

DOI: 10.33266/2782-6430-2022-3-18-21

А.С. Самойлов, Н.В. Рылова, М.Н. Величко, А.В. Бодров, А.В. Штурмин

## ПРИМЕНЕНИЕ БИОИМПЕДАНСНОГО АНАЛИЗА В КЛИНИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ: ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, Москва

Контактное лицо: Бодров Антон Владимирович: Bodroff.Antoha@yandex.ru

### Резюме

Целью данного литературного обзора стало проведение метаанализа по применению метода биоимпедансометрии в клинической практике. Для поиска материалов использовались ресурсы MEDLINE, Embase, Scopus, Web of Science, eLIBRARY с 2010 по 2021 год. Терминами включения в критерии поиска были “биоимпедансный анализ”, “гидратация”, “состав тела”, “биоимпедансометрия”. В результате поиска было найдено 833 статьи. Исследования показывают, что наблюдение отклонение от нормы такого показателя как количество воды в организме (общая, внеклеточная и внутриклеточная), считается одним из ключевых факторов, который используется при биоимпедансометрии в клинической практике. Аномальные сдвиги в жидкости организма являются наиболее важными показателями, которые можно использовать для оценки здоровья человеческого организма.

**Ключевые слова:** биоимпедансный анализ, гидратация, состав тела, биоимпедансометрия

**Для цитирования:** Самойлов А.С., Рылова Н.В., Величко М.Н., Бодров А.В., Штурмин А.В. Применение биоимпедансного анализа в клинической практике: обзор литературы//Клинический вестник ФМБЦ им. А.И. Бурназяна 2022. № 3. С. 5–10. DOI: 10.33266/2782-6430-2022-3-18-21

DOI: 10.33266/2782-6430-2022-3-18-21

A.S. Samoilov, N.V. Rylova, M.N. Velichko, A.V. Bodrov, A.V. Sturmin

## APPLICATION OF BIOIMPEDANCE ANALYSIS IN CLINICAL PRACTICE: LITERATURE REVIEW

A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center, Moscow, Russia

Contact person: Bodrov Anton Vladimirovich: Bodroff.Antoha@yandex.ru

### Abstract

The purpose of this literature review was to conduct a meta-analysis on the application of the bioimpedance measurement method in clinical practice. MEDLINE, Embase, Scopus, Web of Science, and eLibrary resources were used to search for materials from 2010 to 2021. The terms of inclusion in the search criteria were “bioimpedance analysis”, “hydration”, “body composition”, “bioimpedance measurement”. As a result of the search, 833 articles were found. Studies show that the observation of a deviation from the norm of such an indicator as the amount of water in the body (total, extracellular and intracellular) is considered one of the key factors that is used in bioimpedance measurement in clinical practice. Abnormal shifts in the body fluid are the most important indicators that can be used to assess the health of the human body.

**Keywords:** bioimpedance analysis, hydration, body composition, bioimpedance measurement

**For citation:** Samoilov AS, Rylova NV, Velichko MN, Bodrov AV, Sturmin AV. Application of Bioimpedance Analysis in Clinical Practice: Literature Review. A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center Clinical Bulletin. 2022.3:5-10. (In Russian) DOI: 10.33266/2782-6430-2022-3-18-21

### Введение

Биоимпедансный анализ состава тела (БИА) – неинвазивная медицинская диагностическая технология комплексной оценки состава человеческого тела. В качестве исходных данных используются результаты антропометрических измерений таких как рост, вес, окружность талии, окружность бёдер, а также измерений параметров электрической проводимости тела человека. БИА основан на наличии объективных и устойчивых закономерностей. Эти закономерности вытекают как из физических моделей тела или его сегментов, так и из статистических зависимостей между антропометрическими, физическими и другими переменными, характеризующими человеческий организм [1,2].

Биоимпеданс или биологический импеданс – это способность биологической ткани препятствовать электрическому току. [3]. Суть метода заключается

в первую очередь в оценке количества жидкости в биообъекте, так как именно жидкая среда создает активную составляющую проводимости [1,2,3]. Термин «биоимпеданс» стал общепринятым в зарубежных публикациях второй половины 20 века для характеристики электрических свойств биологических объектов, имеющих клеточную структуру. Отправной точкой в истории изучения биоимпедансного анализа принято считать 1880 год, когда В.Томсон в своих работах впервые освещал тему электрической проводимости биологических объектов. В 1940 г. К. Коул предложил уравнения, описывающие частотные свойства импеданса биологических тканей. Впервые на практике для анализа водных секторов состава тела человека БИА использовал французский анестезиолог А. Томассет в начале 1960-х годов. В последствие он же предложил оценку общей и внеклеточной жидкости организма с использова-

нием частот 100 и 1 кГц на основе модели Коула. В 1969 г. Э.Хоффер с соавторами установил высокую корреляцию между общей водой организма (ОВО), безжировой массой тела (БМТ), жировой массой (ЖМ) и импедансом тела. В последующие годы Джафрин с соав. провел исследование и сделал вывод о том, что технически анализатор биоимпеданса должен использовать частотный диапазон от 5 до 1000 кГц. Российская история исследований и разработок в области биоимпедансного анализа связана с Б.Н.Тарусовым. Его первые работы были опубликованы в 1930-х годах, тогда же начался выпуск биоимпедансной аппаратуры для оценки приживаемости трансплантатов на основе данных об их электрической проводимости.

Таким образом, опыт применения биоимпедансного анализа для изучения проводимости различных тканей человеческого тела насчитывает более 70 лет [1,2,3].

Для измерения импеданса биологических объектов требуется специальное устройство – биоимпедансный анализатор. Первые серийные устройства появились в конце 70-х годов в США. На данный момент насчитывается более 100 тысяч моделей БИА. Их можно разделить по методу исследования. Существует две техники измерения в зависимости от прибора. При первом методе исследования врач вносит данные пациента такие как: возраст, пол и антропометрические данные (рост, вес, обхват талии, бедер, окружность запястий). Процедура оценки состава тела проводится в положении пациента лёжа на спине. К его конечностям подключаются электроды, через которые подаётся переменный ток малой мощности. При втором методе исследование проводится в вертикальном положении. По нашему мнению, методика измерения в положении лёжа на спине более точная в связи с более равномерным распределением жидкости в организме.

Существует классификация в зависимости от частот, используемых при измерении. Выделяют интегральный одночастотный, интегральный многочастотный, включая биоимпедансную спектроскопию, а также сегментарные методы (одночастотные и многочастотные) [1,2,3]. Интегральный одночастотный метод – даёт оценку состава всего тела, измерения производятся на одной частоте. Эта частота принята равной 50 кГц. Данный метод используется уже более 20 лет. Измерительные электроды располагаются на запястье правой верхней конечности и в области голеностопного сустава правой нижней конечности. При многочисленных исследованиях интегральный одночастотный метод хорошо зарекомендовал себя. Было доказано, что имеются значимые корреляции величин безжировой массы тела и общей воды конечностей и туловища, которые позволяют получать оценку для всего тела. Отношение ВКЖ (внутриклеточной жидкости)/ОВО изменяется в узких пределах, следовательно, возможно получить оценку ОВО на частоте 50 кГц, хотя известно, что при такой частоте ток лишь частично проникает в клетку [2,3,4]. При интегральных многочастотных методах измерения ведутся на двух и более частотах. Основная цель

этого метода — оценить содержание ОВО и ВКЖ в теле человека с большей достоверностью, чем это позволяет одночастотный метод [1,2]. Для определения объема внеклеточной жидкости ВКЖ необходимо измерять импеданс на постоянном токе с максимально низкой частотой, так как в этом случае клеточные мембраны остаются непроницаемыми, и внутриклеточная жидкость не влияет на результат измерения. С ростом частоты реактивное сопротивление емкости уменьшается, и все большая часть тока проникает внутрь клеток, так что в результате измерения все больший вклад вносит внутриклеточная жидкость. Измерения на нулевой и бесконечно большой частотах реализовать невозможно, поэтому в биоимпедансных анализаторах или используют достаточно низкую частоту для измерения ВКЖ, или достаточно высокую частоту для измерения ОВО, или аппроксимируют значения результатам измерений импеданса на нескольких частотах (метод биоимпедансной спектроскопии) [1,3]. Из этого следует, что при оценке содержания общей воды в организме и внеклеточной воды многочастотный метод биоимпеданса будет давать более точные результаты, чем одночастотный. Однако, стоит заметить, что на сегодня не существует стандартных частот для ОВО и ВКЖ. Для того, чтобы оценить общую воду организма необходимо производить измерения с частотой тока как можно выше, а для оценки внеклеточной жидкости организма используют ток с наименьшей частотой. Сегментарный биоимпедансный анализ позволяет исследовать состав отдельного сегмента человеческого тела. Как правило данными сегментами являются верхние или нижние конечности, голова или туловище. Также можно сузить область исследования до более мелких сегментов (например, коленный сустав). С уменьшением размеров исследуемых участков сегментарный анализ переходит в локальный. Используя метод сегментарного исследования тела, мы можем получить данные для интересующей нас конечности (например, оперированный коленный сустав), а также сравнить его с контралатеральным здоровым сегментом. При этом методика измерения не отличается от стандартной методики исследования всего тела.

### Материалы и методы

Проводился поиск статей в электронных базах данных MEDLINE, Embase, Scopus, Web of Science, eLibrary, опубликованных в период с 2010 по 2022 год, по следующим ключевым словам: биоимпедансный анализ, гидратация, состав тела, биоимпедансометрия. Материалы опубликованных исследований были изучены и проанализированы. Особый интерес вызвали исследования по анализу водного состава организма в различных областях клинической медицины.

### Результаты исследования

При поиске материалов мы обнаружили 833 статьи. Биоимпедансный анализ стал привычным методом в практике спортивных врачей для оценки эффективности восстановительного лечения спортсменов, а также их готовности к соревнованиям

[1,5,6,7]. Также БИА стал незаменимым методом при изучении результатов лечения в практике врачей диетологов и эндокринологов. Специалисты в данных областях используют биоимпедансометрию для определения нутритивного статуса пациента и мониторинга эффективности диетических мероприятий при лечении ожирения и диабета.

В последнее время БИА все чаще используются в различных клинических специальностях в качестве диагностического метода и для мониторинга, позволяющего получать оперативную информацию о состоянии пациента и на ее основе планировать или корректировать лечение [8]. Большой интерес представляет оценка и анализ водного состава организма, а также его изменение. Биоимпедансометрия широко используется в практике врачей анестезиологов и реаниматологов (с помощью биоимпедансного анализа предложен индекс гидратации больного, на основе которого можно оценивать нарушение объемов клеточной и внеклеточной жидкости) [9].

Метод исследования состава тела активно внедряется при изучении результатов лечения пациентов кардиологического и нефрологического профиля. Застой жидкости в организме (гипергидратация) является тяжелейшим осложнением у данных пациентов. Клиническая оценка и биохимический анализ не всегда дают объективные показатели о водном балансе больного. Биоимпедансный анализ позволяет проводить неинвазивную и точную оценку гидратационного статуса пациента. Этот метод был изучен при различных состояниях при сердечно – почечных синдромах, особенно при острой и хронической сердечной недостаточности, а также при хронической болезни почек и терминальной почечной недостаточности. Используемый в сочетании со стандартной клинической оценкой и биомаркерами, такими как натрийуретические пептиды, БИА полезен при проведении фармакологической и ультрафильтрационной терапии [10]. Использование биоимпедансного анализа для оценки гидратации у пациентов с острым повреждением почек доказывают свою эффективность. Исследования показали, что биоимпедансометрия помогает выявить гипергидратированных пациентов, несмотря на нормоволемию или гиповолемию. Важно отметить тенденцию к повышению летальности у гипергидратированных пациентов [10,11].

Есть исследования в флебологии, в которых при помощи биоимпеданса производили оценку результатов лечения отека ног при венозной недостаточности с помощью ботинка Унны [12]. При оценке результатов лечения лимфедемы биоимпеданс показал высокую чувствительность к измерениям объема внеклеточной жидкости, что даёт возможность долгосрочного мониторинга за лимфедемой [13].

Биоимпедансный анализ используется у пациентов на гемодиализе и перитонеальном диализе. Частое осложнение после данных процедур это гипергидратация или перегрузка объемом или наоборот гипогидратация. Разработано несколько коэффициентов, а также выведены соотношения для оценки жидкости в организме в том числе внеклеточной. Контроль этих показателей помогает избе-

жать артериальной гипертензии и гипертрофии левого желудочка, которые в свою очередь влияют на смертность от сердечно сосудистых заболеваний у пациентов, находящихся на диализе [14, 15].

При изготовлении протезов нижних конечностей БИА используют для определения прилегания протеза. После проведенной ампутации на стыке конечности и впадины протеза может создаваться чрезмерная нагрузка, которая травмирует мягкие ткани. Эта нагрузка возникает в следствие ежедневного изменения объема, происходящего в результате дисбаланса между жидкостью, поступающей и покидающей культю ампутированной конечности. Исследователи контролировали объемы жидкости в культе в лабораторных условиях, чтобы получить данные по размерам комплектующих и избежать чрезмерного давления на культю. В связи с этим была разработана стационарная система анализа биоимпеданса для мониторинга пациентов с транс-тибиальной ампутацией ног [16].

В онкологии есть исследования, с помощью которых появилась возможность различать опухоли молочной железы. Разработаны диагностические критерии, благодаря которым, в 70% случаев диагноз злокачественной опухоли молочной железы был поставлен на ранних стадиях заболевания [17].

Векторный биоимпедансный анализ (BIVA) используется для мониторинга состояния пациентов с болезнью Денге. Денге - распространенная инфекция, переносимая членистоногими в тропических регионах мира, с 500 000 случаев и примерно 12 000 смертей в год. Мониторинг в режиме реального времени и точная диагностика тяжести инфекции Денге необходимы для подбора эффективного лечения данного заболевания. Были установлены векторные смещения в зависимости от тяжести состояния пациентов с Денге. Результаты этого исследования подтверждают, что BIVA является новым подходом к классификации тяжелых и нетяжелых госпитализированных пациентов с данной патологией. Однако, необходимы дальнейшие исследования для определения эталонных измерений для всех возрастных групп, включая детей и пожилых людей [18].

Все вышеупомянутые исследования доказывают эффективность применения биоимпедансного анализа в клинической практике. На наш взгляд возможности БИА являются ещё более перспективными в различных клинических специальностях.

### Выводы

Метод биоимпедансного анализа человеческого тела используется всё чаще в клинической практике врачей различных специальностей. Преимущество БИА перед другими методами – это неинвазивность, которая даёт возможность проводить большое количество исследований без вреда для пациента; мобильность; относительно недорогая стоимости проведения процедуры. Метод анализа состава человеческого тела имеет большие перспективы, однако требует дальнейшего изучения, а также клинических исследований в различных медицинских специальностях.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Николаев Д.В., Смирнов А.В., Бобринская И.Г. и др. Биоимпедансный анализ состава тела человека. М.: Наука, 2009. 392 с.
2. Николаев Д.В., Щелькалина С.П. Лекции по биоимпедансному анализу состава тела человека. М.: РИО ЦНИИОИЗ МЗ РФ, 2016. 152 с.
3. Khalil S.F., et al. The Theory and Fundamentals of Bioimpedance Analysis in Clinical Status Monitoring and Diagnosis of Diseases // *Sensors* (Basel). 2014. V.14, No. 6. P. 10895-10928. doi:10.3390/s140610895.
4. Петрушова О.П., Аллакин Ю.А., Пашин А.А., Васильев А.В. Использование биоимпедансометрии и оценки технико-тактических характеристик в текущем и этапном комплексном обследовании спортсменов // *Международный научно-исследовательский журнал*. 2014. № 5-1(24). С. 26-28.
5. Рылова Н.В., Жолинский А.В., Биктимирова А.А. Метаболизм карнитина и максимальное потребление кислорода у юных спортсменов // *Российский вестник перинатологии и педиатрии*. 2019. Т.64, № 5. С. 209-214.
6. Трушина Э.Н., Выборнов В.Д., Ригер Н.А., Мустафина О.К., Солнцева Т.Н., Тимонин А.Н., Зилова И.С., Раджаббадиев Р. М. Эффективность использования аминокислот с разветвленной цепью (ВСАА) в питании спортсменов-единоборцев // *Вопросы питания*. 2019. Т.88, № 4. С. 48-56.
7. Рылова Н.В. Актуальные аспекты изучения состава тела спортсменов // *Казанский медицинский журнал*. 2014. Т.95, № 1. С. 108-111.
8. Перевошчикова Н.К., Селиверстов И.А., Дракина С.А., Черных Н.С. Биоимпедансный анализ в клинической практике // *Мать и дитя в Кузбассе*. 2021. № 3. С. 11-20. doi: 10.24412/2686-7338-2021-3-11-20.
9. Ильяшенко К.К., Лужников Е.А., Симонова А.Ю., Ельков А.Н., Капитанов Е.Н., Николаев Д.В. Оценка водного баланса у больных с острыми отравлениями психотропными препаратами // *Общая реаниматология*. 2010. Т.6, № 6. С. 34. <https://doi.org/10.15360/1813-9779-2010-6-34>.
10. Aspromonte N., Cruz D.N., Ronco C., Valle R. Role of Bioimpedance Vectorial Analysis in Cardio-Renal Syndromes // *Semin Nephrol*. 2012. V.32, No. 1. P. 93-99. doi:10.1016/j.semnephrol.2011.11.012.
11. Karpavičiūtė J., Skarupskienė I., Balčiuvienė V., Vaičiūnienė R., Žiginskienė E., Bumblytė I.A. Assessment of Fluid Status by Bioimpedance Analysis and Central Venous Pressure Measurement and Their Association with the Outcomes of Severe Acute Kidney Injury // *Medicina* (Kaunas). 2021. V.57, No. 6. P. 518. doi:10.3390/medicina57060518.
12. Cardoso L.V., de Fátima Guerreiro Godoy M., Czorny R.C.N., Pereira de Godoy J.M. Using Bioelectrical Impedance Analysis to Compare the Treatment of Edema with the Unna's Boot and Noncompression in Individuals with Venous Ulcers // *J. Vasc. Nurs.* 2019. V.37, No. 1. P. 58-63. doi:10.1016/j.jvn.2018.11.003.
13. Cho K.H., Han E.Y., Lee S.A., Park H., Lee C., Im S.H. Feasibility of Bioimpedance Analysis to Assess the Outcome of Complex Decongestive Therapy in Cancer Treatment-Related Lymphedema // *Front Oncol*. 2020. No. 10. P. 111. doi:10.3389/fonc.2020.00111.
14. Zhu F., Abbas S.R., Bologna R.M., Levin N.W., Kotanko P. Monitoring of Intraperitoneal Fluid Volume during Peritoneal Equilibration Testing using Segmental Bioimpedance // *Kidney Blood Press Res*. 2019. V.44, No. 6. P. 1465-1475. doi:10.1159/000503924.
15. Park J.H., Jo Y.I., Lee J.H. Clinical Usefulness of Bioimpedance Analysis for Assessing Volume Status in Patients Receiving Maintenance Dialysis // *Korean J. Intern. Med.* 2018. V.33, No. 4. P. 660-669. doi:10.3904/kjim.2018.197.
16. Hinrichs P., Cagle J.C., Sanders J.E. A Portable Bioimpedance Instrument for Monitoring Residual Limb Fluid Volume in People with Transtibial Limb Loss: A Technical Note // *Med. Eng. Phys.* 2019. No. 68. P. 101-107. doi:10.1016/j.medengphy.2019.04.002.
17. Du Z., Wan H., Chen Y., Pu Y., Wang X. Bioimpedance Spectroscopy Can Precisely Discriminate Human Breast Carcinoma from Benign Tumors // *Medicine* (Baltimore). 2017. V.96, No. 4. P. e5970. doi:10.1097/MD.0000000000005970.
18. Khalil S.F., Mohktar M.S., Ibrahim F. Bioimpedance Vector Analysis in Diagnosing Severe and Non-Severe Dengue Patients // *Sensors* (Basel). 2016. V.16, No. 6. P. 911. doi:10.3390/s16060911.

## REFERENCES

1. Nikolayev D.V., Smirnov A.V., Bobrinskaya I.G., et al. Bioimpedansnyy Analiz Sostava Tela Cheloveka = Bioimpedance Analysis of Human Body Composition Moscow, Nauka Publ., 2009. 392 p. (In Russ.).
2. Nikolayev D.V., Shchelykalina S.P. Leksii po Bioimpedansnomu Analizu Sostava Tela Cheloveka = Lectures on Bioimpedance Analysis of Human Body Composition. Moscow Publ., 2016. 152 p. (In Russ.).
3. Khalil S.F., et al. The Theory and Fundamentals of Bioimpedance Analysis in Clinical Status Monitoring and Diagnosis of Diseases. *Sensors* (Basel). 2014;14:6:10895-10928. doi:10.3390/s140610895.
4. Petrushova O.P., Allakin Yu.A., Pashin A.A., Vasilyev A.V. Body Composition Measurement and Estimation of Technical and Tactical Abilities in Current and Stage Complex Inspection of Sportsmen. *Mezhdunarodnyy Nauchno-Issledovatel'skiy Zhurnal*. 2014;5-1(24):26-28 (In Russ.).
5. Rylova N.V., Zholinskiy A.V., Biktimirova A.A. Carnitine Metabolism and Maximum Oxygen Consumption in Young Athletes. *Rossiyskiy Vestnik Perinatologii i Pediatrii = Russian Bulletin of Perinatology and Pediatrics*. 2019;64;5:209-214 (In Russ.).
6. Trushina E.N., Vyborno V.D., Riger N.A., Mustafina O.K., Solntseva T.N., Timonin A.N., Ziлова I.S., Radzhabkadiyev R. M. The Efficiency of Branched Chain Aminoacids (BCAA) in the Nutrition of Combat Sport Athletes. *Voprosy Pitaniya = Problems of Nutrition*. 2019;88;4:48-56 (In Russ.).
7. Rylova N.V. Actual Aspects of Studying Athlete's Body Composition. *Kazanskiy Meditsinskiy Zhurnal = Kazan Medical Journal*. 2014;95;1:108-111 (In Russ.).
8. Perevoshchikova N.K., Seliverstov I.A., Drakina S.A., Chernykh N.S. Biopedance Analysis in Clinical Practice. *Mat i ditya v Kuzbasse = Mother and Baby in Kuzbass*. 2021;3:11-20. doi: 10.24412/2686-7338-2021-3-11-20 (In Russ.).
9. Ilyashenko K.K., Luzhnikov Ye.A., Simonova A.Yu., Yelkov A.N., Kapitanov Ye.N., Nikolayev D.V. Water Balance Estimation in Patients with Acute Poisonings Due to Psychotropic Agents. *Obschchaya Reanimatologiya = General Reanimatology*. 2010;6;6:34. <https://doi.org/10.15360/1813-9779-2010-6-34> (In Russ.).
10. Aspromonte N., Cruz D.N., Ronco C., Valle R. Role of Bioimpedance Vectorial Analysis in Cardio-Renal Syndromes. *Semin Nephrol*. 2012;32;1:93-99. doi:10.1016/j.semnephrol.2011.11.012.
11. Karpavičiūtė J., Skarupskienė I., Balčiuvienė V., Vaičiūnienė R., Žiginskienė E., Bumblytė I.A. Assessment of Fluid Status by Bioimpedance Analysis and Central Venous Pressure Measurement and Their Association with the Outcomes of Severe Acute Kidney Injury. *Medicina* (Kaunas). 2021;57;6:518. doi:10.3390/medicina57060518.
12. Cardoso L.V., de Fátima Guerreiro Godoy M., Czorny R.C.N., Pereira de Godoy J.M. Using Bioelectrical Impedance Analysis to Compare the Treatment of Edema with the Unna's Boot and Noncompression in Individuals with Venous Ulcers. *J. Vasc. Nurs.* 2019;37;1:58-63. doi:10.1016/j.jvn.2018.11.003.
13. Cho K.H., Han E.Y., Lee S.A., Park H., Lee C., Im S.H. Feasibility of Bioimpedance Analysis to Assess the Outcome of Complex Decongestive Therapy in Cancer Treatment-Related Lymphedema. *Front Oncol*. 2020;10:111. doi:10.3389/fonc.2020.00111.
14. Zhu F., Abbas S.R., Bologna R.M., Levin N.W., Kotanko P. Monitoring of Intraperitoneal Fluid Volume during Peritoneal Equilibration Testing using Segmental Bioimpedance. *Kidney Blood Press Res*. 2019;44;6:1465-1475. doi:10.1159/000503924.
15. Park J.H., Jo Y.I., Lee J.H. Clinical Usefulness of Bioimpedance Analysis for Assessing Volume Status in Patients Receiving Maintenance Dialysis. *Korean J. Intern. Med.* 2018;33;4:660-669. doi:10.3904/kjim.2018.197.
16. Hinrichs P., Cagle J.C., Sanders J.E. A Portable Bioimpedance Instrument for Monitoring Residual Limb Fluid Volume in People with Transtibial Limb Loss: A Technical Note. *Med. Eng. Phys.* 2019;68:101-107. doi:10.1016/j.medengphy.2019.04.002.
17. Du Z., Wan H., Chen Y., Pu Y., Wang X. Bioimpedance Spectroscopy Can Precisely Discriminate Human Breast Carcinoma from Benign Tumors. *Medicine* (Baltimore). 2017;96;4:e5970. doi:10.1097/MD.0000000000005970.
18. Khalil S.F., Mohktar M.S., Ibrahim F. Bioimpedance Vector Analysis in Diagnosing Severe and Non-Severe Dengue Patients. *Sensors* (Basel). 2016;16;6:911. doi:10.3390/s16060911.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки.

**Участие авторов.** Статья подготовлена с равным участием авторов.

**Поступила:** 01.08.2022. Принята к публикации: 29.08.2022.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

**Financing.** The study had no sponsorship.

**Contribution.** Article was prepared with equal participation of the authors.

**Article received:** 01.08.2022.. Accepted for publication: 29.08.2022