

Л. Д. Рагунович

ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ ОТЕЧНОСТИ ТКАНИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИЗМЕРЕНИЯ ИМПЕДАНСА

Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. В. А. Мансуров

Кафедра медицинской и биологической физики,

Белорусский государственный медицинский университет, г. Минск

Резюме. Данная работа посвящена сравнению методов эдемометрии и биоимпедансного анализа, а также возможности их взаимного дополнения.

Ключевые слова: эдемометрия, биоимпеданс, микроциркуляция.

Resume. This article is devoted to a comparison of edemometry and bioimpedance analysis as well as to the possibility of their complementarity.

Keywords: edemometry, bioimpedance, microcirculation.

Актуальность. Простой способ установить локальные свойства материала – вдавливание – широко используется для характеристики различных материалов. Используя этот простой прием, А.В. Шоттом с коллегами был предложен метод оценки степени гидратации тканей (эдемометрия) [1] и разработано соответствующее устройство. Этот метод позволяет точно и быстро выявить нарушения водного баланса тканей. Такие данные могут быть использованы для оценки адекватности инфузионной терапии.

Также нарушения водного баланса тканей можно выявить посредством биоимпедансного анализа. Эти измерения помогают контролировать состояние липидного, белкового и водного обмена организма. У больных сердечнососудистыми заболеваниями биоимпедансометрия применяется для оценки нарушений водного баланса, перераспределения жидкости в водных секторах организма и подбора лекарственных препаратов. У реанимационных больных метод используется для мониторинга и планирования инфузионной терапии.

Цель: сравнение методов эдемометрии и биоимпедансного анализа, поиск возможности их взаимного дополнения.

Задача: сравнение результатов эдемометрических измерений и биоимпедансного анализа.

Материал и методы. Для создания математической модели была применена теория порозластичности. В работе были использованы микропроцессор Ардуино, микроманометр наряду с физико-биологическими и физиологическими методами измерения давления и биоимпеданса.

Принцип работы Эдемометра основан на выдавливании жидкости из ткани посредством цилиндрической упругой мембраны, под которую нагнетается воздух под давлением 100 мм. рт. ст. (13,3 КПа). Выдавливание жидкости из ткани сопровождается понижением давления под мембраной, которое измеряется манометром. Это устройство наряду с выявлением нарушения гидратации может еще дать оценку важным механическим характеристикам живой ткани.

В последнее время для моделирования механического поведения биологических тканей используют модель порозластичной среды: твердая (эластичная) среда

образует матрицу с открытыми порами, жидкая среда находится в порах и может перетекать между ними.

В работе [2] предлагается способ вычисления параметров порозластичности по взаимосвязи глубины погружения цилиндрического индентора в порозластичный материал напряжения в этом материале. Этот способ применим и для эдемометра.

Для биологических объектов, состоящих из клеток, существенна макроструктурная поляризация. Она обусловлена тем, что электролиты, содержащиеся в структурных элементах клетки, окружены мембранами. Электрическое поле вызывает перемещение ионов электролита внутри отдельного проводящего слоя, а прохождение ионов через окружающую мембрану затруднено из-за ее низкой проводимости. Таким образом, в структуре ткани возникают образования с установившимся разделением электрических зарядов, которые обладают дипольным моментом, и системой, в которой может быть накоплен заряд. Явление макроструктурной поляризации лежит в основе импедансных методов измерения показателя гематокрита.

Схема замещения (эквивалентная схема) биологической ткани обведена на рисунке 1, здесь R_{in} характеризует электрическое сопротивление внутренней среды или количество жидкости внутри изолированной части макроструктурной поляризации. Величина R_{ex} соответствует количеству жидкости во внешней среде.

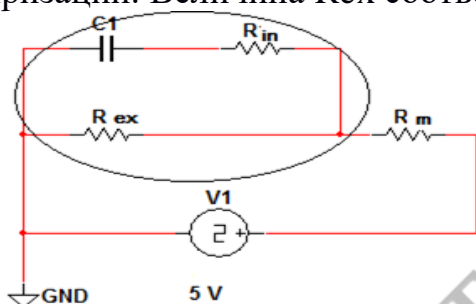


Рисунок 1 – Измерительная схема импульсного метода измерения биоимпеданса



Рисунок 2 – Вид осциллограммы при измерении биоимпеданса импульсным методом

Основная идея эксперимента заключается в быстром измерении электропроводности при локальном сжатии биологической ткани. Это достигается применением импульсных методов измерения электропроводности биологической ткани [3].

На приложенный к ткани вдавливаемый электрод присоединяется генератор прямоугольных импульсов, вырабатывающий импульс длительностью 3 мс, достаточной для полной зарядки конденсатора в данных условиях, скважностью 80, достаточной для полной разрядки конденсатора (рисунок 2), к моменту начала следующего импульса конденсатор будет полностью разряжен.

Результаты и их обсуждение.

Для реализации обсуждаемых методов были построены и проверены программно-аппаратные комплексы, позволяющие проводить эдемометрические измерения и измерение биоимпеданса.

В программно-аппаратном комплексе для эдемометрии, схема которого указана на рисунке 3, после фильтрации помех электрический сигнал поступает на АЦП

микропроцессора Arduino Nano. С интервалом 300 мс полученные данные считываются, переводятся в единицы давления, и через интерфейс USB поступают на компьютер.

В программно-аппаратном комплексе для измерения биоимпеданса, схема которого указана на рисунке 4, с интервалом в 250 мс подаётся импульс на 3 мс и считываются три значения напряжения через 1 мс в участке между резистором и биологической тканью. Полученные через интерфейс USB передаются на компьютер.

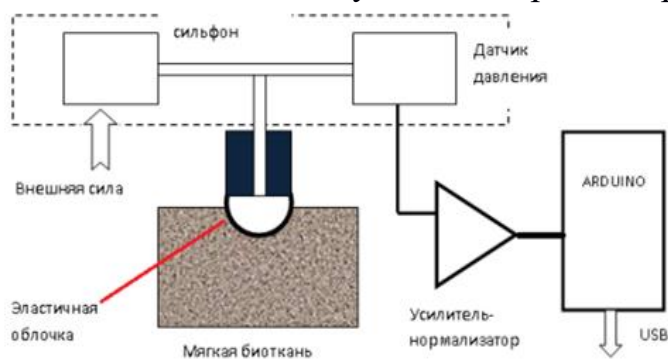


Рисунок 3 – Схема программно-аппаратного комплекса для эдемометрии

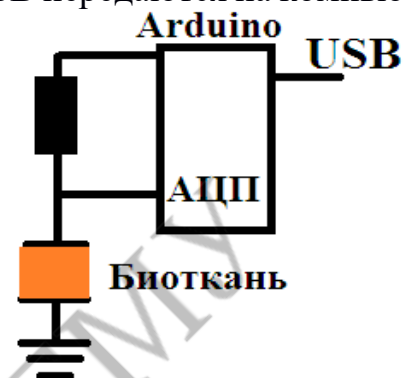


Рисунок 4 – Схема программно-аппаратного комплекса для измерения биоимпеданса

По результатам эдемометрии получено значение коэффициента переноса $D_m = 2,5 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{с}$ и была вычислена проницаемость, которая оказалась равной $k = 1,8 \cdot 10^{-14} \text{ м}^2$, при вязкости жидкости $\eta = 4 \text{ мПа}\cdot\text{с}$. Импедансные методы дают иную величину $D_3 = 7,3 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$ – величину в 34 раза большую, соответственно и k во столько же раз больше. Полученные данные соответствуют данным литературных источников.

Заключение. Была разработана методика импульсного измерения биоимпеданса, был разработан, собран и отлажен программно-аппаратный комплекс для импульсного измерения биоимпеданса, а также были проведены предварительные исследования.

Информация о внедрении результатов исследования. По результатам настоящего исследования опубликована 1 статья в сборниках материалов, 1 тезис докладов, получен 1 акт внедрения в учебный процесс кафедры медицинской и биологической физики Белорусского государственного медицинского университета.

L.D. Ragunovich

SOFTWARE-HARDWARE COMPLEX FOR ASSESSING THE DEGREE OF EDEMA OF TISSUES BY THE RESULTS OF MEASUREMENT OF IMPEANCE

*Tutors: assoc. prof., c.t.s. V. A. Mansurov
Department Medical and Biological Physics,
Belarusian State Medical University, Minsk*

Литература

1. Основные итоги изучения микроциркуляции / А. В. Шотт, А. И. Кубарко, А. П. Василевич и др. // *Здравоохранение*. – 2012. – № 12. – С. 7-10.
2. Using indentation to characterize the poroelasticity of gels / Y. Hu, X. Zhao, J. J. Vlassak et al. // *Applied Physics Letters*. – 2010. – № 96.

3. Dai, T. Blood impedance characterization from pulsatile measurements / T. Dai, A. Adler // Proceeding of the Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering. – 2006. – P. 983-986.

Репозиторий БГМУ