



Систематизация методов и средств измерения биоимпеданса

В. В. Антипенко

Пензенский государственный университет, Россия, 440026 г. Пенза, ул. Красная, 40

Е. А. Печерская

Пензенский государственный университет, Россия, 440026 г. Пенза, ул. Красная, 40

Аннотация. Представлен обзор методов и средств биоимпедансной диагностики состава тела человека. Рассмотрены способы классификации разновидностей биоимпедансных исследований. Проанализированы достоинства и недостатки различных способов измерения удельного сопротивления биологических тканей человека.

Ключевые слова: биоимпеданс, снижение погрешности, источник тока.

Classification of bioimpedance measurement techniques and tools

V. V. Antipenko

Penza State University, 40 Krasnaya Street, 440026, Penza, Russia

E. A. Pecherskaya

Penza State University, 40 Krasnaya Street, 440026, Penza, Russia

Abstract. A review of techniques and tools for bioelectrical impedance analysis of human body composition is presented. Methods for classifying varieties of bioimpedance analysis are considered. Advantages and disadvantages of various methods for measuring the resistivity of human biological tissues are analyzed.

Keywords: bioimpedance, error reduction, current source.

За последние десятилетия отмечается большой интерес к неинвазивным методам определения состава организма пациента. Обобщить данные методы целесообразно по методам регистрации состава тканей: возможна либо регистрация собственного изменения потенциала организма, либо изменение внешнего поля, окружающего пациента.

Биоимпедансный метод относят к контактным методам. Он обладает такими достоинствами, как простота исследования, высокая точность и экономическая доступность.

Биопотенциалы – это электрические потенциалы, возникающие в теле животных и человека, обусловленные протеканием различных физиологических процессов в живых клетках организма. Регистрация изменения биоимпеданса необходима для определения биологического здоровья организма, а также для предупреждения, лечения и изучения разного рода заболеваний [1].

В зависимости от состава исследуемых тканей, клетки организма отличаются биоэлектрической активностью, из чего следует, что методики регистрации биоимпеданса должны учитывать эти особенности. Выделяют несколько основных классов определения биопотенциалов: электрокардиографию, электроэнцефалографию, электромиографию, электроокулографию, кожно-гальваническую реакцию.

В середине XX столетия были получены основополагающие знания в области измерений биоэлектрической проводимости клеток: типичных значений проницаемости и сопротивления, а также их зависимостей от частоты приложенного тока.

Известно, что электрическая проницаемость тканей имеет ионный характер, следовательно, лучшими проводниками тока являются клетки, образованные водными растворами с примесями электролитов. В табл. 1 представлены типичные значения электросопротивления некоторых биологических тканей при диагностике измерения частотой 50 кГц. Различия значений сопротивлений обусловлены разным содержанием электролитов и водной составляющей в тканях организма.

Таблица 1

Среднестатистические значения удельного сопротивления тканей организма

Биологическая ткань	Удельное сопротивление, Ом·м
Спинальная жидкость	0,65
Кровь	1,5
Нервно-мышечная ткань	1,6
Легкие без воздуха	2,0
Мозг (серое вещество)	2,8
Скелетные мышцы	3,0
Печень	4,0
Кожа	5,5
Мозг (белое вещество)	6,8
Легкие при выдохе	7,0
Жировая ткань	15
Легкие при вдохе	23
Костная ткань	150

Величина биоимпеданса включает в себя активное и реактивное сопротивление. Активное сопротивление отображает способность клеток к тепловому рассеянию, а реактивное – способность накапливать заряд на поверхности клеток, благодаря их емкостным особенностям [2, 3].

Все разновидности биоимпедансного анализа можно классифицировать по трем основным признакам:

1. По объекту измерений: локальные, интегральные и полисегментные.
2. По частоте зондирующего тока: одно-, двух-, многочастотные.
3. По тактике измерений: одноразовые, эпизодические и мониторинговые.

Схемы измерений, используемые при определении биоимпеданса, представлены на рис. 1. Штриховкой обозначены части тела, которые подвергаются зондирующему току, также показаны пары электродов, которые предназначены для пропуска и регистрации потенциала.

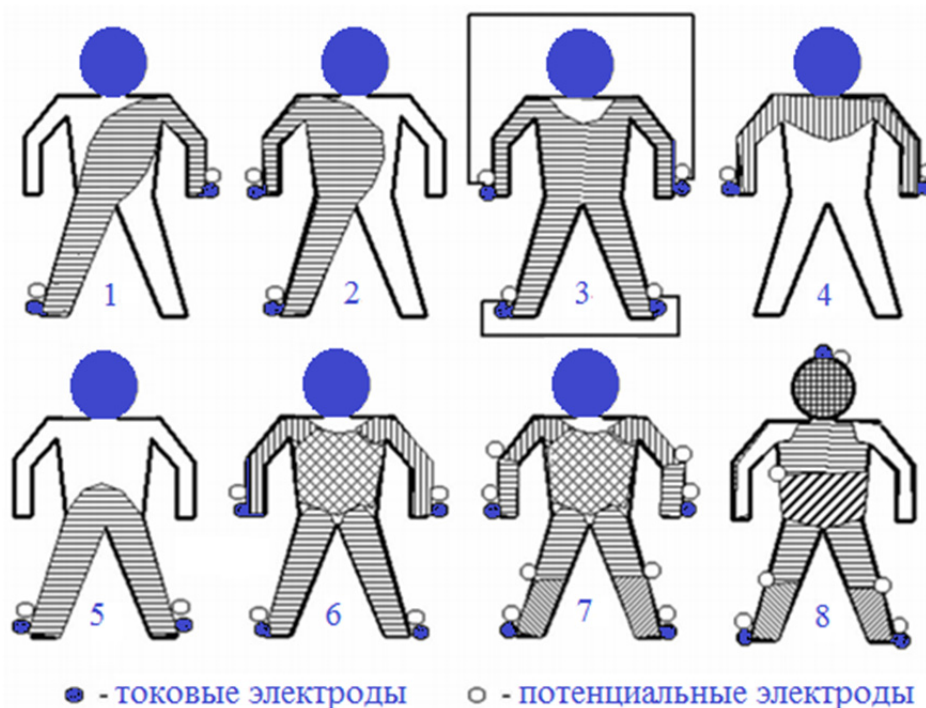


Рис. 1. Схемы измерений биоимпеданса

Одночастотный метод биометрического анализа является самым востребованным благодаря высокой точности измерений и широкому спектру применения в косметологии, спортивной медицине и т.д. Определение импеданса осуществляется в два этапа: замеряется значение активного сопротивления и вычисляется жировая масса, замеряется значение реактивного сопротивления и вычисляется активная клеточная масса и основной обмен. Для получения точного результата динамического исследования требуется минимум четыре цикла измерений.

Для лечения и диагностики различных заболеваний зачастую требуется измерение состава тканей отдельных конечностей или частей тела. Это так называемый региональный и локальный способ определения импеданса [4, 5]. Региональные биоимпедансные исследования осуществляются непосредственным измерением сопротивления части тела парой электродов как вне участка измерений, так и косвенно [6]. Динамические показания можно получить, проводя повторные измерения. Метод отличается высокими показателями точности при измерении отечных явлений.

Для определения функционального состояния и состава небольших участков тканей как на поверхности до нескольких сантиметров, так и на глубине применяется локальный метод. Метод отличается безопасностью и не приводит к повреждению структуры исследуемых тканей.

Одним из бесконтактных методов анализа состава тела является метод общей электрической проводимости. Метод заключается в воздействии внешнего электромагнитного поля, которое достигается помещением пациента в внутрь огромного соленоида (рис. 2). Значение напряженности электромагнитного поля будет меняться в ходе обследования, это дает возможность оценить состав организма пациента.



Рис. 2. Метод общей электрической проводимости

Данный метод позволяет получить количественные оценки содержания общей воды в организме и безжировой массы тела. Метод измерения является высокоточным. Минусом данного метода можно считать рекомендации пациенту перед процедурой, согласно которым требуется шестичасовое воздержание от приема пищи, избавление от всего металлического во время процедуры. Совокупные характеристики данного метода не позволили ему найти широкого применения [7, 8].

Методы биоимпедансного исследования отличаются высокой точностью воспроизведения, стоимостью оборудования и приемлемыми значениями погрешности измерений. Преимуществами подобных методов являются автоматизированный способ обработки данных, оценка параметров пациента: основной обмен и активная клеточная масса. Благодаря преимуществам и широкому спросу на подобные исследования, биоимпедансометрия стала одним из наиболее популярных методов определения удельного сопротивления и, как следствие, определения биологического состава тканей пациента [8].

Библиографический список

1. Воробьева, Е. Ю. Факторы, влияющие на точность биоимпедансного анализа / Е. Ю. Воробьева, К. Ю. Крайнова, Е. А. Печерская, А. М. Бибарсова // Информационные технологии в науке и образовании. Проблемы и перспективы : сб. науч. ст. VI Всерос. межвузовской науч.-практ. конф. / под ред. Л. Р. Фионовой. – Пенза, 2019. – С. 178–179.
2. Геращенко, С. М. Оценка параметров линейных динамических моделей биологических тканей / С. М. Геращенко // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Физико-математические науки. – 2008. – № 3. – С. 63–70.
3. Соколовский, Ю. А. Автоматизированный учебный стенд «Измерение импеданса биологических объектов» / Ю. А. Соколовский, О. В. Карпанин // Университетское образование : сб. ст. XVII Междунар. науч.-метод. конф., посвящ. 70-летию образования университета. – Пенза, 2013. – С. 411–412.
4. Грачев, А. Ю. Аппаратно-программный комплекс для автоматизированных измерений биоимпеданса / А. Ю. Грачев, О. В. Карпанин, Е. А. Печерская // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2017. – № 1 (21). – С. 96–108.
5. Automated system for bioimpedance measuring / P. E. Golubkov, E. A. Pecherskaya, O. V. Karpanin, K. Y. Kraynova, D. V. Artamonov, Y. V. Shepeleva // International Conference of Young Specialists on Micro / Nanotechnologies and Electron Devices, EDM EDM 2018 – Proceedings. – 2018. – P. 641–644.
6. Эквивалентные электрические модели биологических объектов / А. Л. Зуев, В. Ю. Мишланов, А. И. Судаков, Н. В. Шакиров, А. В. Фролов // Российский журнал биомеханики. – 2012. – Т. 16, № 1 (55). – С. 110–120.
7. Мартиросов, Э. Г. Технологии и методы определения состава тела человека / Э. Г. Мартиросов, Д. В. Николаев, С. Г. Руднев. – Москва : Наука, 2006. – 248 с.
8. Николаев, Д. В. Биоимпедансный анализ состава тела человека / Д. В. Николаев, А. В. Смирнов, И. Г. Бобринская, С. Г. Руднев. – Москва : Наука, 2009. – 392 с.

Образец цитирования:

Антипенко, В. В. Систематизация методов и средств измерения биоимпеданса / В. В. Антипенко, Е. А. Печерская // Инжиниринг и технологии. – 2020. – Vol. 5(1). – С. 1–4. – DOI 10.21685/2587-7704-2020-5-1-4.