

УДК 612-071.3-053-057.36:572.087

<https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-3-01>

Использование биоимпедансного анализа для оценки компонентного состава тела при обследовании школьников, спортсменов и военнослужащих

Д. А. Прокопович, В. А. Мельник, С. Н. Самусева, Л. А. Белая

Гомельский государственный медицинский университет, г. Гомель, Беларусь

Резюме

Статья представляет собой аналитический обзор отечественных и зарубежных литературных источников, посвященных применению биоимпедансного анализа (БИА) для оценки компонентного состава тела человека. Рассмотрены история развития метода, его физические основы и методические особенности проведения исследования. Особое внимание уделено использованию биоимпедансометрии в совокупности с антропометрическими методиками при обследовании детей школьного возраста, в том числе проживающих в сельской местности. Проанализированы работы, характеризующие роль БИА в спортивной медицине: оценка тренировочного процесса, спортивный отбор и профилирование по видам спорта, включая легкую атлетику. Представлены данные о применении биоимпедансного метода в сочетании с антропометрией для обследования военнослужащих. Обосновывается целесообразность включения БИА в стандарты комплексного обследования различных популяционных групп.

Ключевые слова: биоимпедансный анализ, компонентный состав тела, фазовый угол, физическое развитие, антропометрия, школьники, спортивный отбор, военнослужащие

Вклад авторов. Все авторы внесли существенный вклад в проведение поисково-аналитической работы и подготовку статьи, прочитали и одобрили финальную версию для публикации.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Источники финансирования. Финансовая поддержка данного исследования не осуществлялась.

Для цитирования: Прокопович ДА, Мельник ВА, Самусева СН, Белая ЛА. Использование биоимпедансного анализа для оценки компонентного состава тела при обследовании школьников, спортсменов и военнослужащих. Проблемы здоровья и экологии. 2026;23(3):07–13. DOI: <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-3-01>

The use of bioimpedance analysis to assess body composition in screening of school students, sportsmen and military personnel

Dzmitry A. Prakapovich, Viktor A. Melnik, Svetlana N. Samuseva,
Ludmila A. Belaya

Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

Abstract

This article presents an analytical review of national and international literature sources dedicated to the use of bioimpedance analysis (BIA) to assess the body composition of humans. It examines the history of the method's development, its physical principles and the methodological aspects of research conducting. Particular attention is paid to the use of bioimpedance analysis in conjunction with anthropometric methods when examining school-age children, including those living in rural areas. Studies characterising the role of BIA in sports medicine are analysed: assessment of the training process, sports selection and profiling by sport, including athletics. Data on the application of the bioimpedance method in combination with anthropometry for the examination of military personnel were presented. The feasibility of including BIA in the standards for comprehensive examination of various population groups is justified.

Keywords: bioimpedance analysis, body composition of humans, phase angle, physical development, anthropometry, school students, sports selection, military personnel

Author contributions. All authors made significant contributions to the research and analysis, preparation of the article, and read and approved the final version for publication.

Conflict of interest. The authors declare no conflicts of interest.

Funding. This study received no financial support.

For citation: Prokopovich DA, Melnik VA, Samuseva SN, Belaya LA. The use of bioimpedance analysis to assess body composition in screening of school students, sportsmen and military personnel. *Health and Ecology Issues*. 2026;23(3):07–13. DOI: <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-3-01>

Введение

Физическое развитие (ФР) является одним из ключевых критериев здоровья человека и индикатором благополучия популяции. Это закономерный процесс изменения морфологических и функциональных характеристик организма, тесно связанный с возрастом, полом, состоянием здоровья, наследственностью и условиями жизни [1, 2]. Систематический мониторинг показателей ФР позволяет своевременно выявлять нарушения нутритивного статуса, отклонения в росте и массе тела, которые могут быть ранними признаками различных заболеваний.

Традиционно для оценки ФР применяются антропометрические методы, основанные на измерении тотальных размеров тела, обхватных размеров и толщины кожно-жировых складок. Однако антропометрия не позволяет в полной мере оценить тощую массу тела и дифференцировать подкожную и висцеральную жировую ткань [3, 4]. Индекс массы тела (ИМТ), являясь расчетным антропометрическим индексом, обладает слабой диагностической чувствительностью (порядка 50 %) при оценке ожирения на индивидуальном уровне и не учитывает соотношение жирового и безжирового компонентов [3].

В этих условиях возрастает значимость БИА — метода, основанного на измерении электрической проводимости биологических тканей, позволяющего оценить широкий спектр морфологических и физиологических параметров организма: жировую и безжировую (тощую) массу, скелетно-мышечную массу, содержание воды, активную клеточную массу, величину основного обмена и фазовый угол импеданса [3, 5, 6].

Актуальность настоящего обзора обусловлена необходимостью систематизации современных данных о применении БИА в различных областях — от педиатрической практики и исследований школьников до спортивного отбора в легкой атлетике и оценки состава тела военнослужащих.

История развития биоимпедансного анализа

Изучение электрической проводимости биологических объектов берет начало в 1880 г., когда В. Томсон провел первые эксперименты в этой области. Основополагающие результаты

были получены в первой половине XX в.: установлены типичные значения удельного сопротивления и диэлектрической проницаемости тканей, органов и жидких сред живого организма. С этими достижениями связаны имена Г. Фрике, К. Коула, Б. Н. Тарусова, Г. Шванна и других исследователей [3, 7, 8].

Практическое применение БИА для характеристики состава тела принято связывать с работами французского анестезиолога М. Thomasset, выполненными в 1962 г. Он впервые определил общее содержание воды в организме на основании показателей электрического импеданса с помощью двух игольчатых электродов, введенных под кожу, и связал параметры тела человека с электрическим импедансом [8]. В 1969 г. E. Noffer и соавторы показали высокую корреляцию ($r = 0,92$) между индексом импеданса ($\text{рост}^2/\text{импеданс}$) и величиной общего содержания воды в организме, что открыло возможности для применения метода в клинических исследованиях [9].

Первые серийные биоимпедансные анализаторы появились в США в конце 1970-х гг. В дальнейшем Н. Lukaski, Р. Kushner и D. Schoeller модифицировали расчетные уравнения с учетом таких параметров, как индекс импеданса, масса тела, пол и реактивное сопротивление [10, 11, 29]. В 1992 г. R. Kushner предложил рассматривать тело человека не как изотропный проводник, а как систему из пяти цилиндров (две руки, две ноги, туловище) [11].

В 1996 г. южнокорейский ученый Ki-Chul Cha основал компанию InBody и разработал первый восьмиполярный биоимпедансный анализатор, использующий восемь тактильных электродов, что позволило повысить точность оценки компонентного состава тела без применения специфических формул [12]. В России развитие БИА связано с работами Б. Н. Тарусова (1934–1938), а верификация отечественного анализатора ABC-01 «Медасс» проводилась в ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи» в 2004–2009 гг. с использованием рентгеновской денситометрии и непрямой калориметрии [7, 13].

Современным примером развития многофункциональных диагностических платформ с интегрированным модулем биоимпедансо-

метрии является аппаратно-программный комплекс «Медсканер БИОРС-05» (ООО «БИОРС», Россия), созданный в 2017 г. и включенный в Перечень инновационной высокотехнологичной продукции г. Москвы. Комплекс объединяет пять технологий неинвазивного обследования — пульсоксиметрию, фотоплетизмографию, биоимпедансометрию, электрокардиографию и электросоматографию. Для расчета показателей состава тела применяются алгоритмы, основанные на фундаментальных работах Д. В. Николаева и других специалистов в области медицинской физики [4, 6]. Прибор имеет регистрационное удостоверение Росздравнадзора и сертификат качества ISO 13485, прошел апробацию в ряде медицинских учреждений, включая военные санатории Министерства обороны Российской Федерации. Портативность комплекса и возможность проведения обследования вне стационарных условий делают БИОРС-05 особенно перспективным для полевых исследований физического развития детского населения, в том числе в сельской местности¹.

Физические основы и методика биоимпедансометрии

Электрический импеданс биологических тканей включает два компонента: активное (омическое) сопротивление R и реактивное сопротивление X . Субстратом активного сопротивления являются биологические жидкости (вне- и внутриклеточная), обладающие ионным механизмом проводимости, а субстратом реактивного — клеточные мембраны, способные накапливать электрический заряд [3, 5]. Значения активного сопротивления на различных частотах используются для оценки общего объема воды организма, безжировой и скелетно-мышечной массы, а по величине реактивной составляющей рассчитываются основной обмен и активная клеточная масса [3, 4].

Биоимпедансные анализаторы классифицируются по частоте зондирующего тока (одночастотные, как правило, — 50 кГц, двух- и многочастотные — от 1 кГц до 1,3 МГц), по объекту измерений (интегральные, локальные, полисегментные) и по тактике (одноразовые, эпизодические, мониторные) [3, 4]. Для описания состава тела наиболее часто используются двух- или четырехкомпонентные модели с расположением электродов на голеностопах и запястьях.

Процедура БИА является неинвазивной и безболезненной, занимает менее одной минуты. Перед обследованием измеряются рост, масса тела, обхваты талии и бедер. Пациент лежит на спине, он изолирован от электропро-

водящих предметов, электроды накладываются на дистальные участки конечностей. Противопоказанием является только наличие кардиостимулятора [3, 6].

Основные параметры, оцениваемые методом БИА, включают: жировую массу (абсолютную и относительную), безжировую (тощую) массу, скелетно-мышечную массу, общую воду организма (с разделением на вне- и внутриклеточную), активную клеточную массу, основной обмен веществ и фазовый угол (ФУ) импеданса [3, 4, 6, 7].

Фазовый угол импеданса как интегральный показатель

Отдельного внимания заслуживает ФУ биоимпеданса, определяемый как арктангенс отношения реактивного и активного сопротивлений. ФУ характеризует упорядоченность клеточных структур и интенсивность обменных процессов, является показателем тренированности и выносливости организма [14]. В норме значение ФУ при частоте тока 50 кГц составляет у мужчин $7,6 \pm 1^\circ$, у женщин — $6,9 \pm 1,3^\circ$ (пределы — $3\text{--}10^\circ$, международная норма — $5,4\text{--}7,8^\circ$) [3]. У спортсменов высших достижений ФУ может достигать $8\text{--}9^\circ$ и выше, тогда как при хронических заболеваниях с преобладанием катаболических процессов (онкологические заболевания, туберкулез, цирроз печени) этот показатель существенно снижается и коррелирует с неблагоприятным прогнозом [15].

Применение БИА при обследовании детей школьного возраста

Потребность в динамическом наблюдении за ФР растущего организма делает особенно актуальным использование БИА в педиатрической практике. Метод обладает такими преимуществами, как неинвазивность, портативность и возможность безопасного повторения исследований в динамике [3, 5]. Большинство исследователей считают, что оптимальный возраст для начала проведения БИА — 7–10 лет, поскольку основной сложностью у детей младшего возраста является необходимость нахождения в неподвижной позе в течение процедуры [3].

Исследования, посвященные особенностям ФР детей и подростков в зависимости от условий проживания, представляют особый интерес для разработки профилактических мероприятий на конкретной территории. Так, Н. И. Латышевская и В. Н. Рудыкина в работах по комплексной оценке ФР школьников начальных классов (7–10 лет), проживающих в сельской местности, не выявили

¹Аппаратно-программный комплекс «Медсканер БИОРС-05»: технические характеристики и руководство по эксплуатации / ООО «БИОРС». – М., 2017.

достоверных различий морфофункциональных признаков между городскими и сельскими детьми, однако обнаружили различия по показателям дефицита и избытка массы тела между учащимися различных типов сельских школ [16].

Так, В. А. Бацевич и коллеги провели биоимпедансное исследование городских и сельских школьников Республики Тыва (Российская Федерация), показав относительно небольшой разрыв физических характеристик между группами с разной степенью урбанизации, при этом выявив значительные дезадаптивные изменения среди коренного населения [17]. Исследования в Республике Марий Эл (Российская Федерация) продемонстрировали более высокую распространенность гиподинамии среди сельских детей и подростков в сравнении с городскими [18].

Обследовав школьников разных возрастных групп методом БИА, И. Е. Штина и соавторы, выявили снижение доли жировой массы у каждого пятого первоклассника и избыток — у каждого четвертого, а у 40 % учащихся основной школы зарегистрировали признаки гиподинамии (снижение ФУ) и избыток жировой массы. У старшеклассников наибольшая частота избытка жировой массы составила 45 % при одновременной недостаточности скелетно-мышечной массы у 12,5 % [19].

При анализе данных 540 школьников Дальневосточного региона России Т. В. Чепель и А. А. Ладная выявили нормальные показатели безжировой массы у 45,8–76 % детей. Нормальное содержание общей воды отмечалось у 60,2 % обследованных, при этом у девочек превышение данного показателя расценивалось как склонность к водно-электролитным нарушениям [18].

Репрезентативность данных биоимпедансного обследования московских школьников в центрах здоровья подтвердила А. В. Анисимова с соавторами, показав информативность методики и целесообразность использования референсных данных для популяционного скрининга [20].

Биоимпедансометрия в спортивной медицине и спортивном отборе

Биоимпедансный метод активно используется в спортивной медицине начиная с 1960-х гг. Он позволяет объективно контролировать объем мышечной массы спортсмена, его физическую активность и выносливость. В соответствии с результатами БИА корректируются нагрузка, режим питания, рацион и суточный калораж, что обеспечивает достижение высоких спортивных результатов [13, 14]. Биоимпедансометрия включена в методические рекомендации по оценке эффективности реабилитационных мероприятий у спортсменов.

Изменения относительного содержания жировой и мышечной ткани, оцениваемые методом БИА, служат индикатором как оптимальной тактики подготовки, так и признаков перетренированности или недостаточности общей физической подготовки. П. К. Прусов продемонстрировал взаимосвязи показателей биоимпеданса с ФР и работоспособностью юных спортсменов [3].

Фазовый угол импеданса рассматривается как маркер предстартовой готовности в спорте высших достижений. У обычных активных людей ФУ составляет 6–7°, при регулярных занятиях спортом достигает 8°, а у элитных спортсменов может превышать 9° [15].

Спортивный отбор носит многолетний многоступенчатый характер и предполагает оценку комплекса показателей: морфологического статуса, уровня развития физических качеств, состояния функциональных систем организма и свойств высшей нервной деятельности [21]. Для бегунов на средние и длинные дистанции среди наиболее валидных функциональных показателей выделяются МПК и МПК/кг, кислородный пульс, а из показателей телосложения — длиннотные размеры тела, относительная поверхность тела и относительная масса мышечной ткани [21].

В исследовании морфотипологического и психомоторного статуса начинающих легкоатлетов 12–13 лет А. С. Белякова показала, что среди мальчиков преобладает дигестивный соматотип (43,8 %), далее — астеноидный (37,5 %) и мышечный (18,8 %), а среди девочек — дигестивный (37 %), далее — торакальный (32 %), мышечный (21 %) и астеноидный (10 %). Показатели представителей разных соматотипов достоверно различались по большинству морфофункциональных параметров [22].

Исследование выявило, что юные спортсмены мышечного типа телосложения показывают наилучшие результаты по реагирующим показателям (время реакции на свет у мальчиков мышечного типа — 250 ± 14 мс против 330 ± 28 мс у астеноидного и 311 ± 19 мс у дигестивного), что критически важно для спринтерского бега. Спортсмены астеноидного типа демонстрируют лучшие показатели чувства времени и дифференцирования пространственных параметров, что значимо для бега на средние дистанции и марафона. Представители дигестивного типа наиболее способны к точности оценки пространственных и силовых параметров движения, что актуально для метаний [22].

Таким образом, использование БИА совместно с соматотипированием и психомоторным тестированием позволяет более точно осуществлять раннюю спортивную ориентацию в легкой атлетике, учитывая не только среднегруп-

повые данные, но и индивидуальные типологические особенности организма [21, 22].

Применение БИА при обследовании военнослужащих

Оценка состава тела военнослужащих имеет принципиальное значение для определения физической готовности к службе, прогнозирования риска травм и оптимизации тренировочных программ. Традиционно в вооруженных силах различных стран используются таблицы «масса тела — рост» и измерение обхватов тела для расчета процента жировой массы. Однако метод ИМТ признан невалидным для оценки состава тела у солдат, поскольку не дифференцирует мышечную и жировую массу [23, 24].

Исследование А. Aandstad и соавторов (2014), выполненное на 65 военнослужащих обоих полов, показало, что однополярный биоимпедансный анализ (SF-BIA) является наиболее надежным полевым методом определения процента жировой массы как у мужчин, так и у женщин. У женщин-военнослужащих SF-BIA продемонстрировал также наибольшую валидность по сравнению с эталонным методом двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии (DEXA), тогда как у мужчин наивысшая точность достигалась при комбинации калиперометрии и BIA [23].

Исследование многочастотного биоимпедансного анализа (InBody 770) на когорте здоровых молодых людей призывного возраста, проведенное в 2024 г., подтвердило высокую тест-ретестовую надежность и стабильность измерений основных компонентов состава тела, при этом выявив систематическое отклонение около 3 % в оценке жировой массы по сравнению с эталонными методами. Авторы рекомендовали данный прибор для дальнейшего тестирования в качестве нового стандарта оценки соответствия военным нормативам по содержанию жира [25].

Работа бразильских исследователей, выполненная в 2022 г., продемонстрировала, что специфический биоимпедансный векторный анализ (spBIVA) является адекватной методикой для оценки состава тела военнослужащих, позволяющей отслеживать изменения тощей массы, жировой массы и мышечной массы в процессе физической подготовки [26].

Исследование точности предикторных уравнений БИА для оценки изменений безжировой массы у 310 бразильских армейских кадетов после 7 месяцев военной подготовки, проведенное в 2018 г., показало, что стандартные уравнения оказались невалидными для данной популяции, однако уравнение, специфичное для данной выборки, продемонстрировало хорошую альтернативу DEXA [27].

Таким образом, зарубежный опыт свидетельствует о целесообразности включения БИА в стандартные протоколы обследования военнослужащих как дополнение к традиционной антропометрии, особенно при необходимости динамического контроля состава тела в процессе физической подготовки.

Сравнительная оценка биоимпедансометрии и антропометрии

Согласно выводам А. П. Анищенко, результаты антропометрических исследований и БИА в целом сопоставимы, однако антропометрия приемлема лишь для эпидемиологического анализа, тогда как для расчета индивидуального риска более адекватен БИА, обладающий корреляцией до 99 % с методом денситометрии [28]. Величина жировой массы, определяемая антропометрическими формулами, коррелирует с данными БИА в широких пределах ($r = 0,5–0,98$), а различия результатов порой достигают 15 % [3].

Принципиальным преимуществом БИА перед антропометрией является возможность оценки параметров, недоступных при традиционных измерениях общего содержания воды, уровня основного обмена, активной клеточной массы и фазового угла. Эти показатели существенны для полноценной характеристики состава тела и являются информативными критериями границ нормальной и патологической изменчивости [3, 11].

Исследования Н. З. Башун доказывают, что оценка состава тела должна проводиться не по антропометрическим индексам, а на основе аппаратных методов, использующих биофизические свойства тканей организма, что особенно важно для профилактической медицины [5].

Заключение

Проведенный анализ отечественных и зарубежных литературных источников свидетельствует о том, что БИА является высокоинформативным, неинвазивным и безопасным методом оценки компонентного состава тела человека. Метод обладает рядом существенных преимуществ: портативностью, безболезненностью процедуры, возможностью многократного повторения исследования в динамике, что особенно актуально в педиатрической и спортивной практике.

В контексте исследований физического развития сельских школьников БИА позволяет выявить скрытые нарушения нутритивного статуса, недоступные при стандартной антропометрии: снижение активной клеточной массы, признаки гиподинамии, дисбаланс жировой и безжировой массы. Отклонения показателей состава тела от возрастных трендов могут служить критериями

отнесения детей к группам риска для разработки индивидуальных программ профилактики.

В спортивной медицине и легкоатлетическом отборе биоимпедансометрия, дополненная соматотипированием и функциональным тестированием, обеспечивает индивидуализацию тренировочного процесса, более точную раннюю ориентацию юных спортсменов на конкретные дисциплины и объективный контроль эффективности подготовки.

Зарубежный опыт применения БИА при обследовании военнослужащих подтверждает его

надежность и практическую пригодность как полевого метода, превосходящего традиционную антропометрию по информативности оценки индивидуального состава тела.

Перспективным направлением является повсеместное внедрение БИА в комплексные программы обследования населения — школьников, спортсменов и военнослужащих с целью мониторинга здоровья, ранней диагностики метаболических нарушений и персонализации профилактических мероприятий.

Список литературы / References

1. Скоблиной Н.А., Милушкиной О. Ю., Попова В. И, ред. Физическое развитие детей: методические аспекты: монография. Москва: Научная книга; 2020. 178 с.
2. Skoblina NA, Milushkina OYu, Popov VI, edit. Physical development of children: methodological aspects: monograph. Moscow: Nauchnaya kniga; 2020. 178 p. (In Russ.).
3. Миклашевская Н.Н., Соловьёва В.С., Година Е.З. Ростовые процессы у детей и подростков. Москва: Изд-во МГУ; 1988. 184 с.
4. Miklashevskaya NN, Solovyova VS, Godina EZ. Growth processes in children and adolescents. Moscow: MGU Publishing; 1988. 184 p. (In Russ.).
5. Гайворонский И.В., Ничипорук Г.И., Гайворонский И.Н., Ничипорук Н.Г. Биоимпедансометрия как метод оценки компонентного состава тела человека (обзор литературы). *Вестник Санкт-Петербургского университета. Медицина*. 2017;12(4):365-384.
6. Gaivoronskiy IV, Nichiporuk GI, Gaivoronskiy IN, Nichiporuk NG. Bioimpedance as a method of the component body-structure assessment (review). *Vestnik of Saint Petersburg University. Medicine*. 2017;12(4):365-384. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21638/11701/spbu11.2017.406>
7. Николаев Д.В., Щелькалина С.П. Лекции по биоимпедансному анализу состава тела человека. Москва: РИО ЦНИИОИЗ МЗ РФ; 2016. 152 с.
8. Nikolaev DV, Shchelykalina SP. Lectures on bioimpedance analysis of human body composition. Moscow: RIO TsNIIOIZ MZ RF; 2016. 152 p. (In Russ.).
9. Башун Н.З., Карбаускиене В., Чекедь А.В. Биоимпедансный анализ как метод оценки структурных и функциональных особенностей состава тела человека. *Ceteris Paribus*. 2015;(4):7-10.
10. Bashun NZ, Karbauskienė V, Chekel AV. Bioimpedance analysis as a method for assessing structural and functional features of human body composition. *Ceteris Paribus*. 2015;(4):7-10. (In Russ.).
11. Николаев Д.В., Смирнов А.В., Бобринская И.Г., Руднев С.Г. Биоимпедансный анализ состава тела человека. Москва: Наука; 2009. 392 с.
12. Nikolaev DV, Smirnov AV, Bobrinskaya IG, Rudnev SG. Bioimpedance analysis of human body composition. Moscow: Nauka; 2009. 392 p. (In Russ.).
13. Тарусов Б.Н. О диэлектрической константе мышцы. *Доклады АН СССР*. 1934;3(5):353-356.
14. Tarusov BN. On the dielectric constant of muscle. *Doklady Akademii Nauk SSSR*. 1934;3(5):353-356. (In Russ.).
15. Thomasset MA. Bioelectric properties of tissue. Impedance measurement in clinical medicine. *Lyon Medical*. 1962;94:107-118.
16. Hoffer EC, Meador CK, Simpson DC. Correlation of whole-body impedance with total body water volume. *J Appl Physiol*. 1969;27(4):531-534. DOI: <https://doi.org/10.1152/jappl.1969.27.4.531>
17. Lukaski HC, Bolonchuk WW, Hall CB, Siders WA. Validation of tetrapolar bioelectrical impedance method to assess human body composition. *J Appl Physiol*. 1986;60(4):1327-1332. DOI: <https://doi.org/10.1152/jappl.1986.60.4.1327>
18. Kushner RF. Bioelectrical impedance analysis: a review of principles and applications. *J Am Coll Nutr*. 1992;11(2):199-209.
19. Драпкина О.М., Максимова О.А., Шептулина А.Ф., Джигоева О.Н. Биоимпедансный анализ состава тела: что важно знать терапевту? *Профилактическая медицина*. 2022;25(10):91-96.
20. Drapkina OM, Maksimova OA, Sheptulina AF, Dzhigoyeva ON. Bioimpedance analysis of body composition: what should general practitioner know? *Russian Journal of Preventive Medicine*. 2022;25(10):91-96. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17116/profmed20222510191>
21. Руднев С.Г., Никитюк Д.Б., Клирин А.И. и др. Биоимпедансное исследование состава тела населения России. Москва: РИО ФГБУ «ЦНИИОИЗ» Минздрава РФ; 2014. 493 с.
22. Rudnev SG, Nikityuk DB, Klorin AI, et al. Bioimpedance study of body composition of the Russian population. Moscow: RIO TsNIIOIZ; 2014. 493 p. (In Russ.).
23. Колосов Н.И., Лопарёва М.А., Денисов Е.Н. и др. Биоимпедансный анализ физического развития учеников 9 класса. *Молодой учёный*. 2018;(15):154-157.
24. Kolosov NI, Lopareva MA, Denisov EN, et al. Bioimpedance analysis of physical development of 9th grade students. *Molodoy Ucheny*. 2018;(15):154-157. (In Russ.).
25. Bösny-Westphal A, Danielzik S, Dörhöfer R-P, Later W, Wiese S, Müller MJ. Phase angle from bioelectrical impedance analysis: population reference values by age, sex, and body mass index. *JPEN J Parenter Enteral Nutr*. 2006;30(4):309-316. DOI: <https://doi.org/10.1177/0148607106030004309>
26. Латышевская Н.И., Рудыкина В.Н. Особенности физического развития младших школьников, проживающих в сельской местности. *Вестник Волгоградского государственного медицинского университета*. 2017;2(62):71-73.
27. Latyshevskaya NI, Rudykina VN. Features of physical development of junior schoolchildren living in rural areas. *Vestnik Volgogradskogo Gosudarstvennogo Meditsinskogo Universiteta*. 2017;2(62):71-73. (In Russ.).
28. Бацевич В.А., Пермьякова Е.Ю., Машина Д.А. и др. Сравнение городской и сельской групп детей школьного возраста Республики Тыва по данным биоимпедансного анализа в условиях «трансформации» традиционного образа жизни. *Вестник археологии, антропологии и этнографии*. 2020;4(51):148-160.
29. Batsevich VA, Permyakova EYu, Mashina DA, et al. Comparison of urban and rural groups of school-age children of the Republic of Tuva based on bioimpedance analysis data. *Vestnik Arkheologii, Antropologii i Etnografii*. 2020;4(51):148-160. (In Russ.).
30. Чепель Т.В., Ладная А.А. Биоимпедансометрия: достижения и клинические возможности (обзор литературы). *Дальневосточный медицинский журнал*. 2020;(2):87-96.
31. Chepel TV, Ladnaya AA. Bioimpedancemetry: achievements

- ments and clinical possibilities (literature review). *Far Eastern Medical Journal*. 2020;(2):87-96. (In Russ.).
DOI: <https://doi.org/10.35177/1994-5191-2020-2-86-95>
19. Штина И.Е., Валина С.Л., Устинова О.Ю., Маклакова О.А. Возрастные особенности компонентного состава тела у школьников. *Вестник Пермского университета. Серия: Биология*. 2019;(4):496-500.
Shtina IE, Valina SL, Ustinova OYu, Maklakova OA. Age-related features of component body composition in schoolchildren. *Vestnik Permskogo Universiteta. Seriya: Biologiya*. 2019;(4):496-500. (In Russ.).
20. Анисимова А.В., Руднев С.Г., Година Е.З. и др. Состав тела московских детей и подростков: оценка репрезентативности данных биоимпедансного обследования в центрах здоровья. *Лечение и профилактика*. 2014;(1):24-29.
Anisimova AV, Rudnev SG, Godina EZ, et al. Body composition of Moscow children and adolescents: assessment of representativeness of bioimpedance survey data in health centers. *Lechenie i Profilaktika*. 2014;(1):24-29. (In Russ.).
21. Сячин В.Д., Чернов С.С., Степанова А.М. Основы отбора в циклических видах лёгкой атлетики, требующих преимущественного проявления выносливости. *Известия Тульского государственного университета. Физическая культура. Спорт*. 2018;(1):187-192.
Syachin VD, Chernov SS, Stepanova AM. Fundamentals of selection in cyclic types of athletics requiring predominant manifestation of endurance. *Izvestiya Tula State University. Physical Culture. Sport*. 2018;(1):187-192. (In Russ.).
22. Белякова А.С. Морфотипологический и психомоторный статус начинающих легкоатлетов. *Вестник Нижневартского государственного университета*. 2018;(3):110-117.
Belyakova A.S. Morphotypological and psychomotor status of novice track and field athletes. *Vestnik Nizhnevartovskogo Gosudarstvennogo Universiteta*. 2018;(3):110-117. (In Russ.).
23. Aandstad A, Holtberget K, Hageberg R, Holme I, Anderssen SA. Validity and reliability of bioelectrical impedance analysis and skinfold thickness in predicting body fat in military personnel. *Mil Med*. 2014;179(2):208-217.
DOI: <https://doi.org/10.7205/MILMED-D-12-00545>
24. Friedl KE, DeLuca JP, Marchitelli LJ, Vogel JA. Military application of body composition assessment technologies. In: Carlson-Newberry SJ, Costello RB, editors. *Emerging Technologies for Nutrition Research*. Washington DC: National Academy Press; 1997. p. 169-192.
25. Looney DP, Schafer EA, Chapman CL, Pryor RR, Potter AW, Roberts BM, et al. Reliability, biological variability, and accuracy of multi-frequency bioelectrical impedance analysis for measuring body composition components. *Front Nutr*. 2024;11:1491931.
DOI: <https://doi.org/10.3389/fnut.2024.1491931>
26. Gobbo LA, Langer RD, Marini E, Buffa R, Borges JH, Pascoa MA, et al. Effect of physical training on body composition in Brazilian military. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19(3):1732.
DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph19031732>
27. Langer RD, Matias CN, Borges JH, Cirolini VX, Páscoa MA, Guerra-Júnior G, et al. Accuracy of bioelectrical impedance analysis in estimated longitudinal fat-free mass changes in male army cadets. *Mil Med*. 2018;183(7-8):e324-e331.
DOI: <https://doi.org/10.1093/milmed/usx223>
28. Анищенко А.П., Архангельская А.Н., Рогозная Е.В., Игнатов Н.Г., Гуревич К.Г. Сопоставимость антропометрических измерений и результатов биоимпедансного анализа. *Вестник новых медицинских технологий*. 2016;23(1):138-141.
Anishchenko AP, Arkhangelskaya AN, Rogoznaya EV, Ignatov NG, Gurevich KG. Comparability of anthropometric measurements and bioimpedance analysis results. *Journal of New Medical Technologies*. 2016;23(1):138-141. (In Russ.).
29. Dale A Schoeller. The energy balance equation: looking back and looking forward are two very different views. *Nutrition Reviews* 2009;67(5):249-254.
DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2009.00197.x>

Информация об авторах / Information about the authors

Прокопович Дмитрий Александрович, старший преподаватель военной кафедры, УО «Гомельский государственный медицинский университет», Гомель, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5645-6902>

e-mail: prokopovich@gsmu.by

Мельник Виктор Александрович, д.б.н., профессор, проректор по учебной работе, профессор кафедры нормальной и патологической физиологии, УО «Гомельский государственный медицинский университет», Гомель, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0789-3054>

e-mail: melnik76@tut.by

Самусева Светлана Николаевна, заведующий кафедрой нормальной и патологической физиологии, УО «Гомельский государственный медицинский университет», Гомель, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3624-7614>

e-mail: melniklana26@tut.by

Белая Людмила Александровна, старший преподаватель кафедры нормальной и патологической физиологии, УО «Гомельский государственный медицинский университет», Гомель, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4983-4498>

e-mail: ludok_1985@mail.ru

Dzmitry A. Prakapovich, Senior Lecturer at the Military Department, Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5645-6902>

e-mail: prokopovich@gsmu.by

Viktor A. Melnik, Doctor of Biological Sciences, Professor, Vice-Rector for Academic Affairs, Professor at the Department of Normal and Pathological Physiology, Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0789-3054>

e-mail: melnik76@tut.by

Svetlana N. Samuseva, Head of the Department of Normal and Pathological Physiology, Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3624-7614>

e-mail: melniklana26@tut.by

Ludmila A. Belaya, Senior Lecturer at the Department of Normal and Pathological Physiology, Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4983-4498>

e-mail: ludok_1985@mail.ru

Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

Прокопович Дмитрий Александрович

e-mail: prokopovich@gsmu.by

Dzmitry A. Prakapovich

e-mail: prokopovich@gsmu.by

Поступила в редакцию / Received 01.04.2026

Поступила после рецензирования / Accepted 03.04.2026

Принята к публикации / Revised 03.09.2026