Minsk, Belarus)

Abstract. An analysis of software simulation environments has been carried out, allowing the creation of physical models of the impact on biological tissue. An analysis was made of modeling environments for universal and general-purpose, specialized purposes, according to the selected general and specific criteria for the model under study. As a result of the work, the COMSOL Multiphysics modeling environment was selected, which is characterized by the greatest efficiency in relation to the creation and analysis of a model of the effect of directed contact diathermy on biological tissue.

Keywords: directed contact diathermy, TR-therapy, TECAR-therapy, simulation environment.

Введение

Направленная контактная диатермия, известная также как TECAR-терапия или TR-терапия, представляет собой один из современных методов физиотерапии, используемых для лечения и профилактики. Для изучения процессов, происходящих в биотканях под воздействием направленной контактной диатермии, необходимо разработать модель, отражающую результаты применения TR-терапии. В этой работе материал представлен следующим образом: создается система оценки, соответствующая множеству критериев, состав и приоритеты которых определены в зависимости от области исследования и целей моделирования. Далее выбирается и кратко описывается ряд распространенных средств моделирования, как общего, так и специализированного назначения. Также составлена таблица сравнения характеристик программ, что позволяет наглядно оценить их различия и преимущества. Анализ полученных данных позволяет определить эффективную среду для моделирования. [1].

Методика проведения эксперимента

Мультифизическая модель в контексте воздействия направленной контактной диатермии на биоткань объединяет описания физических явлений, происходящие при

применении данной терапии [3]. При создании модели биоткани необходимо учитывать свойства всех составляющих ее частей: кожи, жировой ткани, мышечной ткани, костной ткани. Это позволит наиболее точно описать процессы, происходящие в биоткани при применении TECAR-терапии. Для получения верных результатов исследования необходимо разработать методику моделирования направленной контактной диатермии. Для решения данных задач важным является определить наиболее подходящую среду моделирования.

Выбор эффективной среды моделирования объекта требует анализа распространенных в Беларуси и за рубежом систем на основе дискретно-событийного метода моделирования [3-5]. Выбор дискретно-событийного моделирования обусловлен возможностью точного описания принципов функционирования и поведения объекта исследования.

Система моделирования должна удовлетворять возможностям решения задач: создания модели биоткани; моделирования воздействия направленной контактной диатермии на биоткань; визуализации результатов исследования.

Система моделирования как программное обеспечение должна удовлетворять общим требованиям: доступности для некоммерческого использования, кросс-платформенности, возможности разработки отдельного приложения-модели [1]. Для достижения поставленной цели были рассмотрены программы MATLAB, Sim4Life, COMSOL Multiphysics.

MATLAB – это инструмент для анализа данных, моделирования и решения разнообразных задач в области математики, инженерии и других наук. MATLAB позволяет создавать и решать математические модели, описывающие физические и инженерные системы, есть возможность проводить симуляции и оптимизацию различных процессов. Программа предоставляет возможность построения двух- и трехмерных графиков, динамических анимаций, есть возможность визуализировать результаты исследований и анализов. MATLAB включает богатую библиотеку для обработки данных, линейной алгебры, преобразования Фурье и других математических функций, поддерживает объектно-ориентированное программирование[4].

Недостатками MATLAB являются необходимость изучения специального языка программирования MATLAB для работы с программой, также MATLAB позволяет создать математическую модель биоткани, однако, для более точного и специализированного моделирования биологических тканей, рекомендуется использовать специализированные инструменты мультифизического моделирования.

Sim4Life – это программное обеспечение для моделирования физиологии и анатомии человека. Оно предоставляет возможность создавать компьютерные модели, которые помогают изучать воздействие различных факторов на биоткань. Программа позволяет создавать динамические модели тканей, что важно для изучения физиологических процессов. Sim4Life можно использовать для моделирования воздействия различных факторов на биоткань, таких как электромагнитные поля, тепловое воздействие и другие [5].

Основным недостатком Sim4Life является отсутствие доступа к программе для некоммерческого использования в Беларуси.

COMSOL Multiphysics – это программное обеспечение для мультифизического моделирования. С его помощью можно моделировать реальные системы, устройства и процессы, учитывая различные физические взаимодействия. COMSOL Multiphysics позволяет моделировать полностью сопряженные и отдельные физические процессы. Возможно создавать математические модели, описывающие реальные явления. COMSOL предоставляет полный набор инструментов для моделирования - от геометрии до визуализации и анализа результатов. Программа позволяет создавать собственные приложения для моделирования с помощью Application Builder. COMSOL Multiphysics используется в различных областях, таких как электродинамика, механика, гидродинамика, теплопередача, химия и электрохимия. Преимуществом программы является ее наличие в Беларуси в свободном доступе для некоммерческого использования.

Недостатком COMSOL Multiphysics является сложность изучения программы.

Таблица 1. Сравнение сред моделирования

Характеристика	MATLAB	Sim4Life	COMSOL Multiphysics
Поддержка мультифизических задач	–	+	+
Интерфейс и удобство использования	+	+	+
Наличие библиотек и модулей	+	+	+
Область применения (широкая)	+	–	+
Стоимость и лицензирование (гибкие лицензии)	+	–	+

Результаты и их обсуждение

Наиболее подходящим вариантом для моделирования воздействия направленной контактной диатермии на биоткань является программа COMSOL Multiphysics. Преимущество данной среды моделирования заключается в том, что она содержит в себе весь необходимый функционал для решения мультифизических задач, включая моделирование и исследование метода направленной контактной диатермии. В сравнении с другими рассмотренными программами COMSOL Multiphysics наиболее точно отвечает поставленным запросам. Одним из важных факторов является то, что COMSOL Multiphysics находится в свободном доступе. COMSOL Multiphysics является наиболее мощным инструментом для мультифизических задач, но требует больше ресурсов и может быть дороже. MATLAB и Sim4Life имеют свои преимущества и недостатки, где MATLAB более универсален, а Sim4Life лучше подходит для специфических биомедицинских задач. Выбор программы будет зависеть от конкретных требований и бюджета пользователя.

Заключение

Рассмотрены три среды моделирования: MATLAB, Sim4Life, COMSOL Multiphysics. Определены основные достоинства и недостатки данных программ. В результате сравнительного анализа доступных сред моделирования, для моделирования воздействия направленной контактной диатермии на биоткань выбрана программа COMSOL Multiphysics.

Список литературы

1. Выбор среды имитационного моделирования информационно-управляющих сетей/ С. А. Даденков, Е. Л. Кон // ВЕСТНИК ПЕРМСКОГО УНИВЕРСИТЕТА – 2019. – Vol. 1, № 44
2. Плотников А.М., Рыжиков Ю.И., Соколов Б.В. Современное состояние и тенденции развития имитационного моделирования в Российской Федерации // Труды СПИИРАН. СПб.: ФГБУН СПИИРАН, 2013. № (25). С. 42-112.
3. Борщев, А.В. Применение имитационного моделирования в России – состояние на 2007 г. // Имитационное моделирование. Теория и практика: сб. докл. III Всерос. науч.-практ. конф. по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности ИММОД-2007. СПб.: ФГУП ЦНИИИТС, 2007. Т. 1. С. 11-16.
4. Девятков В. В. Методология и технология имитационных исследований сложных систем: современное состояние и перспективы развития: моногр. М.: Вузовский учебник: ИНФРА-М., 2014. 448 с.
5. Щербаков, Д. О. Обзор цифровой платформы для моделирования Sim4Life // Электронные системы и технологии: сборник материалов 57-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск, 19-23 апреля 2021 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Д. В. Лихаческий [и др.]. – Минск, 2021. – С. 286–288..