

Т. С. ЗЫБАЛОВА

**БИОИМПЕДАНСНАЯ ДИАГНОСТИКА
КОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА
ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА**

Минск БГМУ 2021

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
2-я КАФЕДРА ВНУТРЕННИХ БОЛЕЗНЕЙ

Т. С. ЗЫБАЛОВА

**БИОИМПЕДАНСНАЯ ДИАГНОСТИКА
КОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА
ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА**

Учебно-методическое пособие



Минск БГМУ 2021

УДК 616.1/4-079(075.8)
ББК 54.1я73
3-96

Рекомендовано Научно-методическим советом университета в качестве учебно-методического пособия 23.12.2020 г., протокол № 14

Рецензенты: канд. мед. наук, доц., зав. каф. медицинской реабилитации и физиотерапии Белорусского государственного медицинского университета Л. А. Малькевич; канд. мед. наук, доц., зав. каф. терапии Белорусской медицинской академии последипломного образования М. В. Штонда

Зыбалова, Т. С.

3-96 Биоимпедансная диагностика компонентного состава тела человека : учебно-методическое пособие / Т. С. Зыбалова. – Минск : БГМУ, 2021. – 24 с.

ISBN 978-985-21-0776-1.

Представлены сведения о возможностях биоимпедансометрии в оценке компонентного состава тела человека. Описана методика выполнения исследования. Приведены основные характеристики биоимпедансного анализа.

Предназначено для студентов 6-го курса лечебного факультета.

УДК 616.1/4-079(075.8)
ББК 54.1я73

ISBN 978-985-21-0776-1

© Зыбалова Т. С., 2021
© УО «Белорусский государственный медицинский университет», 2021

МОТИВАЦИОННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕМЫ

Тема занятия: «Профилактическая кардиология. Пути снижения смертности в Республике Беларусь».

Общее время занятий: 7 ч.

Масса тела является важным интегральным показателем состояния организма, отражающим различные массовые соотношения отдельных его тканей. В клинической практике для оценки нарушений трофического статуса на индивидуальном уровне широко применяется индекс массы тела (ИМТ), однако он обладает слабой диагностической чувствительностью и имеет серьезные недостатки. Биоимпедансный анализ (БИА) на основе измеренных значений электрического сопротивления (импеданса) тела и антропометрических данных позволяет оценить состояние белкового, жирового и водного обменов, интенсивность метаболических процессов в организме. В основе биоимпедансометрии лежит комплексное изучение состояния организма на доклинических стадиях развития заболевания, в период его развития и в процессе динамического наблюдения.

Цель занятий: изучить возможности биоимпедансного обследования компонентного состава тела для диагностики и оценки рисков развития заболеваний.

Задачи занятий:

- получить представление о физических основах биоимпедансных измерений, принципах измерения электрического сопротивления;
- изучить компоненты состава тела;
- рассмотреть примеры связи между нарушением компонентного состава и развитием заболеваний;
- освоить методику биоимпедансного исследования;
- научиться интерпретировать протоколы первичного исследования состава тела человека.

Требования к исходному уровню знаний. Для полного усвоения темы необходимо повторить:

- из латинского языка: терминологию;
- анатомии человека: строение тела человека, его органов и систем; индивидуальные, половые и возрастные особенности организма; влияние труда, физических упражнений, социальных условий и окружающей среды на строение и развитие организма человека;
- патологической анатомии: общие патологические процессы; компенсаторные и приспособительные процессы;
- нормальной физиологии: основные показатели, характеризующие нормальное состояние физиологических функций организма человека и его систем; физиологические основы здорового образа жизни;

- патологической физиологии: механизмы компенсации нарушения функций и структур, принципы коррекции нарушений;
- пропедевтики внутренних болезней: возрастные анатомо-физиологические особенности органов и систем организма; методы обследования здорового и больного человека; дополнительные методы исследований и принципы разработки диагностических программ; диагностический процесс; семиотику и синдромы основных поражений органов и систем организма; основы рационального питания при терапевтических болезнях в различных возрастных группах.

Контрольные вопросы по теме занятия:

1. Компоненты состава тела человека.
2. ИМТ и его классификация.
3. Ложное и скрытое ожирение.
4. Эталонные методы оценки состава тела и основного обмена.
5. БИА состава тела: понятие, электрический импеданс биологических тканей, показатели биоимпедансометрии.
6. Алгоритм оценки состава тела в БИА.
7. Протоколы биоимпедансного обследования состава тела и их интерпретация.

Задания для самостоятельной работы. Во время подготовки к практическому занятию студент должен знать физические основы биоимпедансных измерений, области применения и возможности метода БИА состава тела человека. По окончании практического занятия студент должен уметь самостоятельно провести БИА компонентного состава тела пациента исходя из данных имеющегося протокола исследования и медицинской документации, разработать план коррекции выявленных нарушений. Студент должен быть способным представить результаты своей работы как в устном, так и в письменном виде. Кроме того, после разбора темы занятия студент должен ответить на контрольные вопросы, решить ситуационную задачу.

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ СОСТАВА ТЕЛА

Методы оценки состава тела востребованы в медицинских специализациях, связанных с воздействием на организм факторов питания и движения, с нарушениями гидратации организма, с катаболическими и дегенеративными процессами. Являясь одним из аспектов морфологической конституции, компонентный состав тела отражает состояние обменных процессов в организме и может служить своеобразным предиктором развития различных патологических состояний.

При определении состава тела на основе антропометрических данных используют общие размеры (масса, длина и площадь поверхности тела), обхватные размеры частей тела и сегментов конечностей, а также кожно-жировых складок на определенных участках тела. В настоящее время наибольшее распространение получил индекс Кетле (Кетле–Гульда–Каупа), называемый **индексом массы тела (ИМТ)**, который рассчитывается по формуле

$$\text{ИМТ} = \text{вес (кг)} / \text{рост}^2 \text{ (м)}.$$

Согласно ВОЗ, приняты следующие показатели ИМТ:

- < 18,50 — недостаточный вес;
- 18,50–24,99 — нормальный вес;
- 25,00–29,99 — избыточная масса тела;
- 30,00–34,90 — ожирение I степени;
- 35,00–39,90 — ожирение II степени;
- $\geq 40,00$ — ожирение III степени (морбидное).

Снижение ИМТ может свидетельствовать о хронической энергетической недостаточности, однако в оценке ожирения на индивидуальном уровне этот показатель обладает слабой диагностической чувствительностью и имеет серьезные недостатки. У пациентов с одинаковым ИМТ может существенно отличаться компонентный состав тела.

Состояние, когда ИМТ находится в пределах нормальных значений, а количество жировой массы существенно превышает норму, называют **скрытым ожирением**, или ожирением нормального веса. Последнее, как и обычное ожирение, ассоциируется с высоким риском развития метаболического синдрома, сердечно-сосудистых и других заболеваний. Встречается и другая ситуация — **ложное ожирение**, когда значение ИМТ превышает референтные значения, но за счет сильно развитой мускулатуры человека. При анализе гендерных различий обнаруживается, что если у женщин величина ИМТ с достаточно высокой достоверностью свидетельствует о степени развития жировой массы, то у мужчин по ИМТ достаточно сложно определить, за счет какого компонента состава тела определяется дефицит или избыток массы тела.

Эталонными методами определения состава тела являются *компьютерная томография (КТ)* и *магнитно-резонансная томография (МРТ)*, производящие объемную реконструкцию тела человека для изучения пространственной структуры тканей и органов.

Метод КТ основан на использовании рентгеновских лучей, ориентированных в одной плоскости и преобразованных в веерный пучок, пропускаемый через различные участки тела. Анализ морфологии тканей на изображениях, полученных при КТ-исследованиях, основан на ослаблении при прохождении через тело рентгеновского излучения, выраженного в едини-

цах рентгеновской плотности. Рентгеновская плотность костной ткани значительно превышает плотность остальных тканей организма, что позволяет использовать КТ в целях диагностики остеопороза. КТ дает возможность отдельного мониторинга массы скелетных мышц, внутренних органов, а также количества подкожного и внутреннего жира.

При МРТ используется магнитное поле, которое не имеет известного побочного действия, связанного с радиацией. Метод МРТ в определении висцерального ожирения, саркопении показывает результаты, сходные с КТ, при этом пациент не подвергается ионизирующему излучению. Применение МРТ ограничено для пациентов с металлическими и электромагнитными имплантатами, кардиомониторами и электрокардиостимуляторами. Недостатком МРТ в сравнении с КТ является длительность исследования. В связи с высокой стоимостью методы КТ и МРТ для оценки состава тела в клинической практике используются редко.

Двухэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия — наиболее распространенный рентгенологический метод изучения состава тела, который с использованием дополнительного модуля «Сканирование всего тела» является общепризнанным основным методом количественного определения мышечной и жировой масс. Двухэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия позволяет не только достоверно определить количество жировой ткани, но и оценить характер ее распределения (висцеро-абдоминальный или глютео-фemorальный), уточнить локализацию и количество (абсолютные и относительные величины) жировой ткани в отдельных частях тела. Несмотря на существенные достоинства метода — оперативность, возможность одновременной оценки нескольких компонентов состава тела, высокую информативность, достоверность результатов, короткую продолжительность обследования пациента (2–5 мин), — воздействие рентгеновского излучения значительно ограничивает кратность использования метода у одного и того же человека и не позволяет проводить динамические наблюдения чаще 1 раза в год.

Альтернативной методикой двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии является **биоимпедансный анализ** — простой в использовании, недорогой и воспроизводимый метод оценки компонентного состава тела.

КОМПОНЕНТЫ СОСТАВА ТЕЛА

Параметрами, или компонентами, состава тела считают:

- жировую массу;
- безжировую массу;
- скелетно-мышечную массу;

- минеральную массу;
- жидкостные сектора организма: общую, внеклеточную и внутриклеточную жидкость.

Абсолютные значения компонентов состава тела выражаются в цифровом представлении: масса — в килограммах, объем — в литрах. Относительные значения выражаются в процентных долях массы одного компонента к массе другого. В ряде случаев компоненты состава тела рассматриваются нормированными на квадрат роста — индексное представление по аналогии с ИМТ.

БИОИМПЕДАНСНЫЙ АНАЛИЗ СОСТАВА ТЕЛА

БИА — это контактный метод измерения электрической проводимости биологических тканей, позволяющий оценить широкий спектр морфологических и физиологических параметров организма. БИА основывается на антропометрических и импедансных измерениях. Определяется активное и реактивное сопротивление тела человека и/или его сегментов на различных частотах.

Электрический импеданс биологических тканей имеет два компонента — активное и реактивное сопротивление. Субстратом активного сопротивления являются биологические жидкости (вне- и внутриклеточная), обладающие ионным механизмом проводимости. Субстратом реактивного сопротивления являются клеточные мембраны. Для определения общей воды организма, безжировой массы тела, скелетно-мышечной массы, а также внеклеточной жидкости используются значения активного сопротивления, разные по частоте. По величине реактивной составляющей импеданса рассчитываются значения основного обмена и активной клеточной массы.

Существует несколько видов приборов для измерения биоимпеданса, однако принцип их действия одинаковый, внешне похожий на снятие ЭКГ. Продолжительность обследования в зависимости от методики и время, необходимое для получения результатов, составляют 5–10 мин. С помощью биоимпедансного анализатора измеряют активное и реактивное сопротивление и получают расчетные значения параметров состава тела и скорости метаболических процессов в совокупности с индивидуально рассчитанными интервалами нормальных значений каждого параметра. Формулы разработаны для различных этнических групп, установлены референтные данные для мужчин и женщин различного возраста.

Метод БИА не имеет противопоказаний, кроме наличия у пациента кардиостимулятора. Достоверность измерений при проведении биоимпедансного исследования определяется: положением тела, состоянием гидратации,

потреблением пищи или напитков перед исследованием, температурой окружающего воздуха и поверхности кожи, физической активностью.

Оборудование для биоимпедансных исследований включает:

- биоимпедансный анализатор, персональный компьютер со специальным программным обеспечением;
- кушетку шириной не менее 85–90 см (при использовании приборов с горизонтальным положением пациента);
- ростомер;
- весы с диапазоном измерений до 150–180 кг и ценой деления 0,1 кг;
- сантиметровую ленту для измерения обхватов талии и бедер.

Четкое соблюдение методических указаний по выполнению исследования позволяет нивелировать погрешность измерений, повысить точность, достоверность результатов, диагностическую ценность БИА.

Подготовка пациента перед процедурой биоимпедансометрии следующая:

1) воздержаться от спортивной тренировки, интенсивной физической работы, физиотерапевтических процедур непосредственно перед проведением обследования;

2) за двое суток до процедуры исключить употребление алкоголя;

3) принимать пищу и пить воду не позднее чем за 3–4 ч до обследования;

4) за полчаса до процедуры опорожнить мочевой пузырь;

5) перед началом обследования 7–10 мин полежать на горизонтальной поверхности (в жаркую или холодную погоду с целью предварительной акклиматизации пациента время удлиняется).

Температура в помещении во время процедуры должна составлять 22–25 °С.

Непосредственно перед аппаратным обследованием производятся необходимые замеры: определяются рост, вес, обхваты талии и бедер. Все измерения, а также фамилия, имя, отчество, пол и дата рождения пациента заносятся в базу компьютерной программы.

При биоимпедансометрии рассчитывается и анализируется целый ряд показателей:

– жировая масса — выявляется избыток или недостаток абсолютного количества жировой ткани в теле;

– доля жировой массы, индекс жировой массы — классифицируется избыточное содержание жировой массы, ожирение, оценивается риск метаболического синдрома, характеризуется достаточность питания;

– безжировая (тощая) масса, индекс тощей массы — оценивается развитие безжировой массы, выявляются катаболические сдвиги;

– активная клеточная масса (мышцы, паренхиматозные органы, мозг и нервные клетки) — определяется достаточность белковой составляющей питания;

- доля активной клеточной массы — классифицируется уровень двигательной активности, выявляется гиподинамия;
- общая жидкость, внеклеточная жидкость — характеризуется состояние гидратации тела, выявляется избыток и дефицит жидкости в организме;
- скелетно-мышечная масса — оценивается развитие скелетно-мышечной ткани;
- доля скелетно-мышечной массы, индекс скелетно-мышечной массы — характеризуется физическая работоспособность, выявляется риск инвалидности у пожилых людей.

АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ СОСТАВА ТЕЛА В БИОИМПЕДАНСНОМ АНАЛИЗЕ

Нормальным содержанием жира в организме для мужчин считается 15–25 %, для женщин — 18–30 % от общей массы тела, хотя эти показатели могут варьировать. Скелетная мускулатура составляет 30 % от тощей массы тела, масса висцеральных органов — 20 %, костная ткань — 7 %.

Жировая ткань является важным компонентом состава тела человека, поскольку представляет собой запас энергии, витаминов и жирных кислот, которые участвуют в жизненно важных процессах. Жировые клетки выполняют защитную и теплоизолирующую функции, накапливают и синтезируют некоторые гормоны. Однако избыток жировой массы вызывает в организме многочисленные нарушения: создается дополнительная нагрузка на сердце, при значительном излишке веса увеличивается нагрузка на суставы и позвоночник, повышается риск развития атеросклероза сосудов и др. Вследствие существенной разницы в массе тела людей разных возрастных групп, анализ количества жировой ткани более целесообразен по процентному содержанию в организме, а не по абсолютным числам. Масса жировой ткани увеличивается с возрастом и достигает пика в 60–75 лет, при этом увеличивается объем висцерального жира и уменьшается подкожно-жировой слой. Доказано, что масса висцеральной жировой ткани является более точным фактором риска развития заболеваний, чем масса подкожного жира.

Оптимальный уровень жирового компонента по процентному содержанию в зависимости от возраста следующий:

- у женщин: до 30 лет — 20–28 %, 30–39 лет — 21–29 %, 40–49 лет — 22–29 %, 50–59 лет — 23–31 %, после 60 лет — 24–32 %;
- у мужчин: до 30 лет — 18–24 %, 30–39 лет — 19–26 %, 40–49 лет — 19–27 %, 50–59 лет — 20–29 %, после 60 лет — 22–31 %.

Кроме определения общего количества жировой массы, рассчитывают индекс массы жировой ткани, который более точно отражает степень избыт-

ка жировой ткани. Индекс жировой массы рассчитывается так же, как ИМТ, с тем лишь отличием, что учитывается не общий вес человека, а только количество жира. Жировая масса является переменным компонентом организма, она может сильно изменяться за относительно короткий период, в то время как тощая масса — более статичный компонент. БИА с динамической оценкой количества жировой массы организма на фоне программ по снижению веса позволяет отслеживать уменьшение именно жировой, а не мышечной ткани.

Безжировая масса тела — часть массы тела, включающая в себя все, что не относится к жировой ткани: мышцы, все органы, мозг, нервы, кости и все жидкости, находящиеся в организме. Безжировая масса характеризуется высоким уровнем удельной метаболической активности и является определяющим фактором основного обмена. Значимая характеристика интенсивности обменных процессов в организме — **активная клеточная масса** — та часть тощей массы, которая образована клетками, потребляющими основную долю кислорода и энергии, выделяющими основную часть углекислого газа и производящими метаболическую работу. У здорового человека процент активной клеточной массы составляет около 75–85 % веса. При более низком ее содержании можно предположить патологию щитовидной железы (с усилением обмена веществ) или печени. С уменьшением доли активной клеточной массы снижается масса тела, однако нарушается клеточное питание и функции внутренних органов. Активная клеточная масса объединяет компоненты состава тела, которые подвергаются наибольшему изменению под действием питания, физических нагрузок, заболеваний. Процентная доля активной клеточной массы является коррелятом двигательной активности.

Костная масса представляет собой совокупность в организме человека органических веществ. Средний показатель оценочной костной массы в зависимости от пола и массы тела составляет:

- для женщин: до 50 кг — 1,95 кг костной ткани, от 50 до 75 кг — 2,40 кг, более 75 кг — 2,95 кг;
- для мужчин: до 65 кг — 2,66 кг костной ткани, от 65 до 95 кг — 3,29 кг, более 95 кг — 3,69 кг.

Одной из составляющих безжировой массы тела является **скелетно-мышечная масса**. Отношение скелетно-мышечной массы к массе тела в норме составляет 40–45 % у мужчин и 30–35 % у женщин, с возрастом этот показатель снижается. Около 40 % массы тела человека представляют скелетные мышцы, ~10 % приходится на долю гладких мышц и миокарда.

Гиподинамия, гормональные изменения, провоспалительное состояние, плохое питание ускоряют потерю массы и силы мышц. Например, снижение мышечной массы в той или иной степени свойственно примерно 90 % пациентам с признаками хронической сердечной недостаточности и может иметь

место при нормальном или даже повышенном ИМТ. Одной из актуальных проблем современной медицины является прогрессирующая потеря массы тела у пациентов с тяжелой соматической патологией. Даже незначительная потеря массы тела при наличии тяжелого заболевания может оказать существенное влияние на его течение. Однако наибольшую опасность представляет крайняя степень истощения — кахексия. Важно понимать, что при кахексии не просто снижается масса тела, а изменяются его компоненты, прежде всего происходит потеря мышечной ткани. Выявление кахексии на ранних стадиях в повседневной клинической практике без применения дополнительных инструментальных методов определения компонентного состава тела становится трудновыполнимой задачей. Это особенно актуально у пациентов с ожирением или отеками.

Общая жидкость организма коррелирует с безжировой массой тела и составляет в среднем 60 % веса тела. Определяется общий объем, а также содержание внутриклеточной и внеклеточной жидкостей, равное $\frac{2}{3}$ и $\frac{1}{3}$ от общей воды соответственно. Внеклеточная жидкость состоит из интерстициальной жидкости, плазмы крови и лимфы. В норме ее объем не изменяется благодаря гидромеханическим и осмотическим компенсаторным механизмам.

Скорость метаболических процессов оценивается по следующим показателям:

- основному обмену (ккал/сут);
- удельному основному обмену (ккал/м²/сут);
- фазовому углу (град).

Основной обмен — это суточный расход калорий в состоянии покоя, необходимый организму для нормальной жизнедеятельности. Чем ниже скорость обмена, тем выше вероятность набора лишнего веса. При составлении программ похудения или тренировок специалисты учитывают траты на физическую активность и таким образом вычисляют энергетическую потребность в сутки.

Фазовый угол характеризует сдвиг фазы переменного тока относительно напряжения. В норме значение этого угла при частоте тока 50 кГц составляет $7,6^\circ \pm 1$ у мужчин, $6,9^\circ \pm 1,3$ у женщин (пределы изменений в зависимости от возраста — $3-10^\circ$). На основании результатов сравнительного анализа выборок здоровых людей, пациентов с хроническими заболеваниями и спортсменов была предложена интервальная классификация значений фазового угла:

- $< 4,4^\circ$ — высокая вероятность катаболических сдвигов;
- $4,4^\circ-5,4^\circ$ — гиподинамия;
- $5,4^\circ-7,8^\circ$ — норма;
- $> 7,8^\circ$ — повышенные значения, характерные для спортсменов.

Фазовый угол считается показателем тренированности и выносливости организма, по его величине в спорте высших достижений оценивается предстартовая готовность спортсмена.

С возрастом, при наличии хронических заболеваний с преобладанием катаболических процессов в организме (онкология, туберкулез, цирроз печени и др.), при дефиците питательных веществ этот показатель уменьшается. При очень низких значениях фазового угла у пациентов с хроническими заболеваниями высока вероятность неблагоприятного прогноза.

БИА позволяет определить рейтинг физического развития человека. Этот параметр оценивает физическое состояние с учетом соотношения количества жира и мышечной массы в организме. Рейтинг физического развития является динамическим показателем: если исследуемый становится более активным и количество жира в организме снижается, то рейтинг физического развития также изменяется.

Выделяют девять уровней физического развития:

1. Скрытая полнота (малый скелет, внешне с полнотой или без нее, высокое содержание жира, пониженная мышечная масса).
2. Наличие полноты (средний скелет, внешне полнота, высокое содержание жира, средняя мышечная масса).
3. Крепкое сложение (крупный скелет, внешне полнота, высокое содержание жира, большая мышечная масса).
4. Недостаточная натренированность (малая мышечная масса, среднее содержание жира).
5. Стандарт (средние мышечная масса и содержание жира).
6. Мышечный стандарт (большая мышечная масса, среднее содержание жира).
7. Худоба (малая мышечная масса, низкое содержание жира).
8. Худоба при наличии мышц (низкое содержания жира, достаточное количество мышечной массы).
9. Выраженность мышц (низкое содержание жира, количество мышечной массы выше среднего).

СПОСОБЫ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ДАННЫХ ПРОТОКОЛА БИОИМПЕДАНСНОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ

Результаты биоимпедансных исследований пациента (анализатор «АВС-01 МЕДАСС», Россия) оформляются в виде табличных или графических протоколов: первичный протокол и протокол фазового угла — после первого обследования, текущий протокол — после второго, графический протокол результатов измерений — после третьего и дальнейших обследований.

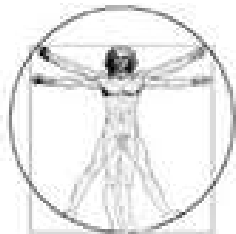
В верхней части протокола приводятся антропометрические данные, возраст, показатели активного и реактивного сопротивления, фазового угла импеданса, объема клеточной жидкости, минеральной массы и основного обмена. Ниже, на фоне графических шкал значений признаков с учетом пола, возраста и роста человека, в протоколе представлены значения ИМТ, жировой и безжировой массы тела, активной клеточной массы и ее доли, скелетно-мышечной массы и ее доли, удельного основного обмена в нормировке на площадь поверхности тела, общей воды организма, объема внеклеточной жидкости, соотношения талия – бедра, процентного содержания жировой массы.

Бесцветные участки графических шкал соответствуют нормальным значениям признака, синяя зона — низким значениям, красные интервалы — высоким значениям, ассоциированным с повышенным риском заболеваний. Зеленым цветом отмечены интервалы высоких значений признака, соответствующих повышенному уровню физического развития. Справа от графических шкал указаны относительные значения признака: процент от середины нормы и центиль относительно референтной общероссийской выборки пациентов, обследованных в центрах здоровья.

Первичный протокол

Пример 1. На рис. 1 показан первичный протокол биоимпедансного исследования состава тела женщины 41 года (рост 167 см, масса тела 85 кг). Ожирение может быть определено как по процентному содержанию жировой массы (40,6 % при верхней границе диапазона нормальных значений 30 %), так и по ИМТ (30,7 кг/м²). Избыток жировой массы составил 17,9 кг. Положение маркеров на шкалах безжировой и скелетно-мышечной массы указывает на хорошее развитие скелетно-мышечной системы. Это позволяет рекомендовать в качестве дополнения к диетотерапии аэробные физические нагрузки, исходя из состояния сердечно-сосудистой и опорно-двигательной систем. Высокое значение активной клеточной массы свидетельствует о достаточности белковой составляющей питания, а доля активной клеточной массы показывает высокий уровень двигательной активности.

Удельный основной обмен соответствует норме. Маркер общей жидкости расположен строго под маркером тощей массы, что указывает на отсутствие нарушений водно-солевого баланса. Незначительная задержка внеклеточной жидкости (200 мл) может объясняться, например, потреблением продуктов питания с повышенным содержанием поваренной соли или локальной отечностью ног из-за хронического заболевания вен нижних конечностей.



БИОИМПЕДАНСНЫЙ АНАЛИЗ



Оценка состава тела (биоимпедансный анализ)

Пациент: _____

Базовые данные		Прибор N2521	Rc1_50 = 393.0 Rc2_50 = 376.8 (Ом)
Дата обследования	26.09.2019 10:59:21	Сопрот. (акт. на 5 и 50 кГц, реакт. на 50 кГц), Ом	624/ 538/ 66
Возраст, лет / Пол	41 Ж	Фазовый угол (50 кГц), град	7.05
Рост, см / Вес, кг	167 / 85.0	Клеточная жидкость / Минеральная масса тела, кг	21.1 / 2.93
Окр. талии / Окр. бедер, см	92 / 112	Основной обмен, ккал/сут	1550
Состав тела			
Индекс массы тела		81	141%
Жировая масса (кг), нормированная по росту		85	264%
Тощая масса (кг)		78	109%
Активная клеточная масса (кг)		79	122%
Доля активной клеточной массы (%)		72	111%
Скелетно-мышечная масса (кг)		70	108%
Доля скелетно-мышечной массы (%)		49	100%
Удельный основной обмен (ккал/кв.м/сут.)		32	97%
Общая жидкость (кг)		78	109%
Внеклеточная жидкость (кг)		84	117%
Соотношение талия / бедра		69	104%
Классификация по проценту жировой массы (ожирение)			
Истощение Фитнес-стандарт Норма Избыточный вес Ожирение			

Рис. 1. Первичный протокол биоимпедансного исследования пациентки с ожирением

Пример 2. На рис. 2 показан первичный протокол биоимпедансного обследования женщины 29 лет (рост 164 см, масса тела 58 кг) с тенденцией к развитию ожирения при нормальном весе: ИМТ соответствует середине нормы, при этом небольшой избыток жировой массы (1,8 кг) маскируется значительным снижением тощей массы, что в итоге дает сравнительно высокое значение доли жировой массы, классифицируемое как избыточный вес. Положение маркера на шкале скелетно-мышечной массы показывает невысокий уровень физического развития женщины.



БИОИМПЕДАНСНЫЙ АНАЛИЗ



Оценка состава тела (биоимпедансный анализ)

Пациент: _____

Базовые данные		Прибор N2521	Rc1_50 = 356.4 Rc2_50 = 384.7 (Ом)
Дата обследования	05.11.2019 10:26:08	Сопрот. (акт. на 5 и 50 кГц, реакт. на 50 кГц), Ом	790/ 698/ 76
Возраст, лет / Пол	29 Ж	Фазовый угол (50 кГц), град	6.22
Рост, см / Вес, кг	164 / 58.0	Клеточная жидкость / Минеральная масса тела, кг	16.8 / 2.27
Окр. талии / Окр. бедер, см	72 / 98	Основной обмен, ккал/сут	1305
Состав тела			
Индекс массы тела			36 99%
Жировая масса (кг), нормированная по росту			51 144%
Тощая масса (кг)			16 89%
Активная клеточная масса (кг)			10 93%
Доля активной клеточной массы (%)			24 103%
Скелетно-мышечная масса (кг)			15 87%
Доля скелетно-мышечной массы (%)			31 96%
Удельный основной обмен (ккал/кв.м/сут.)			24 95%
Общая жидкость (кг)			16 89%
Внеклеточная жидкость (кг)			27 93%
Соотношение талия / бедра			37 98%
Классификация по проценту жировой массы (ожирение)			
	<p style="text-align: center;">Истощение Фитнес-стандарт Норма Избыточный вес Ожирение</p>		

Рис. 2. Первичный протокол биоимпедансного обследования женщины 29 лет с тенденцией к развитию ожирения при нормальном весе

Пример 3. На рис. 3 показан первичный протокол биоимпедансного обследования пациентки 34 лет (рост 172 см, масса тела 49 кг) с белково-энергетической недостаточностью. Низкие значения жировой и активной клеточной массы указывают на общую недостаточность питания и его белковой составляющей, следствием чего является снижение тощей и скелетно-мышечной массы. Величина основного обмена находится ниже границы нормы. Значение доли активной клеточной массы в тощей массе указывает

на недостаточный уровень двигательной активности. Опережающее снижение тощей массы в сравнении со снижением жировой массы относительно соответствующих нормальных значений классифицируется по доле жировой массы как фитнес-стандарт.



БИОИМПЕДАНСНЫЙ АНАЛИЗ



Оценка состава тела (биоимпедансный анализ)

Пациент: _____

Базовые данные		Прибор N2521	Rc1_50 = 335.7 Rc2_50 = 371.5 (Ом)			
Дата обследования	12.07.2019 15:29:52	Сопрот. (акт. на 5 и 50 кГц, реакт. на 50 кГц), Ом	847/ 764/ 77			
Возраст, лет / Пол	34 Ж	Фазовый угол (50 кГц), град	5.76			
Рост, см / Вес, кг	172 / 49.0	Клеточная жидкость / Минеральная масса тела, кг	16.5 / 2.16			
Окр. талии / Окр. бедер, см	66 / 90	Основной обмен, ккал/сут	1256			
Состав тела						
Индекс массы тела	16.6	18.5	25.0	76%		
Жировая масса (кг), нормированная по росту	10.4	10.3	17.2	76%		
Тощая масса (кг)	38.6	39.1	60.8	77%		
Активная клеточная масса (кг)	20.3	20.4	31.7	78%		
Доля активной клеточной массы (%)	52.5	50.0	56.0	99%		
Скелетно-мышечная масса (кг)	18.2	18.2	24.3	86%		
Доля скелетно-мышечной массы (%)	47.1	44.2	48.6	101%		
Удельный основной обмен (ккал/кв.м/сут.)	780.4	780.6	903.6	93%		
Общая жидкость (кг)	28.3	28.7	44.6	77%		
Внеклеточная жидкость (кг)	11.8	12.4	16.3	82%		
Соотношение талия / бедра	0.73	0.70	0.83	95%		
Классификация по проценту жировой массы (ожирение)	21.2	18.8	24.0	29.2	34.4	
		Истощение	Фитнес-стандарт	Норма	Избыточный вес	Ожирение

Рис. 3. Первичный протокол биоимпедансного обследования пациентки 34 лет с белково-энергетической недостаточностью

Пример 4. На рис. 4 показан первичный протокол биоимпедансного обследования профессионального спортсмена (рост 183 см, масса тела 89,4 кг).



БИОИМПЕДАНСНЫЙ АНАЛИЗ



Оценка состава тела (биоимпедансный анализ)

Пациент: _____

Базовые данные		Прибор N2521	Rc1_50 = 277.5 Rc2_50 = 455.5 (Ом)		
Дата обследования	25.10.2019 12:09:50	Сопрот. (акт. на 5 и 50 кГц, реакт. на 50 кГц), Ом		524/ 419/ 73	
Возраст, лет / Пол	27 М	Фазовый угол (50 кГц), град		9.88	
Рост, см / Вес, кг	183 / 89.4	Клеточная жидкость / Минеральная масса тела, кг		32.7 / 3.64	
Окр. талии / Окр. бедер, см	95 / 105	Основной обмен, ккал/сут		2183	
Состав тела					
Индекс массы тела				76	
Жировая масса (кг), нормированная по росту				56	
Тощая масса (кг)				96	
Активная клеточная масса (кг)				99	
Доля активной клеточной массы (%)				99	
Скелетно-мышечная масса (кг)				97	
Доля скелетно-мышечной массы (%)				85	
Удельный основной обмен (ккал/кв.м/сут.)				97	
Общая жидкость (кг)				96	
Внеклеточная жидкость (кг)				87	
Соотношение талия / бедра				82	
Классификация по проценту жировой массы (ожирение)					
	Истощение	Фитнес-стандарт	Норма	Избыточный вес	Ожирение

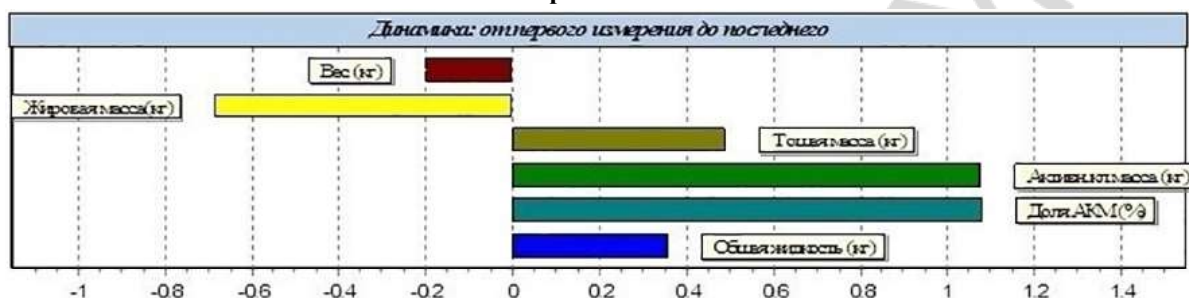
Рис. 4. Первичный протокол биоимпедансного исследования состава тела профессионального спортсмена

ТЕКУЩИЙ ПРОТОКОЛ

Повторные (текущие) биоимпедансные обследования позволяют оценить эффективность лечения пациентов с различными заболеваниями и скорректировать его тактику, а в спортивной медицине — оценить эффективность тренировочного процесса и спрогнозировать изменения физической работоспособности спортсмена во время пиковых нагрузок в соревновательный период или при вынужденном снижении физической активности после травм и заболеваний.

Текущий протокол содержит таблицу со значениями антропометрических и биоимпедансных параметров при первичном и повторных измерениях на фоне интервалов нормальных значений признаков, гистограмму изменений состава тела. В случае изменения показателей гидратации (общая, внеклеточная жидкость) в соответствующих ячейках таблицы появляется значок голубой капли (рис. 5), при изменении активной клеточной массы — значок перевернутой красной капли (рис. 6).

Пациент: _____
 Возраст: 45 лет

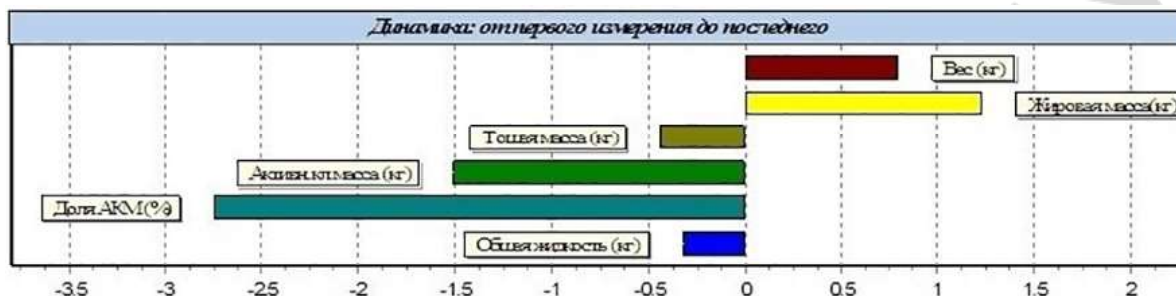


Результаты измерений				Норма
Дата измерения	26.09.2019	07.01.2020	02.05.2020	
Дата измерения	26.09.2019	07.01.2020	02.05.2020	
Время измерения	12:16:41	11:16:19	11:44:33	
Рост (см)	182.0	182.0	182.0	
Вес (кг)	94.0	93.5	93.8	
Изменение веса (кг)		-0.5	0.3	
Индекс массы тела	28.2	28.2	28.3	18.5-25.0
Окружность талии (см)	96.0	100.0	99.0	
Окружность бедер (см)	107.0	107.0	107.0	
Индекс талия/бедра	0.90	0.93	0.93	0.82-0.98
R50 (Ом)	436	451	428	
Xc50 (Ом)	61	63	62	
R5 (Ом)	522	541	518	
Фазовый угол (град)	7.93	7.9	8.22	5.4-7.8
Жировая масса (кг)	22.8	24.0	22.1	7.3-14.6
Изменение ЖМ (кг)		1.2	-1.9	
Жировая масса (%)	24.3	25.7	23.6	15-25
Тощая масса (кг)	71.2	69.5	71.7	48.4-72.3
Акт. клет. масса (кг)	44.2	43.1	45.3	26.7-39.8
Изменение АКМ (кг)		-1.1	2.2	
Доля АКМ (%)	62.1	62.0	63.2	53-59
Скел.-мыш. масса (кг)	36.3	35.1	36.7	26.6-35.3
Скел.-мыш. масса (%)	51.1	50.6	51.2	48.0-51.6
Общая жидкость (кг)	52.1	50.8	52.4	35.5-52.9
Внеклеточная жидк. (кг)	20.0	19.5	20.0	15.5-18.8
Внутриклет. жидк. (кг)	32.1	31.3	32.4	24.6-31.7
Изменение ОЖ (кг)		☹ -1.2	☹ 1.6	
Минеральная масса (кг)	3.633	3.540	3.630	2.65-3.63
Минер. м. мяг. тканей (кг)	0.710	0.693	0.715	0.54-0.70
Минер. м. костей (кг)	2.923	2.847	2.915	2.09-2.93
Основной обмен (ккал)	2012	1976	2047	
Удельн. обм. (ккал/кв.м)	929.5	917.1	948.4	829.0-960.0

Рис. 5. Текущий протокол биоимпедансных измерений спортсмена 45 лет

Значок перевернутой красной капли означает колебание показателя в период между текущим и предыдущим измерениями, что может служить признаком избыточного или недостаточного усвоения белка в рационе питания, развития хронического заболевания катаболической направленности или быть связано с интенсивным тренировочным процессом.

Пациент: _____
 Возраст: 50 лет



Результаты измерений				Норма
Дата измерения	13.08.2019	09.01.2020		
Время измерения	15:45:40	14:24:02		
Рост (см)	162.0	162.0		
Вес (кг)	56.7	57.5		
Изменение веса (кг)		0.8		
Индекс массы тела	21.6	21.9		18.5-25.0
Окружность талии (см)	64.0	64.0		
Окружность бедер (см)	93.0	93.0		
Индекс талия/бедра	0.69	0.69		0.74-0.89
R50 (Ом)	503	514		
Xc50 (Ом)	52	49		
R5 (Ом)	565	574		
Фазовый угол (град)	5.94	5.42		5.4-7.8
Жировая масса (кг)	10.0	11.2		8.5-16.2
Изменение ЖМ (кг)		1.2		
Жировая масса (%)	17.6	19.5		20-30
Тощая масса (кг)	46.7	46.3		33.5-53.0
Акт. клет. масса (кг)	25.0	23.5		17.6-27.8
Изменение АКМ (кг)		-1.5		
Доля АКМ (%)	53.5	50.7		50-56
Скел.-мыш. масса (кг)	22.4	22.0		17.6-23.8
Скел.-мыш. масса (%)	48.0	47.5		41.0-46.1
Общая жидкость (кг)	34.2	33.9		24.6-38.9
Внеклеточная жидк. (кг)	14.1	14.0		11.1-14.6
Внутриклет. жидк. (кг)	20.1	19.8		17.5-21.5
Изменение ОЖ (кг)		-0.3		
Минеральная масса (кг)	2.593	2.584		2.24-2.99
Минер. м. мяг. тканей (кг)	0.459	0.455		0.40-0.50
Минер. м. костей (кг)	2.139	2.129		1.84-2.49
Основной обмен (ккал)	1405	1357		
Удельн. обм. (ккал/кв.м)	885.3	851.0		765.0-833.0

Рис. 6. Текущий протокол биоимпедансных измерений пациентки 50 лет (оценка эффективности терапии)

ТИПОВОЙ ГРАФИЧЕСКИЙ ПРОТОКОЛ

Типовой графический протокол отражает динамику активной клеточной массы, жировой массы и массы тела. На рис. 7 видно, что снижение массы тела было обусловлено снижением активной клеточной массы и увеличением жировой массы. Такая ситуация часто свидетельствует о преобладании углеводов в питании.

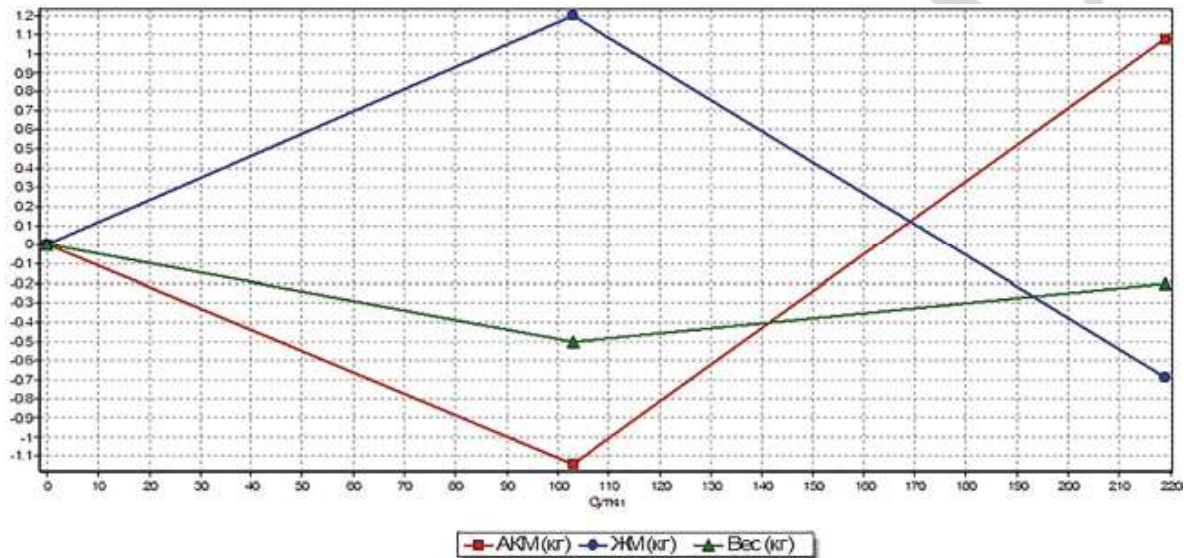


Рис. 7. Графический протокол изменений активной клеточной массы (АКМ), жировой массы (ЖМ) и массы тела

После коррекции питания и увеличения физической активности наблюдалось незначительное увеличение массы тела, однако это было связано с качественными изменениями его компонентного состава: увеличением активной клеточной массы и снижением жировой массы.

Дополнительно могут быть построены графики изменений до пяти произвольно выбранных параметров состава тела с учетом специфики ожидаемых изменений.

Во многих странах БИА состава тела успешно применяется при массовых обследованиях населения для оценки нутритивного статуса, двигательной активности, выявления рисков развития ряда заболеваний. Новейшие технологии БИА представлены биоэлектрической спектроскопией, сегментарным БИА и биоэлектрическим импедансным векторным анализом.

САМОКОНТРОЛЬ УСВОЕНИЯ ТЕМЫ

1. В основе БИА состава тела лежит измерение:

- а) электрических потенциалов;
- б) активного и реактивного сопротивления;
- в) рентгеновской прозрачности тканей;
- г) удельной плотности тканей.

2. Ложное ожирение может быть обнаружено:

- а) при длительной гиподинамии;
- б) проведении измерения после приема жидкости;
- в) гипертрофии мышечной ткани;
- г) отеках.

3. Синяя зона шкал первичного протокола биоимпедансного обследования (прибор «АВС-01 МЕДАСС») соответствует диапазону значений параметра:

- а) в норме;
- б) выше нормы;
- в) ниже нормы;
- г) не зависит от нормы.

4. При биоимпедансной оценке параметров состава тела значение внутриклеточной жидкости рассчитывается как разность между:

- а) безжировой массой тела и общей жидкостью организма;
- б) жировой и безжировой массой тела;
- в) безжировой и скелетно-мышечной массой тела;
- г) общей и внеклеточной жидкостью.

5. Зеленая зона шкал первичного протокола биоимпедансного обследования (прибор «АВС-01 МЕДАСС») соответствует диапазону значений параметра:

- а) в норме;
- б) выше нормы, что указывает на плохое состояние организма;
- в) выше нормы, что указывает на хорошее состояние организма;
- г) ниже нормы;
- д) не зависит от нормы.

6. Проведение биоимпедансных исследований не показано:

- а) пациентам, принимающим диуретические препараты;
- б) пациентам с вживленным кардиостимулятором;
- в) подросткам;
- г) пациентам с отравлением психотропными препаратами;
- д) лицам старше 60 лет.

7. Красная зона шкал первичного протокола биоимпедансного обследования (прибор «АВС-01 МЕДАСС») соответствует диапазону значений параметра:

- а) в норме;
- б) выше нормы, что указывает на плохое состояние организма;
- в) выше нормы, что указывает на хорошее состояние организма;
- г) ниже нормы;
- д) не зависит от нормы.

Ответы: 1 — б; 2 — в; 3 — в; 4 — г; 5 — в; 6 — д; 7 — б.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. *Внутренние* болезни : учеб. : в 2 ч. / под ред. А. А. Бова. Минск : Новое знание, 2020. Ч. 1: 704 с. Ч. 2: 818 с.

Дополнительная

2. *Биоимпедансометрия* как метод оценки компонентного состава тела человека (обзор литературы) / И. В. Гайворонский [и др.] // Вестник СПбГУ. Медицина. 2017. № 12(4). С. 365–384.

3. *Николаев, Д. В.* Лекции по биоимпедансному анализу состава тела человека / Д. В. Николаев, С. П. Щелькалина. Москва : ЦНИИОИЗ Минздрава России, 2016. 152 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Мотивационная характеристика темы	3
Методы оценки состава тела.....	4
Компоненты состава тела.....	6
Биоимпедансный анализ состава тела	7
Алгоритм оценки состава тела в биоимпедансном анализе	9
Способы интерпретации данных протокола биоимпедансного обследования	12
Первичный протокол	13
Текущий протокол.....	17
Типовой графический протокол	20
Самоконтроль усвоения темы.....	21
Список использованной литературы.....	22

Учебное издание

Зыбалова Татьяна Сергеевна

**БИОИМПЕДАНСНАЯ ДИАГНОСТИКА
КОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА**

Учебно-методическое пособие

Ответственный за выпуск А. М. Борис
Редактор О. В. Лавникович

Подписано в печать 30.03.21. Формат 60×84/16. Бумага писчая «Хероx office».
Ризография. Гарнитура «Times».
Усл. печ. л. 1,39. Уч.-изд. л. 1,15. Тираж 50 экз. Заказ 125.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования
«Белорусский государственный медицинский университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/187 от 18.02.2014.
Ул. Ленинградская, 6, 220006, Минск.

ISBN 978-985-21-0776-1



9 789852 107761

Позитивний БГМУ