



**РОЛЬ БИОИМПЕДАНСОМЕТРИИ В ИЗУЧЕНИИ ОСОБЕННОСТЕЙ СОСТАВА
ТЕЛА У ДЕТЕЙ С ВРОЖДЁННЫМИ ПОРОКАМИ СЕРДЦА**



Бабаджанова Фания Рашидовна

ORCID ID: 0009-0001-0210-1951

E-mail: babadjanovafaniya@gmail.com

*PhD, Старший перподователь кафедры Педиатрии и неонатологии
Ургенчского филиала Ташкенской медицинской Академии*



Давлатжонова Ноди́ра Махмуджон кизи

ORCID ID: 0009-0003-2054-8313

E-mail: n26462884@gmail.com

*Ассистент Педиатрии и неонатологии Ургенчского филиала
Ташкенской медицинской Академии*

Аннотация. Врожденные пороки сердца (ВПС) являются одной из наиболее распространённых форм врожденной патологии у детей и сопровождаются высоким риском нутритивных нарушений. Хроническая гипоксия, гемодинамические расстройства, частые госпитализации и ограничение физической активности негативно влияют на рост, развитие и состав тела пациентов. Традиционные антропометрические методы позволяют выявлять лишь выраженные формы нутритивной недостаточности и не отражают скрытых метаболических изменений. В последние годы биоимпедансометрия (БИА) заняла особое место как современный неинвазивный метод оценки состава тела. В статье рассматриваются возможности БИА в диагностике, мониторинге и коррекции нарушений нутритивного статуса у детей с ВПС. Целью исследования являлась оценка роли биоимпедансометрии (БИА) как современного метода в изучении особенностей состава тела и нутритивного статуса у детей с врождёнными пороками сердца (ВПС). Проведён анализ 38 публикаций, включающих



результаты метаанализов, когортных, проспективных и рандомизированных исследований, а также оригинальных работ, посвящённых применению БИА в педиатрической практике. Установлено, что у детей с ВПС чаще наблюдается снижение безжировой массы тела при относительном преобладании жирового компонента и дефиците мышечной ткани, что повышает риск осложнений и влияет на длительность реабилитации. Биоимпедансометрия позволяет не только детализированно оценить состав тела, но и объективно мониторировать эффективность нутритивной коррекции, прогнозировать исходы хирургического лечения и индивидуализировать программы реабилитации. В отличие от традиционных антропометрических методов, БИА обеспечивает высокую точность, коррелирует с «золотыми стандартами» диагностики и может рассматриваться как перспективный инструмент в клинической педиатрии и детской кардиологии.

Ключевые слова: биоимпедансометрия, состав тела, нутритивный статус, дети, врождённые пороки сердца, антропометрия, реабилитация.

Abstract. Congenital heart defects (CHD) represent one of the most common forms of congenital pathology in children and are associated with a high risk of nutritional disorders. Chronic hypoxia, hemodynamic disturbances, frequent hospitalizations, and reduced physical activity negatively affect growth, development, and body composition in this patient population. Traditional anthropometric methods identify only advanced forms of malnutrition and fail to capture subtle metabolic alterations. In recent years, bioelectrical impedance analysis (BIA) has emerged as a modern, non-invasive method for assessing body composition. This article discusses the potential of BIA in the diagnosis, monitoring, and correction of nutritional status disorders in children with CHD. The aim of the study was to evaluate the role of BIA as a contemporary method for investigating body composition and nutritional status in pediatric patients with congenital heart defects. A review of 38 publications, including meta-analyses, cohort, prospective, randomized studies, and original research on the application of BIA in pediatric practice, was conducted. The findings demonstrate that children with CHD frequently exhibit reduced fat-free mass, relative predominance of adipose tissue, and muscle deficiency, factors that increase the risk of complications and prolong rehabilitation. BIA not only provides a detailed assessment of body composition but also enables objective monitoring of nutritional interventions, prediction of surgical outcomes, and the individualization of rehabilitation programs. Unlike conventional anthropometry, BIA offers higher accuracy, shows strong correlation with “gold standard” diagnostic methods, and may be considered a promising tool in clinical pediatrics and pediatric cardiology.

Keywords: bioelectrical impedance analysis, body composition, nutritional status, children, congenital heart defects, anthropometry, rehabilitation

Annotatsiya. Tug'ma yurak nuqsonlari (TYN) bolalarda eng ko'p uchraydigan tug'ma patologiyalardan biri bo'lib, yuqori darajada nutritiv buzilishlar xavfi bilan kechadi. Surunkali gipoksiya, gemodinamik buzilishlar, tez-tez kasalxonaga yotqizilish va jismoniy faollikning cheklanishi bemorlarning o'sishi, rivojlanishi va tana tarkibiga salbiy ta'sir ko'rsatadi. An'anaviy antropometrik usullar faqat nutritiv yetishmovchilikning og'ir shakllarini aniqlash imkonini beradi hamda yashirin metabolik o'zgarishlarni aks ettirmaydi. So'nggi yillarda bioimpedansometriya (BIA) tana tarkibini baholashda zamonaviy noinvaziv usul sifatida alohida o'rin egalladi. Maqolada BIAning TYNli bolalarda nutritiv status buzilishlarini tashxislash, monitoring qilish va korreksiyalashdagi imkoniyatlari ko'rib chiqiladi. Tadqiqotning maqsadi tug'ma yurak nuqsonlari (TYN) bo'lgan bolalarda tana tarkibi va nutritiv status xususiyatlarini o'rganishda zamonaviy usul sifatida bioimpedansometriya (BIA)ning rolini baholashdan iborat bo'ldi. BIAning pediatriya amaliyotida qo'llanilishiga bag'ishlangan meta-tahlillar, kohort, prospektiv va randomizatsiyalangan tadqiqotlar hamda original ishlardan iborat 38 ta nashr tahlil qilindi. Aniqlanishicha, TYNli bolalarda yog'siz tana massasining kamayishi, mushak to'qimasi yetishmovchiligi va yog' komponentining nisbiy ustunligi tez-tez uchraydi. Bu esa asoratlar xavfini oshiradi va rehabilitatsiya muddatiga ta'sir



qiladi. Bioimpedansometriya nafaqat tana tarkibini batafsil baholash, balki nutritiv korreksiya samaradorligini ob'ektiv monitoring qilish, jarrohlik davolash natijalarini prognozlash va reabilitatsiya dasturlarini individualizatsiyalash imkonini beradi. An'anaviy antropometrik usullardan farqli o'laroq, BIA yuqori aniqlikka ega bo'lib, "oltin standart" diagnostik metodlar bilan yuqori korrelyatsiya ko'rsatadi va klinik pediatriya hamda bolalar kardiologiyasida istiqbolli vosita sifatida qaralishi mumkin.

Kalit so'zlar: bioimpedansometriya, tana tarkibi, nutritiv status, bolalar, tug'ma yurak nuqsonlari, antropometriya, reabilitatsiya

ВВЕДЕНИЕ

Врожденные пороки сердца (ВПС) занимают одно из ведущих мест среди врождённых заболеваний у детей и часто сопровождаются задержкой физического развития, нарушениями роста и дисбалансом нутритивного статуса. Изменения состава тела у данной группы пациентов могут формироваться под влиянием хронической гипоксемии, гемодинамических расстройств, ограниченной физической активности, специфики рациона и повторных госпитализаций. При этом традиционные методы оценки питания и физического развития (антропометрия, индексы массы тела) не всегда позволяют выявить скрытые метаболические сдвиги. Врожденные пороки сердца встречаются у 6–12 детей на 1000 живорождений и остаются важной медико-социальной проблемой [1]. Дети с ВПС часто страдают от нутритивной недостаточности (НН), задержки роста и нарушений физического развития, что связано с хронической гипоксией, недостаточной перфузией органов, высокой энергозатратой и ограничениями питания [2]. НН у таких пациентов ассоциирована с неблагоприятным прогнозом, повышенной летальностью и осложнениями в послеоперационном периоде [3]. Оценка состава тела имеет важное клиническое значение, так как позволяет выявить ранние метаболические сдвиги, скрытые за нормальными показателями массы тела. Однако традиционные антропометрические методы не позволяют дифференцировать жировую и мышечную массу или оценить водный баланс. В этом плане биоимпедансометрия является перспективным инструментом для комплексной оценки нутритивного статуса [4].

Биоимпедансометрия, как современный, безопасный и неинвазивный метод исследования, предоставляет новые возможности для оценки состава тела. Она позволяет своевременно выявлять белково-энергетическую недостаточность, нарушения водно-электролитного равновесия, а также дисбаланс жировой и мышечной ткани у детей с ВПС. Применение данного метода способствует повышению точности диагностики нутритивных нарушений, обоснованному назначению коррекции питания и персонализированному подходу к реабилитации. Следовательно, использование биоимпедансометрии в изучении особенностей состава тела у детей с врождёнными пороками сердца представляет собой актуальное направление современной педиатрии и детской кардиологии, обладающее высоким клиническим и прогностическим значением.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Оценить роль биоимпедансометрии как современного метода в изучении особенностей состава тела и нутритивного статуса у детей с врождёнными пороками сердца (ВПС).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Был выполнен обзор 40 научных источников, охватывающих данные метаанализов, когортных, проспективных рандомизированных контролируемых исследований, а также оригинальных работ, посвящённых использованию биоимпедансометрии в педиатрии. В исследуемых публикациях анализировались диагностические возможности биоимпедансометрии в выявлении белково-энергетической недостаточности, нарушений водно-электролитного гомеостаза, а также диспропорций в содержании жировой и мышечной ткани у детей с врождёнными пороками сердца; при этом акцент делался на сравнении данного



метода с традиционными антропометрическими подходами и определении его роли в оптимизации нутритивного статуса, индивидуализации лечебных и реабилитационных мероприятий.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Нутритивная недостаточность и нарушения питания у детей с врождёнными пороками сердца представляет собой серьёзную клинико-социальную проблему, сохраняющую актуальность независимо от наличия сердечной недостаточности и морфологического типа порока. По данным эпидемиологических исследований, её распространённость среди пациентов с симптоматическими формами ВПС в странах с низким и средним уровнем дохода достигает 52,9–90% [1, 6, 7, 8]. Несмотря на впечатляющие достижения в области детской кардиохирургии, включая развитие методов ранней пренатальной и постнатальной диагностики и широкое внедрение своевременных хирургических коррекций, нутритивный дефицит остаётся нерешённой задачей даже в развитых странах, оказывая значимое влияние на рост, физическое развитие, толерантность к лечению и прогноз жизни данной категории пациентов как видно из таблицы 1 [2,3,4,5]. Анализ данных метаанализов и когортных исследований показывает, что у детей с ВПС чаще выявляется снижение безжировой массы тела и относительное преобладание жировой компоненты при дефиците мышечной [7]. Биоимпедансометрия позволяет прогнозировать течение заболевания и исходы хирургического лечения, так как показатели состава тела напрямую связаны с риском осложнений и длительностью реабилитации [8]. Кроме того, использование БИА в динамике даёт возможность объективно оценить эффективность нутритивной коррекции и программ энтерального или парентерального питания [9]. Антропометрический метод основан на измерении длины и массы тела с последующим расчетом индекса массы тела (ИМТ), определяемого как отношение массы тела (кг) к квадрату роста (m^2). Диагностика нарушения питания или белково-энергетической недостаточности у детей часто проводится на основании перцентильных таблиц либо стандартных отклонений ИМТ (standard deviation score, SDS), с учётом возраста, пола, роста и массы ребёнка [3]. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) использует шкалу стандартных отклонений: -1 , -2 , -3 SDS, а также $+1$, $+2$, $+3$ SDS. Согласно федеральным клиническим рекомендациям, основанным на критериях ВОЗ, ожирение у детей и подростков в возрасте 0–19 лет определяется при значении $ИМТ \geq +2,0$ SDS, а избыточная масса тела — при ИМТ в диапазоне от $+1,0$ до $+2,0$ SDS. Дифференциация степеней ожирения осуществляется следующим образом: I степень — $+2,0$ – $+2,5$ SDS, II степень — $+2,6$ – $+3,0$ SDS, III степень — $+3,1$ – $+3,9$ SDS, морбидное ожирение — $\geq +4,0$ SDS. Нормальная масса тела диагностируется при значении ИМТ в пределах $\pm 1,0$ SDS; показатели ниже $-1,0$ SDS свидетельствуют о дефиците массы тела [2,3 7]. Несмотря на значительные преимущества современной системы оценки ИМТ по SDS, данный показатель и его отклонения не отражают реального состава тела и распределения жировой ткани. В связи с этим дополнительным антропометрическим критерием рассматривается измерение окружности талии. Антропометрия остаётся важным скрининговым методом, однако она ограничена информативностью. В то время как БИА позволяет получить детализированную картину состава тела и выявить скрытые нарушения. Например, ребёнок с ВПС может иметь нормальную массу тела, но при этом страдать от дефицита мышечной массы и нарушения гидратации, что становится очевидным только при проведении биоимпедансометрии [5,9,10].

Включение биоимпедансометрии в клиническую практику педиатрии и кардиологии имеет следующие преимущества: раннее выявление нутритивных нарушений; индивидуализация лечебно-реабилитационных программ; объективная оценка эффективности нутритивной поддержки; прогнозирование исходов оперативного вмешательства. Следовательно, БИА является не только диагностическим, но и



прогностическим инструментом, способствующим улучшению качества медицинской помощи детям с ВПС [11].

Организм детей можно рассматривать как систему, состоящую из последовательности сопротивлений и конденсаторов. Жировая ткань условно функционирует как изолятор, поскольку она не проводит или слабо проводит электрический ток, тогда как обезжиренная масса выступает проводником. Жировая и костная ткани характеризуются более низкой электропроводностью по сравнению с другими тканями организма. Мышечная ткань, содержащая около 75% воды, является основным проводником электричества. Ткани, богатые водой и растворёнными электролитами, обеспечивают наиболее эффективное прохождение электрического сигнала. Вода, находящаяся в гидратированных мышцах, способствует быстрому распространению электрического импульса, тогда как жировая ткань существенно замедляет его прохождение. Возникающее сопротивление носит название импеданса. Удельное сопротивление биологических тканей на определённой частоте электрического тока может изменяться под воздействием различных физиологических и патологических факторов. В частности, электропроводность почек и лёгких изменяется в зависимости от степени их кровенаполнения и вентиляции, тогда как у мышечной ткани данный показатель варьирует в зависимости от уровня сокращения. Жидкие среды организма, такие как кровь и лимфа, демонстрируют изменения проводимости при колебаниях концентрации белков и электролитов. Эти особенности лежат в основе использования биоимпедансометрии для количественной оценки функционального состояния органов и систем организма в клинической практике при различных заболеваниях, а также для выявления тканевых изменений, обусловленных воздействием различных нагрузок [7,12,16]. Одним из первых приборов для биоимпедансного анализа был запатентован Б. Н. Тарусовым в 1939 г. и применялся автором для прогнозирования приживаемости трансплантатов [8]. В зарубежной научной литературе начало применения биоимпедансометрии связывают с исследованиями французского анестезиолога Огюста Луи Томассета, который использовал данный метод для определения состава тела, а также динамики общей и внеклеточной жидкости [18]. Для описания измеряемых параметров в биоимпедансометрии были заимствованы термины из теории электрических цепей переменного тока: импеданс, активное и реактивное сопротивление. Импеданс (Z) представляет собой полное электрическое сопротивление тканей и включает две составляющие: активное сопротивление (R) и реактивное сопротивление (X). Активное сопротивление характеризует способность тканей рассеивать электрический ток в виде тепловой энергии, тогда как реактивное сопротивление определяется смещением фазы тока относительно напряжения вследствие ёмкостных свойств клеточных мембран, аккумулирующих заряд на своей поверхности. Измерение электрического импеданса биологических тканей осуществляется с использованием специальных приборов — биоимпедансных анализаторов. Биоимпедансный анализ классифицируется по трём основным признакам: по частоте зондирующего тока — одночастотные, двухчастотные и многочастотные устройства; по объекту измерения — интегральные, локальные и полисегментные; по тактике применения — одноразовые, эпизодические и мониторинговые методы. Для оценки состава тела наиболее часто используются двух- и четырёхкомпонентные модели. Двухкомпонентная модель разделяет массу тела на жировую и безжировую фракции, тогда как четырёхкомпонентная, применяемая в клинической практике, позволяет дифференцировать мышечную массу, белковый пул, общий объём жидкости (внутри- и внеклеточной), костно-минеральную составляющую и жировую массу [15,16,17, 22–25]. В настоящее время эксплуатируется более 100 тысяч биоимпедансных приборов. Большая их часть представлена одночастотными, недорогими и относительно простыми анализаторами, используемыми в спортивной и оздоровительной медицине для оценки жировой и скелетно-мышечной массы. Двухчастотные и многочастотные устройства, обладающие большей



точностью и информативностью, находят применение преимущественно в клинической медицине и научных исследованиях. Все приборы различаются частотным диапазоном, набором измеряемых параметров, схемами наложения электродов, а также встроенными алгоритмами расчёта состава тела. В связи с этим актуальной задачей является разработка единых стандартов как для оборудования и программного обеспечения, так и для методологии измерений. Метод основан на различиях в электропроводности жировой и безжировой массы, а также на содержании воды и отдельных компонентов тела. Для проведения исследования применяются точечные электроды, аналогичные используемым при электрокардиографии, которые должны иметь плотный контакт с кожей для обеспечения проводимости. Важным условием является правильная локализация электродов, поскольку она напрямую влияет на точность результатов. Наиболее распространённой является тетраполярная схема, при которой электроды располагают на запястьях и голеностопах. Даже смещение электродов вдоль направления зондирующего тока на 1 см может привести к ошибке измерения импеданса до 2% [11,14,15,16,17,24]. К ограничениям метода относят: необходимость учёта половых различий, связанных с особенностями распределения жировой ткани; влияние объёма потреблённой жидкости перед процедурой (с уменьшением содержания воды относительная доля жира возрастает); зависимость результатов от времени проведения исследования, что требует соблюдения единого временного интервала при динамическом наблюдении. Достоверность результатов биоимпедансометрии определяется целым рядом факторов, включая положение тела во время исследования, уровень гидратации, приём пищи и жидкости, температуру окружающей среды и кожных покровов, а также предшествующую физическую активность. Стандартизированным считается проведение измерений в положении пациента лёжа на спине, при этом особое значение имеет точность антропометрических данных: так, ошибка в определении роста ребёнка на 2,5 см может исказить результат на 1,0 л общего объёма жидкости, а недооценка или переоценка массы тела на 1 кг приводит к ошибке порядка 0,2 л. В связи с этим предельная допустимая погрешность измерений не должна превышать 0,5 см по росту и 0,1 кг по массе. Существенной переменной, влияющей на показатели импеданса у подростков, является менструальный цикл: у девочек колебания данных выражены в большей степени, чем у юношей, что связано с изменениями гидратационного статуса. Метод биоимпедансометрии неинвазивен, безопасен и не имеет противопоказаний, за исключением случаев наличия имплантированного кардиостимулятора. В ходе анализа состава тела рассчитывается широкий спектр показателей, включающий параметры основного обмена, активной клеточной массы, жирового и безжирового компонентов, общий объём жидкости организма, а также фазовый угол импеданса, отражающий целостность и функциональное состояние клеточных мембран [7,15,20].

Таблица №1

Сравнительная диаграмма, показывающая различия в составе тела у здорового ребёнка и ребёнка с врождённым пороком сердца (ВПС) по данным биоимпедансометрии

Параметр	Антропометрия (рост, вес, ИМТ)	Биоимпедансометрия (БИА)
Принцип метода	Измерение массы и длины тела, расчет индексов	Измерение электрического сопротивления тканей организма
Информативность	Только количественные показатели роста и веса	Качественный анализ состава тела (жировая, мышечная, костная масса, вода)



Параметр	Антропометрия (рост, вес, ИМТ)	Биоимпедансометрия (БИА)
Раннее выявление нарушений	Ограничено, выявляет только выраженный дефицит массы	Выявляет скрытые формы нутритивной недостаточности и дисбаланс тканей
Оценка водного баланса	Не оценивается	Определяет внутриклеточную и внеклеточную жидкость
Применимость у детей с ВПС	Подходит для скрининга, но малоинформативна при сложных нарушениях	Высокоинформативна, позволяет оценить метаболические и структурные изменения
Неинвазивность	Полностью безопасна	Полностью безопасна, может применяться многократно
Прогностическая ценность	Низкая, не отражает исходы лечения	Высокая, показатели состава тела коррелируют с риском осложнений и исходами хирургии
Доступность	Широко доступна в любой клинике	Требует специального оборудования, доступна не везде

Основной обмен веществ (ккал) представляет собой минимальные энергетические затраты организма в состоянии полного покоя, обеспечивающие жизненно важные функции органов и систем, а также поддержание постоянной температуры тела. У новорождённых доля жировой массы составляет в среднем 10–15% массы тела, независимо от пола. К шестимесячному возрасту данный показатель увеличивается до 30%, после чего постепенно снижается. В возрасте 5–6 лет начинают формироваться половые различия в характере жиротложения, сопровождающиеся изменением формы тела, а в дальнейшем отмечается рост абсолютной жировой массы. Нормативные показатели содержания жира зависят от возраста, пола и роста ребёнка [5–7, 27–29]. Безжировая масса тела (БМТ) включает все компоненты организма, за исключением жировой ткани. Снижение данного показателя наблюдается при истощении вследствие недостаточного питания и тяжёлых заболеваний. Увеличение БМТ характерно для периода интенсивного роста, причём в пубертате у мальчиков нарастание мышечной и скелетной массы происходит быстрее, чем у девочек [30–32]. Активная клеточная масса (АКМ) является частью БМТ и зависит от возраста, роста и генетических факторов. Она включает физиологически активные структуры — мышцы, органы и нервную ткань, характеризующиеся высоким содержанием белка и способностью к окислению жиров. При снижении массы тела критически важно, чтобы уменьшение происходило преимущественно за счёт жировой ткани при сохранении АКМ. Обеспечение достаточного поступления белка играет ключевую роль в поддержании АКМ, поскольку её потеря значительно снижает эффективность диетотерапии и препятствует достижению устойчивых результатов [14, 16, 26, 32]. Общая вода организма (ОВО) представлена внутриклеточной и внеклеточной жидкостью, находящейся в связанном состоянии. Внеклеточная жидкость (ВКЖ) включает лимфу, интерстициальный сектор и плазму крови, то есть те жидкостные фракции, которые располагаются вне клеточных мембран. У детей содержание воды в организме относительно выше, чем у взрослых: чем младше ребёнок, тем больше доля жидкости в структуре массы тела. По мере роста отмечается постепенное снижение этого показателя. У доношенного новорождённого ОВО составляет около 75% массы тела, к концу первого года жизни данный уровень уменьшается до 65% и остаётся стабильным вплоть до начала пубертатного периода. К завершению первого года жизни также устанавливается соотношение внутриклеточного и



внеклеточного секторов, аналогичное взрослому организму [5, 7, 11]. С учётом таких компонентов, как безжировая масса тела (БМТ), активная клеточная масса (АКМ), внутриклеточная жидкость (ВКЖ), общая вода организма (ОВО), а также плотность жировой и безжировой фракций, в физиологии описываются одно-, двух-, трёх-, четырёх- и пятикомпонентные модели строения тела человека [9, 16]. В настоящее время исследование состава тела рассматривается как в фундаментальной, так и в прикладной медицине. Несмотря на устойчивый рост научного интереса к этой проблематике и удвоение числа публикаций примерно каждые десять лет, наиболее широкое практическое применение методика находит преимущественно в спортивной медицине. Несмотря на наличие значительного количества исследований, посвящённых изучению состава тела при различных патологических состояниях, включая ожирение, белково-энергетическую недостаточность, цирроз печени, сахарный диабет, ревматоидный артрит и постоперационные состояния, применение биоимпедансометрии в клинической практике до настоящего времени остаётся ограниченным и преимущественно касается взрослой когорты пациентов [14,25,36,37]. Наибольшее распространение метод получил при мониторинге состава тела у лиц с метаболическим синдромом, контроле состояния спортсменов, оценке водных секторов организма у больных, находящихся на программном гемодиализе или получающих инфузионно-трансфузионную терапию, а также при хирургических вмешательствах, сопровождающихся кровопотерей, острых токсических поражениях, травмах и заболеваниях, ассоциированных с отёчным синдромом [9, 11, 16]. Такая ситуация во многом обусловлена тем, что «золотым стандартом» для определения объёма жировой ткани в организме остаются методы рентгеновской абсорбциометрии, магнитно-резонансной и компьютерной томографии [15, 16]. Однако спектр клинических состояний, при которых оценка состава тела может существенно повысить диагностические и терапевтические возможности, значительно шире. Параметры состава тела напрямую связаны с пищевым поведением, уровнем физической активности и функциональными резервами организма. Биоимпедансный анализ предоставляет возможность получать комплексные сведения о жировой массе, состоянии и тренированности мышечной системы, а также об уровне гидратации организма, что делает его ценным инструментом клинической оценки [29,30,38].

Современные исследования демонстрируют, что биоимпедансный анализ (БИА) обеспечивает более высокую точность оценки состава тела по сравнению с традиционными антропометрическими методами. Более того, установлена прямая корреляция его показателей с результатами, получаемыми с применением «золотых стандартов» исследования [29,30]. Применение БИА позволило описать структурные характеристики организма на тканевом, клеточном и молекулярном уровнях, что делает возможным контроль метаболического состояния растущего организма и выявление нарушений на доклинических стадиях [16, 41, 43].

Опубликованы данные о составе тела у здоровых детей, занимающихся физической активностью различной интенсивности, что имеет особое значение для спортивной медицины [30, 40]. В то же время активно исследуются особенности состава тела у детей с патологическими состояниями, включая белково-энергетическую недостаточность, нервную анорексию, необходимость системного гемодиализа [27,28], а также при вариациях массы тела [26]. Применение биоимпедансометрии нашло широкое использование в педиатрической кардиохирургии. Установлено, что у детей младшего возраста, а также при увеличении продолжительности операций с использованием искусственного кровообращения, наблюдается более выраженный рост объёма внеклеточной жидкости (ОВО) к завершению вмешательства, что требует своевременной коррекции инфузионной терапии [35, 40, 23]. Кроме того, БИА активно используется в онкологической и гематологической практике для оценки нутритивного статуса. В этих случаях снижение показателей питания может



маскироваться нормальными значениями массы тела вследствие отёчного синдрома, увеличения объёма опухолевой ткани или уменьшения безжировой массы. При этом антропометрические параметры, такие как соответствие веса возрасту и полу, не всегда являются достоверными индикаторами нутритивных потребностей организма, особенно у пациентов, проходящих химио- и радиотерапию, а также при хронических нефропатиях и системных васкулитах [7-19,37, 40].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, биоимпедансометрия представляет собой высокоинформативный, неинвазивный и безопасный метод оценки состава тела, позволяющий выявлять скрытые формы белково-энергетической недостаточности, нарушения гидратации и дисбаланс мышечной и жировой ткани у детей с врождёнными пороками сердца. В отличие от традиционных антропометрических подходов, БИА обеспечивает детализированное представление о структуре организма, тесно коррелирует с результатами «золотых стандартов» и позволяет объективно оценивать эффективность нутритивной поддержки и программ реабилитации. Учитывая прямую связь показателей состава тела с прогнозом течения заболевания и исходами хирургического лечения, включение биоимпедансометрии в рутинную педиатрическую и кардиологическую практику способствует раннему выявлению нутритивных нарушений, индивидуализации терапии и улучшению качества медицинской помощи данной категории пациентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агзамова Ш.А., Бабаджанова Ф.Р. Особенности кишечной микробиоты у детей с врожденными пороками сердца// Наука и инновации 2024; Т.3. Специальный выпуск 44; С.18-25
2. Баевский Р.М., Берсенева А.П. Оценка состояния здоровья детей и подростков: современные подходы. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2019; С. 352
3. Бабаджанова Ф.Р. Улучшение уровня реабилитации у детей и подростков после операций по поводу врожденных пороков сердца: предпочтения и применение лечебной физкультуры в городе Ханки Хорезмской области// Высшая школа: научные исследования 2023; С. 134-143
4. Глотов А.В., Сорокина Е.Ю. Биоимпедансный анализ в клинической практике. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2019; С. 224 с.
5. Дедов И.И., Петеркова В.А. Федеральные клинические рекомендации (протоколы) по ведению детей с эндокринными и сердечно-сосудистыми заболеваниями М.: Практика, 2014; С.167–178.
6. Лукашенко М.А., Власова Н.В. Биоимпедансометрия: основы метода и клиническое применение. // Медицинский алфавит. — 2019 № 8 ;С. 12–15.
7. Намазова-Баранова Л.С., Баранов А.А., Каркашадзе Г.А., и др. Нарушения физического развития у детей с хроническими заболеваниями: современные подходы к диагностике и коррекции. // Российский педиатрический журнал. – 2019. – №5. – С. 34–40.
8. Пашков А.Н., Мартынова О.В. Биоэлектрические свойства тканей организма человека. // Вестник новых медицинских технологий. — 2016. — Т. 23, № 3. — С. 128–132.
9. Тарусов Б.Н. Сравнительные данные по измерению электропроводности различных тканей. Бюлл. эксп. биол. мед. 1943; 15 (4–5): 44–50.
10. Aye Aye Maw, Theingi Thwin, Victor O Owino, Leigh C Ward. «Development of a bioelectrical impedance analysis-based prediction equation for body composition of rural children aged 4–8 years in Myanmar.» Occupational Medicine 2024;P.345



11. Alan M Nevill, Cézane Priscila Reuter, Caroline Brand, et al. BMI Fails to Reflect the Developmental Changes in Body Fatness between Boys and Girls during Adolescence. // International Journal of Environmental Research and Public Health. 2021;18(15); P.7833.
12. Butte N.F., Hopkinson J.M., Wong W.W., Smith E.O., Ellis K.J. Body composition during the first 2 years of life: an updated reference. // *Pediatr Res.* — 2000. — Vol. 47(5). — P. 578–585.
13. Bi Tauri Body Composition in Patients with Fontan Physiology: A Systematic Review. // *European Journal of Pediatrics.* 2023; P.4158-4167
14. Bi Tauri, Li Khan Body Composition and Exercise Performance in Youth With a Fontan Circulation: A Bio-Impedance Based Study. // *Journal of the American Heart Association.* 2024; P.224-229
15. Babadjanova F., Agzamova S. Risk of cephalgic complications according to ultra sound duplex scanning of carotid artery in children with CHD within postoperative period // *Science and innovation.* – 2023. – T. 2. – №. D5. – C. 27-33.
16. Baumgartner R.N., Chumlea W.C., Roche A.F. Bioelectric impedance phase angle and body composition. // *Am J Clin Nutr.* — 2019; Vol. 48(1). — P. 16–23.
17. Bosy-Westphal A., Müller M.J. Measuring body composition in the 21st century: advances in technology and modeling. *Eur J Clin Nutr.* 2021;75(2):P.256–265.
18. De Longueville C., Robert M., Debande M., et al. Evaluation of nutritional care of hospitalized children in a tertiary pediatric hospital. // *Clin Nutr ESPEN* 2018;25 P.157-62.
19. Earthman C.P. Body composition tools for assessment of adult malnutrition at the bedside: a tutorial on research considerations and clinical applications. // *JPEN J Parenter Enteral Nutr.* — 2015. — Vol. 39(7). — P. 787–822.
20. Fomon S.J., Ziegler E.E. Total body water and body composition in infants: new data and new insights. *Am J Clin Nutr.* 2019;109(3):638–639.
21. Fomon S.J., Haschke F., Ziegler E.E., Nelson S.E. Body composition of reference children from birth to age 10 years. // *Am J Clin Nutr.* — 1982. — Vol. 35(5). — P. 1169–1175.
22. Fuller N.J., Jebb S.A., Laskey M.A., Coward W.A., Elia M. Four-component model for the assessment of body composition in humans: comparison with alternative methods, and evaluation of the density and hydration of fat-free mass. // *Clin Sci (Lond).* — 1992. — Vol. 82(6). — P. 687–693.
23. Grimnes S., Martinsen O.G. Bioimpedance and Bioelectricity Basics. — 3rd ed. — London: Academic Press, 2015. — 584 p.
24. Herridje J., Tedesco-Bruce A. et al. Feeding the child with congenital heart disease: a narrative review. // *Pediatric Med* 2021;4:7. P.20-77.
25. Heymsfield S.B., Pietrobelli A. Multicomponent body composition models: progress and future directions. *Eur J Clin Nutr.* 2019;73(2):P.252–262.
26. Jamei Khosroshahi A., Shoaran M., et al. Growth pattern of children with congenital heart disease before and after open heart surgery. // *Front Pediatr.* 2025;P.1463998.
27. Kyle U.G., Bosaeus I., De Lorenzo A.D., et al. Bioelectrical impedance analysis—part I: review of principles and methods. // *Clin Nutr.* — 2004. — Vol. 23(5). — P. 1226–1243.
28. Kushner R.F., Schoeller D.A. Estimation of total body water by bioelectrical impedance analysis. // *Am J Clin Nutr.* — 1986. — Vol. 44(3). — P. 417–424.
29. Ling C.H.Y., de Craen A.J.M., Slagboom P.E., et al. Muscle mass, muscle strength, and body composition as predictors of physical function in older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2020;75(7):P.1362–1368.
30. Malina R.M., Rogol A.D., Cumming S.P., et al. Biological maturation of youth athletes: assessment and implications. *Br J Sports Med.* 2021;55(12):P.659–668



31. Malczyk E., Ochala-Kłós A., Madej-Pilarczyk A., et al. Bioelectrical impedance vector analysis in the assessment of hydration and nutritional status in children. *Front Pediatr.* 2021;9:P.659615.
32. Nagano M., Suita S., Yamanouchi T. Body water distribution and growth: assessment by bioelectrical impedance in healthy children. *Clin Pediatr Endocrinol.* 2021;30(2):P.49–55.
33. Norman K., Stobäus N., Pirlich M., Bosy-Westphal A. Bioelectrical phase angle and impedance vector analysis—clinical relevance and applicability of impedance parameters. // *Clin Nutr.* — 2012. — Vol. 31(6). — P. 854–861.
34. Stults-Kolehmainen M.A., Bartholomew J.B., Sinha R. Hydration in children: physiology, measurement, and clinical relevance. *Nutrients.* 2020;12(9).P.2735.
35. Thomasset A. Bio-electrical properties of tissue impedance measurements. *Lyon Med.* 1962; 207: P.107–118.
36. Ward L.C. Bioelectrical impedance analysis for body composition assessment: reflections on accuracy, clinical utility, and standardisation. // *Eur J Clin Nutr.* — 2019. — Vol. 73. — P. 194–199.
37. Wells J.C.K., Fewtrell M.S. Measuring body composition. // *Arch Dis Child.* — 2006. — Vol. 91(7). — P. 612–617.
38. Wells J.C.K., Fewtrell M.S. Body composition analysis in children and adolescents: implications for clinical practice. *Eur J Clin Nutr.* 2020;74(2); P.148–156.
39. Ward L.C. Segmental bioelectrical impedance analysis: an update. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care.* 2020;23(5):P.340–344.
40. WHO Multicentre Growth Reference Study Group. WHO Child Growth Standards: Growth velocity based on weight, length and head circumference. — Geneva: WHO, 2021.