

БИОИМПЕДАНСОМЕТРИЯ КАК ЭЛЕМЕНТ КОНТРОЛЯ ЗА ВОДНЫМ БАЛАНСОМ СПОРТСМЕНОВ

под редакцией
академика РАН В. А. Тутельяна
академика РАН Д. Б. Никитюка



ДЕЛИ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
НАУКИ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
ПИТАНИЯ, БИОТЕХНОЛОГИИ И БЕЗОПАСНОСТИ ПИЩИ



БИОИМПЕДАНСОМЕТРИЯ КАК ЭЛЕМЕНТ КОНТРОЛЯ ЗА ВОДНЫМ БАЛАНСОМ СПОРТСМЕНОВ

Под редакцией
академика РАН В. А. Тутельяна
академика РАН Д. Б. Никитюка

**Москва
Дели
2024**

УДК 572.087+612.015.36+615.47

ББК 28.716.3-22:75.5

Б63

**Б63 Биоимпедансометрия как элемент контроля за водным балансом спортсменов : монография / под ред. В. А. Тутельяна, Д. Б. Никитюка. – М.: ТД ДеЛи, 2024. – 125 с.
ISBN 978-5-6051148-8-8**

Монография содержит основную информацию об оценке статуса гидратации спортсменов с помощью биоимпедансных анализаторов состава тела. Приведены данные оценки статуса гидратации спортсменов, специализирующихся в видах спорта, имеющих разделение по весовым категориям (на примере боксеров высокой квалификации), а также в игровых командных видах спорта (на примере футболистов, баскетболистов и ватерполистов). Показаны результаты сравнительной оценки компонентного состава тела и водных секторов организма при использовании биоимпедансных анализаторов различных модификаций и фирм-производителей.

Монография предназначена для спортивных врачей, спортивных нутрициологов, действующих спортсменов, тренеров команд, врачей центров здоровья и спортивного питания, преподавателей и студентов физкультурных высших и средних учебных заведений, а также научных работников, занимающихся изучением компонентного состава тела спортсменов и описанием результатов протоколов оценки состава тела и водных секторов организма. Материалы могут быть использованы в образовательном процессе для повышения квалификации медицинских работников и курсантов тематических циклов усовершенствования и специализации врачей по диетологии, нутрициологии и тренеров.

УДК 572.087+612.015.36+615.47

ББК 28.716.3-22:75.5

ISBN 978-5-6051148-8-8

© ФГБУН «ФИЦ питания
и биотехнологии», 2024

© Оформление. ТД ДеЛи, 2024

РАССМОТРЕНО И ОДОБРЕНО на заседании Ученого совета ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (протокол № 5 заседания Ученого совета от 21.06.2024 г.)

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Мирошников Александр Борисович – доктор биологических наук, доцент, декан факультета адаптивной физической культуры, рекреации и туризма РУС «ГЦОЛИФК», профессор кафедры спортивной медицины РУС «ГЦОЛИФК»

Клочкова Светлана Валерьевна – доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры анатомии человека ФГАОУ ВО «РУДН»

ГЛАВНЫЕ РЕДАКТОРЫ:

Тутельян Виктор Александрович – доктор медицинских наук, профессор, академик РАН, научный руководитель ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии»

Никитюк Дмитрий Борисович – доктор медицинских наук, профессор, академик РАН, директор ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии»

РЕДАКТОР-СОСТАВИТЕЛЬ:

Выборная Ксения Валерьевна – научный сотрудник лаборатории антропнутрициологии и спортивного питания ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии»

АВТОРСКИЙ КОЛЛЕКТИВ:

Выборная Ксения Валерьевна – научный сотрудник лаборатории антропнутрициологии и спортивного питания ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии»

Раджабкадиев Раджабкади Магомедович – научный сотрудник лаборатории антропнутрициологии и спортивного питания ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии»

Тармаева Инна Юрьевна – доктор медицинских наук, профессор, ученый секретарь ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии»

ФИНАНСИРОВАНИЕ. Исследование выполнено в рамках темы гос.задания № темы FGMP–2022–0004 «Разработка инновационных подходов к оптимизации питания высококвалифицированных спортсменов с целью улучшения адаптационного потенциала и спортивной формы».

СОДЕРЖАНИЕ

Список сокращений	6
Введение	8
Глава 1. Оценка статуса гидратации с помощью биоимпедансных анализаторов состава тела.....	10
Основные сведения	10
Методы оценки количества общей воды организма.....	11
Аппаратный метод определения внеклеточной воды организма	12
Порядок расчета компонентного состава тела и водных секторов организма при измерении с помощью биоимпедансных анализаторов	14
Оценка статуса гидратации в спортивной и клинической практике	16
Шкалы и нормативные значения оценки статуса гидратации организма, используемые в различных биоимпедансных анализаторах	17
Возрастные изменения индексов ВнекВ/ОВО и ВнекВ/ВнукВ	23
Популяционные значения индексов ВнекВ/ОВО и ВнекВ/ВнекВ согласно данным результатов обследования населения Российской Федерации	26
Глава 2. Оценка статуса гидратации спортсменов, специализирующихся в видах спорта, имеющих разделение по весовым категориям, на примере высококвалифицированных боксеров.....	32
Правила проведения измерения на БИ анализаторах при оценке статуса гидратации.....	32
Зависимость значений абсолютных и относительных показателей водных секторов организма от габаритных размеров тела	32
Нормативы индексов оценки распределения воды в организме с учетом компонентного состава тела и возраста у высококвалифицированных боксеров	42

Глава 3. Оценка статуса гидратации спортсменов, специализирующихся в командных игровых видах спорта, на примере футболистов, баскетболистов и ватерполистов	46
Значения абсолютных и относительных показателей водных секторов организма у представителей командных игровых видов спорта	46
Нормативы индексов оценки распределения воды организма с учетом компонентного состава тела и возраста у спортсменов командных игровых видов спорта	57
Глава 4. Сравнение результатов оценки компонентного состава тела и водных секторов организма при использовании биоимпедансных анализаторов различных модификаций и фирм производителей	61
Результаты сравнительного анализа показателей состава тела и водных секторов организма, измеренных на биоимпедансных анализаторах AccunIQ BC310 и ABC-01 Медасс	61
Глава 5. Биоимпедансный анализ в спортивной и клинической практике – влияние альтернативных условий измерения на показатели состава тела	71
Приложение	101
Список литературы.....	116

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

- АКМ** – активная клеточная масса
- БИ анализатор** – биоимпедансный анализатор состава тела
- БИА** – биоимпедансный анализ состава тела
- ВК** – весовая категория
- ВКЖ 1** – показатель ВнекВ, нормированный по общей жидкости
- ВКЖ 2** – показатель ВнекВ, нормированный по длине тела
- ВнекВ** – внеклеточная вода организма
- ВнекВ/ВнукВ (ECW/ICW index)** – индекс оценки статуса гидратации организма, выражающийся как отношение показателя внеклеточной воды к внутриклеточной воде организма
- ВнекВ/ОВО (ECW/TBW index)** – индекс оценки статуса гидратации организма, выражающийся как отношение показателя внеклеточной воды к общей воде организма
- ВнекЖ/ОЖО (ECF/TBF)** – отношение внеклеточной жидкости ко всей жидкости в организме
- ВнукВ** – внутриклеточная вода организма
- ВОО** – величина основного обмена
- Доля ВнекВ от МТ, %** – доля внеклеточной воды от массы тела
- Доля ВнукВ от МТ, %** – доля внутриклеточной воды от массы тела
- Доля ОВО от МТ, %** – доля общей воды от массы тела
- Доля СММ от ТМТ, %** – доля скелетно-мышечной массы от массы тела
- ДТ** – длина тела
- ДТ²/R5** – индекс импеданса R5
- ДТ²/R50** – индекс импеданса R50
- ЖМТ** – жировая масса тела
- ИМТ** – индекс массы тела
- МБИ** – многочастотный биоимпеданс
- МТ** – масса тела
- ОБИ** – одночастотный биоимпеданс
- ОВО** – общая вода организма
- ПО** – программное обеспечение
- СММ** – скелетно-мышечная масса
- ТМТ** – тощая масса тела
- ц.и.** – центильный интервал
- ЧССмакс** – максимальная частота сердечных сокращений

BFM – fat body mass

BMR – basal metabolic rate

ECW – extracellular body water

ESPEN (European Society for Clinical Nutrition and Metabolism) –
экспертная группа Европейской ассоциации клинического пита-
ния и метаболизма

ICW – intracellular body water

LBM – lean body mass

R50 – активное сопротивление на частоте 5 Герц

R50 (Impedance) – активное сопротивление на частоте 50 Герц

TBW – total body water

VO₂max – максимальное потребление кислорода

ВВЕДЕНИЕ

Монография *«Биоимпедансометрия как элемент контроля за водным балансом спортсменов»* отражает главные аспекты оценки водного баланса организма и статуса гидратации спортсменов с помощью биоимпедансных анализаторов состава тела и приурочена к 90-летию со дня рождения выдающегося российского ученого-биолога, анатома, морфолога и антрополога, профессора, доктора медицинских наук, член-корреспондента РАМН Бориса Александровича Никитюка (1933–1998) и к 85-летию со дня рождения ведущего специалиста в области функциональной и спортивной антропологии, доктора биологических наук Эдуарда Георгиевича Мартиросова (1938–2018), внесших неограниченный вклад в развитие спортивной антропологии и морфологии.

Представленные в монографии данные получены сотрудниками лаборатории антропонурициологии и спортивного питания ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии». Монография включила в себя результаты оценки водных секторов организма и статуса гидратации 157 высококвалифицированных боксеров-членов молодежной и взрослой сборных команд Российской Федерации по боксу и 66 мужчин-спортсменов командных игровых видов спорта (баскетбол, футбол, водное поло). Данные были собраны во время командировочных выездов на места проведения тренировочных и соревновательных сборов.

В первой главе представлены основные сведения, касающиеся оценки статуса гидратации спортсменов с помощью биоимпедансных анализаторов состава тела, а также шкалы и норматив-

ные значения оценки статуса гидратации организма, используемые в различных биоимпедансных анализаторах, возрастные изменения индексов $V_{\text{некВ}}/O_{\text{ВО}}$ и $V_{\text{некВ}}/V_{\text{нукВ}}$ и популяционные значения индексов $V_{\text{некВ}}/O_{\text{ВО}}$ и $V_{\text{некВ}}/V_{\text{некВ}}$ согласно данным результатов обследования населения Российской Федерации.

Во второй главе представлены результаты оценки водных секторов и распределения жидкости в организме высококвалифицированных боксеров методом биоимпедансометрии и приведены нормативные значения индексов оценки распределения воды в организме с учетом компонентного состава тела и возраста у высококвалифицированных боксеров.

В третьей главе представлены результаты оценки статуса гидратации спортсменов, специализирующихся в командных игровых видах спорта, на примере футболистов, баскетболистов и ватерполистов, а также приведены нормативные значения индексов оценки распределения воды в организме этих спортсменов с учетом компонентного состава тела и возраста.

В четвертой главе отражены результаты сравнительного анализа показателей состава тела и водных секторов организма, измеренных на биоимпедансных анализаторах Accuniq BC310 и ABC-01 Медасс.

В пятой главе приведены результаты литературного обзора, касающиеся влиянию альтернативных условий измерения биоимпедансного анализа на показатели состава тела.

ГЛАВА 1. ОЦЕНКА СТАТУСА ГИДРАТАЦИИ С ПОМОЩЬЮ БИОИМПЕДАНСНЫХ АНАЛИЗАТОРОВ СОСТАВА ТЕЛА

Основные сведения

Вода организма представляет собой наибольший по массе компонент состава тела и обеспечивает процессы транспорта веществ в организме. Процентное содержание воды в организме зависит от возраста, пола и уровня физической подготовки. При рождении содержание воды в организме человека составляет примерно 80%, к достижению человеком взрослого возраста вода составляет около 65%.

Количество воды в организме напрямую зависит от количества жировой и мышечной ткани. Следует учитывать, что мышечная ткань содержит больше воды, чем жировая. В связи с этим существуют половые различия в содержании воды. Так как женщины, имеют больший процент жира и меньший процент мышц, чем мужчины, у них меньше содержание воды в организме. Если индивид физически активный, количество воды в организме может увеличиваться в зависимости от увеличения мышечной массы тела. Мужчины и женщины с высоким процентом мышц в организме будут иметь и более высокий процент воды в организме, чем менее физически активные люди того же возраста и массы тела с меньшим количеством мышечной массы (Выборная К.В., 2004–2).

Методы оценки количества общей воды организма

Оценить количество общей воды организма можно несколькими методами:

1. Методом разведения индикаторов.
2. Расчетным методом, основанным на измерении антропометрических параметров.
3. Аппаратным методом с помощью биоимпедансных анализаторов состава тела.

Метод разведения индикаторов является эталонным методом, который используют для сравнения результатов исследований, полученных расчетным и аппаратным методами (Watson P.E., 1980; Kushner R.F., 1986; Patel R.V., 1994; Deurenberg P., 1995).

Расчетный метод определения общей воды организма. Расчет ОВО на основе данных антропометрии был предложен Watson et al. в 1980 году. Исследование было выполнено на основе литературных данных; из нескольких научных публикаций были взяты индивидуальные значения объема общей воды организма 458 взрослых мужчин и 265 взрослых женщин, полученные методом разведения индикаторов, а также значения их длины тела (ДТ), массы тела (МТ) и возраста. На основании этих параметров были разработаны уравнения прогнозирования общего количества воды в организме для взрослого человека любого возраста в зависимости от пола.

Для мужчин:

$$TBW = 2,447 \text{ (liters)} - 0,09516 A \text{ (years)} + 0,1074 \text{ height (cm)} + 0,3362 \text{ weight (kg)}, \quad (1)$$

Для женщин:

$$TBW = -2,097 \text{ (liters)} + 0,1069 \text{ height (cm)} + 0,2466 \text{ weight (kg)}, \quad (2)$$

где: TBW (total body water) – общая вода организма (ОВО); liters – литры; A (years) – возраст (лет); height (cm) – длина тела (см); weight (kg) – масса тела (кг).

Прогнозирование ОВО по формулам (1) и (2) у людей с долей жира в организме, превышающей среднее значение для данного пола на 20% и выше (т.е. >40% ЖМТ от массы тела у мужчин и >53% ЖМТ от массы тела у женщин), дает большие погрешности, т.к. жировая ткань содержит от 10 до 30% воды, и у людей с выра-

женным ожирением очень большая доля МТ приходится на относительно безводную жировую ткань (Выборная К.В., 2004–2).

Аппаратный метод определения общей воды организма.

При помощи биоимпедансного анализа состава тела (БИА) объем общей воды организма рассчитывают по формулам Kushner & Schoeller (Kushner R.F., 1986), используя значение измеренного резистивного импеданса, т.е. активного сопротивления на частоте 50 Герц (R50), и значение индекса импеданса $DT^2/R50$, выражающегося отношением длины тела, возведенной в квадрат, к резистивному импедансу R50. В исследовании Kushner & Schoeller (Kushner R.F., 1986) ОВО, измеренное с помощью БИА, напрямую сравнивалось с количеством ОВО, оцененной методом разбавления изотопов дейтерия у 58 обследуемых. Авторами было показано, что индекс импеданса $DT^2/R50$ был наиболее значимой переменной, используемой для прогнозирования ОВО, определенной методом разведения (D_2O -TBW), чем вес, рост и/или возраст. В сочетании со значением МТ были разработаны следующие уравнения прогноза ($R = 0,99$; $SE = 1,75$ л):

для мужчин старше 18 лет:

$$\text{ОВО, кг} = 0,3963 \times DT^2/R50 + 0,143MT + 8,399, \quad (3)$$

для женщин старше 18 лет:

$$\text{ОВО, кг} = 0,3821 \times DT^2/R50 + 0,1052MT + 8,3148, \quad (4)$$

где: ОВО – общая вода организма; $DT^2/R50$ – индекс импеданса R50; МТ – масса тела (кг).

Уравнения (3) и (4) работают одинаково хорошо для людей как с нормальной массой тела, так и с ожирением. Уравнения, апробированные на независимой выборке, определяли D_2O -TBW с хорошими коэффициентами корреляции (0,96 и 0,93), общей ошибкой (2,34 л и 2,89 л) и небольшой разницей между средним прогнозируемым и измеренным D_2O -TBW ($-1,4 \pm 2,05$ л и $-0,48 \pm 2,83$ л).

Аппаратный метод определения внеклеточной воды организма

В 1994 году Patel et al. изучали сопоставление результатов оценки общей и внеклеточной воды организма (ВнекВ), полученных методами золотого стандарта (метод разведения индикаторов: однократная пероральная доза смеси оксида дейтерия 10 г и брома 30 ммоль) и одночастотным и многочастотным биоимпе-

данскими анализаторами (БИ анализаторами) (Patel R.V., 1994). Исследование проходило на условно здоровых мужчинах ($n = 8$) и женщинах ($n = 6$) – добровольцах в возрасте 25–46 лет. Было показано, что средние оценки многочастотного биоимпеданса (МБИ) и одночастотного биоимпеданса (ОБИ) для ОВО составили 41,2 л и 42,1 л, соответственно, и статистически не отличались от значения 41,2 л, полученного методом разведения оксида дейтерия. Для ВнecB средние значения МБИ и ОБИ составили 19,5 л и 24,8 л, соответственно, и значительно отличались от значения 18,8 л ($p = 0,013$ и $p = 0,001$ соответственно), полученного методом разведения брома. Этим исследованием было показано, что многочастотный БИ анализатор является более точным и менее предвзятым предиктором содержания ВнecB организма.

При помощи БИА содержание в организме ВнecB определяют по формуле Deurenberg et al. (1995), используя значение измеренного активного сопротивления на частоте 5 Герц (R_5) и индекс импеданса DT^2/R_5 , выражающийся отношением длины тела, возведенной в квадрат, к резистивному импедансу R_5 (Deurenberg P., 1995). Авторами статьи была изучена взаимосвязь между ОВО и ВнecB, измеренными путем разведения оксида дейтерия и бромида соответственно, а также импеданса и индекса импеданса ($DT^2/\text{импеданс}$) на частотах 1, 5, 50 и 100 кГц. После поправки на ОВО ВнecB коррелировала только с индексом импеданса на частотах 1 и 5 кГц. После поправки на ВнecB ОВО лучше всего коррелировала с индексом импеданса на частоте 100 кГц. Были разработаны формулы прогнозирования ВнecB (на 1 и 5 кГц) и ОВО (на 50 и 100 кГц). Ошибки прогноза для ВнecB и ОВО составили 1,0 и 1,7 кг соответственно (коэффициент вариации 5%). Применение формул прогнозирования на независимой популяции выявило небольшое завышение ОВО и ВнecB, что в значительной степени можно объяснить различиями в проверочной группе в распределении жидкости в организме и в телосложении, т.е. составе тела. Формула для прогнозирования количества ВнecB с использованием значения индекс импеданса R_5 следующая:

$$\text{ВнecB} = 0,189 \times DT^2/R_5 + 0,0675MT - 0,02\text{Возраст (лет)} + 2,53, \quad (5)$$

где: ВнecB – внеклеточная вода организма; DT^2/R_5 – индекс импеданса R_5 ; MT – масса тела (кг).

Отношение импеданса на частоте 1 кГц к импедансу на частоте 100 кГц коррелировало с индексом распределения жидкости в организме, определяемого как отношение внеклеточной воды к общей воде организма (ВнекВ/ОВО). Однако эта связь была недостаточно сильна, чтобы ее можно было использовать в качестве оценки в биоимпедансном анализе. Авторами сделан вывод, что независимое прогнозирование показателей ВнекВ и ОВО с использованием импеданса на низкой и высокой частотах соответственно возможно, но смещение зависит от распределения жидкости в организме и от типа телосложения измеряемого субъекта (Deurenberg P., 1995).

Порядок расчета компонентного состава тела и водных секторов организма при измерении с помощью биоимпедансных анализаторов

В данном разделе на примере формул, встроенных в программное обеспечение БИ анализатора ABC-01 Медасс показано, как БИ анализаторы «измеряют» компонентный состав тела и водные сектора организма (Руднев С.Г., 2014).

Алгоритм «измерения» зависит от возраста и имеет разную последовательность. Так для взрослых людей старше 18 лет сначала по формулам Kushner and Schoeller (Kushner R.F., 1986; Руднев С.Г., 2014), используя измеренное значение активного сопротивления R50, рассчитывается количество ОВО с учетом пола:

для мужчин старше 18 лет:

$$\text{ОВО, кг} = 0,3963 \times \text{ДТ}^2 / \text{R50} + 0,143\text{MT} + 8,399, \quad (3)$$

для женщин старше 18 лет

$$\text{ОВО, кг} = 0,3821 \times \text{ДТ}^2 / \text{R50} + 0,1052\text{MT} + 8,3148. \quad (4)$$

В норме ОВО составляет около 73% тощей массы тела (ТМТ); из этого постоянный коэффициент гидратации ТМТ считается равным 0,73 (Руднев С.Г., 2014). На основе значений ОВО, с учетом относительного постоянства гидратации ТМТ у взрослых людей, по формуле вычисляют количество ТМТ:

$$\text{ТМТ, кг} = \text{ОВО, кг} / 0,732. \quad (6)$$

У детей до 18 лет напротив, сначала рассчитывают ТМТ по формуле Houtkooper et al. (1992) (Руднев С.Г., 2014):

$$\text{ТМТ} = 0,61 \times \text{ДТ}^2 / \text{R50} + 0,25\text{MT} + 1,31, \quad (7)$$

а затем вычисляют количество ОВО, используя коэффициент гидратации ТМТ:

$$\text{ОВО} = k \times \text{ТМТ}, \quad (8)$$

где k – коэффициент гидратации тощей массы тела.

На основе данных о зависимости коэффициента гидратации тощей массы от возраста в работе Neumsfield et al. (2000) (Руднев С.Г., 2014), величину k для детей младше 10 лет вычисляют приближенно по формуле:

$$k = 0,758 + (0,732 - 0,758) \times (\text{Возраст} - 5) / 5, \quad (9)$$

а в возрасте старше 10 лет считают постоянной, равной 0,732, как и во взрослой популяции.

Далее для обследуемых всех возрастных групп расчет следующий.

Жировую массу тела (ЖМТ) вычисляют как разность между массой тела и тощей массой тела:

$$\text{ЖМТ, кг} = \text{МТ, кг} - \text{ТМТ, кг}. \quad (10)$$

Активную клеточную массу (АКМ) вычисляют по формуле Lautz et al. (1992) (Руднев С.Г., 2014) с использованием значения логарифма фазового угла:

$$\text{АКМ, кг} = 0,3\text{ТМТ, кг} \times \ln(\text{ФУ}). \quad (11)$$

Скелетно-мышечную массу (СММ) у детей старше 10 лет и взрослых рассчитывают по формуле Janssen et al. (2000) (Руднев С.Г., 2014):

$$\text{СММ (кг)} = 0,401 \times \text{ДТ}^2 / \text{R50} + 3,825 \text{Пол} - 0,071 \text{Возраст} + 5,102. \quad (12)$$

У детей младше 10 лет, а также при длине тела не более 140 см, к указанной формуле применяются поправки, реализованные в программном обеспечении анализатора ABC-01 Медасс (Руднев С.Г., 2014).

Содержание в организме внеклеточной воды рассчитывают по формуле Deurenberg et al. (Deurenberg P., 1995; Руднев С.Г., 2014):

$$\text{ВнекВ} = 0,189 \times \text{ДТ}^2 / \text{R5} + 0,0675 \text{МТ} - 0,02 \text{Возраст (лет)} + 2,53. \quad (5)$$

Содержание в организме внутриклеточной жидкости (ВнукВ) рассчитывают как разность между ОВО и ВнекВ:

$$\text{ВнукВ} = \text{ОВО} - \text{ВнекВ}. \quad (13)$$

Величину основного обмена (ВОО) рассчитывают по формуле, реализованной в программном обеспечении анализатора ABC-01

Медасс (Хрущева и соавт., 2009) с использованием значения АКМ (Руднев С.Г., 2014):

$$\text{ВОО, ккал/сут} = 31,6\text{АКМ, кг} + 615,7. \quad (14)$$

Оценка статуса гидратации в спортивной и клинической практике

Оценка статуса гидратации организма спортсменов является важной задачей спортивной медицины. Состояния обезвоживания или отека отрицательно влияют на показатели работоспособности, конкурентоспособности и спортивной успешности. Состояния в отклонении водного баланса в сторону его снижения (обезвоживание, дегидратация) или повышения (отек) могут быть диагностированы несколькими способами (Выборная К.В., 2018–1), в том числе и методом биоимпедансного анализа состава тела. Биоэлектрический импедансный анализ нашел широкое применение в качестве неинвазивного, быстрого и безопасного метода мониторинга состава тела и оценки статуса питания как у здоровых людей, ведущих активный образ жизни, так и у спортсменов, и у людей с различными заболеваниями (Выборная К.В., 2004–2; Руднев С.Г., 2014; Francisco R., 2020).

В связи с тем, что одной из БИ анализаторов является оценка водных секторов и распределения воды в организме с помощью индексов, БИА нашел широкое применение в клинической практике. Изначально индексы были введены для оценки статуса гидратации пациентов до и после диализа, как инструмент отслеживания качества проведенного медицинского вмешательства (Kang S.H., 2016; Pérez-Morales R., 2021). Последующими исследованиями было показано, что оценка водных секторов организма важна в клинической практике для пациентов с онкологическими заболеваниями (Miura T., 2019), острой сердечной недостаточностью, сопровождающейся наличием отеков (Yamazoe M., 2015), и некоторыми другими патологическими состояниями.

С помощью биоимпедансных анализаторов можно оценить как абсолютные показатели водных секторов организма, так и статус гидратации, используя индексы. Индексы оценки статуса гидратации организма основаны на сопоставлении (соотношении) значений внеклеточной воды организма (ВнекВ, extracellular body water, ECW) либо с общей водой организма (ОВО, total body water, TBW) – ВнекВ/ОВО (ECW/TBW index), либо с внутрикле-

точной водой организма (ВнукВ, intracellular body water, ICW) – ВнекВ/ВнукВ (ECW/ICW index), т.к. внеклеточная вода является предиктором наличия или отсутствия отека. В настоящее время индексы, внедренные в программное обеспечение БИ анализаторов, служат методом оценки распределения воды в организме при оценке статуса гидратации всех представителей популяции, включая условно здоровых и физически активных людей.

Причиной отеков могут служить как некоторые патологические состояния (например, травмы), так и прием некоторых специализированных пищевых продуктов, биологически активных добавок и лекарственных средств (по медицинским показаниям), имеющих свойство задерживать внеклеточную воду, а также употребление в пищу продуктов, обладающих «влагоудерживающими» свойствами. Одной из основных причин обезвоживания в спорте служит нарушение баланса водопотребления и водопотерь, а именно недостаточное и несвоевременное потребление жидкости (Francisco R., 2020).

Однако следует учитывать позицию экспертной группы Европейской ассоциации клинического питания и метаболизма (ESPEN, англ. European Society for Clinical Nutrition and Metabolism) (Kyle U.G., 2004) по вопросу оценки статуса гидратации с помощью БИА. Эксперты указывают, что БИА работает корректно (сопоставимо с данными эталонных методов исследования, такими как рентгеновская денситометрия и метод разведения индикаторов) у здоровых людей, и у пациентов со стабильным водно-электролитным балансом. При этом клиническое использование БИА у индивидов с экстремальными диапазонами ИМТ (очень низкими (ниже 16 кг/м^2) или очень высокими, как за счет увеличения жировой (выше 34 кг/м^2), так и мышечной массы тела) или с аномальным статусом гидратации (состояние обезвоживания, например) не может быть рекомендовано, т.к. велик риск получить ошибочные результаты оценки (Выборная К.В., 2024–2; Kyle U.G., 2004).

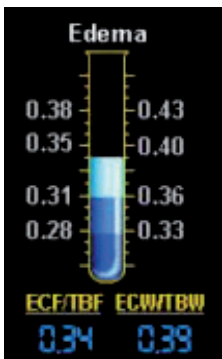
Шкалы и нормативные значения оценки статуса гидратации организма, используемые в различных биоимпедансных анализаторах

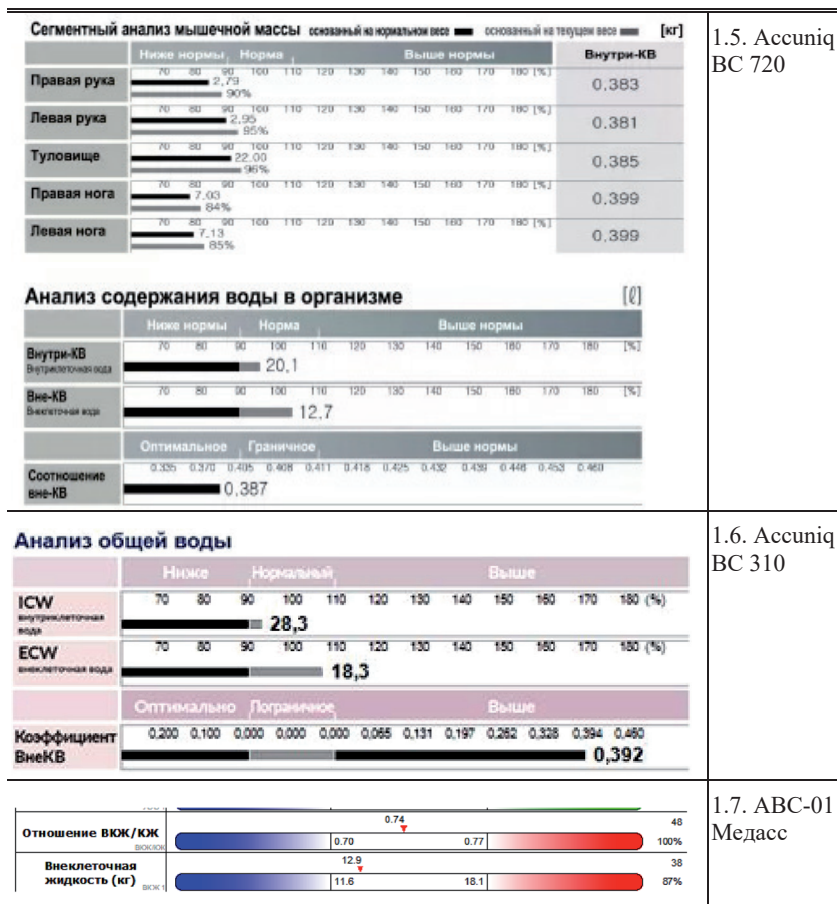
На рис. 1 представлены фрагменты протоколов измерения состава тела с помощью БИ анализаторов InBody 770 (Таблица результатов аппарата InBody 770. Инструкция по эксплуатации)

(рис. 1.1), Inbody 720 (Инструкция по эксплуатации биоимпедансного анализатора Inbody720) (рис. 1.2), Tanita MC-980 (Инструкция по эксплуатации биоимпедансного анализатора Tanita MC-980) (рис. 1.3), Tanita MC-780 (Инструкция по эксплуатации биоимпедансного анализатора Tanita MC-780) (рис. 1.4), Accuniq BC 720 (Инструкция по эксплуатации биоимпедансного анализатора Accuniq BC 720) (рис. 1.5), Accuniq BC 310 (Инструкция по эксплуатации биоимпедансного анализатора Accuniq BC310) (рис. 1.6) и ABC-01 Медасс (Руднев С.Г., 2014) (рис. 1.7), отражающие шкалы оценки индексов распределения воды в организме (ВнекВ/ОВО либо ВнекВ/ВнукВ в зависимости от настроек анализатора). Видно, что шкала InBody 770 и Accuniq BC 720 имеют как цифровое значение индекса, так и границы значений. Для анализатора InBody 770 границы обозначены как недостаточное (до 0,359, состояние дегидратации), нормальное (0,360–0,389, нормальный статус гидратации) и избыточное значение (0,390 и выше). При этом в инструкции к анализаторам InBody S 10 есть так же градация, разделяющая избыточные значения на состояние умеренного отека (0,390–0,399) и состояние выраженного отека (выше 0,400), хотя шкала на протоколе InBody S 10 выглядит идентично шкале InBody 770. Нормативные значения не зависят от пола и возраста и предназначены для оценки взрослого контингента, являющегося представителями среднестатистической популяции, но не для детской популяции и не для спортивного контингента.

В соответствии с инструкцией по эксплуатации биоимпедансного анализатора Inbody 720 отечность означает избыточное накопление серозной жидкости в тканевых пространствах, результатом которого являются отеки. Этот график (рис. 1.2) показывает отношение внеклеточной воды организма к общей воде организма (ECW/TBW; ВнекВ/ОВО) и отношение внеклеточной жидкости ко всей жидкости в организме (ECF/TBF; ВнекЖ/ОЖО). Нормальный уровень показателей ВнекВ/ОВО колеблется в пределах 0,360–0,390; ВнекЖ/ОЖО – в пределах 0,310–0,340. Такой уровень поддерживается в здоровом организме. Обычно, при увеличении объема внеклеточной воды, увеличивается показатель отечности. При старении и недоедании мышечные клетки «морщатся» и пустоты между морщинками заполняются водой. Как результат показатель внеклеточной воды

возрастает. Inbody 720 показывает как сегментарный, так и общий (рис. 1.2) показатель отечности.

Фрагмент протокола		Анализатор																																				
<p>Анализ Соотношения ВКЖ/ОКЖ</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Недостаток</th> <th>Норма</th> <th>Превышение</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Соотношение ВКЖ/ОКЖ</td> <td>0,320 0,340 0,360 0,380 0,390 0,400 0,410 0,420 0,430 0,440 0,450</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="3">0,378</td> </tr> </tbody> </table>			Недостаток	Норма	Превышение	Соотношение ВКЖ/ОКЖ	0,320 0,340 0,360 0,380 0,390 0,400 0,410 0,420 0,430 0,440 0,450				0,378			1.1. InBody 770																								
	Недостаток	Норма	Превышение																																			
Соотношение ВКЖ/ОКЖ	0,320 0,340 0,360 0,380 0,390 0,400 0,410 0,420 0,430 0,440 0,450																																					
	0,378																																					
<p>Анализ тощей массы по сегментам <small>Основано на идеальном весе</small> █ <small>Основано на текущем весе</small></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Недостаток</th> <th>Норма</th> <th>Превышение</th> <th>Соотношение ВКЖ/ОКЖ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Правая Рука (kg) (%)</td> <td>40 60 80 100 120 140 160 180 200 %</td> <td></td> <td>5,39 128,1</td> <td>0,375</td> </tr> <tr> <td>Левая Рука (kg) (%)</td> <td>40 60 80 100 120 140 160 180 200 %</td> <td></td> <td>5,40 128,5</td> <td>0,374</td> </tr> <tr> <td>Туловище (kg) (%)</td> <td>70 80 90 100 110 120 130 140 150 %</td> <td></td> <td>38,3 114,2</td> <td>0,379</td> </tr> <tr> <td>Правая Нога (kg) (%)</td> <td>70 80 90 100 110 120 130 140 150 %</td> <td></td> <td>13,72 117,3</td> <td>0,377</td> </tr> <tr> <td>Левая Нога (kg) (%)</td> <td>70 80 90 100 110 120 130 140 150 %</td> <td></td> <td>13,60 116,3</td> <td>0,379</td> </tr> </tbody> </table>			Недостаток	Норма	Превышение	Соотношение ВКЖ/ОКЖ	Правая Рука (kg) (%)	40 60 80 100 120 140 160 180 200 %		5,39 128,1	0,375	Левая Рука (kg) (%)	40 60 80 100 120 140 160 180 200 %		5,40 128,5	0,374	Туловище (kg) (%)	70 80 90 100 110 120 130 140 150 %		38,3 114,2	0,379	Правая Нога (kg) (%)	70 80 90 100 110 120 130 140 150 %		13,72 117,3	0,377	Левая Нога (kg) (%)	70 80 90 100 110 120 130 140 150 %		13,60 116,3	0,379							
	Недостаток	Норма	Превышение	Соотношение ВКЖ/ОКЖ																																		
Правая Рука (kg) (%)	40 60 80 100 120 140 160 180 200 %		5,39 128,1	0,375																																		
Левая Рука (kg) (%)	40 60 80 100 120 140 160 180 200 %		5,40 128,5	0,374																																		
Туловище (kg) (%)	70 80 90 100 110 120 130 140 150 %		38,3 114,2	0,379																																		
Правая Нога (kg) (%)	70 80 90 100 110 120 130 140 150 %		13,72 117,3	0,377																																		
Левая Нога (kg) (%)	70 80 90 100 110 120 130 140 150 %		13,60 116,3	0,379																																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Segmental Edema</th> <th colspan="2">Edema</th> </tr> <tr> <th>ECF/TBF</th> <th>ECW/TBW</th> <th>ECF/TBF</th> <th>ECW/TBW</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.332</td> <td>0.379</td> <td>0.41</td> <td>0.46</td> </tr> <tr> <td>0.333</td> <td>0.379</td> <td>0.38</td> <td>0.43</td> </tr> <tr> <td>0.342</td> <td>0.389</td> <td>0.35</td> <td>0.40</td> </tr> <tr> <td>0.343</td> <td>0.390</td> <td>0.33</td> <td>0.36</td> </tr> <tr> <td>0.343</td> <td>0.390</td> <td>0.28</td> <td>0.33</td> </tr> <tr> <td>0.343</td> <td>0.390</td> <td>0.25</td> <td>0.30</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>0.341</td> <td>0.388</td> </tr> </tbody> </table> 		Segmental Edema		Edema		ECF/TBF	ECW/TBW	ECF/TBF	ECW/TBW	0.332	0.379	0.41	0.46	0.333	0.379	0.38	0.43	0.342	0.389	0.35	0.40	0.343	0.390	0.33	0.36	0.343	0.390	0.28	0.33	0.343	0.390	0.25	0.30			0.341	0.388	1.2. Inbody 720
Segmental Edema		Edema																																				
ECF/TBF	ECW/TBW	ECF/TBF	ECW/TBW																																			
0.332	0.379	0.41	0.46																																			
0.333	0.379	0.38	0.43																																			
0.342	0.389	0.35	0.40																																			
0.343	0.390	0.33	0.36																																			
0.343	0.390	0.28	0.33																																			
0.343	0.390	0.25	0.30																																			
		0.341	0.388																																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th>ECW/TBW</th> <th>Value</th> <th>Scale</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ECW/TBW</td> <td>40,8 %</td> <td>35% 40% 45%</td> </tr> </tbody> </table>		ECW/TBW	Value	Scale	ECW/TBW	40,8 %	35% 40% 45%	1.3. Tanita MC-980																														
ECW/TBW	Value	Scale																																				
ECW/TBW	40,8 %	35% 40% 45%																																				
<table border="1"> <tbody> <tr> <td>TBW</td> <td>39.1 kg</td> <td>ECW</td> <td>14.5 kg</td> <td>ICW</td> <td>24.6 kg</td> </tr> <tr> <td></td> <td>60.2 %</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>ECW/TBW</td> <td>37.1 %</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		TBW	39.1 kg	ECW	14.5 kg	ICW	24.6 kg		60.2 %					ECW/TBW	37.1 %					1.4. Tanita MC-780																		
TBW	39.1 kg	ECW	14.5 kg	ICW	24.6 kg																																	
	60.2 %																																					
ECW/TBW	37.1 %																																					



1.5. Accuq BC 720

1.6. Accuq BC 310

1.7. ABC-01 Медасс

Рис. 1. Фрагменты протоколов измерения состава тела с помощью различных БИ анализаторов, отражающие шкалы оценки индекса распределения воды в организме ВнеКВ/ОВО или ВнеКВ/ВнукВ (в зависимости от настроек анализатора)

В анализаторах Tanita MC-980 (рис. 1.3) и Tanita MC-780 (рис. 1.4) показатели внеклеточной (ECW), внутриклеточной (ICW) воды, а также индекс ECW /TBW (ECW ratio) определяются для возраста 18–99 лет обоего пола. В инструкции производителя к приборам не указаны нормативные границы индекса ВнеКВ/ОВО. Индекс представлен значением отношения внекле-

точной воды к общей воде организма, умноженным на 100, и представляет вид двузначного числа с одним десятичным знаком после запятой, что является отличием от других БИ анализаторов, где значение индекса представлено отношением ВнекВ к ОВО и имеет значение всегда ниже единицы, т.е. ноль целых и 3 тысячных знака после запятой. Сама шкала имеет три отметки: 35, 40 и 45%, без указания нижних/нормальных/верхних (превышающих) границ индекса и не имеет словесной расшифровки полученного значения, что не дает представления об оценке статуса гидратации обследуемого.

Нормативные границы индекса ECW/TBW (ВнекВ/ОВО), используемые в южнокорейских анализаторах Accuniq, зависят от пола и возраста (рис. 2.1, 2.2), представлены в инструкциях пользователя и имеют значения, представленные в табл. 1. С увеличением возраста значения индекса возрастают, т.к. баланс объема жидкости между ВнуткВ и ВнекВ постепенно меняется с возрастом, а именно соотношение ВнекВ/ВнуткВ увеличивается, что обусловлено уменьшением объема клеток, связанным со старением и истощением мышц (Ohashi Y., 2018).

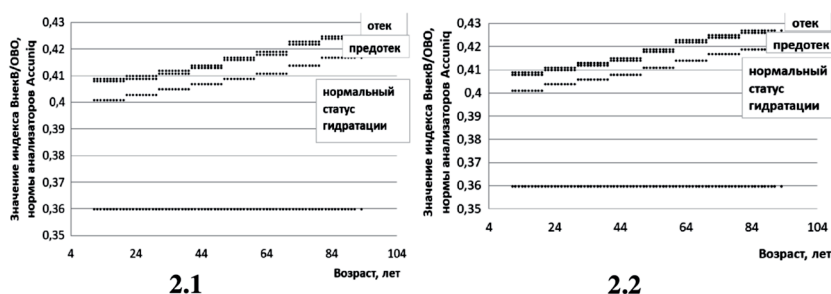


Рис. 2. Тенденции изменения значений индекса ВнекВ/ОВО в зависимости от увеличения возраста обследованных и их пола в соответствии с нормативами анализаторов ACCUNIQ

При масштабном обследовании российской популяции с помощью БИ анализатора ABC-01 Медасс (НТЦ «Медасс», Россия) (Руднев С.Г., 2014) были получены общепопуляционные данные, характеризующие обследованный контингент как с точки зрения морфологических параметров (габаритные размеры и компонентный состав тела), так и с точки зрения оценки водных секторов и

распределения воды в организме [выборка российской популяции (общероссийская выборка по данным Центров здоровья) – 2 092 695 чел. (Руднев С.Г., 2014)]. Нормативные границы индекса ВнекВ/ВнукВ, используемые в российском анализаторе ABC-01 Медасс имеют половые и возрастные различия в содержании воды (общей, внеклеточной и внутриклеточной) и в цифровых значениях индексов. С увеличением возраста баланс объема жидкости между ВнукВ и ВнекВ постепенно меняется, но в отличие от анализаторов Accuniq, значения индекса с возрастом уменьшаются (см. далее рис. 6–8).

Таблица 1. Границы значений индекса ВнекВ/ОВО, используемые для интерпретации данных в протоколах оценки состава тела анализаторами ACCUNIQ

Возраст обследуемых, лет	Словесная расшифровка индекса ВнекВ/ОВО, используемая в анализаторах ACCUNIQ		
	Норма	Граничное (слабый отек)	Чрезмерное (отек)
Мужчины			
Моложе 20 лет	<0,400	0,401–0,408	>0.409
21~30	<0,402	0,403–0,409	>0.410
31~40	<0,404	0,405–0,411	>0,412
41~50	<0,406	0,407–0,413	>0,414
51~60	<0,408	0,409–0,416	>0,417
61~70	<0,410	0,411–0,418	>0,419
71~80	<0,413	0,414–0,422	>0,423
Старше 81 года	<0,416	0,417–0,424	>0,425
Женщины			
Моложе 20 лет	<0,400	0,401–0,408	>0.409
21~30	<0,403	0,404–0,410	>0.411
31~40	<0,405	0,406–0,412	>0,413
41~50	<0,407	0,408–0,414	>0,415
51~60	<0,410	0,411–0,418	>0,419
61~70	<0,413	0,414–0,422	>0,423
71~80	<0,416	0,417–0,424	>0,425
Старше 81 года	<0,418	0,419–0,426	>0,427

Что касается отображения значений водных секторов на первичном протоколе оценки состава тела при использовании БИ анализатора ABC-01 Медасс, то эти параметры настраиваются через вкладку «Программа» – «Настройки» – «Параметры расче-

тов», расположенной в левом верхнем углу программного окна. В версии программы 2019 года к выводу данных на первичный протокол доступны абсолютные (в килограммах) значения ОВО и ВнекВ (с нормированием либо по ОВО, либо по ДТ), отображаемые в протоколе «Состав тела» и сопровождающиеся границами нормы, и абсолютное значение ВнукВ, отображаемое в шапке протокола «Базовые данные» совместно с информацией о минеральной массе тела. В версии программы 2022 года к выводу данных на первичный протокол доступны ОВО и значение индекса гидратации ВнекВ/ВнукВ, которые в зависимости от настроек можно разместить как в «Базовых данных», так и в протоколе «Состава тела». Пользователь может выбрать на свое усмотрение отображение в верхней части протокола «Базовые данные» показателя ОВО или индекса ВнекВ/ВнукВ. При этом в протоколе «Состав тела» будет отображаться индекс ВнекВ/ВнукВ или показатель ОВО, соответственно, с границами норм. Кроме того, в протоколе «Состав тела» отображается показатель ВнекВ, нормирование которого можно настроить либо по общей жидкости (ВКЖ 1), либо на ДТ (ВКЖ 2).

Количество отображаемых на центильных картинах параметров оценки водных секторов для версий программы 2019 и 2022 годов также отличается. В версии 2019 года отображается ОВО, ВнекВ и ВнукВ. В версии 2022 года – ОВО, ВнекВ, ВнукВ, доля ВнекВ (от МТ), доля ВнукВ (от МТ), индексы ВнекВ/ВнукВ и ВнекВ/ОВО. Расшифровка протоколов на 3 страницах следует сразу за первичным протоколом и является 2-й, 3-й и 4-й страницами из 5. В версии 2019 года на 3-й странице расшифровываются значения показателей ОВО и ВнекВ; в версии 2022 года – ОВО, индекса ВнекВ/ВнукВ и ВнекВ.

В связи с тем, что оценку гидратации организма принято проводить с помощью индексов гидратации, т.е. соотношения ВнекВ/ВнукВ или ВнекВ/ОВО, использование версии программы 2022 года для оценки статуса гидратации представляется более информативным инструментом.

Возрастные изменения индексов ВнекВ/ОВО и ВнекВ/ВнукВ

В связи с тем, что существуют как различные границы нормативных значений, а так и различная тенденция изменения значения с увеличением возраста обследуемых для индекса

Внек/ОВО (или Внек/ВнукВ) при измерении анализаторами как минимум трех фирм производителей (InBody, AccunIQ и ABC-01 Медасс), далее будет рассмотрена литература, касающаяся нормативных значений индексов ВнекВ/ОВО и ВнекВ/ВнукВ, разработанных для различных анализаторов с использованием данных различных популяционных групп.

В статье Lopot et al. (2002) рассматривается метод количественного определения оптимального сухого веса у диализных пациентов на основе соотношения ВнекВ/ОВО и его связи с возрастом. В попытке найти подходящий маркер статуса гидратации человека на основе данных биоимпеданса была обнаружена значительная корреляция между соотношением ВнекВ/ОВО и возрастом у здоровых людей. Авторы пишут, что, если предположить, что вся избыточная жидкость у диализных пациентов «хранится» исключительно в межклеточном пространстве, т.е. во внеклеточной жидкости, и что распределение их общей воды в состоянии оптимального сухого веса соответствует распределению здорового человека того же возраста, то соотношение ВнекВ/ОВО до диализа можно использовать для количественного определения оптимального сухого веса. Практическое измерение биоимпеданса для оценки соотношения ВнекВ/ОВО в группе диализных пациентов как до, так и после диализа, подтвердило почти исключительно внеклеточное происхождение ультрафильтрации, а также нормализацию соотношения ВнекВ/ОВО к концу диализа.

В зарубежной литературе последних 20 лет были обнаружены данные, свидетельствующие об увеличении значения ВнекВ/ОВО с возрастом. Так Patel et al. (1994) и Lopot et al. (2002) указывают на возможность существования этнической, гендерной и возрастной «специфичности» эталонного значения индекса ВнекВ/ОВО в сравнении с возрастными характеристиками здоровья, а также на возможную разницу в «биологическом» и «физическом» возрасте диализного пациента и др. Было показано, что прослеживается явное несоответствие полученных оценок индекса ВнекВ/ОВО для одной и той же возрастной группы, однако наблюдается тенденция повышения значений данного индекса (соотношения) с возрастом (рис 3.1 и 3.2).

Ohashi et al. (2018) провели оценку изменения баланса объема воды в выборке 1992 взрослых японцев – посетителей фитнес зала, в возрасте 15–88 лет (мужчины: $n = 753$, возраст $51,2 \pm 15,2$ года,

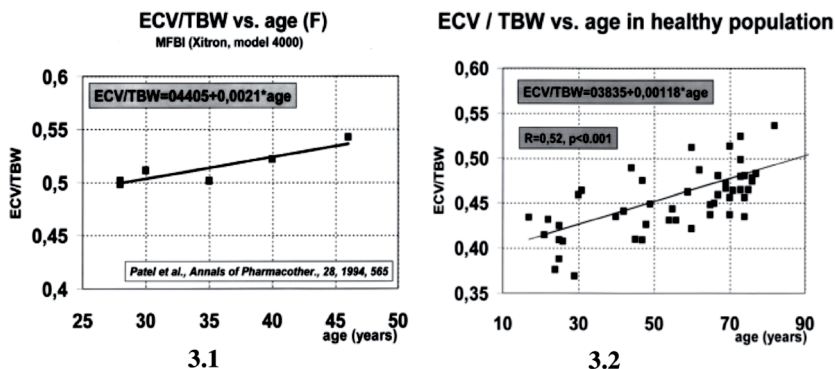


Рис. 3. Соотношение значений коэффициента ВнекВ/ОВО и возраста, полученных Patel et al. (1994) для женщин (3.1) и Lopot et al. (2002) для здорового населения обоего пола (3.2)

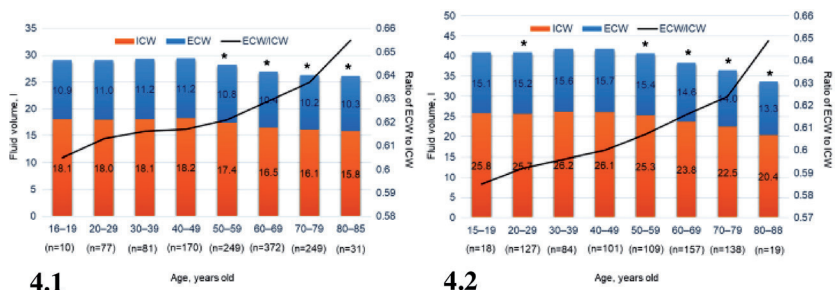


Рис. 4. Изменение объемов внеклеточной и внутриклеточной воды, а так же значений индекса гидратации ВнекВ/ВнукВ, у представителей Японской популяции условно здоровых женщин (4.1) и мужчин (4.2) по данным Ohashi et al. (2018) (* – $p < 0,05$ по сравнению с общим количеством воды в организме, включая внутриклеточную воду и внеклеточную воду в возрастной группе от 40 до 49 лет)

ИМТ – $23,4 \pm 3,3$ $\text{кг}/\text{м}^2$; и женщины: $n = 1239$, возраст $57,4 \pm 15,2$ года, ИМТ – $21,1 \pm 2,8$ $\text{кг}/\text{м}^2$). Общий объем воды у мужчин и женщин составлял $39,6 \pm 4,9$ и $27,7 \pm 3,0$ литра, тогда как доля ЖМТ в МТ составили 19 и 26% соответственно. Было показано, что баланс объема воды между ВнукВ и ВнекВ постепенно меняется с возраст-

том. Соотношение ВнекВ/ВнукВ увеличивалось с возрастом из-за более резкого снижения содержания ВнукВ, чем содержания ВнекВ, особенно после 70 лет (рис. 4), как у женщин (рис. 4.1), так и у мужчин (рис. 4.2). Такой дисбаланс воды между содержанием ВнукВ и ВнекВ обусловлен уменьшением объема клеток, связанным со старением и истощением мышц.

На рис. 5 приведены границы значений индекса гидратации ВнекВ/ВнукВ условно здоровых женщин (5.1) и мужчин (5.2) – представителей Японской популяции по данным Ohashi et al. (2018).

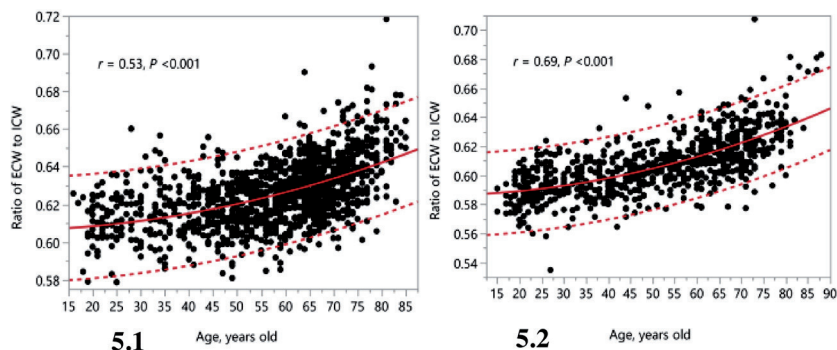


Рис. 5. Влияние возраста на баланс объема внутри- и внеклеточной воды у женщин (5.1) и мужчин (5.2) по данным Ohashi et al. (2018). Среднее (сплошная линия), 5-й и 95-й процентиля (пунктирная линия) для соотношения ВнекВ/ВнукВ по возрасту

Популяционные значения индексов ВнекВ/ОВО и ВнекВ/ВнекВ согласно данным результатов обследования населения Российской Федерации

Популяционные значения индексов ВнекВ/ОВО и ВнекВ/ВнекВ согласно данным результатов обследования населения Российской Федерации представлены на рис. 7 и 8. Обращает на себя внимание возрастная динамика, а именно снижение значений обоих показателей с возрастом. Скорее всего, поскольку данная динамика пока не описана разработчиками БИ анализатора и программного обеспечения и нет опубликованных данных как по соотношению двух индексов, так и по относительному содержанию общей, внеклеточной и внутриклеточной воды, то в случае с данными, полученными на российской популяции, сле-

дует говорить об особенностях статуса гидратации населения Российской Федерации.

Возрастные изменения значений обоих индексов в соответствии с границами ABC-01 Медасс отличаются от таковых, опубликованных в иностранной научной литературе (Patel R.V., 1994; Ohashi Y., 2018; Lopot F., 2002).

В данной главе значения общей, внеклеточной и внутриклеточной воды, полученные в результате обследования населения Российской Федерации (Руднев С.Г., 2014), а также данные расчета двух индексов были представлены графически, как в статье Ohashi et al. (2018), чтобы визуально и в цифровом исполнении сравнить две популяции. Для построения графиков взяты медианные значения внеклеточной и внутриклеточной воды для возрастов 17, 25, 35, 45, 55, 65, 75 и 83 лет представителей обоего пола, наподобие возрастных интервалов из вышеуказанной статьи.

В связи с тем, что значения индексов оценки гидратационного статуса организма разработчиками программного обеспечения (ПО) для БИ анализатора ABC-01 Медасс не были опубликованы, а расчет с использованием групповых медианных значений ВнекВ и ВнукВ, опубликованных (Руднев С.Г., 2014) не является правоммерным, определение цифровых значений было проведено вручную. Для этого использовали экспортированные из БИ анализатора ABC-01 Медасс центильные картины для мужской и женской популяций, показывающие центильное распределение по годам значений двух индексов (рис. 7.1, 7.2, 8.1, 8.2). Для возрастов 17, 25, 35, 45, 55, 65, 75 и 83 года были проведены параллельные оси X (возраст, лет) линии на уровне кривых 3-го, 50-го и 97-го центилей, указывающие значения индексов на оси Y. Определить значения на оси Y явилось возможным до сотых, однако следует учитывать, что это не точные значения, которые были использованы разработчиками ПО для построения центильной картины в оригинале. Определенные вручную значения индексов на уровне 50-го центиля были использованы для построения линейных графиков ВнекВ/ВнукВ и ВнекВ/ОВО на рис. 6.1 и 6.2.

Следует отметить, что у мужчин и женщин российской популяционной группы (рис. 6.1 и 6.2) абсолютные показатели общей, внеклеточной и внутриклеточной воды больше, чем у представителей группы японцев (рис. 4.1 и 4.2), что говорит о различиях и несопоставимости габаритных размеров и компонентного

состава тела двух сравниваемых групп – российская популяция массивнее и рослее, чем японская.

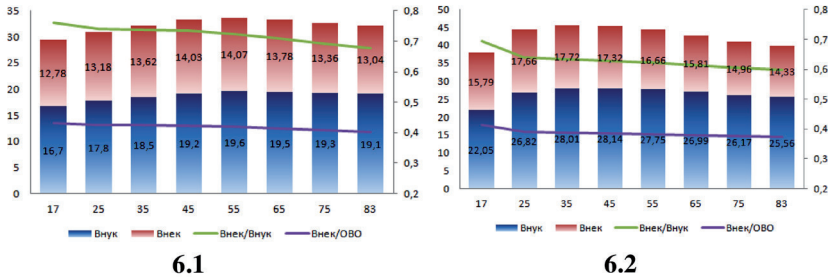


Рис. 6. Изменение объемов внеклеточной и внутриклеточной воды, а также значений индексов гидратации ВнекВ/ВнукВ и ВнекВ/ОВО у представителей Российской популяции условно здоровых женщин (6.1) и мужчин (6.2) (Руднев С.Г., 2014). Значения индексов ВнекВ/ВнукВ и ВнекВ/ОВО определены методом графического подбора с центильных картин для женщины (рис. 7.1, 8.1) и мужчины (рис. 7.2, 8.2)

На рис. 7 и 8 представлены центильные картины распределения показателей индексов ВнекВ/ВнукВ и ВнекВ/ОВО в российской популяции в зависимости от возраста и пола.

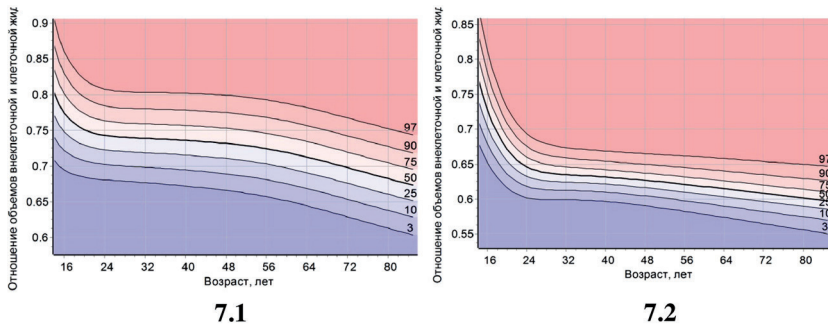


Рис. 7. Центильные картины возрастных изменений баланса объема внутри- и внеклеточной воды у женщин (7.1) и мужчин (7.2) (Руднев С.Г., 2014), оцененные с помощью индекса ВнекВ/ВнукВ на центильной картине, экспортированной из БИ анализатора АВС-01 Медасс

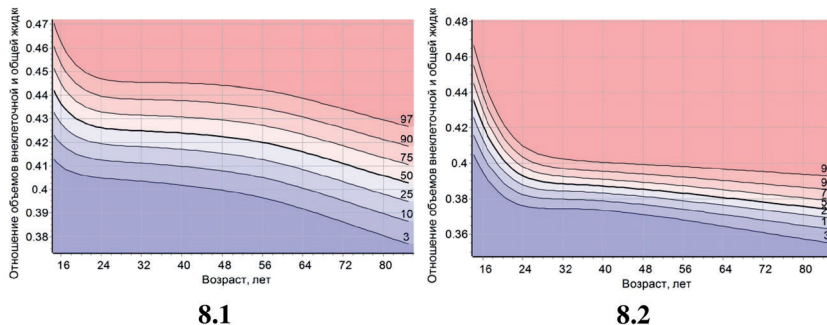


Рис. 8. Центильные картины возрастных изменений баланса объема внутри- и внеклеточной воды у женщин (8.1) и мужчин (8.2) (Руднев С.Г., 2014), оцененные с помощью индекса ВнэкВ/ОВО на центильной картинке, экспортированной из БИ анализатора ABC-01 Медасс

В табл. 2 представлены значения индексов, на которые следует ориентироваться при оценке индивидов, принадлежащих к двум различным популяциям – российской и японской, измеренных на двух различных приборах. Значения ВнэкВ/ВнукВ и ВнэкВ/ОВО (3, 50 и 97 ц.и.) для российской популяции были определены методом графического подбора с центильных картин для женщин (рис. 7.1, 8.1) и мужчин (рис. 7.2, 8.2). Значения ВнэкВ/ОВО (50-й центиль) были рассчитаны как соотношение двух показателей воды, представленных в оригинальной статье Ohashi et al. (2018); значения ВнэкВ/ВнукВ (50-й центиль) были позаимствованы из этой же статьи; со значениями ВнэкВ/ВнукВ 5-го и 95-го центилей можно ознакомиться в ней же.

В соответствии с данными из табл. 2 можно наблюдать следующую зависимость изменений значений индексов от возраста: прямая в японской популяции и обратная – в российской, т.е. чем старше человек, тем выше значения индексов у японцев и ниже у россиян. Так же показано, что индексы имеют половые различия при измерении на двух различных БИ-анализаторах – у мужчин значения индексов ниже, чем у женщин того же возраста, как в японской популяции, так и в российской.

Также в соответствии с табл. 1, отражающей границы значений индекса ВнэкВ/ОВО, используемые для интерпретации данных в протоколах оценки состава тела анализаторами ACCUNIQ, можно

говорить о прямой зависимости нормативных значений индекса ВнекВ/ОВО от возраста обследуемых – чем старше человек, тем выше значения индекса при измерении. Однако, несмотря на однонаправленные тенденции значений индексов при измерении анализаторами InBody и Accuipiq, можно отметить, что границы нормальных значений индекса в анализаторе Accuipiq выше, что нужно иметь в виду при оценке распределения воды в организме с помощью трех БИ анализаторов – InBody, Accuipiq и ABC-01 Медасс.

Таблица 2. Ориентировочные значения индексов оценки гидратационного статуса для женщин и мужчин российской популяции, измеренных на БИ анализаторе Медасс, и представителей японской популяции обоего пола, измеренных на анализаторе InBody

	ВнекВ/ОВО				ВнекВ/ВнукВ			
	российская популяция (графический подбор по центильным картинам)			япон- ская попу- ляция	российская популяция (графический подбор по центильным картинам)			япон- ская попу- ляция
	3 ц.и.	50 ц.и.	97 ц.и.	50 ц.и.	3 ц.и.	50 ц.и.	97 ц.и.	50 ц.и.
Женщины								
16–19 лет	0,408	0,433	0,457	0,376	0,690	0,765	0,850	0,608
20–29 лет	0,405	0,426	0,447	0,379	0,680	0,743	0,815	0,609
30–39 лет	0,403	0,424	0,445	0,382	0,675	0,738	0,810	0,613
40–49 лет	0,400	0,423	0,444	0,380	0,670	0,733	0,800	0,618
50–59 лет	0,396	0,421	0,442	0,383	0,660	0,725	0,790	0,623
60–69 лет	0,391	0,415	0,438	0,387	0,640	0,715	0,780	0,630
70–79 лет	0,384	0,409	0,432	0,388	0,635	0,690	0,765	0,637
80–85 лет	0,378	0,403	0,428	0,395	0,615	0,675	0,745	0,644
Мужчины								
16–19 лет	0,391	0,415	0,440	0,369	0,640	0,708	0,790	0,589
20–29 лет	0,376	0,392	0,408	0,372	0,600	0,644	0,690	0,591
30–39 лет	0,374	0,388	0,402	0,373	0,595	0,633	0,670	0,595
40–49 лет	0,372	0,386	0,400	0,376	0,590	0,628	0,665	0,601
50–59 лет	0,368	0,383	0,399	0,379	0,580	0,623	0,660	0,608
60–69 лет	0,363	0,380	0,397	0,380	0,570	0,618	0,655	0,617
70–79 лет	0,360	0,378	0,395	0,384	0,565	0,609	0,653	0,626
80–85 лет	0,357	0,377	0,393	0,395	0,555	0,600	0,648	0,636

Примечание:

- выборка российской популяции (общероссийская выборка по данным Центров здоровья) – 2 092 695 чел. (Руднев С.Г., 2014),
- выборка японской популяции – 1992 чел. (Ohashi Y., 2018)

Выводы

1. При использовании для оценки статуса гидратации и оценки распределения воды в организме биоимпедансных анализаторов следует иметь в виду, что они имеют отличные друг от друга нормативные значения индексов ВнекВ/ОВО и ВнекВ/ВнукВ. Полученные значения следует трактовать только согласно нормативам, представленным в инструкциях пользователя к тому анализатору, на котором была проведена оценка.

2. Главные отличия оценки разными анализаторами состоят в том, что нормальные значения индекса увеличиваются с возрастом исследуемого при измерении анализаторами InBody и AccunIQ и уменьшаются при измерении анализатором Медасс. При этом в анализаторах AccunIQ и Медасс границы норм зависят от пола и возраста и имеют значения выше, чем у InBody.

3. На настоящий момент времени среди исследователей нет точного понимания, почему есть разночтения в нормативах и возрастных тенденциях изменения значений индексов оценки статуса гидратации с помощью БИ анализаторов, но можно предположить два варианта:

– различия в нормативах связаны со встроенными формулами и разным положением тела при измерении, и зависят от того, на каком анализаторе проводится измерение; при этом независимо от того, к какой популяционной группе принадлежит измеряемый, различия будут только в цифровых значениях индекса, а в интерпретации результатов различий не будет;

– различия в нормативах связаны с особенностями статуса гидратации тех популяционных групп, на которых изначально были разработаны границы норм индексов, и в зависимости от того, какой анализатор будет применяться для обследования, будут различаться как цифровые значения, так и оценочные заключения. Предположительно, взрослая условно здоровая российская популяция, измеренная на приборах InBody и AccunIQ, будет иметь значения индексов гидратации и их расшифровку схожие с японской популяцией при измерении на этих приборах в положении стоя. В связи с этим областью перспективных исследований будет являться обследование группы людей одновременно на трех анализаторах для сравнения, как первичных значений водных секторов, так и значений индекса ВнекВ/ОВО и его словесной оценки.

ГЛАВА 2. ОЦЕНКА СТАТУСА ГИДРАТАЦИИ СПОРТСМЕНОВ, СПЕЦИАЛИЗИРУЮЩИХСЯ В ВИДАХ СПОРТА, ИМЕЮЩИХ РАЗДЕЛЕНИЕ ПО ВЕСОВЫМ КАТЕГОРИЯМ, НА ПРИМЕРЕ ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ БОКСЕРОВ

Правила проведения измерения на БИ анализаторах при оценке статуса гидратации

За неделю до обследования с целью соблюдения стандартных условий измерения на БИ анализаторе из рациона исключают кофеин, фармакологические препараты и биологически активные пищевые добавки, изменяющие (задерживающие или снижающие) содержание воды в организме. Посещение бани или сауны и сгонка веса в период нескольких дней до измерения запрещены. Измерения проводят утром перед тренировкой, натощак; накануне физическая нагрузка должна быть умеренной, вечерний прием пищи лучше осуществить до 19 часов вечера (Выборная К.В., 2024–3).

Зависимость значений абсолютных и относительных показателей водных секторов организма от габаритных размеров тела

Что касается трактовки значений абсолютных и относительных показателей водных секторов (ОВО, ВнекВ, ВнукВ) и индексов гидратации организма спортсменов с помощью биоимпедансных анализаторов, то в литературе встречаются данные, которые являются слишком противоречивыми, и из-за непонимания нюансов оценки водных секторов организма трактуются автора-

ми исследований некорректно. Например, результатами исследований (Buffa R., 2013; Kovacsik R., 2018) было показано, что длительные тренировочные нагрузки высокой интенсивности способствуют накоплению жидкости в организме, что в свою очередь приводит к нарушению транспорта кислорода к клеткам, увеличению сжатия кровеносных капилляров и к повреждению клеток. Во многих исследованиях также говорится о высоких значениях параметров общей воды в спортивных группах, что описывается как ожидаемый результат, сопоставимый с данными подобных исследований, но не обсуждается авторами с точки зрения соотнесения с габаритными размерами и компонентным составом тела (Гудимов С.В., 2021; Раджабкадиев Р.М., 2019; Melchiorri G., 2018).

Как было показано ранее, данные, полученные при оценке уровня физического развития высококвалифицированных мужчин-боксеров – спортсменов с различной массой (48,2–109 кг) и длиной тела (155–198 см) и относящихся к восьми олимпийским весовым категориям, являются информативными с точки зрения поиска морфологических критериев спортивного отбора и предикторов коррекции компонентного состава тела, описания типов телосложения и пр. (Выборная К.В., 2022; Выборная К.В., 2023–3). Эти данные подходят и для выявления особенностей, связанных с оценкой водных секторов и статуса гидратации организма с помощью абсолютных показателей ОВО, ВнекВ, ВнукВ и индексов, значения которых получены с помощью БИА.

Оценка статуса гидратации высококвалифицированных боксеров. Во время спортивных сборов были обследованы высококвалифицированные боксеры ($n = 157$, возраст – $20,2 \pm 2,6$ лет) – члены молодежной и взрослой национальных сборных команд Российской Федерации. При разделении на весовые категории (ВК) количество обследованных в каждой группе составило: ВК до 52 кг – 21 чел.; ВК до 57 кг – 20 чел.; ВК до 63 кг – 30 чел.; ВК до 69 кг – 33 чел.; ВК до 75 кг – 15 чел.; ВК до 81 кг – 19 чел.; ВК до 91 кг – 11 чел.; ВК 91 кг и выше – 15 чел.

Измерения ДТ и МТ проводились по стандартной антропометрической методике (Мартиросов Э.Г., 2006; Мартиросов Э.Г., 2009; Тутельян В.А., 2008; Тутельян В.А., 2016). Стандартные протоколы оценки состава тела получали помощью биоимпедансного анализатора состава тела и водных секторов организма

АВС-01 Медасс (Руднев С.Г., 2014, Мартиросов Э.Г., 2006;). Обработка данных выполнялась с использованием программы MS Excel 2007 и Statistica 7. Проверку достоверности различия средних значений изучаемых признаков оценивали по t-критерию Стьюдента, $p < 0,05$ (Дерябин В.Е., 2005; Глушанко В.С., 2012; Халафян А.А., 2007).

Значения некоторых показателей импеданса, состава тела, водных секторов и статуса гидратации организма высококвалифицированных мужчин-боксеров согласно разделению на восемь весовых категорий представлены в табл. 3а и 3б.

Таблица 3а. Основные показатели водных секторов и статуса гидратации организма мужчин-боксеров высокой квалификации ВК 52, ВК 57, ВК 63 и ВК 69

Показатель	Весовая категория			
	52 (n = 20)	57 (n = 19)	63 (n = 28)	69 (n = 33)
Условное обозначение групп	1	2	3	4
ДТ, см	163±4,81 ³⁻⁸ (155÷173)	168±4,46 ⁴⁻⁸ (159÷176)	171,5±5,51 ^{1,6-8} (160÷181,6)	174,6±5,06 ^{1,2,6-8} (165÷182,5)
МТ, кг	54,8±2,66 ²⁻⁸ (48,2÷56,6)	60±1,73 ^{1,3-8} (55÷62,3)	65,2±1,66 ^{1,2,4-8} (62,5÷67,8)	71,7±1,95 ^{1-3,5-8} (67,2÷74,2)
R50	517,5±43,12 ⁻⁸ (461÷608,2)	496,4±45,85 ^{1,3-8} (394÷598,8)	478±29,04 ^{1,2,4-8} (419÷527,8)	456,8±41,15 ^{1-3,5-8} (392÷563,2)
R5	621,7±48,69 ²⁻⁸ (556,4÷716,7)	601,3±51,59 ^{1,3-8} (482,5÷691,7)	573,5±31,7 ^{1,2,4-8} (504,4÷617,6)	547,4±45,06 ^{1-3,5-8} (487,6÷679,8)
ЖМТ	5,1±1,84 ⁻⁸ (3÷10,1)	6,7±1,64 ⁵⁻⁸ (4,9÷10,8)	8,4±1,85 ⁵⁻⁸ (4,5÷12,5)	10,2±2,32 ^{1,6-8} (6,4÷15,8)
ТМТ	48,5±2,42 ²⁻⁸ (43,6÷52,6)	52,4±2,32 ^{1,3-8} (47,2÷56,2)	57,3±2,16 ^{1,2,4-8} (50,5÷60,2)	61,3±2,9 ^{1-3,6-8} (52,6÷65,9)
СММ	27,7±2,06 ³⁻⁸ (24,6÷32,2)	30,4±1,32 ⁴⁻⁸ (27,8÷32,9)	32,0±1,52 ^{1,5-8} (29,5÷35,2)	34,1±1,75 ^{1,2,6-8} (30÷36,8)
Доля СММ от ТМТ	58,2±2,83 ⁴⁻⁸ (54,5÷62,2)	56,6±2,16 ⁻⁸ (54÷60,8)	56,1±1,82 ^{7,8} (54,3÷60,7)	55,8±1,06 ^{1,8} (54,2÷58,4)
ОВО, кг	35,5±1,78 ²⁻⁸ (31,9÷38,5)	38,3±1,7 ^{1,3-8} (34,5÷41,1)	41,9±1,6 ^{1,2,4-8} (36,9÷44,1)	44,9±2,12 ^{1-3,6-8} (38,5÷48,2)
ВнекВ, кг	14±0,93 ²⁻⁸ (12,3÷15,8)	15,1±0,59 ^{1,3-8} (14,2÷16,2)	16,5±0,67 ^{1,2,4-8} (15,2÷17,6)	17,4±0,72 ^{1-3,6-8} (15,6÷18,6)
ВнукВ, кг	21,9±1,69 ³⁻⁸ (18,4÷24,7)	23,8±1,68 ⁴⁻⁸ (20,1÷26,5)	25,7±1,28 ^{1,4-8} (21,7÷27,7)	27,4±1,52 ^{1-3,6-8} (22,8÷30)
Доля ОВО от МТ, %	66,2±2,3 (59,7÷68,9)	64,9±2,03 (59,7÷67)	64±2,08 (58,6÷68)	62,9±2,42 (56,3÷66,3)

Показатель	Весовая категория			
	52 (n = 20)	57 (n = 19)	63 (n = 28)	69 (n = 33)
Доля ВнекВ от МТ, %	25,8±1,45 (23,4÷28,2)	25,3±1,01 (23,7÷28,1)	24,9±1,01 (23,6÷28,2)	24,2±0,89 (22,4÷27,1)
Доля ВнукВ от МТ, %	41±2,79 (34,2÷44,7)	40±2,23 (34,6÷42,7)	38,8±1,76 (34,4÷42,2)	38,7±1,85 (33,3÷41,2)
ВнекВ/ОВО	0,392±0,019 (0,375÷0,427)	0,388±0,016 (0,373÷0,420)	0,392±0,013 (0,377÷0,414)	0,385±0,010 (0,376÷0,411)
ВнекВ/ВнукВ	0,617±0,056 (0,583÷0,745)	0,630±0,047 (0,596÷0,724)	0,642±0,034 (0,608÷0,704)	0,626±0,028 (0,604÷0,695)

Примечание для таблиц 3а и 3б:

– данные представлены в виде медианы, стандартного отклонения, минимума и максимума min÷max;

– достоверные различия ($p \leq 0,05$):

¹ – от весовой категории 52;

⁵ – от весовой категории 75;

² – от весовой категории 57;

⁶ – от весовой категории 81;

³ – от весовой категории 63;

⁷ – от весовой категории 91;

⁴ – от весовой категории 69;

⁸ – от весовой категории 91+.

Таблица 3б. Основные показатели водных секторов и статуса гидратации организма мужчин-боксеров высокой квалификации ВК 75, ВК 81, ВК 91 и ВК 91+

Показатель	Весовая категория			
	75 (n = 14)	81 (n = 17)	91 (n = 11)	91+ (n = 15)
Условное обозначение групп	5	6	7	8
ДТ, см	178,0±5,23 ^{1,2,7,8} (169÷191)	182,4±6 ¹⁻⁴ (170÷196)	185,5±5,73 ¹⁻⁵ (179,5÷198)	185,5±3,5 ¹⁻⁵ (183÷195)
МТ, кг	76,1±1,78 ^{1-4,6-8} (74,6÷80)	84,2±3,08 ^{1-5,7,8} (78,8÷89)	93,4±3,42 ^{1-6,8} (86÷98)	99,5±4,63 ¹⁻⁷ (92,1÷109)
R50	451,8±37,75 ^{1-4,6-8} (390÷541,7)	442,1±37,48 ^{1-5,7,8} (391,8÷521)	428±33,53 ^{1-6,8} (378÷472,5)	406±19,58 ¹⁻⁷ (379,2÷443,9)
R5	551±42,92 ^{1-4,6-8} (464,1÷629,7)	526±42,37 ^{1-5,7,8} (471,2÷616,4)	508,9±38,84 ^{1-6,8} (451,1÷567,1)	493,4±26,85 ¹⁻⁷ (454,9÷542,3)
ЖМТ	12,6±2,94 ^{1-3,7,8} (7,6÷17)	15,9±3,3 ^{1-4,7,8} (10,8÷22,6)	17,7±4,42 ¹⁻⁵ (14,2÷27,7)	23,9±5,56 ¹⁻⁶ (12,9÷28,8)
ТМТ	64,2±2,97 ^{1-3,7,8} (58,8÷68,2)	67,7±2,96 ^{1-4,7,8} (63,8÷74,7)	75,1±4,38 ¹⁻⁶ (68,6÷80,6)	78,4±3,98 ¹⁻⁶ (71,4÷85,5)
СММ	35,9±2,21 ^{1-3,7,8} (31,8÷38,3)	37,1±1,88 ^{1-4,7,8} (33,8÷41,1)	41,3±3,09 ¹⁻⁶ (36÷45)	42,1±2,48 ¹⁻⁶ (38,6÷46,3)
Доля СММ от ТМТ	55,4±1,12 ¹ (53,3÷49,9)	55,2±0,89 ^{1,2} (52,9÷56,4)	54,7±1,29 ¹⁻³ (51,2÷55,9)	53,7±0,75 ¹⁻⁴ (52,4÷54,9)

Показатель	Весовая категория			
	75 (n = 14)	81 (n = 17)	91 (n = 11)	91+ (n = 15)
ОВО, кг	47±2,17 ^{1-3,7,8} (43÷49,9)	49,6±2,15 ^{1-4,7,8} (46,7÷54,6)	55,0±3,22 ¹⁻⁶ (50,2÷59)	57,4±2,92 ¹⁻⁶ (52,3÷61,8)
ВнекВ, кг	18,5±0,9 ^{1-3,6-8} (16,7÷19,5)	19,5±0,8 ^{1-5,7,8} (18,4÷21,5)	21,4±1,3 ¹⁻⁶ (19,8÷23,5)	22,7±1,06 ¹⁻⁶ (20,3÷23,9)
ВнукВ, кг	28,6±1,39 ^{1-3,7,8} (26÷30,8)	30,0±1,38 ^{1-4,7,8} (28,3÷33,2)	33,3±2,03 ¹⁻⁶ (29,9÷35,5)	34,6±1,89 ¹⁻⁶ (31,9÷37,9)
Доля ОВО от МТ, %	61,3±2,73 (57,4÷65,9)	59,2±2,6 (54,1÷63,5)	59,3±3,25 (52,4÷62,2)	55,6±3,6 (52,7÷63,5)
Доля ВнекВ от МТ, %	23,9±1,12 (22,1÷25,8)	23,4±0,98 (21,3÷25)	23,2±1,25 (20,5÷24,8)	21,8±1,33 (20,5÷24,6)
Доля ВнукВ от МТ, %	37,4±1,79 (34,9÷40,7)	35,9±1,65 (32,8÷38,7)	35,8±2,13 (31,9÷38,5)	33,9±2,29 (32,2÷38,9)
ВнекВ/ОВО	0,389±0,006 (0,379÷0,400)	0,394±0,003 (0,384÷0,399)	0,393±0,007 (0,378÷0,404)	0,398±0,004 (0,387÷0,397)
ВнекВ/ВнукВ	0,632±0,016 (0,609÷0,668)	0,651±0,009 (0,622÷0,662)	0,648±0,020 (0,606÷0,679)	0,636±0,010 (0,631÷0,659)

Примечание:

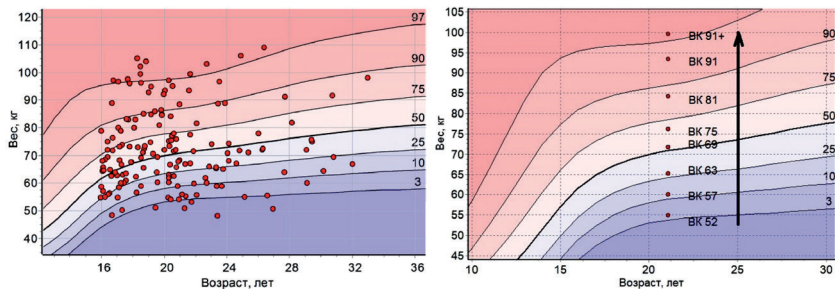
– формат представления данных и условные обозначения достоверности различий – см. под табл. 3а

Боксеры, принадлежащие к разным ВК, различаются между собой по показателям водных секторов и статусу гидратации организма. Значения абсолютных показателей водных секторов возрастают пропорционально увеличению габаритных размеров и ВК; значения доли ОВО, ВнекВ и ВнукВ от МТ наоборот уменьшаются пропорционально увеличению габаритных размеров и ВК. При этом значения индексов ВнекВ/ОВО и ВнекВ/ВнукВ не зависят от габаритных размеров и имеют приблизительно одинаковые средние значения во всех ВК (табл. 3а и 3б) (Выборная К.В., 2024–3).

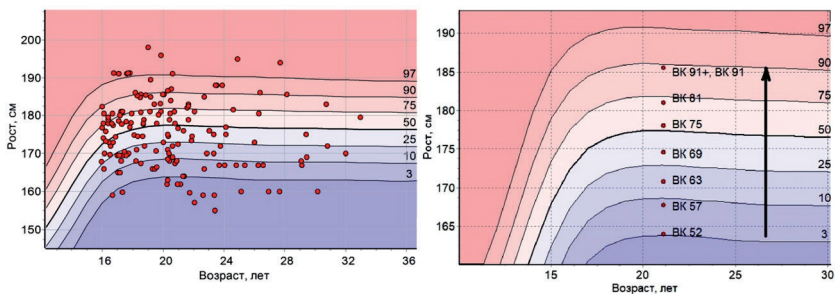
На рис. 9 и 10 представлены центильные распределения для индивидуальных показателей всех боксеров и для средних по группе показателей согласно разделению на 8 весовых категорий. Значения показателей габаритных размеров и компонентного состава тела, в соответствии с которыми были построены центильные картины, представлены в табл. 3а и 3б.

Если рассматривать объединенную группу всех обследованных боксеров, то можно увидеть, что по показателям массы тела и длины тела спортсмены распределены по всей центильной картине и занимают положение во всех центильных интервалах (далее – ц.и.) – ↓3–↑97; причем распределение по всем ц.и. равномер-

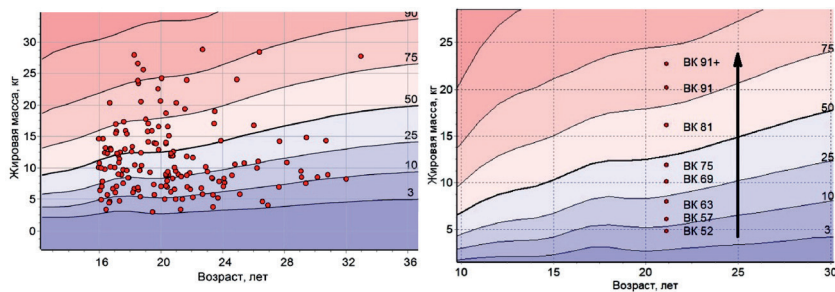
ное и образует ровное прямоугольное облако. Что касается жировой массы тела (ЖМТ), облако хоть и находится между 3 и 97 ц.и., наибольшее «сосредоточение» спортсменов наблюдается в пределах 3–75 ц.и. По тощей массе тела (ТМТ) и скелетно-мышечной массе тела (СММ) наблюдается обратная тенденция – облако смещено вверх и показатели спортсменов находятся в 3–↑97 ц.и. По показателю доли СММ от ТМТ имеется тенденция смещения облака вверх и показатели занимают положение 10–↑97 ц.и.



МТ



ДТ



ЖМТ, кг

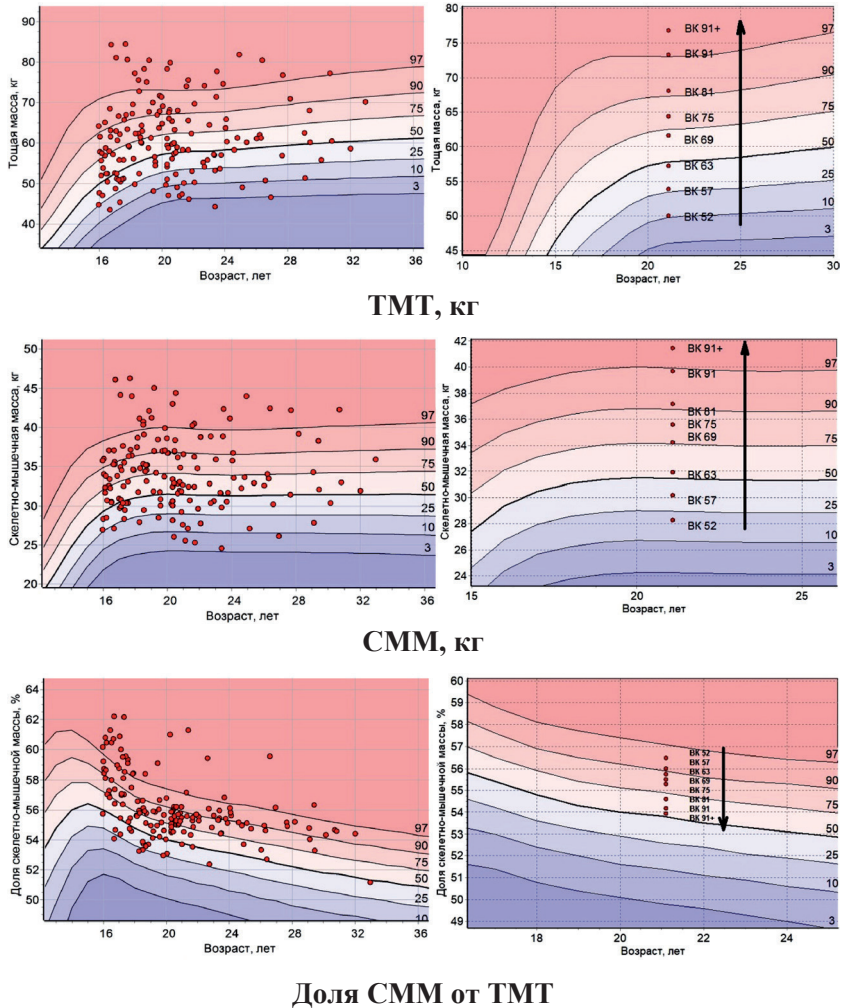
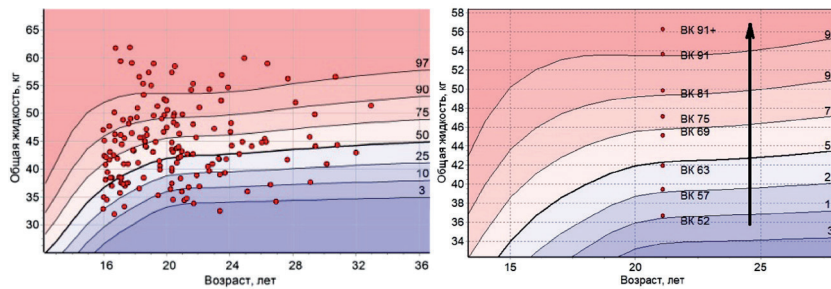
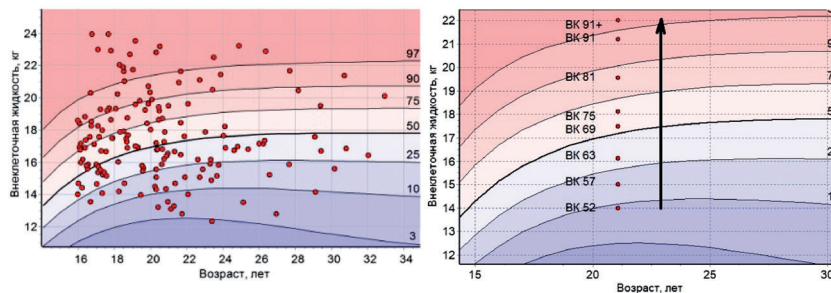


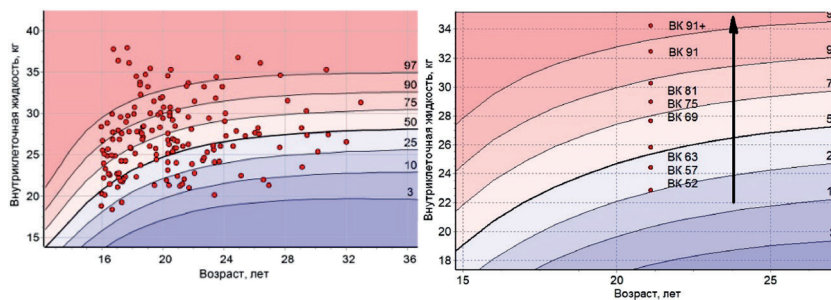
Рис. 9. Центильное распределение массы тела (МТ, вес), длины тела (ДТ, рост), жировой массы тела (ЖМТ), тощей массы тела (ТМТ), скелетно-мышечной массы (СММ) и доли СММ от ТМТ высококвалифицированных мужчин-боксеров (в колонке слева – весь имеющийся массив обследований, в колонке справа – средние значения для восьми весовых категорий; стрелками обозначены тенденции возрастания или уменьшения показателей в зависимости от принадлежности к ВК)



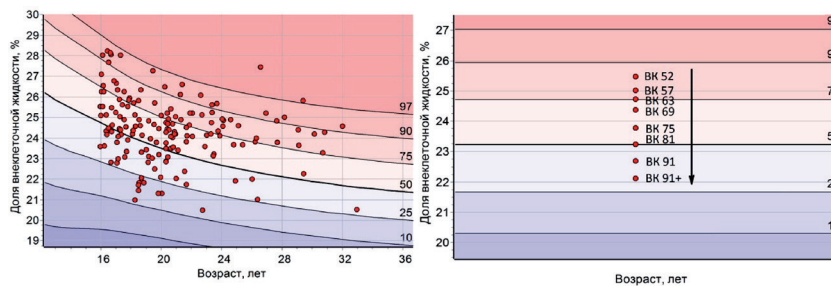
ОВО, кг



ВнекВ, кг



ВнукВ, кг



Доля ВнекВ, %

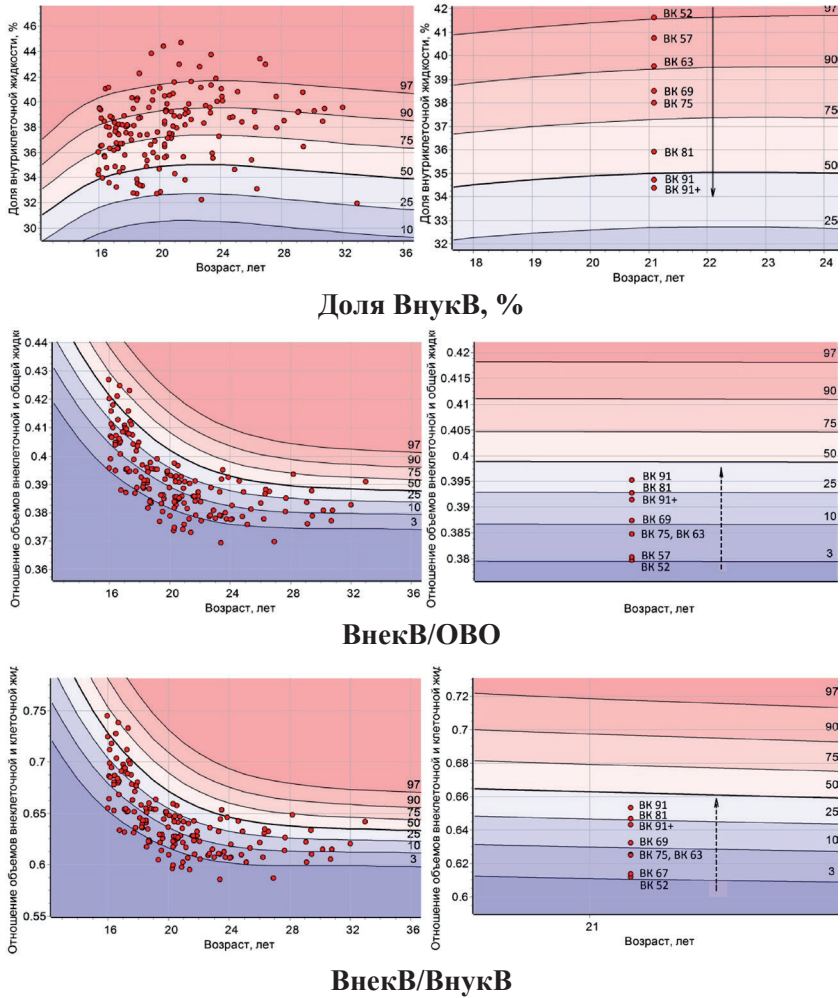


Рис. 10. Центильное распределение показателей общей (ОВО), внеклеточной (ВнекВ), внутриклеточной (ВнукВ), доли ВнекВ, доли ВнукВ, индекса ВнекВ/ОВО и индекса ВнекВ/ВнукВ высококвалифицированных мужчин-боксеров (в колонке слева – весь имеющийся массив обследований, в колонке справа – средние значения для восьми весовых категорий; стрелками обозначены тенденции возрастания или уменьшения показателей в зависимости от принадлежности к ВК)

Далее с помощью метода центильных интервалов и визуализации средних значений измеренных морфологических показателей подробно рассмотрено распределение показателей в зависимости от принадлежности боксеров к весовым категориям, а также определены общие тенденции изменения компонентного состава тела высококвалифицированных боксеров.

Если боксеров 69 и 73 ВК рассматривать как представителей популяции, принадлежащих по МТ и ДТ к медианным значениям нормы, то можно проследить смещение показателей для всего слитого массива боксеров, являющееся показательным для данной группы спортсменов. Так по ЖМТ имеется тенденция к снижению абсолютного показателя ЖМТ, т.к. значения этого показателя у ВК 69 и 75 смещены ниже 50 ц.и. и находятся в интервале 25–50 ц.и. По показателю абсолютного количества ТМТ имеется обратная тенденция, т.е. к увеличению этого показателя, т.к. значения его у ВК 69 и 75 смещены выше 50 ц.и. и находятся в интервале 50–90 ц.и. По показателю абсолютного количества СММ имеется обратная жировой массе и сходная с ТМТ тенденция, т.е. к увеличению этого показателя, т.к. значения его у ВК 69 и 75 смещены выше 50 ц.и. и находятся в интервале 75–90 ц.и. Для показателя доли СММ от ТМТ, несмотря на обратную его зависимость от возрастания ВК, имеется тенденция к увеличению этого показателя, т.к. значения его у ВК 69 и 75 смещены выше 50 центиля и находятся в 75–90 ц.и.

Что касается оценки показателей водных секторов и статуса гидратации организма (рис. 10), сначала рассмотрим движение облака объединенной группы боксеров по центильной картине. В связи с увеличением количества ТМТ и СММ, напрямую отвечающими за увеличение количества ОВО, ВнекВ и особенно ВнукВ организма, наблюдается следующая зависимость: по показателям ОВО, ВнекВ и ВнукВ облака смещены вверх; по ОВО и ВнекВ показатели спортсменов находятся в 3–↑97 ц.и., а по ВнукВ – в 10–↑97 ц.и. То же самое касается и долей ВнекВ и ВнукВ от ОВО – показатели доли ВнекВ находятся в пределах 10–97 ц.и., доли ВнукВ – в пределах 25–↑97 ц.и. На центильной картине показатели индексов ВнекВ/ОВО и ВнекВ/ВнукВ расположены на центильных картинах в ↓3–75 ц.и., т.е. облака слитого массива спортсменов по индексам гидратации имеют меньшие значения, чем мужская популяция Российской Федерации в целом.

По показателям ОВО, ВнекВ и ВнукВ имеется тенденция к их увеличению, т.к. значения этих показателей у ВК 69 и 75 смещены выше 50 центиля и находятся в интервале 50–75 ц.и. для ОВО и ВнекВ и 50–95 ц.и. для ВнукВ (показывает на большее содержание внутриклеточной воды за счет увеличения значений СММ, следовательно, и влияет на более низкий показатель двух индексов при оценке гидратационного статуса).

Показатели доли ВнукВ и ВнекВ, несмотря на обратную их зависимость от возрастания ВК, имеют тенденцию к увеличению, т.к. их значения у ВК 69 и 75 смещены выше 50 центиля и находятся в 50–75 ц.и. для доли ВнекВ и в 75–90 ц.и. для доли ВнукВ (что также показывает на большее содержание воды внутри клеток за счет увеличения значений СММ, следовательно, и влияет на более низкий показатель двух индексов при оценке гидратационного статуса).

Нормативы индексов оценки распределения воды в организме с учетом компонентного состава тела и возраста у высококвалифицированных боксеров

Информативным с точки зрения спортивной морфологии является расположение индивидуальных и медианных точек-маркеров двух индексов оценки статуса гидратации в группе высококвалифицированных боксеров. Индексы ВнекВ/ОВО и ВнекВ/ВнукВ имеют зависимость от МТ и увеличиваются пропорционально росту ВК, однако их расположение на центильных кривых специфическое и обусловлено определенным компонентным составом тела, являясь отражением тренированности спортсменов и наличием повышенных значений СММ в ТМТ. Для всех ВК медианные значения для обоих индексов находятся ниже 50 центиля, для ВК 69 – в 10–25 ц.и., для ВК 75 – в 3–10 ц.и.

Корреляционный анализ показал, что значения индексов гидратации организма боксеров зависят от показателя доли СММ в ТМТ ($p = 0,698$ для ВнекВ/ОВО, $p = 0,558$ для ВнекВ/ВнукВ), а также находятся в тесной связи друг с другом ($p = 0,944$).

На основании данных о нормировании значений коэффициентов ВнекВ/ОВО (рис. 11а) и ВнекВ/ВнукВ (рис. 11б), а также содержания в организме СММ (рис. 12а) и доли СММ от ТМТ (рис. 12б) от возраста обследуемых боксеров, в табл. 4 предложено нормирование коэффициентов ВнекВ/ОВО (рис. 13а) и ВнекВ/ВнукВ (рис. 13б) от содержания в организме доли СММ в

ТМТ, при оценке статуса гидратации с помощью БИ анализатора АВС-01 Медасс.

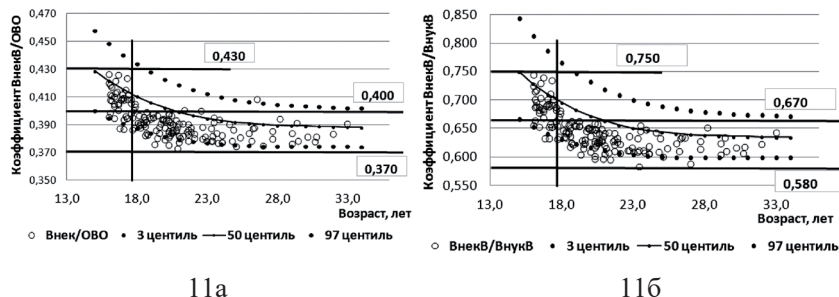


Рис. 11. Нормирование коэффициентов ВнекВ/ОВО (11а) и ВнекВ/ВнукВ (11б) от возраста обследуемых боксеров

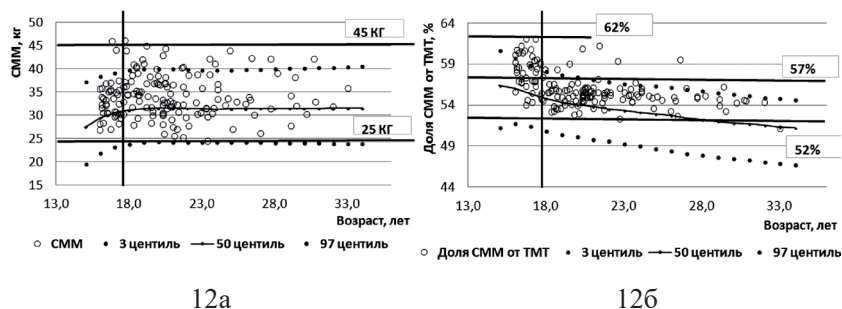


Рис. 12. Нормирование содержания в организме СММ (12а) и доли СММ от ТМТ (12б) от возраста обследуемых боксеров

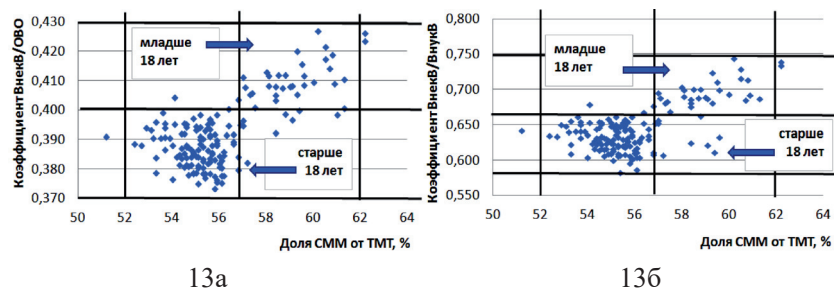


Рис. 13. Предполагаемое нормирование коэффициентов ВнекВ/ОВО (13а) и ВнекВ/ВнукВ (13б) от содержания в организме доли СММ в ТМТ для высококвалифицированных боксеров

В соответствии с рис. 13 обследуемые боксеры были разделены на 2 группы в зависимости от возраста и содержания СММ в ТМТ; для групп были определены предполагаемые нормативы коэффициентов ВнекВ/ОВО и ВнекВ/ВнукВ (табл. 4).

Таблица 4. Нормативы коэффициентов ВнекВ/ОВО и ВнекВ/ВнукВ для высококвалифицированных боксеров, используемые для оценки статуса гидратации с помощью анализатора ABC-01 Медасс

Возрастная группа	% СММ от ТМТ	СММ, кг	ВнекВ/ОВО	ВнекВ/ВнукВ
16–17 лет	54–62%	25–45 кг	0,400–0,430	0,660–0,750
18–33 года	52–57%	25–45 кг	0,370–0,400	0,580–0,660

Нормирование, предложенное в табл. 2, необходимо с целью корректной оценки статуса гидратации боксеров высокого класса при обследовании на БИ анализаторе ABC-01 Медасс. Разработанные нормативы имеют значения, соответствующие 3–50 центильным интервалам нормы для мужской российской популяции.

Выводы

1. Абсолютное количество общей, внеклеточной и внутриклеточной воды организма напрямую зависит от габаритных размеров тела и весовой категории, а также от компонентного состава тела, а именно содержания скелетно-мышечной массы в тощей массе тела. Поэтому для оценки статуса гидратации организма используют относительные показатели водных секторов организма (в процентах от массы тела) и коэффициенты распределения жидкости в организме: ВнекВ/ОВО и ВнекВ/ВнукВ.

2. В связи с тем, что существует прямая зависимость значений индексов ВнекВ/ОВО и ВнекВ/ВнукВ как в общем от состава тела, так и от повышенных показателей СММ в ТМТ у спортсменов, исследователям, использующим БИ анализатор ABC-01 Медасс в своей работе, следует знать и учитывать специфику оценки водных секторов и водного баланса как с помощью абсолютных и относительных значений воды организма, так и индексов.

3. Особенностью оценки водного баланса обследованной группы боксеров с помощью анализатора ABC-01 Медасс является положение индивидуальных точек-маркеров для индексов оценки гидратации организма ВнекВ/ОВО и ВнекВ/ВнукВ ниже

50-го центиля, что связано с повышенным количеством внутриклеточной воды за счет повышения значений скелетно-мышечной массы в тощей массе тела.

4. Диапазоны значений индексов $V_{некВ}/O_{ВО}$ и $V_{некВ}/V_{нукВ}$, представленные в табл. 4, можно считать ориентировочными для оценки нормального статуса гидратации высококвалифицированных боксеров в зависимости от возраста и содержания в их организме доли СММ от ТМТ, и рекомендованы к использованию при оценке статуса гидратации с помощью БИ анализатора АВС-01 Медасс.

ГЛАВА 3. ОЦЕНКА СТАТУСА ГИДРАТАЦИИ СПОРТСМЕНОВ, СПЕЦИАЛИЗИРУЮЩИХСЯ В КОМАНДНЫХ ИГРОВЫХ ВИДАХ СПОРТА, НА ПРИМЕРЕ ФУТБОЛИСТОВ, БАСКЕТБОЛИСТОВ И ВАТЕРПОЛИСТОВ

Значения абсолютных и относительных показателей водных секторов организма у представителей командных игровых видов спорта

С целью оценки статуса гидратации и его особенностей у спортсменов командных игровых видов спорта методом биоимпедансометрии были отобраны результаты оценки состава тела с помощью БИ анализатора ABC-01 Медасс следующих спортсменов:

– баскетболисты (1-я группа) – члены сборной команды Московской государственной академии физической культуры по баскетболу ($n = 23$, возраст – $20,4 \pm 1,68$ года);

– футболисты (2-я группа) – игроки профессионального футбольного клуба «Велес» второго дивизиона ($n = 23$, возраст – $23,6 \pm 3,65$ лет);

– ватерполисты (3-я группа) – члены взрослой сборной команды Российской Федерации по водному поло ($n = 20$, возраст – $24,5 \pm 3,92$ года).

Дополнительно (4-я группа) были обследованы физически активные юноши – студенты, обучающиеся в Высшей школе экономики (ВШЭ) ($n = 47$, возраст – $17,6$ лет), входящие в 1-ю или 2-ю группы здоровья (в соответствии со сведениями из медицинских карт), без спортивных квалификаций и разрядов, но имеющие

еженедельную нагрузку, подразумевающую собой здоровьесберегающие занятия, рекомендованные для студентов нефизкультурных вузов, в спортивных секциях на базе ВШЭ в количестве 4 академических часов (Выборная К.В., 2023–1, 2023–2, 2024–1).

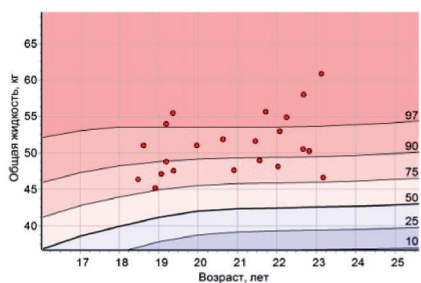
Обследование спортсменов проводилось в два этапа: баскетболистов обследовали в 2022–2023 годах, футболистов, ватерполистов и физически активных юношей – в 2018–2019 годах. Каждая группа была однородная по возрасту, полу и уровню спортивного мастерства, и состояла только из игроков одной команды. Каждая однородная группа включала не менее 20 обследуемых спортсменов с целью проведения корректного статистического анализа.

Методом антропометрии (Мартиросов Э.Г., 2006, 2009; Тутьельян В.А., 2008, 2016) измеряли длину (ДТ, см) и массу тела (МТ, кг). Стандартные протоколы оценки состава тела получали помощью биоимпедансного анализатора состава тела и водных секторов организма ABC-01 Медасс (Мартиросов Э.Г., 2006; Руднев С.Г., 2014), версия программного обеспечения от 2022 года с возможностью цифровой и графической (центильные картины) оценки индексов ВнекВ/ОВО и ВнекВ/ВнукВ (НТИЦ «Медасс», Россия). Для оценки распределения воды в организме и статуса гидратации взяты нормативные значения оценки индекса ВнекВ/ВнукВ по данным ABC-01 Медасс (15–85 центильные интервалы). Обработка данных выполнялась с использованием программы MS Excel 2007 и Statistica 7. Достоверность различий между независимыми группами определяли с помощью непараметрического критерия Манна-Уитни (U-тест), $p < 0,05$ (Дерябин В.Е., 2005; Глушанко В.С., 2012; Халафян А.А., 2007).

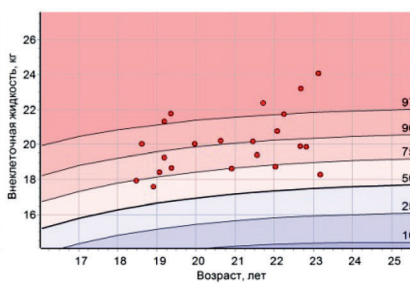
Центильные распределения индивидуальных показателей водных секторов и статуса гидратации в группе баскетболистов представлены на рис. 14, 15, футболистов – на рис. 16, 17, ватерполистов – на рис. 18, 19, и физически активных юношей – на рис. 20, 21.

При оценке водных секторов в группе баскетболистов методом центильных интервалов (ц.и.) наблюдается следующая зависимость: по показателям ОВО (рис. 14.1), ВнекВ (рис. 14.2) и ВнукВ (рис. 14.3) облака смещены вверх; по ОВО и по ВнукВ показатели спортсменов находятся в 75–↑97 ц.и., по ВнекВ – в

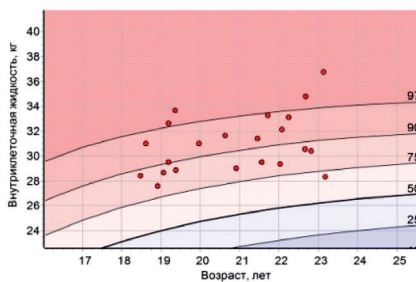
50–↑97 ц.и. По показателю доли ВнекВ_{МТ} (рис. 15.1) облака находятся в 25–90 ц.и., по доле ВнукВ_{МТ} (рис. 15.2) – в 25–↑97 ц.и., т.е. облака слитого массива баскетболистов по абсолютным и относительным показателям водных секторов имеют большие значения, чем мужская популяция Российской Федерации в целом (Руднев С.Г., 2014). На центильной картине показатели индексов ВнекВ/ВнукВ (рис. 15.3) и ВнекВ/ОВО (рис. 15.4) расположены в ↓3–75 ц.и., т.е. облака слитого массива баскетболистов по индексам гидратации имеют меньшие значения, чем мужская популяция Российской Федерации в целом.



14.1

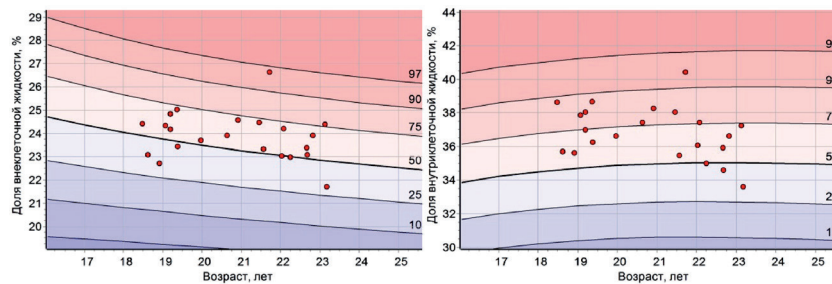


14.2



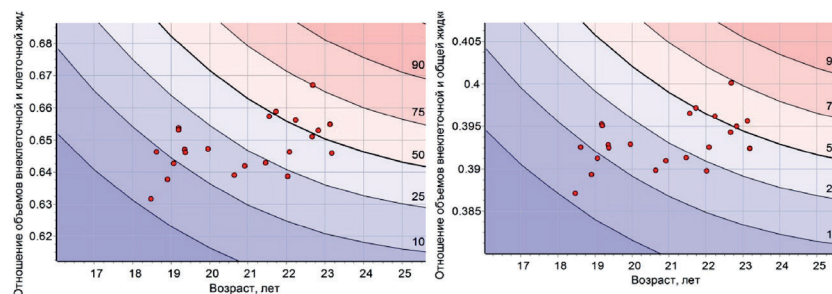
14.3

Рис. 14. Центильное распределение показателей общей (14.1), внеклеточной (14.2) и внутриклеточной (14.3) воды в группе баскетболистов



15.1

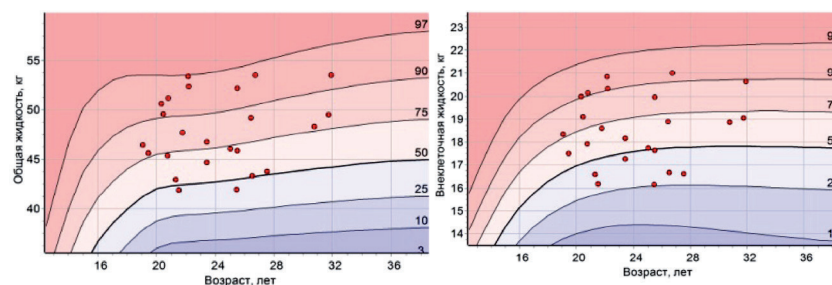
15.2



15.3

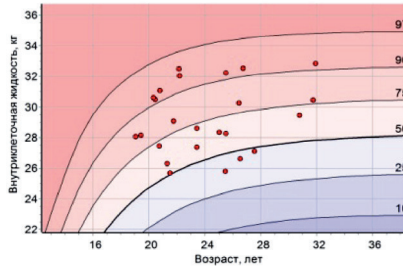
15.4

Рис. 15. Центильное распределение показателей доли ВнэкВ_{МТ} (15.1), доли ВнукВ_{МТ} (15.2), индексов ВнэкВ/ВнукВ (15.3) и ВнэкВ/ОВО (15.4) в группе баскетболистов



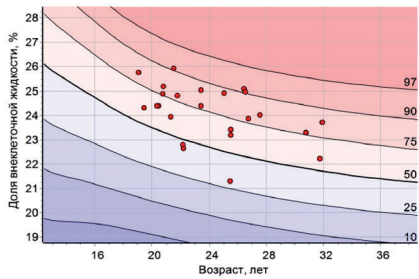
16.1

16.2

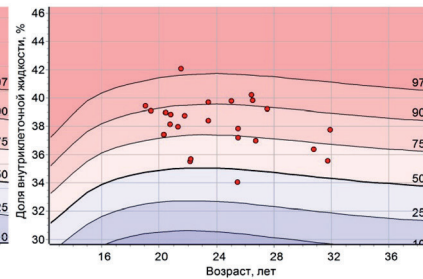


16.3

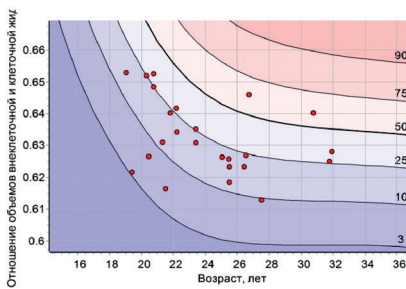
Рис. 16. Центильное распределение показателей общей (16.1), внеклеточной (16.2) и внутриклеточной (16.3) воды в группе футболистов



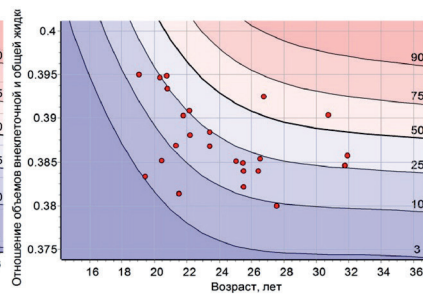
17.1



17.2



17.3



17.4

Рис. 17. Центильное распределение показателей доли ВнукВ_{МТ} (17.1), доли ВнукВ_{МТ} (17.2), индексов ВнукВ/ВнукВ (17.3) и ВнукВ/ОВО (17.4) в группе футболистов

При оценке водных секторов в группе футболистов методом центильных интервалов наблюдается следующая зависимость: по показателям ОВО (рис. 16.1), ВнекВ (рис. 16.2) и ВнукВ (рис. 16.3) облака смещены вверх; по всем трем показателям значения находятся в 25–97 ц.и. По показателю доли ВнекВ_{МТ} (рис. 17.1) футболисты находятся в 25–97 ц.и., по доле ВнукВ_{МТ} (рис. 17.2) – в 25–97 ц.и., т.е. облака слитого массива футболистов по абсолютным и относительным показателям водных секторов имеют большие значения, чем мужская популяция Российской Федерации в целом. На центильной картине показатели индексов ВнекВ/ВнукВ (рис. 17.3) и ВнекВ/ОВО (рис. 17.4) расположены в 3–75 ц.и., т.е. облака слитого массива футболистов по индексам гидратации имеют меньшие значения, чем мужская популяция Российской Федерации в целом, как и в группе баскетболистов.

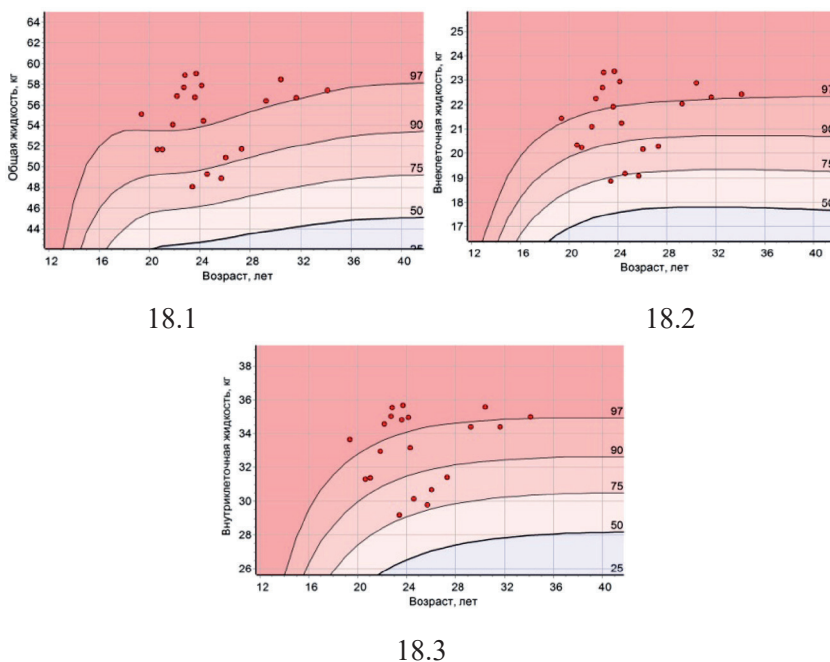


Рис. 18. Центильное распределение показателей общей (18.1), внеклеточной (18.2) и внутриклеточной (18.3) воды в группе ватерполистов

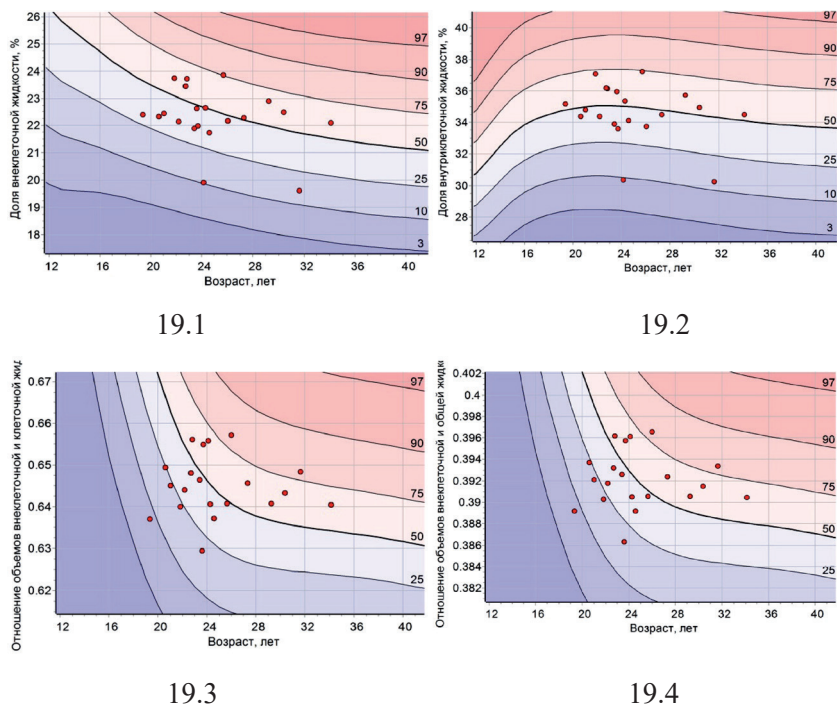


Рис. 19. Центильное распределение показателей доли ВнекВ_{МТ} (19.1), доли ВнукВ_{МТ} (19.2), индексов ВнекВ/ВнукВ (19.3) и ВнекВ/ОВО (19.4) в группе ватерполистов

При оценке водных секторов в группе ватерполистов методом центильных интервалов наблюдается следующая зависимость: по показателям ОВО (рис. 18.1), ВнекВ (рис. 18.2) и ВнукВ (рис. 18.3) облака смещены вверх; по всем трем показателям значения находятся в 75–97 ц.и., т.е. облака слитого массива ватерполистов по абсолютным и относительным показателям водных секторов имеют большие значения, чем мужская популяция Российской Федерации в целом. По показателям доли ВнекВ_{МТ} (рис. 19.1) и доле ВнукВ_{МТ} (рис. 19.2) ватерполисты находятся в 10–75 ц.и., чем отличаются от групп баскетбола и футбола и приближены к общероссийской популяции. На центильной картине показатели индексов ВнекВ/ВнукВ (рис. 19.3) и ВнекВ/ОВО (рис. 19.4) расположены в 3–90 ц.и., т.е. облака слитого массива ватерполистов по индексам гидратации имеют такие

же значения, как и мужская популяция Российской Федерации в целом, что также отличает их от групп баскетбола и футбола.

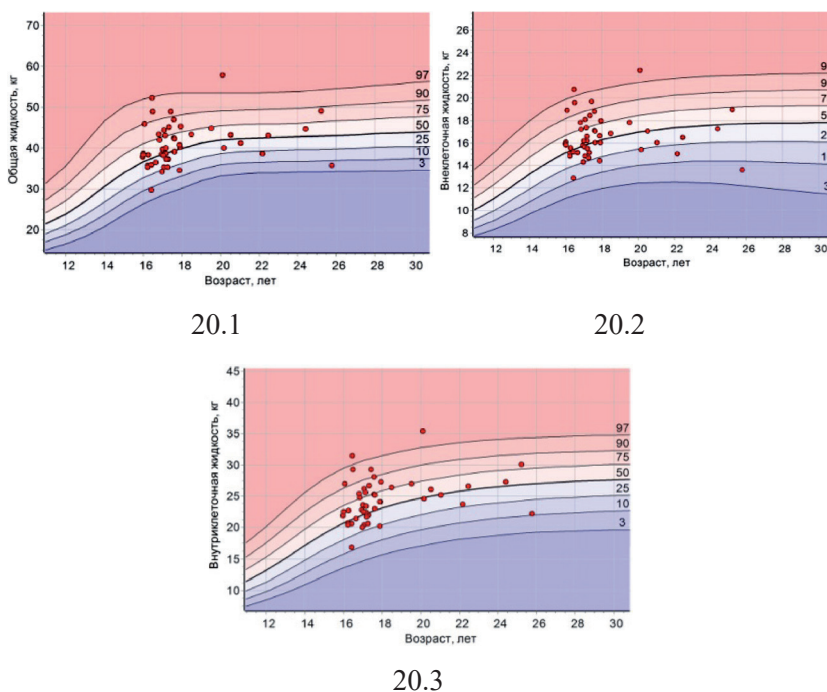


Рис. 20. Центильное распределение показателей общей (20.1), внеклеточной (20.2) и внутриклеточной (20.3) воды в группе физически активных юношей

При оценке водных секторов в группе физически активных юношей методом центильных интервалов наблюдается следующая картина: по показателям ОВО (рис. 20.1), ВнекВ (рис. 20.2) и ВнукВ (рис. 20.3) облака имеют центильное распределение, близкое к популяционной норме, в отличие от спортивных групп, что говорит о том, что обследованные по габаритным размерам соответствуют российской популяции. Однако, облака смещены вверх: по ОВО и ВнекВ значения находятся в 3–↑97 ц.и., по ВнукВ – в 10–↑97 ц.и. По показателям доли ВнекВ_{МТ} (рис. 21.1) и доле ВнукВ_{МТ} (рис. 21.2) облака представителей группы физически активных юношей также имеют небольшое смещение вверх относительно популяционной нормы, находясь в 10–97 ц.и. На цен-

тильной картине показатели индексов ВнэкВ/ВнукВ (рис. 21.3) и ВнэкВ/ОВО (рис. 21.4) расположены в 3–90 ц.и., т.е. облака группы физически активных юношей по индексам гидратации имеют небольшое смещение вниз относительно популяционной нормы.

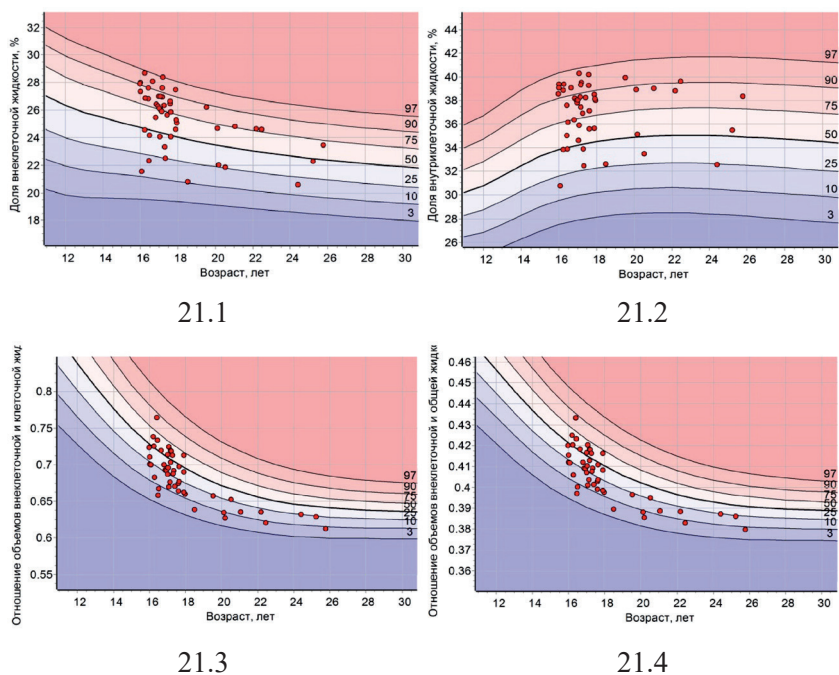


Рис. 21. Центильное распределение показателей доли ВнэкВ_{МТ} (21.1), доли ВнукВ_{МТ} (21.2), индексов ВнэкВ/ВнукВ (21.3) и ВнэкВ/ОВО (21.4) в группе физически активных юношей

Центильное распределение показателей гидратации организма в группах баскетболистов (рис. 14, 15) и футболистов (рис. 16, 17) связано с увеличением количества ТМТ и СММ. В группе физически активных юношей (рис. 20, 21) наблюдаются тенденции к смещению облаков, похожие на группы баскетбола и футбола, что связано с незначительным увеличением количества ТМТ и СММ. У ватерполистов (рис. 18, 19) центильное распределение отличается от распределения баскетболистов и футболистов, и связано, скорее всего, как с общей массивностью обследованных

спортсменов, которое отвечает за увеличение абсолютных показателей общей, внеклеточной и внутриклеточной воды, так и с достаточно развитым жировым компонентом массы тела, который в долевым отношении отвечает за меньший процент ТМТ и СММ, и отражается на значениях долей ВнекВ и ВнукВ, а также на значениях индексов таким образом, что показатели ВнекВ/ОВО и ВнекВ/ВнукВ находятся в границах популяционных значений.

Основные показатели габаритных размеров, компонентного состава тела и статуса гидратации организма мужчин, специализирующихся в командных игровых видах спорта и представителей группы физически активных юношей, представлены в табл. 5.

Таблица 5. Основные показатели габаритных размеров, компонентного состава тела и статуса гидратации организма мужчин, специализирующихся в командных игровых видах спорта и представителей группы физически активных юношей

Показатель	Вид спорта			Группа физически активных юношей (n = 47)
	Баскетбол (n = 22)	Футбол (n = 24)	Водное поло (n = 20)	
Условное обозначение групп	1	2	3	4
Возраст, лет	20,4±0,36 (18÷23)	23,7±0,74 (19÷31)	24,5±0,88 (19÷34)	17,6±0,36 (15÷25)
ДТ, см	188,3±1,41 ^{2,3,4} (172,4÷204)	181,5±1,27 ^{1,3,4} (170÷192)	193,1±0,88 ^{1,2,4} (185÷202)	175,7±0,92 ^{1,2,3} (160÷189)
МТ, кг	84,3±1,47 ^{2,3,4} (73,6÷100,5)	77±1,6 ^{1,3,4} (62,3÷91,5)	96,2±1,96 ^{1,2,4} (80÷115,1)	66,2±1,6 ^{1,2,3} (48÷93)
ИМТ, см/м ²	23,75±0,23 ^{3,4} (21,4÷26)	23,3±0,27 ^{3,4} (20,3÷25,7)	25,8±0,4 ^{1,2,4} (22,4÷29,4)	21,4±0,45 ^{1,2,3} (16,7÷28,7)
ЖМТ, кг	14,5±0,72 ^{2,3,4} (8÷21,3)	11,8±0,79 ^{1,3,4} (5,1÷18,6)	21,6±1,27 ^{1,2,4} (13,2÷36,3)	10,2±0,8 ^{1,2,3} (3,7÷25)
Доля ЖМТ _{МТ} , %	17,1±0,71 ^{2,3,4} (9,5÷24,4)	15±0,78 ^{1,3} (8,3÷24,4)	22,2±0,88 ^{1,2,4} (16,5÷31,9)	14,7±0,84 ^{1,3} (6,7÷28,5)
ТМТ, кг	69,8±1,18 ^{2,3,4} (61,7÷83,1)	65,2±1,05 ^{1,3,4} (57,2÷73,1)	74,6±1,09 ^{1,2,4} (65,6÷80,7)	56,1±1,05 ^{1,2,3} (40,6÷79,1)
СММ, кг	38,5±3,3 ^{2,4} (33,6÷46,1)	35,9±2,8 ^{1,3,4} (30,1÷40)	40±2,7 ^{2,4} (34,9÷44,2)	32,3 ±3,4 ^{1,2,3} (25,4÷44,4)

Показатель	Вид спорта			
	Баскетбол (n = 22)	Футбол (n = 24)	Водное поло (n = 20)	Группа физически активных юношей (n = 47)
Доля СММ _{ТМТ} , %	55,1±0,9 ^{3,4} (53÷57,6)	55,1±1,1 ^{3,4} (52,5÷57,3)	53,6±1,1 ^{1,2,4} (50,5÷55,1)	57,9±2,8 ^{1,2,3} (52÷62,5)
ОВО, кг	51,1±0,87 ^{2,3,4} (45,2÷60,9)	47,7±0,77 ^{1,3,4} (41,8÷53,5)	54,6±0,8 ^{1,2,4} (48÷59,1)	41,0±0,77 ^{1,2,3} (29,7 – 57,9)
ВнекВ, кг	20,1±0,37 ^{2,3,4} (17,6÷24,1)	18,5±0,31 ^{1,3,4} (16,1÷21)	21,4±0,32 ^{1,2,4} (18,9÷23,4)	16,61±0,27 ^{1,2,3} (12,9÷22,5)
ВнукВ, кг	31,0±0,51 ^{2,3,4} (27,6÷36,8)	29,3±0,45 ^{1,3,4} (25,8÷32,9)	33,2±0,48 ^{1,2,4} (29,2÷35,7)	24,4±0,51 ^{1,2,3} (16,8÷35,4)
Доля ОВО _{МТ} , %	60,7±0,52 ^{2,3,4} (55,2÷66,2)	62,18±0,58 ^{1,3,4} (55,3÷67,1)	56,9±0,6 ^{1,2,4} (49,8÷61,1)	62,4±0,62 ^{1,2,3} (52,3÷68,3)
Доля ВнекВ _{МТ} , %	23,9±0,22 ^{2,3,4} (21,7 ÷26,7)	24,1±0,23 ^{1,3,4} (21,2÷26)	22,3±0,24 ^{1,2,4} (19,6÷23,9)	25,3±0,3 ^{1,2,3} (20,6÷28,7)
Доля ВнукВ _{МТ} , %	36,8±0,33 ^{2,3,4} (33,6÷40,5)	38,1±0,37 ^{1,3,4} (34÷42)	34,6±0,4 ^{1,2,4} (30,2÷37,25)	37,1±0,35 ^{1,2,3} (30,8÷40,3)
Доля ВнекВ _{ТМТ} , %	28,8±0,05 (28,4÷39,5)	28,4±0,06 (27,7÷28,9)	28,7±0,04 (28,2÷29,0)	29,7±0,13 (27,7÷31,7)
Доля ВнукВ _{ТМТ} , %	53±0,91 ^{2,3,4} (43,7÷60,9)	58,9±1,27 ^{1,3,4} (48,7÷73,5)	46,6±0,94 ^{1,2,4} (38,3÷55,8)	67,2±1,38 ^{1,2,3} (47,5÷86,2)
Доля ВнукВ _{ОВО} , %	60,7±0,07 (60÷61,2)	61,3±0,1 (60,47÷62,68)	60,8±0,07 (60,3÷61,4)	59,5±0,19 (56,5÷62,0)
ВнекВ/ОВО	0,393±0,0007 ^{2,3,4} (0,388÷0,403)	0,387±0,0009 ^{1,3,4} (0,379÷0,395)	0,392±0,001 ^{1,2,4} (0,386÷0,397)	0,406±0,01 ^{1,2,3} (0,379÷0,434)
ВнекВ/ВнукВ	0,640±0,002 ^{2,3,4} (0,630÷0,670)	0,630±0,002 ^{1,3,4} (0,610÷0,650)	0,650±0,001 ^{1,2,4} (0,620÷0,660)	0,680±0,005 ^{1,2,3} (0,610÷0,760)

Примечание:

– данные представлены в виде средней и стандартной ошибки среднего ($M \pm m$); минимума и максимума значений ($\min \div \max$);

– достоверные отличия ($p < 0,05$):

¹ – от группы баскетбола;

² – от группы футбола;

³ – от группы водного поло;

⁴ – от группы физически активных юношей.

Показано, что обследованные различаются между собой как по габаритным размерам и компонентному составу тела, так и по показателям водных секторов организма (табл. 5). Не выявлено различий только по показателям доли ВнекВ_{ТМТ} и доли ВнукВ_{ОВО}.

Нормативы индексов оценки распределения воды организма с учетом компонентного состава тела и возраста у спортсменов командных игровых видов спорта

На основании данных, полученных при обследовании спортсменов командных игровых видов спорта, было проведено нормирование коэффициентов ВнекВ/ОВО (рис. 22.1) и ВнекВ/ВнукВ (рис. 22.2), содержания в организме СММ (рис. 23.1) и доли СММ_{ТМТ} (рис. 23.2) от возраста обследуемых согласно нормативным центильным значениям изучаемых признаков, представленных в программном обеспечении БИ анализатора АВС-01 Медасс. Далее было предложено нормирование коэффициентов ВнекВ/ОВО и ВнекВ/ВнукВ от содержания в организме СММ (рис. 24.1, 24.2) и доли СММ_{ТМТ} (рис. 24.3, 24.4).

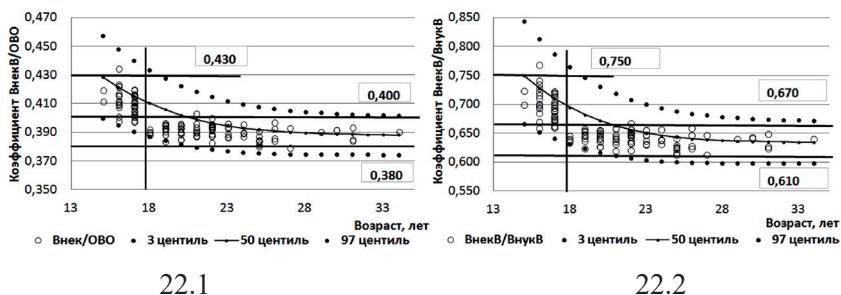


Рис. 22. Нормирование коэффициентов ВнекВ/ОВО (22.1) и ВнекВ/ВнукВ (22.2) от возраста обследуемых мужчин

Для высококвалифицированных спортсменов-игровиков в возрасте 18–28 лет нормальные значения коэффициента ВнекВ/ОВО должны находиться в диапазоне 0,380–0,400, коэффициента ВнекВ/ВнукВ – в диапазоне 0,610–0,670. Для физически активных юношей 16–17 лет нормальные значения коэффициента ВнекВ/ОВО должны находиться в диапазоне 0,400–0,430, коэффициента ВнекВ/ВнукВ – в диапазоне 0,670–0,750 (рис. 22).

Для высококвалифицированных спортсменов-игровиков в возрасте 18–28 лет нормальные значения доли СММ_{ТМТ} должны находиться в диапазоне 53–57% (при СММ – 31–44 кг). Для физически активных юношей 16–17 лет нормальные значения доли СММ_{ТМТ} должны находиться в диапазоне 57–62% (при СММ – 28–37 кг) (рис. 23).

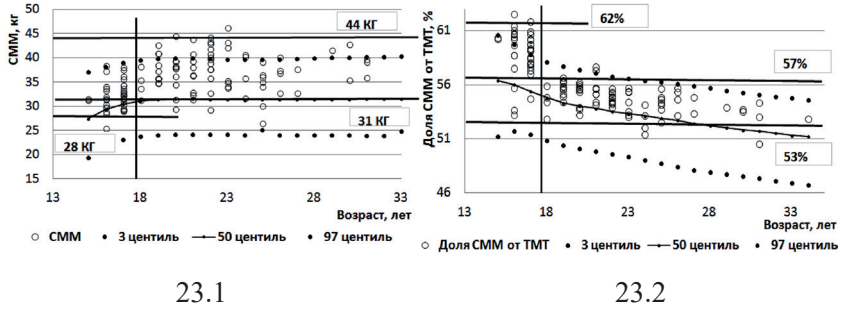


Рис. 23. Нормирование содержания в организме СММ (23.1) и доли СММ от ТМТ (23.2) от возраста обследуемых мужчин

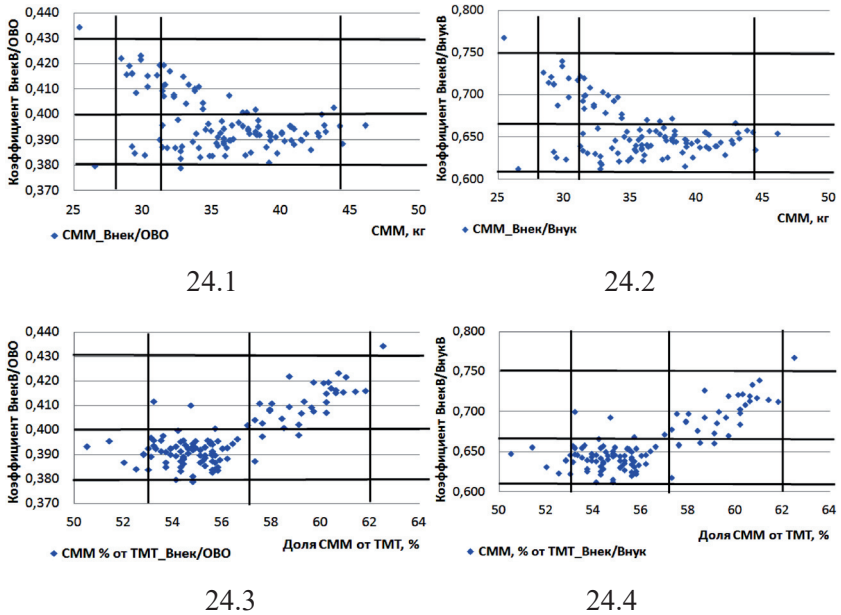


Рис. 24. Предполагаемое нормирование коэффициентов ВнекВ/ОВО и ВнекВ/ВнукВ от содержания в организме СММ (24.1, 24.2) и доли СММ_{ТМТ} (24.3, 24.4) для физически активных мужчин, и мужчин, специализирующихся в командных игровых видах спорта

Для высококвалифицированных спортсменов-игровиков в возрасте 18–28 лет при содержании в организме доли СММ_{ТМТ} 53–57% (при абсолютных значениях СММ 31–44 кг), значение коэффициента ВнекВ/ОВО должно быть 0,380–0,400, коэффициента ВнекВ/ВнукВ – 0,610–0,670. Для физически активных юношей 16–17 лет при содержании в организме доли СММ_{ТМТ} 56–62% (при абсолютных значениях 28–37 кг) значение коэффициента ВнекВ/ОВО должно быть 0,390–0,430, коэффициента ВнекВ/ВнукВ – 0,650–0,750 (рис. 24).

Таблица 6. Нормативы коэффициентов ВнекВ/ОВО и ВнекВ/ВнукВ для мужчин-спортсменов, специализирующихся в командных игровых видах спорта, используемые для оценки статуса гидратации с помощью анализатора АВС-01 Медасс

Возрастная группа	% СММ от ТМТ	СММ, кг	ВнекВ/ОВО	ВнекВ/ВнукВ
18–28 лет	53–57%	31–44 кг	0,380–0,400	0,610–0,670
16–17 лет	57–62%	28–37 кг	0,400–0,430	0,670–0,750

Нормирование, предложенное в табл. 6, необходимо с целью корректной оценки статуса гидратации мужчин-спортсменов, специализирующихся в командных игровых видах спорта, при обследовании на БИ анализаторе АВС-01 Медасс. Разработанные нормативы имеют значения, соответствующие 3–50 центильным интервалам нормы для мужской российской популяции.

Выводы

1. Статус гидратации, оцениваемый на БИ анализаторе АВС-01 Медасс, как с помощью абсолютных показателей общей, внеклеточной и внутриклеточной воды организма, так с помощью индексов ВнекВ/ОВО и ВнекВ/ВнукВ у мужчин-спортсменов, специализирующихся в командных игровых видах спорта, зависит от возраста, габаритных размеров и компонентного состава тела, а именно содержания скелетно-мышечной массы в тощей массе тела. При оценке гидратационного статуса спортсменов, популяционные нормативы значений индексов ВнекВ/ОВО и ВнекВ/ВнукВ подходят лишь в тех случаях, когда спортсмен имеет компонентный состав тела, приближенный к значениям популяции, т.е. соотношение мышечного компонента, тощей и жировой массы тела приближены к 25–75 центилям популяции. Если же доля жировой и скелетно-мышечной массы в теле

спортсмена соответствует нормативам спортсменов высокого класса, находящихся на пике спортивной формы, т.е. доля ЖМТ равна 10–12% и доля СММ – 50–52% для мужчин, оценка статуса гидратации должна проводиться с персонализированным подходом к оценке долей лабильных компонентов массы тела.

2. Что касается состава тела, то есть определенные возрастные физиологические нормы соотношений лабильных компонентов массы тела. В юношеском возрасте показатели СММ и ЖМТ у представителей мужского пола имеют определенные долевые значения, выражающиеся в более высоком долевом участии мышечного и более низком долевом участии жирового компонентов, что в свою очередь отражается как на значениях абсолютных показателей водных секторов, так и на значениях индексов гидратации. Это следует учитывать при оценке высококвалифицированных спортсменов и физически активных юношей мужского пола в возрастном диапазоне 16–17 и 18–28 лет.

3. Особенностью оценки водного баланса группы спортсменов командных игровых видов спорта с помощью БИ анализатора АВС-01 Медасс является положение индивидуальных точек-маркеров для индексов оценки гидратации организма ВнекВ/ОВО и ВнекВ/ВнукВ в диапазоне 3–60-го центилей, что связано с повышенным содержанием скелетно-мышечной массы в тощей массе тела.

4. Диапазоны значений индексов ВнекВ/ОВО и ВнекВ/ВнукВ, представленные в табл. 6, можно считать ориентировочными для оценки нормального статуса гидратации высококвалифицированных мужчин-спортсменов, специализирующихся в командных игровых видах спорта, в зависимости от возраста и содержания в их организме доли СММ от ТМТ, и рекомендованы к использованию при оценке статуса гидратации с помощью БИ анализатора АВС-01 Медасс.

5. Исследователям, использующим анализатор АВС-01 Медасс в своей работе, следует знать и учитывать специфику оценки водных секторов и водного баланса как с помощью абсолютных и относительных значений воды организма, так и индексов для оценки гидратации организма в связи с тем, что существует прямая зависимость значений индексов ВнекВ/ОВО и ВнекВ/ВнукВ как в общем от состава тела, так и от повышенных показателей скелетно-мышечной массы в тощей массе тела у спортсменов командных игровых видов спорта.

ГЛАВА 4. СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОЦЕНКИ КОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА ТЕЛА И ВОДНЫХ СЕКТОРОВ ОРГАНИЗМА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ БИОИМПЕДАНСНЫХ АНАЛИЗАТОРОВ РАЗЛИЧНЫХ МОДИФИКАЦИЙ И ФИРМ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

Результаты сравнительного анализа показателей состава тела и водных секторов организма, измеренных на биоимпедансных анализаторах Accuniq BC310 и ABC-01 Медасс

С целью проведения сравнительного анализа результатов оценки статуса гидратации с помощью индексов ВнecB/OBO и ECW/TBW, полученных на биоимпедансных анализаторах ABC-01 Медасс и Accuniq BC310, были обследованы члены сборной команды Московской государственной академии физической культуры по баскетболу ($n = 23$, возраст – $20,4 \pm 1,68$ года) (Выборная К.В., 2024–4).

Методом антропометрии (Мартиросов Э.Г., 2006; Мартиросов Э.Г., 2009; Тутельян В.А., 2008; Тутельян В.А., 2016) измеряли длину (ДТ, см) и массу тела (МТ, кг); рассчитывали индекс массы тела (ИМТ, $\text{кг}/\text{м}^2$). Для оценки компонентного состава тела и водных секторов организма использовали два БИ анализатора: Accuniq BC310 (SELVAS Healthcare Inc., Дaejeon, Южная Корея) и ABC-01 Медасс (с версией программного обеспечения от 2022 года с возможностью цифровой и графической оценки индексов ВнecB/OBO и ВнecB/ВнукB (ООО НТЦ «Медасс», Россия)).

Методом биоимпедансометрии (Мартиросов Э.Г., 2006; Руднев С.Г., 2014) с помощью анализатора ABC-01 Медасс определяли значение измеренного импеданса, тощую массу тела (ТМТ, кг), долю тощей массы от МТ (доля ТМТ от МТ, %), содержание жировой массы (ЖМТ, кг) и долю жировой массы в МТ (доля ЖМТ от МТ, %), содержание ОВО (кг), ВнекВ (кг) и ВнукВ (кг) организма, доли внеклеточной и внутриклеточной воды в ОВО (% ВнукВ от ОВО, %; % ВнекВ от ОВО, % – для рис. 28 и 30), индексы оценки распределения воды в организме, используемые для оценки статуса гидратации (ВнекВ/ОВО и ВнекВ/ВнукВ), величину основного обмена (ВОО, ккал/сут).

С помощью анализатора AccunIQ BC310 определяли показатели, аналогичные предыдущему прибору: значение измеренного импеданса (Impedance), тощую массу тела (lean body mass, LBM, kg), долю тощей массы тела (percentage of lean body mass, %LBM, %), содержание жировой массы (fat body mass, BFM, kg) и долю жировой массы тела (percentage of fat body mass, PBF, %), содержание общей (TBW, kg), внеклеточной (ECW, kg) и внутриклеточной (ICW, kg) воды организма, доли внеклеточной и внутриклеточной воды от общей воды организма (the share of extracellular and intracellular water in TBW, %ECW in TBW, %; % ICW in TBW, % – для рис. 29 и 30), индексы оценки распределения воды в организме (ECW/TBW index и ECW/ICW index), величину основного обмена (basal metabolic rate, BMR, kcal/day).

Для оценки распределения воды в организме и статуса гидратации взяты нормативные значения оценки индекса ВнекВ/ВнукВ по данным ABC-01 Медасс (15–85 центильные интервалы) (Руднев С.Г., 2014), и нормативные значения оценки индекса ECW/TBW по данным AccunIQ BC310 (Расшифровка результатов измерения состава тела с помощью анализаторов ACCUNIQ). Обработка данных выполнялась с использованием программы MS Excel 2007 и Statistica 12. Достоверность различий между зависимыми группами определяли с помощью непараметрического Т-критерия Вилкоксона, $p \leq 0,05$; данные в таблице представлены в виде Медианы (Me), значений 25 и 75 квартилей (Q25; Q75), минимума и максимума измеренных значений (min÷max) (Дерябин В.Е., 2005; Глушанко В.С., 2012; Халафян А.А., 2007).

Результаты сравнительного анализа измеряемых показателей и статистическая достоверность различий представлены в табл. 7.

Таблица 7. Результаты сравнительного анализа показателей состава тела и водных секторов организма, измеренных на биоимпедансных анализаторах Accuniq BC310 и ABC-01 Медасс

Измеренные показатели	Accuniq BC310		ABC-01 Медасс
МТ, кг	84,3 (79,7; 86,8) (73,6÷100,5)		
ИМТ, кг/м ²	23,7 (22,8; 24,6) (21,4÷26)		
Значение измеренного импеданса, Ом (Impedance, Ом)	406 (377; 434) (357÷470)	<* p = 0,000060	462,2 (446,7; 478,3) (404,8÷512,7)
ТМТ, кг (LBM, kg)	69,8 (67,2; 74,3) (59,1÷85,3)	> p = 0,513549	69,7 (65,1; 73,7) (61,7÷83,1)
Доля ТМТ от МТ, % (%LBM, %)	83,1 (81,8; 84,1) (76,4÷91,2)	< p = 0,601213	83,5 (80,4; 85,5) (75,5÷90,5)
ЖМТ, кг (BFM, kg)	13,5 (13; 16,5) (7,4÷18,3)	< p = 0,501592	14,6 (11,4; 16,1) (8÷21,3)
Доля ЖМТ от МТ, % (PBF, %)	16,9 (15,9; 18,2) (8,8÷23,6)	> p = 0,627446	16,5 (14,6; 19,6) (9,5÷24,4)
ОВО, кг (TBW, kg)	51 (48,3; 54,2) (43,1÷62,3)	< p = 0,851925	51 (47,7; 54) (45,2÷60,9)
ВнукВ, кг (ICW, kg)	30,8 (29,3; 32,4) (26,3÷37,4)	< p = 0,578128	31 (29; 32,6) (27,6÷36,8)
ВнекВ, кг (ECW, kg)	20,1 (19; 21,8) (16,8÷24,9)	> p = 0,237302	20 (18,7; 21,3) (17,6÷24,1)
Индекс ВнекВ/ОВО (ECW/TBW index)	0,396 (0,393; 0,397) (0,385÷0,409)	>* p = 0,012949	0,393 (0,391; 0,395) (0,387÷0,402)
Индекс ВнекВ/ВнукВ (ECW/ICW index)	0,656 (0,649; 0,660) (0,628÷0,694)	>* p = 0,017271	0,647 (0,643; 0,654) (0,634÷0,667)
ВОО, ккал/сут (BMR, kcal/day)	1878 (1799; 1975) (1647÷2214)	<* p = 0,000392	1950 (1876; 2043) (1828÷2244)

Примечание:

– данные представлены в виде Медианы (Me), значений 25 и 75 квартилей (Q25; Q75), минимума и максимума значений (min ÷ max);

* – достоверно значимыми приняты различия при $p \leq 0,05$ по Т-критерию Вилкоксона для связанных выборок;

< – меньшие значения при сравнении двух анализаторов;

> – большие значения при сравнении двух анализаторов.

Анализ показал, что по сравнению с данными, полученными БИ анализатором ABC-01 Медасс, БИ анализатор Accuniq BC310 показывает достоверно меньшие показатели сопротивления тела

и ВОО, меньшие показатели доли ТМТ от МТ, ЖМТ, ОВО и ВнукВ, достоверно большие показатели индексов ВнекВ/ОВО и ВнекВ/ВнукВ, большие показатели ТМТ, доли ЖМТ от МТ и ВнекВ (табл. 7).

На рис. 25 и 26 показано, как индивидуальные точки-маркеры для индексов ЕСW/TBW и ВнекВ/ОВО распределены в соответствии с нормативными значениями, указанными в инструкциях к БИ анализаторам. На рис. 25 показаны нормативные границы для индекса ЕСW/TBW (в мужской популяции), используемые в анализаторе Accuniq BC310, где определены диапазоны для нормального статуса гидратации, умеренного отека (предотек) и выраженного отека (отек). Нижней границей нормального статуса гидратации, после которой определяется состояние обезвоживания, скорее всего, можно считать значение 0,360, которое обычно используют в БИ анализаторах InBody, хотя в инструкции к анализатору Accuniq BC310 нижняя граница не прописана.

При этом следует иметь в виду, что состояние обезвоживания может быть не определено с помощью БИ анализаторов, как было ранее указано в позиции экспертной группы ESPEN, т.к. БИА дает наиболее хорошие результаты оценки у здоровых людей со стабильным водно-электролитным балансом (т.к. уравнения для определения ОВО, ВнекВ и ВнукВ были разработаны на нормальной здоровой популяции).

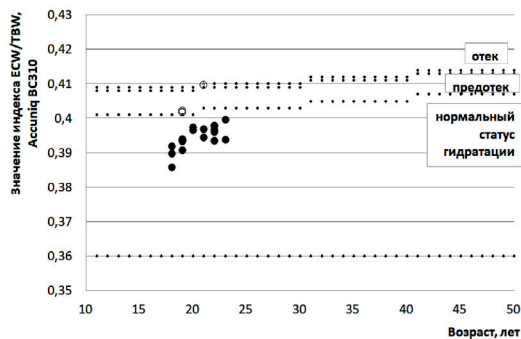


Рис. 25. Распределение индивидуальных точек-маркеров индекса ЕСW/TBW в нормативных границах (для мужской популяции), указанных в инструкции к БИ анализатору Accuniq BC310

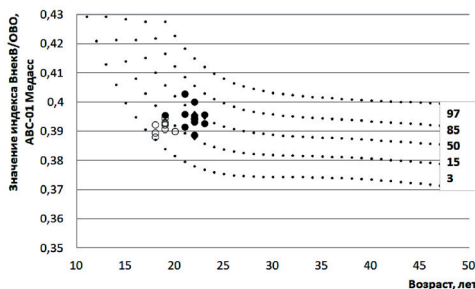


Рис. 26. Распределение индивидуальных точек-маркеров индекса ВнекВ/ОВО на центильной картине (норматив для мужской популяции – 15–85 центильные интервалы), используемых при оценке статуса гидратации в протоколе БИ анализатора ABC-01 Медасс

На рис. 26 показаны центильные интервалы и нормативные границы (взяты 15–85 центильные интервалы, полученные при обследовании российской популяции) для индекса ВнекВ/ОВО (в мужской популяции), используемые в анализаторе ABC-01 Медасс. Как видно из рис. 25 и 26, оценки статуса гидратации различаются при использовании двух анализаторов. По результатам сравнительной оценки встает вопрос о правомерности использования центильных границ 3–15 центильных интервалов для ABC-01 Медасс как предикторов недостаточной гидратации, т.к. при измерении той же группы спортсменов на БИ анализаторе Accuniq BC310 не было получено данных о том, что какие-либо спортсмены обезвожены или хотя бы находятся близко к нижней границе нормального статуса гидратации. Вполне возможно, центильные границы 3–15 центильных интервалов для индекса ВнекВ/ОВО, используемые в БИ анализаторе ABC-01 Медасс, можно принимать за нормальные значения гидратации у спортсменов. Подтверждением этому также могут служить результаты исследования, где было показано, что величины индекса ВнекВ/ОВО, полученные с помощью БИ анализатора ABC-01 Медасс для группы высококвалифицированных боксеров, зависят от показателя доли СММ в ТМТ и находятся в тесной связи друг с другом (глава 2; Выборная К.В., 2024–3).

Оценка статуса гидратации двумя анализаторами различается: в среднем по группе Accuniq BC310 определяет достоверно

большие значения индексов ВнекВ/ОВО и ВнекВ/ВнукВ по сравнению с АВС-01 Медасс (табл. 7). На рис. 27 видно, что некоторые оценки индекса совпадают между собой, некоторые – нет, причем, Accuniq BC310 в большинстве случаев определяет большую величину индекса ECW/TBW.

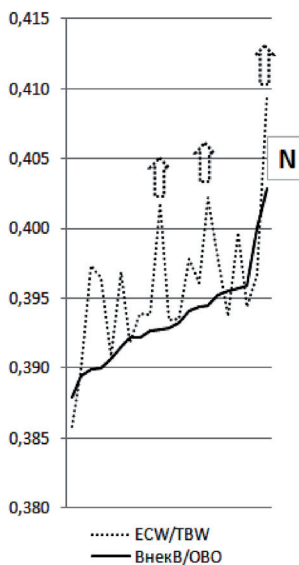


Рис. 27. Сравнение оценок индекса гидратации организма, полученные с помощью БИ анализаторов Accuniq BC310 (ECW/TBW) и АВС-01 Медасс (ВнекВ/ОВО)

При оценке обоими анализаторами видно, что при увеличении доли внеклеточной и уменьшении доли внутриклеточной воды (в процентах от общей воды организма) увеличивается значение индекса ВнекВ/ОВО для анализатора АВС-01 Медасс (рис. 28) и ECW/TBW – для анализатора Accuniq BC310 (рис. 29). При сравнении результатов оценки с помощью двух анализаторов долей внеклеточной и внутриклеточной воды и значений индекса, можно наблюдать одинаковые тенденции возрастания и уменьшения сравниваемых между собой показателей, однако оценка количества ICW и ECW в TBW, а также индекса гидратации организма с помощью анализатора Accuniq BC310 имеет более широкий диапазон, чем с помощью анализатора АВС-01 Медасс (табл. 7, рис. 28 и 29).

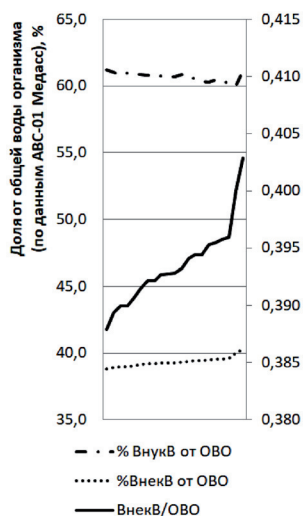


Рис. 28. Диапазон измеренных значений и изависимость значений индекса ВнукВ/ОВО, определенного с помощью БИ анализатора ABC-01 Медасс, в зависимости от доли ВнукВ и ВнекВ в ОВО

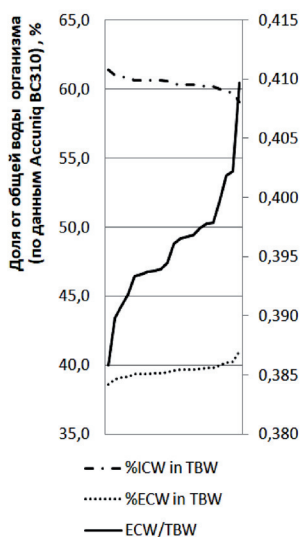


Рис. 29. Диапазон измеренных значений и изависимость значений индекса ECW/TBW, определенного с помощью БИ анализатора Assiniq BC310, в зависимости от доли ICW и ECW в TBW

При трактовке статуса гидратации по результатам обследования с помощью анализатора Assiniq BC310 три баскетболиста имеют повышенные показатели, два спортсмена находятся в состоянии умеренного отека, один спортсмен – в состоянии выра-

женного отека (рис. 25 – маркеры без заливки; рис. 27 – три пика, отмеченные стрелками). При этом те же три спортсмена по оценке анализатора ABC-01 Медасс находятся в состоянии нормального статуса гидратации. Один спортсмен, находящийся в состоянии выраженного отека по оценке с помощью анализатора Accuinq BC310, при оценке на анализаторе ABC-01 Медасс имеет значение индекса выше 0,400 (отмечен на рис. 27 как «N»), однако, по словесной оценке, также имеет нормальный статус гидратации.

Несмотря на то, что различия по показателям ОВО, ВнукВ и ВнукВ при оценке двумя анализаторами недостоверны (табл. 7), сравнительный анализ оценки водных секторов показал, что анализатор Accuinq BC310 определяет меньшее количество внутриклеточной и большее количество внеклеточной воды как в абсолютных (табл. 7), так и в относительных (от объема общей воды) (рис. 30) количествах.

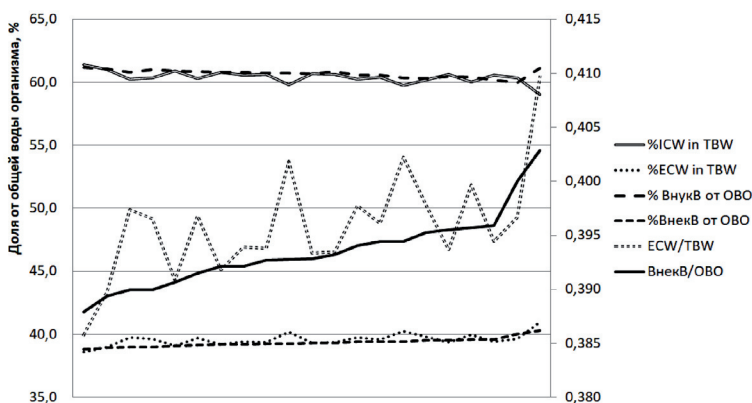


Рис. 30. Наглядное отображение различий, полученных при оценке статуса гидратации организма баскетболистов с помощью анализаторов ABC-01 Медасс (по показателям %ВнукВ от ОВО, % ВнукВ от ОВО, индексу ВнукВ/ОВО) и Accuinq BC310 (по показателям %ICW in TBW, %ECW in TBW, ECW/TBW ratio)

Скорее всего, полученная разница при оценке водных секторов организма связана с разным положением тела в пространстве при проведении измерений, что отразилось на распределении во-

ды в организме и, соответственно, на результатах измерения активного и реактивного сопротивления, на основании которых производится расчет общей (с использованием показателя активного сопротивления организма, измеренного на частоте 50 герц (R50)) и внеклеточной (с использованием показателя активного сопротивления организма, измеренного на частоте 5 герц (R5)) воды.

Выводы

При оценке водных секторов и распределения воды в организме с помощью коэффициентов для определения статуса гидратации, используя биоимпедансные анализаторы состава тела различных производителей, следует учитывать следующие особенности:

1. Поскольку измерение проводится в двух различных положениях (стоя на БИ анализаторе Accuniq и лежа на спине на БИ анализаторе ABC-01 Медасс), то это влияет на значения измеренного сопротивления и, соответственно, на измеренные (расчетные – по встроенным формулам) значения компонентов тела, в т.ч. общей, внеклеточной и внутриклеточной воды. В свою очередь различные абсолютные значения водных секторов при вычислении дают различные значения индексов оценки гидратации организма $ВнекВ/ОВО$ и $ВнекВ/ВнукВ$.

2. Разнонаправленные тенденции изменения индексов с увеличением возраста являются особенностью двух сравниваемых в данной работе анализаторов. Причинами разнонаправленности служат, скорее всего, особенности измеряемых популяций, на которых были разработаны нормативы и их границы.

3. Абсолютные и относительные значения показателей $ОВО$, $ВнекВ$ и $ВнукВ$, а также значения индексов $ВнекВ/ОВО$ и $ВнекВ/ВнукВ$ зависят как от габаритных показателей, так и от особенностей компонентного состава тела, что нужно учитывать при обследовании спортивного контингента.

4. Численные результаты оценки распределения жидкости в организме с помощью индексов и их словесная оценка напрямую зависят от БИ анализатора, которым были измерены водные сектора организма.

5. Анализ показал, что по сравнению с данными, полученными БИ анализатором ABC-01 Медасс, БИ анализатор Accuniq BC310 показывает достоверно меньшие показатели сопротивле-

ния тела и ВОО, меньшие показатели доли ТМТ от МТ, ЖМТ, ОВО и ВнукВ, достоверно большие показатели индексов ВнекВ/ОВО и ВнекВ/ВнукВ, большие показатели ТМТ, доли ЖМТ от МТ и ВнекВ.

6. Оценку статуса гидратации организма спортсменов с помощью биоимпедансных анализаторов следует проводить, опираясь как на абсолютные показатели оценки водных секторов (ОВО, ВнекВ, ВнукВ), так и на относительные их показатели, а также значения индексов гидратации (ВнекВ/ВнукВ, ВнекВ/ОВО). При использовании различных БИ анализаторов следует помнить, что в их программном обеспечении заложены различные границы нормы для показателей оценки водных секторов, что может давать как различные числовые значения оцениваемых показателей, так и различное словесную оценку статуса гидратации.

7. При работе с БИ анализатором АВС-01 Медасс диапазон значений для индекса ВнекВ/ОВО, укладывающийся не только в границы 15–85 центилей, но и в границы от 3-го до 15-го центилей, можно считать нормальным при оценке распределения воды в организме представителей спортивных групп, что подкреплено данными смежной работы (Выборная К.В., 2024–3). При этом положение точек ниже 15 или выше 85 центиля можно ассоциировать с различным соотношением лабильных компонентов массы тела, а именно низкие значения индекса, скорее всего, будут встречаться при высоком содержании СММ в ТМТ, а высокие – при низких значениях СММ в ТМТ и высоких значениях ЖМТ в МТ, что требует дополнительных исследований на группах людей с избыточной массой тела (за счет повышенного содержания жировой массы тела) и ожирением различных степеней.

ГЛАВА 5. БИОИМПЕДАНСНЫЙ АНАЛИЗ В СПОРТИВНОЙ И КЛИНИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ – ВЛИЯНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ УСЛОВИЙ ИЗМЕРЕНИЯ НА ПОКАЗАТЕЛИ СОСТАВА ТЕЛА

В связи с тем, что потребление пищи, напитков и воды, температура кожи, изменение уровня жидкости в организме, вызванное физическими нагрузками, прием некоторых лекарственных средств и биологически активных добавок, способных задерживать воду в организме или наоборот обезвоживать организм, фаза менструального цикла у женщин и некоторые другие биологические и не биологические факторы, влияют на точность результатов биоимпедансного анализа состава тела (БИА), существует ряд стандартных условий, которые надо соблюдать до и во время процедуры измерения, чтобы результаты были корректными (Deurenberg P., 1998; Gallagher M., 1998; Pialoux V., 2004).

К стандартным условиям, которые следует соблюдать при подготовке к процедуре БИА, относятся следующие (Heyward V.H., 2004; Kyle U.G., 2004; Николаев Д.В., 2009):

– измерение лучше всего проводить в утренние часы, натощак (в некоторых случаях считается возможным проводить измерение спустя 4 часа после употребления воды и пищи, но такое исследование не будет считаться тощаковым);

– измерение следует проводить после полноценного сна (минимум 8 часов);

– следует исключить тяжелые физические нагрузки за 12 часов до измерения, а также легкие и средней тяжести физические

нагрузки – за 3–4 часа до измерения (т.к. физические нагрузки изменяют распределение жидкости);

- рекомендуется опорожнить мочевой пузырь за 10–30 минут до обследования;

- следует исключить прием мочегонных средств (диуретиков) за 5–7 суток (рекомендуется только в тех случаях, когда это не нанесет вреда здоровью измеряемого; если диуретики не удается исключить, повторные измерения проводятся на фоне их приема);

- за 2 суток до исследования рекомендуется исключить из рациона продукты с повышенным содержанием соли, жирную и копченую пищу, кофеин, алкоголь и другие пищевые продукты, которые способствуют нарушению водного баланса (т.е. задерживают воду в организме или выводят воду из организма);

- женщинам рекомендовано проводить исследование в лютеиновой фазе менструального цикла, но когда нет самой менструации, т.е. в первую неделю после ее завершения (на 6–14-й дни цикла), чтобы ограничить задержку воды, вызванную гормональными колебаниями; повторный БИА для женщин должен проводиться в одни и те же дни менструального цикла;

- не рекомендуется посещать массаж и другие лимфодренажные процедуры за сутки до исследования;

- не следует проводить измерение сразу после чрезмерного потоотделения и после купания или принятия душа или ванны.

Стандартные условия, которые следует соблюдать при проведении процедуры БИА (Kyle U.G., 2004):

- измерения следует проводить в определенное время суток, в одних и тех же условиях (одна и та же одежда (нижнее белье), на голодный желудок, до физической нагрузки и т.д.) для получения точных результатов;

- одежда (нижнее белье) должны быть сухими;

- следует соблюдать температурный режим в помещении и проводить измерение при комнатной температуре (20–25 °C);

- на период проведения процедуры с нижних и верхних конечностей должны быть сняты металлические предметы (часы, кольца, браслеты, цепи и др.), в случае присутствия таковых в области шеи пациента украшения сдвигаются в сторону подбородка. Серьги не мешают обследованию. Если кольца, часы или браслеты не снять, то они будут рассчитаны БИ анализатором как жировая масса. При измерении в положении лежа, когда к конеч-

ностям прикрепляются одноразовые биоадгезивные электроды, кольца на руках не мешают исследованию, так как находятся вне зоны прохождения измерительного тока;

- участки кожи, которые будут соприкасаться с электродами, следует обработать спиртовым раствором, так как крем или масло на руках снижают проводимость и контакт с электродами;

- следует снять обувь, носки и колготки;

- при измерении в положении лежа на спине испытуемому рекомендуется провести лежа в покое 5–10 минут; при измерении в положении стоя – провести стоя 5–10 минут (данный период выбран в соответствии с рекомендациями Европейской ассоциации клинического питания и метаболизма (European Society for Clinical Nutrition and Metabolism, ESPEN, 2004 г.) (Kyle U.G., 2004) для клинического применения биоимпедансного анализа;

- в биоимпедансном анализе состава тела принято использовать одноразовые биоадгезивные (самоклеющиеся) специализированные стандартные электроды (Bianostic AT с большой площадью прилегания 68×23 мм), либо их аналоги – кардиографические электроды под «крокодил» (например, Ambu BlueSensor 2330 с площадью прилегания 34×23 мм, либо выпускаемые фирмами Schiller и FIAВ с площадью прилегания 23×23 мм); использование одноразовых биоадгезивных электродов с меньшей площадью контактной площадки может привести к потере точности биоимпедансных измерений, а применение многоразовых реографических электродов может давать несопоставимые результаты вследствие вероятности сдвига контактных площадок при неконтролируемых движениях кисти или стопы пациента в ходе измерений;

- при измерении в положении лежа на спине, когда используют клейкие одноразовые электроды, между приводным (токовым) и сенсорным (измерительным) электродами у взрослых индивидов должно быть расстояние не менее 5 см, чтобы измерение было точным и воспроизводимым (как правило, при измерении детей расстояние между электродами меньше);

- электроды всегда следует размещать на одной и той же стороне тела, что снижает ошибку в результатах повторных измерений; как правило, при измерении в положении лежа на спине измерения проводятся на правой стороне тела, если используется 2 провода, и на обеих сторонах, если используется 4 провода для сегментного анализа;

– при измерении в положении лежа на спине каждый провод БИ анализатора имеет два электрода – измерительный и токовый; следует правильно размещать электроды с целью получения корректного результата измерения – измерительные электроды крепятся по линии сочленения суставов, токовые – ближе к пальцам на кисти и плюсне;

– одноразовые электроды не должны быть просроченными или высохшими из-за долгого хранения вне упаковки;

– на руках и ногах в месте крепления электродов не должно быть никаких дефектов кожных покровов (шрамов), повреждений кожи или более глубоких открытых ран;

– при измерении в положении стоя руки должны быть отведены от туловища на 45°;

– как в положении лежа на спине, так и в положении стоя, во время проведения процедуры не должно быть соприкосновения между областями нижних конечностей на всем протяжении (от промежности до стоп), поверхностями верхних конечностей (от подмышечных впадин до кистей) с латеральной поверхностью груди и живота пациента; если руки соприкасаются с туловищем и/или ноги соприкасаются между собой во время измерения, в местах соприкосновения следует проложить хлопчатобумажную ткань;

– непосредственно во время измерения нельзя разговаривать или двигаться.

Критерии относительного противопоказания к исследованию, связанные с риском получить некорректные результаты БИА:

– прием некоторых лекарственных средств, задерживающих жидкость в организме, (гормоны, креатин);

– прием мочегонных средств;

– период беременности и кормления;

– наличие грудных имплантов (их наличие увеличивает количество жировой массы в протоколе);

– наличие некоторых заболеваний, которые влияют на состояние мышечной ткани или водного баланса (например, сердечно-сосудистые заболевания, отеки при лимфостазе и прочего генеза, диабет, заболевания почек, заболевания печени, хроническая obstructивная болезнь легких, онкология в анамнезе);

– наличие острого воспалительного заболевания и повышенная температура тела;

- наличие в организме человека любых металлических конструкций (пластины, штифты и т.д.); при наличии металлических имплантов в костях правых конечностей исследование проводят на левой стороне тела (если левые конечности сохранены);
- отсутствие конечностей (ампутированные конечности).

Критерии абсолютного противопоказания к исследованию, связанные с риском для здоровья пациента при проведении БИА:

- наличие любого хирургически имплантируемого электронного устройства, поддерживающего работу систем жизнеобеспечения (электрокардиостимулятор, имплантированный сердечный дефибриллятор и подобные им) из-за возможного влияния переменного зондирующего тока на работу устройств.

При этом следует учитывать, что стандартные условия подготовки к измерению и самого измерения трудно соблюдать в условиях спортивных сборов, фитнес центров, а также в клинической практике у некоторых групп пациентов. Например, спортсмены не всегда могут соблюдать все перечисленные стандартные условия подготовки к измерению. Спортсмены являются специфической группой населения, чьи физические нагрузки, режим сна и приема пищи зависят напрямую от периода тренировочно-соревновательного цикла, а также наличия сборов, переездов, наличия фактора акклиматизации и пр. Так во время проведения тренировочно-соревновательных сборов тренировки становятся частыми и более интенсивными с максимальным временем на восстановление и с минимальным количеством выходных дней. Также многие спортсмены могут не знать о необходимости исключения некоторых пищевых продуктов – влагоудерживателей или обезвоживателей, влияющих на водно-солевой баланс (сильно соленая, жирная и копченая пища, кофе) из рациона перед исследованием.

Зачем нужны данные исследований, проводимых в альтернативных стандартным условиям измерения? Наличие интенсивных тренировок, день менструального цикла (у женщин), употребление в пищу некоторых продуктов питания, могут повлиять на результаты оценки состава тела. Производители БИ анализаторов заявляют, что несоблюдение условий измерения в любом случае отразится на результатах измерения, однако какие именно показатели изменятся в протоколе состава тела не указывают. В этой связи исследования, связанные с нарушением стан-

дартных условий измерения при проведении биоимпедансометрии, могут быть полезными с целью общей осведомленности исследователей-специалистов по биоимпедансометрии об изменениях, происходящих в протоколе состава тела по конкретным показателям, и о тенденциях их изменения (уменьшении или увеличении значений) в зависимости от конкретно нарушенного стандартного условия.

Далее будет продемонстрировано, какие именно показатели изменяются в протоколе состава тела при несоблюдении тех или иных стандартных условий биоимпедансного измерения и можно ли считать корректными измерения, проведенные с нарушением одного из стандартных условий измерения БИА, т.е. в альтернативных условиях.

Для работы были отобраны статьи, в которых имеются какие-либо сведения об альтернативных стандартным условиям измерения состава тела с помощью биоимпедансного анализа. Всего проанализировано 35 источников литературы, поиск по ключевым словам «биоимпедансный анализ состава тела», «водные сектора организма», «параметры импеданса», «тип электрода», «кофеин», «наложение электродов», «потребление пищи и воды» проводили по базам данных PubMed, Scopus, Web of Science Elsevier и eLibrary.

Влияние типа электрода на результаты измерения состава тела в положении лежа на спине. Одним из источников ошибок при оценке состава тела пациентов методом БИА в положении лежа на спине является использование разных типов биоадгезивных электродов. Поскольку для измерений БИА часто используются электроды для регистрации электрокардиограммы (ЭКГ), Y.M. Dupertuis et al. (2022) провели сравнительную оценку показателей биоимпедансометрии, полученных на БИ анализаторе Nutriguard-M (Data Input, Германия) с помощью четырех типов электродов: специализированного стандартного электрода для проведения БИА (Bianostic AT) с большой площадью прилегания и трех моделей неспецифических электродов, предназначенных для регистрации ЭКГ (3M Red Dot 2330; Ambu BlueSensor 2300; Ambu BlueSensor SU-00-C) с различной площадью прилегания. Было показано, что измеренное значение активного сопротивления R находилось в пределах физиологического диапазона для всех мужчин (428–561 Ом) и женщин (472–678 Ом) независимо от типа

используемых электродов. По сравнению со стандартным электродом, электроды 3M Red Dot 2330 и Ambu BlueSensor SU-00-C давали значимо отличающиеся значения реактивного сопротивления и фазового угла, но только электроды Ambu BlueSensor SU-00-C давали существенно отличающиеся значения скелетно-мышечной, тощей и жировой массы тела при 50 кГц, со смещениями – 0,2 кг/м², –0,3 кг/м² и +1,4% соответственно. Чем выше была частота тока, тем ниже были показатели реактивного сопротивления и фазового угла, измеренные Ambu BlueSensor SU-00-C по сравнению с эталонным электродом. Авторы полагают, что эти различия обусловлены слишком маленькой площадью прилегающего геля Ambu BlueSensor SU-00-C (154 мм²) по сравнению со стандартным электродом сравнения (1311 мм²) и делают заключение, что использование электродов с небольшой площадью геля влияет на измерение БИА в положении лежа на спине. Поэтому при проведении исследований и описании результатов важно указывать тип электродов, с помощью которого проведено измерение, а также непосредственно перед исследованием рекомендуется провести сравнительные испытания перед заменой расходных материалов для оценки состава тела, чтобы обеспечить надежность измерений БИА в клинических и экспериментальных условиях.

Влияние расстояния между электродами на результаты измерения состава тела в положении лежа на спине. На точность оценки состава тела с помощью БИА могут влиять методологические факторы, одним из которых является соблюдение определенного расстояния между прикрепляемыми биоадгезивными электродами. Для БИА всего тела требуется располагать электроды на тыльной поверхности стопы, лодыжки, запястья и кисти. Moon J.R. et al. (2010) сравнили воспроизводимость и достоверности размещения электродов на фиксированном расстоянии (5 см) со стандартным размещением электродов. Как на кисти, так и на стопе использовали три варианта расположения электродов. На кисти использовали: 1) стандартное расположение (1-й электрод – дорсальная поверхность на уровне локтевого шиловидного отростка; 2-й электрод – дорсальная поверхность пясти, на 1 см проксимальнее сустава среднего пальца); 2) фиксированное расстояние в 5 см между центрами электродов без токопроводящей полоски (1-й электрод – дорсальная поверхность

на уровне локтевого шиловидного отростка; 2-й электрод – дорсальная поверхность пясти, на 5 см дистальнее первого); 3) фиксированное расстояние в 5 см, электроды скреплены между собой непроводящей ток полоской (1-й электрод – дорсальная поверхность на уровне локтевого шиловидного отростка; 2-й электрод – дорсальная поверхность пясти, на 5 см дистальнее первого). На стопе использовали: 1) стандартное расположение (1-й электрод – дорсальная поверхность, между лодыжками и тыльной поверхностью плюснефалангового сустава; 2-й электрод – дорсальная поверхность, на 1 см проксимальнее сустава второго пальца стопы); 2) фиксированное расстояние в 5 см между центрами электродов без токопроводящей полоски (1-й электрод – дорсальная поверхность, между лодыжками и тыльной поверхностью плюснефалангового сустава; 2-й электрод – дорсальная поверхность, на 5 см дистальнее первого электрода); 3) фиксированное расстояние в 5 см, электроды скреплены между собой непроводящей ток полоской (1-й электрод – дорсальная поверхность, между лодыжками и тыльной поверхностью плюснефалангового сустава; 2-й электрод – дорсальная поверхность, на 5 см дистальнее первого). По результатам исследования не было обнаружено достоверных различий между данными, полученными при БИА в трех положениях электродов. Однако было показано, что лучшую воспроизводимость результатов измерения общего количества воды организма дали электроды с фиксированным расстоянием между ними в 5 см. Фиксированное расстояние уменьшает ежедневную стандартную ошибку измерения показателей БИА у мужчин, у женщин ошибка измерения не изменялась.

Влияние смены стандартного наложения электродов на результаты измерения состава тела в положении лежа на спине. В соответствии с рекомендациями ESPEN по клиническому использованию БИА, между приводящим и чувствительным электродами должно быть соблюдено расстояние не менее 5 см, и электроды всегда следует размещать на одной и той же стороне тела при повторных измерениях (Kyle U.G., 2004). Стандартным размещением электродов является их крепление к дорсальной поверхности рук и ног в области запястного и плюсневого суставов, и около пальцев. Более ранними исследованиями сообщалось (Dunbar C.C., 1994), что перемещение электродов вбок на 1 см (как медиально, так и проксимально) не влияет на результа-

ты оценки состава тела, тогда как перемещение электродов дистально на 1 см приводит к значительному завышению показателя доли жировой массы тела (доли ЖМТ) (Dunbar С.С., 1994) по сравнению со стандартом размещения электродов. Если электроды перемещаются проксимально (выше по конечности) на 1 см, это приводит к изменению средних значений сопротивления тела человека на 2%, 2 см – к изменению на 4% (Elsen R., 2015).

В рекомендациях ESPEN (Kyle U.G., 2004) также указано, что на руках и ногах в месте крепления электродов не должно быть никаких дефектов кожных покровов (шрамов), повреждений кожи или более глубоких открытых ран, а при их наличии следует изменить положение электродов. Насчет альтернативных мест крепления электродов четких указаний нет, что является проблемой с учетом того, что точность и воспроизводимость результатов БИА зависит от позиционирования электродов на конечностях.

Два коллектива авторов оценили, как изменение наложения электродов на руках и ногах влияет на показатели состава тела при измерении БИА всего тела (Grisbrook T.L., 2015) и его сегментов (Grisbrook T.L., 2015, Edwick D.O., 2020).

T.L. Grisbrook et al. (2015) изучили целесообразно ли размещение электродов не на дорсальной, а на противоположной вентральной поверхности конечностей, что могло бы служить альтернативой при измерении БИА всего тела и сегментов в тех случаях, когда стандартное размещение электродов затруднено из-за повреждений кожи или наличия повязок. Для оценки изменений в показателях импеданса использовали прибор ImpediMed SFB7 (ImpediMed, Brisbane, Queensland, Australia, «рука-нога», положение измерения – лежа на спине) и одноразовые пленочные электроды SA610 KENDALL с площадью клейкой гелиевой поверхности 10 мм². Для оценки различий в измерении всего тела БИА проводили с креплением электродов на правой стороне тела с использованием четырех различных их комбинаций в расположении: 1) стандартное тетраполярное расположение (дорсальное расположение электродов); 2) вентральное расположение электродов на руке и ноге; 3) вентральное размещение на руке и стандартное размещение на ноге; 4) стандартное размещение на руке и вентральное размещение на ноге. При вентральном расположении сенсорный (чувствительный) и приводной (токовый) электроды повторяли размещение стандартного (дорсального) распо-

ложения электродов на руке; на ноге приводной электрод повторял расположение стандартного (дорсального) электрода на вентральной (подошвенной) поверхности стопы, чувствительный электрод располагался над ахилловым сухожилием. Для сегментарного анализа использовали как стандартные (протокол, предложенный Cornish et al. (1999), крепление электродов – дорсальное), так и альтернативные схемы наложения электродов, с которыми можно подробно ознакомиться в статье T.L. Grisbrook (2015).

Результаты исследования всего тела показали, что альтернативное расположение электродов 3) существенно не влияло на результаты измерения, которые были сопоставимы со стандартным положением электродов 1). Все процентные различия в значениях измеренных переменных БИА были менее 2% (от 0,01 до 1,65%) и находились в пределах типичных индивидуальных вариаций, которые регистрируются у человека в течение дня и по показателю сопротивления тела составляют от 0,3 до 1,9% (Kushner R.F., 1986). При этом, по сравнению со стандартным тетраполярным расположением 1), альтернативные положения электродов 2) и 4) показали существенные различия при оценке всех переменных БИА и составили более 2% в обоих случаях, по сравнению со стандартным положением; достоверно снизились значения импеданса, что привело к значительному увеличению показателей общей, внеклеточной и внутриклеточной воды, а также тощей массы тела, и к достоверному снижению показателя жировой массы тела (в среднем на 1,1–1,2 кг). Результаты сегментарного исследования показали, что для верхних конечностей не было выявлено существенной разницы между стандартным и альтернативным положениями электродов; для нижних конечностей альтернативное положение электрода на ноге по сравнению со стандартным положением, значительно снижает значения импеданса, что приводит к значительному увеличению показателей общей, внеклеточной и внутриклеточной воды, а также тощей массы тела, и к достоверному снижению показателя жировой массы тела.

Вентральное размещение электродов на руке совместно со стандартным (дорсальным) размещением электродов на ноге является допустимым альтернативным положением электродов, как при измерении всего тела, так и сегментов, в том случае, когда такое измерение необходимо. Размещение электродов на ноге в вентральной позиции, когда один из электродов крепится на ме-

сто ахиллова сухожилия, не является полноценной заменой стандартных позиций, т.к. показывает достоверно значимые отличия по измеренным показателям.

D.O. Edwick et al. (2020) проводили исследование, в котором сравнили 4 позиции крепления электродов для проведения БИА верхних конечностей. 1) стандартная позиция – 4 электрода крепятся дорсально: на середину предплечья, область запястного сустава, область сустава среднего пальца и на 1-ю фалангу среднего пальца; 2) альтернативная позиция, когда электроды на предплечье и запястье крепятся с вентральной (ладонной) стороны руки; 3) альтернативная позиция, когда электроды области сустава 3-го пальца и 1-й фаланги крепятся с вентральной (ладонной) стороны руки; 4) альтернативная позиция, когда все 4 электрода крепятся с вентральной (ладонной) стороны руки.

Исследование показало, что крепление электродов в позиции 2) приводит к значительным различиям при измерении параметров БИА (диапазон процентной разницы 4,66–6,15%). При креплении электродов в положении 3) и 4) получаются сопоставимые со стандартным положением электродов измерения общей и внеклеточной воды, т.е. положения электродов на ладони и ладонной поверхности предплечья ((4) альтернативная позиция) или на ладони и тыльной стороне предплечья ((3) альтернативная позиция) взаимозаменяемы при использовании в клинической практике.

Влияние положения тела при измерении на результаты оценки состава тела. Rush E.C. et al. (2006) оценили надежность измерения БИА по типу «рука-нога» в двух положениях: в стандартном положении лежа на спине и в нестандартном положении стоя, чего не предусматривает инструкция по эксплуатации используемого исследователями анализатора. На 205 добровольцах в возрасте от 6 до 89 лет (111 мужчин и 94 женщин) из шести этнических групп изучали влияние позы при измерении, времени проведения измерения, а также возраста обследуемых на показатели сопротивления. Было показано, что значения полученного импеданса в положении лежа были стабильно выше, чем в положении стоя. При этом у детей в возрасте 5–14 лет разница сопротивлений была больше и постепенно уменьшалась до возраста 60 лет с соотношения 1,031 до соотношения 1,016. На показатели также влияло время, проведенное в статическом положении: в

статическом положении стоя показатели сопротивления снизились до 9 Ом (в среднем 5 Ом, 1,0%) в течение 10 минут; в статическом положении стоя показатели сопротивления повысились до 7 Ом (в среднем 3 Ом, 0,7%). Авторы заключили, что в полевых условиях с помощью БИ анализатора, предназначенного для измерения показателей импеданса в положении лежа на спине по типу «рука-нога», можно проводить БИА в положении стоя. Учитывая, что ошибки измерения роста и веса также влияют на надежность определения содержания жира в организме на основе биоэлектрической проводимости, ошибки, которые могут возникнуть при измерении стоя, а не лежа, являются минимальными.

Влияние длительного состояния «натошак» на показатели состава тела. Еще в 1986, когда R.F. Kushner и D.A. Schoeller разрабатывали уравнения определения общей воды организма с помощью биоэлектрического импеданса (Kushner R.F., 1986), ими было показано, что общее сопротивление тела в течение дня варьировалось от 0,3% до 1,9% (в среднем 1,3%). Недельная изменчивость была немного больше, в среднем 2,2% (диапазон 0,9–3,6%), что авторы частично связывали с незначительным изменением массы тела, которое в среднем составило 1,6% (диапазон 1,4–1,9%). Несмотря на то, что из данных публикации невозможно понять, линейны ли эти изменения и какую направленность имеют в течение дня, есть данные о том, что внутрисуточные колебания сопротивления организма – нормальное биомедицинское явление.

В связи с вышесказанным интересно проследить динамику измерений состава тела в течение определенного времени, когда человек первое измерение прошел утром натошак, а последующие измерения проводились без воздействия каких-либо посторонних факторов, а лишь с воздействием фактора времени. Для этого рассмотрим результаты работы, отражающей изменение показателей состава тела и водных секторов организма в течение 5 часов с соблюдением стандартных условий (Выборная К.В., 2018–2). Измерения проводились на одном человеке (женщина, 34 года). В течение 5 часов с интервалом примерно 25–30 минут было проведено 10 измерений в стандартных условиях, натошак. От первого до 10-го измерения наблюдалось постепенное уменьшение показателей общей массы тела (на 0,3 кг), тощей (на 1,4 кг, 1,8%), скелетно-мышечной массы тела (на 1 кг, 1,3%), общей воды (на 1 кг, 1,3%), внеклеточной (на 0,5 кг, 0,6%) и внутрикле-

точной (0,6 кг, 0,8%) воды организма, а также увеличение жировой массы тела (на 1,1 кг, 1,8%).* Изменение состава тела сопровождалось перераспределением и обоюдно заменяемыми разнонаправленными изменениями показателей жировой и тощей (и ее составляющих) массы тела. Это связано с тем, что во время жизнедеятельности происходит потеря массы тела в основном за счет воды, которая (при отсутствии в этот период времени мочеиспускания) выделяется из организма в виде пота и с выдыхаемым воздухом. Потеря воды организмом отражается в протоколе БИА как понижение количества общей воды, что, в свою очередь, ведет за собой ряд изменений в последующих расчетах состава тела. После того, как с помощью первичных параметров биоимпеданса (активного и реактивного сопротивлений) рассчитывается количество общей воды, происходит расчет тощей массы тела (по формуле с учетом коэффициента постоянства гидратации тощей массы тела, равного 0,73). Если общая вода организма уменьшается, то, соответственно, уменьшается и количество тощей массы тела, а количество жировой массы увеличивается. Результаты данного исследования (Выборная К.В., 2018–2) показывают, что при измерении человека в течение дня нужно учитывать, что в тощаковом состоянии даже при небольшой потере массы тела, в организме происходят изменения компонентов состава тела. Чем дольше длится состояние «натошак», тем будут выше показатели жировой массы, и ниже – показатели тощей, активной клеточной, скелетно-мышечной массы тела и водных секторов организма.

Далее рассмотрим результаты работы, касающейся оценки влияния потребления кофеина в разных дозировках совместно с 200 мл воды на компонентный состав тела, но обратим внимание на тенденцию изменения показателей биоимпеданса и компонентного состава тела всех обследованных индивидов, т.к. авторы статьи не выявили достоверных отличий по этим показателям между тремя группами независимо от дозы потребленного кофе-

* При изменении массы тела и его компонентов учитывают соотношение жировой и безжировой масс и разницу между ними. СММ и вода входят в состав тощей массы. Следовательно: увеличение ЖМТ на 1,1 кг и уменьшение ТМТ на 1,4 кг дает в сумме $-0,3$ кг общей массы тела. Происходит это из-за того, что БИА расчет компонентов зависит от количества измеренной аппаратом воды – уменьшение воды влечет уменьшение ТМТ, и, соответственно, увеличение ЖМТ. Это то, что нужно знать исследователям о БИА анализе.

ина (Mota J.F., 2021). Подобно предыдущему исследованию (Выборная К.В., 2018–2), в данном исследовании было показано, что с течением времени при периодических измерениях происходят следующие изменения в показателях: увеличиваются значения активного и реактивного сопротивления и доли ЖМТ, уменьшаются показатели тощей массы тела, общей, внеклеточной и внутриклеточной воды. Вызывает сомнение, что такие изменения в течение двух часов могло вызвать потребление 200 мл жидкости (растворенным в воде кофе с различным содержанием кофеина). С учетом того, что скорость всасывания жидкости ограничена и колеблется от 300 мл за 15 минут на голодный желудок до 800 мл в час – на полный, употребленное количество кофе должно было всосаться за первые 15–20 минут эксперимента и повлиять на общую массу тела, увеличив ее на 200 грамм, и на объем общей и внеклеточной жидкости (т.к. всасывание происходит в кровоток), чего не произошло согласно данным, представленным в статье (Mota J.F., 2021).

C.V. Dixon et al. (2005) в своей работе наравне с оценкой динамических изменений показателей БИА после употребления простой воды и углеводно-электролитного напитка проводили контрольные измерения на группе, не употреблявшей в течение часа никакой жидкости. Было показано, что значения измеряемого импеданса постепенно повышались (при измерении на 1, 20, 40 и 60-й минутах) и между 1-м и 4-м измерением разница в показателях была статистически достоверна, хотя в абсолютных единицах сопротивление поднялось с 496,9 до 502 Ом, и разница составила всего 6,1 Ом. При минимальном изменении массы тела в сторону уменьшения повышение показателей импеданса отразилось повышением показателя доли ЖМТ с 11,75 до 11,95% (повышение недостоверное).

Результаты этих исследований (Выборная К.В., 2018–2; Mota J.F., 2021; Dixon C.V., 2005) сопоставимы между собой и подтверждают гипотезу, что при обследовании человека в динамике в состоянии натощак с течением времени увеличиваются показатели импеданса и жировой массы и снижаются показатели тощей, скелетно-мышечной массы тела и водных секторов организма.

Влияние потребления воды и пищи на показатели состава тела. Работа O. Androutsos et al. (2014) посвящена оценке влияния употребления воды и пищи на показатели биоимпеданса и

компонентного состава тела. В исследовании был использован БИ анализатор TANITA TBF300 (Tanita Corporation, Токио, Япония), измеряющий сопротивление тканей по схеме наложения электродов «нога-нога», положение при измерении – стоя. Во вводной части статьи авторы указывают на то, что биоимпедансный анализ был бы более практичным инструментом для измерения состава тела в клинических условиях, диетической практике и эпидемиологических исследованиях, если бы обследуемым не приходилось соблюдать одно из стандартных условий измерения, а именно приходить на исследование натощак. Знания о влиянии потребления еды до измерения состава тела с помощью БИА важны в клинической практике в ситуациях, когда рекомендации по голоданию не могут быть применены; например, у больных пациентов, или пациентов, находящихся на зондовом питании.

В обследовании O. Androutsos et al. (2014) приняли участие 55 здоровых взрослых (30 мужчин и 25 женщин; возраст $27,7 \pm 7,1$ лет; ИМТ $24 \pm 3,8$ кг/м²), которых разделили на 4 группы. Измерения состава тела проводили натощак, потом сразу после приема жидкости или пищи и далее каждые 30 минут в течение 2 часов с помощью одночастотного биоимпедансного анализатора (30, 60, 90 и 120-я минута после употребления пищи или жидкости). Участники исследования опорожняли мочевой пузырь перед каждым измерением. 1-я группа выпивала 750 мл негазированной минеральной воды; 2-я группа – 750 мл изотонического специализированного напитка для питания спортсменов Lucozade sport; 3-я группа употребляла пищу с высоким содержанием углеводов (100 г белого хлеба, 50 г фруктового джема, 120 г банана); 4-я группа употребляла пищу с высоким содержанием жиров (40 г жирного круассана, 90 г сыра чеддер, 20 г сливочного масла, 150 г жирного греческого йогурта). Выбор блюд обосновывался разницей в ионной силе и жирности блюд, что должно было повлиять на результаты измеренного биоимпеданса (сопротивления), а также на разную скорость эвакуации содержимого из желудка в кишечник. Ожидалось, что еда с высоким содержанием жиров будет иметь более высокий импеданс, а также дольше будет оставаться в желудке, что потенциально продлевает любое влияние на показатели БИА по сравнению с едой с высоким содержанием углеводов. Также ожидалось, что электролитный напиток будет создавать более низкий импеданс в организме, чем вода.

Показано, что во всех группах, независимо, какая жидкость или продукты были употреблены, в течение 2-х часов после их приема происходило увеличение показателей импеданса (сопротивления) и жировой массы тела (как в абсолютных, так и в относительных величинах). Несмотря на то, что тенденции происходящих изменений были одинаковыми, были обнаружены некоторые различия в зависимости от употребленных продуктов и напитков. Среднее процентное изменение импеданса составило приблизительно 1,8% между каждым из измерений; процентное изменение доли ЖМТ составило 3,1% и 3,7% соответственно. Во всех случаях средние процентные изменения по сравнению с исходным уровнем составляли примерно 1% в единицах процента жира в организме. Авторами было показано, что наблюдаемые изменения вышеописанных параметров хоть и зависели от состава рациона, но были столь незначительны, что укладывались в величину погрешности метода и на этом основании рекомендовали проводить оценку состава тела в клинической практике, а также в масштабных эпидемиологических исследованиях, не соблюдая стандартного условия «измерения натощак».

C.V. Dixon et al. (2005) провели динамическую оценку употребления воды (591 мл) и углеводно-электролитного напитка (591 мл) на показатели биоимпеданса (в течение 60 минут: 1-е измерение – до употребления, следующие 3 измерения – 20, 40 и 60-я минуты после употребления). В исследовании принял участие 21 мужчина (возраст $19,7 \pm 1,0$ года; ИМТ – $24,2 \pm 2,3$ кг/м²). После употребления воды или углеводно-электролитного напитка было показано увеличение показателей импеданса и уменьшение показателей общей воды организма (ОВО) от 1-го к 4-му измерению, хотя эти изменения были выражены лишь тенденцией и не были достоверны. Достоверным в этих группах было повышение показателя доли ЖМТ от 1-го ко 2-му измерению (с 11,7 до 12,2% в группе, употреблявшей воду, и с 11,8 до 12,3% в группе, употреблявшей углеводно-электролитный напиток) и постепенное уменьшение от 2-го к 4-му измерению в группе, употреблявшей углеводно-электролитный напиток (12,3–12,25–12,2%), и волнообразному снижению в группе, употреблявшей воду (12,2–12,25–12,2%). Однако, на 60-й минуте показатели доли ЖМТ были выше, чем значение, полученное до употребления какого-либо из двух напитков. По результатам исследования авторы сделали вывод,

что при измерении на БИ анализаторе «нога-нога» потребление жидкости (воды или углеводно-электролитного напитка) не оказало влияния на импеданс нижней части тела, но оказало влияние на общую массу тела и долю ЖМТ.

Влияние потребления кофеина и черного чая с сахаром на показатели состава тела. Исключение из рациона питания продуктов и/или напитков, содержащих в своем составе кофеин, является часто применяемым протоколом предварительного тестирования для обеспечения надежности измерений БИА. Кофеину, кофеиносодержащим напиткам и продуктам и их воздействию на параметры компонентного состава тела посвящено несколько работ (Mota J.F., 2021; Мирошников А.Б., 2022; Williamson C.M., 2018).

Исследование J.F. Mota et al. (2021), посвященное оценке влияния потребления кофе с различным количеством кофеина на показатели биоимпедансного анализа состава тела, интересно не только динамикой компонентов и водных секторов, описанной ранее, но и двумя другими моментами. Первый – были ли обнаружены достоверные различия в показателях состава тела и параметрах биоимпеданса в трех группах обследуемых, употребляющих кофе в количестве 200 мл, но с различным количеством кофеина. Второй – различался ли объем порций мочи в группах, и какой фактический объем порций был получен в каждом индивидуальном случае.

Исследование, касающееся потребления 200 мл кофе с разным содержанием кофеина, было проведено на 25 взрослых добровольцах в возрасте 18–59 лет с ИМТ от 18,5 до 29,9 кг/м², разделенных на 3 группы. В 200 мл потребляемого кофе содержалось 0 мг, 200 мг и 400 мг кофеина. Измерение БИА состава тела проводилось шестикратно, натощак и далее после употребления кофе на 10, 30, 50, 70 и 90-й минутах. В исследовании был использован БИ анализатор, измеряющий сопротивление тканей по схеме наложения электродов «нога-рука» в положении стоя. Авторами статьи было показано, что употребление порции кофе в объеме 200 мл, независимо от содержащегося в ней дозы кофеина (0, 200 и 400 мг) влияет на параметры биоимпедансного анализа, однако авторы связали произошедшие изменения с потреблением воды в дозе 200 мл.

Далее подробно разберем объем порций мочи. Методика проведения эксперимента подразумевала одинаковый протокол

для всех участников измерения: до первого измерения БИА все участники опорожнили свой мочевой пузырь; первое измерение было проведено после мочеиспускания и 10-минутного нахождения в положении лежа на спине; участники не пили и не ели во время проведения эксперимента ничего, кроме 200 мл кофе после первого измерения БИА; во время эксперимента участники не опорожняли мочевой пузырь; после завершения всех 6 измерений БИА все участники опорожнили мочевой пузырь в контейнер для образцов мочи, объем каждого образца мочи измеряли с помощью градуированного мерного цилиндра (значения выражались в миллилитрах и позже использовались для расчета почасового диуреза с поправкой на массу тела).

Авторы статьи заключили, что объем выделенной мочи достоверно не различался между группами. При детальном изучении данных, представленных в статье, было отмечено, что имелась тенденция к увеличению ее объема в зависимости от увеличения дозы потребляемого кофеина (медианные значения были следующие: в группе без кофеина: $440,45 \pm 197,57$ мл; в группе с 200 мг кофеина: $471,80 \pm 171,88$ мл; в группе с 400 мг кофеина: $489,30 \pm 204,10$ мл, $p > 0,05$), даже при корректировке по МТ и времени (без кофеина: $4,53 \pm 2,33$ мл; 200 мг: $4,86 \pm 2,21$ мл; 400 мг: $5,10 \pm 2,54$ мл, $p = 0,720$), что самими авторами статьи указано не было. Данные о среднем объеме порции мочи в группе, как и индивидуальные значения вызывают сомнения. Индивидуальные значения объемов выделенной мочи в группе без кофеина составили 200–760 мл, в группе с 200 мг кофеина – 300–880 мл, в группе с 400 мг кофеина – 200–800 мл, что является не вполне физиологичным. Как известно, в норме взрослый человек мочится 4–7 (до 10) раз в день и за один раз должно выделяться около 200–300 мл мочи. Скорость наполнения мочевого пузыря составляет в среднем 50 мл/ч, мочевой пузырь обычно наполняется целиком за 2–5 ч и более. Когда наполнение мочевого пузыря достигает примерно 100–150 мл, возникает первый позыв на мочеиспускание, который может быть легко подавлен. Императивный (неудержимый) позыв на мочеиспускание обычно возникает при наполнении мочевого пузыря до 250–350 мл. Средний объем мочеиспускания 150–250 мл. Объем наполнения мочевого пузыря, при котором возникает позыв на мочеиспускание, и само мочеиспускание определяются комплексом регуляторных механизмов и

подвержено выраженным индивидуальным колебаниям. Максимальная (предельная) емкость мочевого пузыря, определяемая свойствами его соединительнотканых структур, достигает 1 л и более (Ткаченко Б.И., 2016).

К сожалению, не представляется возможным проверить достоверность полученных данных об объемах мочи, полученной в рамках проведения исследования J.F. Mota et al. (2021), но это остается под вопросом, т.к. такие объемы не считаются физиологичными. Что касается тенденции увеличения медианных значений секретируемой мочи в группах, несмотря на отсутствие достоверных изменений, было показано, что объем секретируемой мочи был самым маленьким в группе с употреблением безкофеинового кофе, а самым большим – в группе с употреблением кофе, содержащим 400 мг кофеина. Такая тенденция является правомерной и указывает на мочегонный эффект кофеина.

А.Б. Мирошниковым с соавт. (2022) было проведено исследование, оценивающее изменения, происходящие в организме при приеме 200 мл быстрорастворимого кофе и 200 мл пакетированного черного чая с двумя кусками столового сахара. Результаты исследования показывают, что в выборке молодых здоровых людей без ожирения нарушение стандартизации БИА перед проведением тестирования (прием 200 мл воды плюс 1 чайная ложка кофе «Nescafe gold») не оказало существенного влияния на полученные значения доли ЖМТ, доли скелетно-мышечной массы (СММ), активной клеточной массы (АКМ), ОВО и показателей фазового угла. Прием аналогичного количества черного чая «Curtis. Elegant earl grey» с двумя кусками столового сахара статистически значимо изменял показатели доли активной клеточной массы и фазового угла на протяжении 135 минут измерений. Причем в группе с долей ЖМТ 9,0% (8,7–9,05%) при приеме черного чая с сахаром не было выявлено статистически значимых изменений ни по одному показателю, а в группе с долей ЖМТ 23,4% (22,6–27,1%) нарушение стандартизации приводило к статистически значимым изменениям по показателям доли АКМ, ФУ и доли ЖМТ. Через 120 мин после употребления черного чая с сахаром процентное содержание АКМ статистически значимо увеличилось у 87,5% испытуемых, а через 135 мин – у всех испытуемых. Через 120 мин после употребления чая с сахаром значения фазового угла статистически значимо увеличились у 62,5%

испытуемых, а через 135 мин – у 87,5%. У 80% испытуемых процентное содержание ЖМТ статистически значимо снизилось через 135 мин после употребления чая с сахаром.

C.M. Williamson et al. (2018) провели исследование, определяющее влияние потребления 200 мг кофеина на содержание жира и воды в организме у группы людей, являющихся регулярными потребителями кофе. В обследовании приняли участие 20 практически здоровых мужчин ($26,6 \pm 4,1$ года), которые были идентифицированы как постоянные потребители кофеина (\geq одной порции 95 мг кофеина в день, \geq четырех дней в неделю). Участники приходили на обследование трехкратно: первый визит служил контролем, измерение проводили на фоне привычного пищевого рациона; во второй визит участникам давали капсулу плацебо, содержащую 200 мг декстрозы; в третий визит участникам давали капсулу, содержащую 200 мг кофеина. Во время каждого визита проводилось семь многочастотных измерений БИА на БИ анализаторе InBody 770 (InBody USA, Cerritos, CA) до и после 15, 30, 45, 60, 75 и 90 минут потребления капсул. Было показано, что в контрольный день в организме обследуемых происходили изменения, аналогичные тем, что ранее были описаны при динамических наблюдениях в состоянии «натошак» (Выборная К.В., 2018–2; Mota J.F., 2021; Dixon C.B., 2005): достоверно увеличивался показатель доли ЖМТ (на 0,8%), уменьшались показатели общей и внутриклеточной воды организма при неизменившемся количестве внеклеточной воды организма. При этом во второй и третий день обследования изменения в компонентном составе тела были такими же, достоверно увеличился показатель доли ЖМТ (на 1,2% как в группе плацебо, так и в группе кофеина), уменьшались показатели общей и внутриклеточной воды организма при неизменившемся количестве внеклеточной воды организма. Проведенное обследование показало, что изменения, произошедшие в составе тела при потреблении 200 мг кофеина, не растворенного в жидкости или воде, не отличаются от изменений, происходящих на фоне приема плацебо или на фоне привычного пищевого рациона. На основании полученных результатов авторы сделали вывод о том, что для постоянных потребителей кофеина ограничение в кофе перед обследованием не должно являться строгой мерой подготовки. Однако следует учитывать, что в исследовании использовалась доза в 200 мг в форме капсулы, а не в форме жидкого кофе,

потребление которого может влиять на показатели БИА, как это было показано ранее (Mota J.F., 2021) что связано либо с эффектом состояния натошак, либо с эффектом потребления воды.

Влияние физических упражнений на показатели состава тела. Отказ от физической нагрузки (ФН) в течение 12 часов перед исследованием является одной из рекомендаций перед проведением БИА состава тела (Heyward V.H., 2004; Николаев Д.В., 2009). В исследовании С.В. Dixon et al. (2008) было проведено изучение влияния максимальных и субмаксимальных аэробных упражнений на процент жира в организме с использованием БИА. В обследовании приняли участие 63 здоровых, активно занимающихся спортом взрослых (31 женщина – 20,0±1,4 лет, 164,8±5,9 см, 62,4±10,0 кг, 23,0±3,4 кг/м²; 32 мужчины – 20,7±1,7 лет, 175,1±9,5 см, 79,2±11,3 кг, 25,1±3,1 кг/м²). Для проведения БИА использовали 2 БИ анализатора: 4-контактные весы-анализатор Tanita TBF-300A (схема наложения электродов «нога-нога», положение при измерении – стоя) и 8-контактный БИ анализатор Tanita BC-418 (схема наложения электродов «2 руки-2 ноги», положение при измерении – стоя). Измерения состава тела были выполнены непосредственно перед и в течение пяти минут после завершения аэробной тренировки. Результаты исследования показали, что после аэробной ФН достоверно снижается показатель импеданса, МТ, ЖМТ и доли ЖМТ (на 1,0–1,8% после максимальной и на 1,2–1,7% после субмаксимальной нагрузки, как в мужской, так и в женской группах), а показатели тощей массы тела и ОВО достоверно увеличиваются при определении обоими БИ анализаторами.

Исследование, проведенное С.В. Dixon et al. (2009), касающееся изучения влияния силовой физической нагрузки (ФН) на компонентный состав тела, измеренный с помощью двух БИ анализаторов, интересно как с точки зрения оценки влияния ФН на показатели БИА, так и с точки зрения оценки влияния потребления 500 мл воды на показатели БИА в отсутствии ФН и каких-либо других факторов.

В исследовании приняли участие 86 добровольцев в возрасте от 18 до 30 лет (45 женщин – 22,6±4,8 лет, 162,7±6,2 см, 66,0±12,5 кг, 24,8±4,4 кг/м²; 41 мужчина – 22,3±4,1 лет, 175,8±5,5 см, 88,5±20,5 кг, 28,6±6,1 кг/м²). БИА проводился двукратно: в группе с силовой ФН до нагрузки и через 60 минут после интенсивной силовой нагрузки (схема из 8-ми упражнений по 10–12 повторений каж-

дое, в 3 подхода; интенсивность нагрузки – по 65–75% от 1 повторения максимума в каждом упражнении); в группе контроля – двукратно с интервалом в 60 минут, в течение которых испытуемые не выполняли никакой ФН.

Во время проведения эксперимента каждый испытуемый выпил воду в объеме 500 мл. В группе с силовой физической нагрузкой потребление воды обеспечило профилактику обезвоживания, обусловленного ФН. Потребление воды представителями группы контроля было необходимо для последующей валидности сравниваемых результатов. В группе контроля, которая целый час не выполняла физической нагрузки, общая масса тела увеличилась на 500 г. В группе с силовой физической нагрузкой масса тела к концу эксперимента увеличилась на 200 г у женщин, что говорит о потере 300 г массы тела за счет потери воды с потом и выдыхаемым воздухом за время часовой силовой тренировки при достаточном восполнении жидкости; у мужчин масса тела осталась прежней, что говорит о потере 500 г массы тела и полном восполнении жидкости.

Для проведения БИА использовали два БИ анализатора – 4-контактные весы-анализатор Tanita TBF-300A (схема наложения электродов «нога-нога», положение при измерении – стоя) и 8-контактный БИ анализатор Tanita BC-418 (схема наложения электродов «2 руки-2 ноги», положение при измерении – стоя), как и в предыдущем исследовании 2008 года (Dixon C.V., 2008).

При оценке изменений, произошедших в группе силовой ФН, было показано, что при использовании 8-контактного БИА выявлено значительное уменьшение ЖМТ, доли ЖМТ (женщины = 0,9%; мужчины = 1,4%) и показателя импеданса при одновременном возрастании показателей ТМТ и ОВО после тренировки, как в женской, так и в мужской группе. При использовании 4-контактного БИА не было выявлено значимых различий по ЖМТ, доле ЖМТ, импедансу, ТМТ и ОВО, хотя тенденции изменения показателей были аналогичны выявленным при измерении 8-контактным анализатором.

Что касается влияния потребления 500 мл воды на показатели БИА, это исследование подтвердило результаты предыдущих работ (Dixon C.V., 2005; Androutsos O., 2014), указывающие на повышение показателей сопротивления и содержания ЖМТ и доли ЖМТ, а также на уменьшение ТМТ, АКМ и СММ после употребления чистой воды. Эти результаты касаются как измере-

ний, проведенных на 8-контактном анализаторе, так и на 4-контактном анализаторе «нога-нога», практически не затрагивающем при измерении туловище. Показатель ЖМТ возрос как в мужской, так и в женской группе при измерении анализатором «нога-нога» на 0,5 кг в абсолютных и на 0,4% в относительных величинах у мужчин и на 0,3 кг и 0,4% – у женщин; при измерении анализатором «2 руки-2 ноги» показатель ЖМТ возрос на 0,5 кг и 0,5% у мужчин и 0,5 кг и 0,6% у женщин. Как уже было сказано ранее, эти изменения покрываются процентом ошибки метода, однако должны быть учтены исследователями при проведении измерений, когда нарушено стандартное условие «измерения натошак».

Оба исследования, оценивающие влияние аэробной (Dixon C.B., 2008) и силовой ФН (Dixon C.B., 2009) на показатели БИА, показали значительное снижение ЖМТ и значений импеданса (сопротивления) при проведении измерения сразу после тренировки на сегментном 8-точечном анализаторе. Эти исследования подтверждают, что физические упражнения, независимо от режима энергообеспечения (аэробные или анаэробные) оказывают существенное влияние на показатели тела и оценку состояния гидратации организма, тем самым поддерживая традиционные рекомендации по соблюдению стандартных условий измерения в части исключения ФН перед исследованием.

J.L. Andreacchi et al. (2013) подобно предыдущим исследованиям показали, что после 30-минутной циклической нагрузки на велотренажере показатель доли ЖМТ уменьшается; регистрируемая разница доли ЖМТ до и после нагрузки зависит от типа анализатора, и также снижение доли ЖМТ напрямую зависит от интенсивности тренировки. После 30-минутной тренировки достоверно значимое снижение доли ЖМТ было зарегистрировано как при использовании БИ весов-анализатора «нога-нога» (на 0,3% при 70% от ЧССмакс, и на 0,5% при 85% от ЧССмакс), так и при использовании 8-точечного БИ анализатора «2 ноги-2 руки» (на 0,8% при 70% от ЧССмакс, и на 1,4% при 85% от ЧССмакс), но анализатор, измеряющий биоимпеданс по принципу «2 ноги-2 руки», показал большую разницу. Среднее снижение доли ЖМТ было достоверно значимо выше после тренировки с более высокой интенсивностью для обоих анализаторов.

При оценке распределения жидкости в организме под действием ФН чаще всего пользуются тестами на велоэргометре

(Sjogaard G., 1982; Pivarnik J.M., 1988) или силовыми упражнениями с нагрузкой (Ploutz-Snyder L.L., 1995).

G. Sjogaard et al. (1982) показали, что внеклеточное водное пространство увеличивается в тренируемой нижней конечности, но не в относительно неактивных мышцах верхней конечности (Sjogaard G., 1991). В икроножной мышце нижней конечности, которая была активна во время упражнений на велосипеде (нагрузка, требующая около 120% $\dot{V}O_2$ max) после 9 минут нагрузки среднее общее содержание воды увеличилось с 313 мл/100 г сухого веса в состоянии покоя до 359 мл/100 г сухого веса после тренировки, а среднее содержание внеклеточной воды увеличилось с 33 мл/100 г сухого веса до 60 мл/100 г сухого веса. Концентрация лактата в икроножной мышце увеличилась с 5,7 до 30,6 ммоль/л., а внеклеточная концентрация лактата составила 13,6 ммоль/л в конце нагрузки; градиент концентрации лактата способствовал поступлению воды во внеклеточное пространство из внутриклеточного. В относительно неактивной мышце (трицепс плеча) во время упражнений на велоэргометре содержание общей, внеклеточной воды и лактата было одинаковым до и после ФН.

L.L. Ploutz-Snyder et al. (1955) указали в своем исследовании на уменьшение объема плазмы и значительное движение жидкости из сосудистого пространства во внесосудистое с последующим избирательным увеличением площади поперечного сечения только активных скелетных мышц после физических упражнений (приседание со штангой). Данные были получены до тренировки, сразу после нее и через 15 и 45 минут. Абсолютная потеря объема плазмы коррелировала ($r^2 = 0,75$) с абсолютным увеличением площади поперечного сечения мышц сразу после тренировки, что подтверждает представление о том, что увеличение размера мышц после упражнений с отягощениями отражает в первую очередь движение жидкости из сосудистого пространства в активные, а не в неактивные мышцы.

Показано, что во время субмаксимальных циклических упражнений на велоэргометре гемоконцентрация, т.е. выход крови из сосудистого русла и приток ее к рабочим мышцам происходит быстро (в течение 5 мин) и новый объем плазмы сохраняется, если рабочая нагрузка остается постоянной. Если же нагрузка является ступенчатой и нарастает постепенно, между потерей

объема плазмы и рабочей нагрузкой во время выполнения упражнений с пошаговым циклом существует линейная зависимость, которая не зависит от температуры окружающей среды, состояние гидратации и уровня физической подготовки (Pivarnik J.M., 1988). При оценке распределения объема плазмы при двух разных скоростях педалирования (50 и 90 об/мин), но с одинаковой мощностью нагрузки (30-минутные велоэргометрические тесты с возрастающей ФН с 20 до 70% от пикового значения потребления кислорода, 6 ступеней нагрузки по 5 минут), было показано, что потери объема плазмы во время тренировки нарастали и напрямую зависели от интенсивности нагрузки, однако не отличались достоверно в двух группах и составили 7,0% при 50 об/мин и -7,6% при 90 об/мин и были. При этом время полного восстановления объема плазмы после окончания ФН было разным: у испытуемых, выполнявших тест с более высокой скоростью вращения педалей, время обратного наполнения лимфатических сосудов было большим, о чем свидетельствовала разница в статусе альбумина плазмы крови в двух группах.

Следовательно, проведение БИА с соблюдением одного из стандартных условий подготовки к измерению с исключением тяжелой ФН за 12 часов до измерения является важным условием для получения корректных результатов измерения.

Изменение показателей БИА в клинических условиях.

M.R. Scheltinga et al. (1991) наблюдали изменения, произошедшие в показателях БИА, после внутривенной инфузии 1 л физиологического раствора, а также после донорства 480 мл крови. Инфузия физиологического раствора в течение 15 минут в количестве 1000 мл вызвала значительное уменьшение сопротивления и значительное увеличение показателя ОВО; при этом донорство крови в объеме 480 мл вызвало противоположные изменения – значительно увеличилось сопротивление организма и значительно уменьшились показатели ОВО.

Выводы

В главе рассмотрены результаты исследований, в которых проведение биоимпедансного анализа состава тела проводилось с целью получения экспериментальных данных при нарушении какого-либо стандартного условия измерения. Работа по сравнению различных типов электродов проводилась с целью обоснования

вания возможности замены специализированных электродов для БИА на электроды для снятия ЭКГ, которые часто применяются исследователями (Dupertuis Y.M., 2022). Работы по анализу результатов при альтернативном наложении электродов на конечности проводилась с целью расширения возможностей использования БИА у пациентов с повреждениями кожи (травмы, ожоги и пр.) (Grisbrook T.L., 2015; Edwick D.O., 2020), а также с целью оценки повторяемости результатов измерений (Moon J.R., 2010). Работа по возможности изменения положения тела с положения лежа на спине на положение стоя с помощью БИ анализатора, предназначенного для измерения в положении лежа, проводилась с целью оценки правомерности альтернативного измерения при отсутствии кушетки, а также при невозможности пациента принять лежачее положение (Rush E.C., 2006). Работы по оценке длительного состояния натошак на показатели состава тела проводились для выявления суточной вариабельности и тенденций изменений, происходящих с отдельными показателями, когда единственным фактором является время (Выборная К.В., 2018–2; Mota J.F., 2021; Dixon C.B., 2005). Работы по оценке влияния потребления пищи, некоторых видов жидкости, воды и кофеина проводили с целью возможности проведения БИА у спортсменов, посетителей фитнес-залов, пациентов, находящихся на зондовом питании, при популяционных широкомасштабных исследованиях, когда соблюдение стандартного условия не является возможным по ряду объективных причин (Mota J.F., 2021; Dixon C.B., 2005; Androutsos O., 2014; Мирошников А.Б., 2022; Williamson C.M., 2018). Работы по оценке влияния физической нагрузки проводились с целью подтвердить одно из стандартизованных правил проведения БИА после 12-часового отказа от ФН (Dixon C.B., 2008; Dixon C.B., 2009; Andreacci J.L., 2013), что является важным условием при измерении спортсменов и посетителей фитнеса. Работа по оценке изменений, произошедших в показателях БИА, после внутривенной инфузии 1 л физиологического раствора, а также после донорства 480 мл крови проводилась с целью расширения возможностей использования БИА у пациентов после некоторых медицинских вмешательств (Scheltinga M.R., 1991).

Было показано, что результаты исследования напрямую зависят от типа используемых электродов (Dupertuis Y.M., 2022), расстояния между двумя электродами (Moon J.R., 2010), вен-

трального или дорсального места крепления электродов (Grisbrook T.L., 2015; Edwick D.O., 2020), положения тела во время измерения (положение лежа на спине, положение стоя) (Rush E.C., 2006), длительности нахождения обследуемого в состоянии натошак с момента утреннего пробуждения (Выборная К.В., 2018–2; Mota J.F., 2021; Dixon C.B., 2005), потребления пищи, некоторых видов жидкости, воды и кофеина (Mota J.F., 2021; Dixon C.B., 2005; Androustos O., 2014; Мирошников А.Б., 2022; Williamson C.M., 2018), измерения сразу и в течение часа после физической нагрузки (Dixon C.B., 2008; Dixon C.B., 2009; Andreacci J.L., 2013), некоторых медицинских вмешательств, изменяющих объем жидкости в организме, например внутривенных капельниц или донорства крови (Scheltinga M.R., 1991).

Обобщение сведений, полученных при подготовке данной главы, позволяет проследить следующие изменения и их тенденции, происходящие с показателями сопротивления организма и состава тела при нарушении какого-либо из стандартных условий измерения (табл. 8).

После аэробной и анаэробной физической нагрузки, при смене стандартного положения электрода на нижней конечности (измерительный (сенсорный) электрод перемещен с линии сочленения заплюсневого сустава (вентральное положение) на ахиллово сухожилие (дорсальное положение), при изменении положения тела из положения «лежа» в положение «стоя», а также после внутривенного введения 1000 мл физиологического раствора показатели сопротивления организма и доли жировой массы тела достоверно уменьшаются, а показатели общей воды организма, тощей, активной клеточной и скелетно-мышечной массы достоверно увеличиваются. Противоположные тенденции в изменении показателей были получены после потребления воды, пищи, донорства крови в объеме 480 мл, при использовании биоадгезивных электродов с маленькой контактной поверхностью (площадью прилегания), при длительном (60–240 мин) исследовании натошак, а также при потребления безводного кофеина в капсулах (200 мг, без растворения в воде, 60 мин), кофеина в качестве напитка и черного чая с сахаром – показатели сопротивления организма и доли жировой массы тела достоверно увеличились, а показатели общей воды организма, тощей, активной клеточной и скелетно-мышечной массы – достоверно уменьшились.

Таблица 8. Изменения, происходящие с показателями сопротивления организма и состава тела при нарушении какого-либо из стандартных условий измерения

Фактор, влияющий на показатель БИА	Показатели БИА			
	Сопротивление организма (R, Ом)	Жировая масса тела (ЖМТ, кг, %)	Общая вода организма (ОВО, кг)	Тощая масса тела (ТМТ, кг)
Аэробная физическая нагрузка				
Анаэробная (силовая) физическая нагрузка				
Смена стандартного положения электрода на нижней конечности (измерительный электрод на ахилловом сухожилии)	↓	↓	↑	↑
Смена положения тела из положения лежа на спине в положение стоя				
Внутривенное вливание 1000 мл физиологического раствора				
Потребление воды				
Потребление пищи				
Донорство 480 мл крови				
Маленькая площадь прилегания биоадгезивного электрода				
Длительное состояние натошак	↑	↑	↓	↓
Потребление безводного кофеина в капсулах				
Потребление кофеина в качестве напитка				
Потребление черного чая с сахаром				

Несмотря на то, что все полученные изменения показателей сопротивления организма и состава тела, наблюдаемые после нарушения одного из стандартных условий измерения, практически всеми исследователями (кроме исследований по оценке влияния ФН) были приравнены к погрешности метода биоимпедансометрии, а также к различиям, получаемым при измерении на разных приборах, соблюдение стандартных условий является неотъемлемой частью проведения БИА. Считается допустимым проводить БИА с нарушением стандартных условий измерения, если иное измерение невозможно.

Согласно данным проанализированных в статье работ, следует соблюдать стандартные условия подготовки к процедуре БИА и проведения процедуры БИА. Рекомендуется проводить биоимпедансный анализ состава тела в утренние часы в состоянии натощак (последний прием пищи осуществить накануне вечером в 19 часов) после 8-часового сна. При нарушении временного интервала от момента утреннего подъема до самого измерения при условии, что обследуемый до сих пор находится в состоянии натощак, изменяется статус гидратации организма, происходит естественная потеря жидкости (с потом и выдыхаемым воздухом), что отражается на результатах оценки состава тела. Поэтому при измерении человека в течение дня нужно учитывать, что чем дольше длится состояние «натощак», тем будут ниже показатели водных секторов организма и, соответственно, тощей, активной клеточной и скелетно-мышечной массы тела, и выше показатели жировой массы тела.

Потребление воды и пищи, безводного кофеина, кофеина в качестве напитка и черного чая с сахаром непосредственно перед процедурой БИА, а также за 1–4 часа до процедуры увеличивает значения измеренного импеданса и доли ЖМТ и, соответственно, уменьшает значения водных секторов, ТМТ, АКМ и СММ, что надо иметь ввиду при обследовании пациента, пришедшего не натощак на БИА.

Важным моментом является использование биоадгезивных электродов, т.к. их размер, место прикрепления к конечности, а также расстояние между измерительным и токовым электродами играет важную роль в получении корректных результатов БИА.

Надо помнить, что результаты динамических измерений и их достоверность зависят и от прибора, на котором производилось измерение состава тела. Было показано, что в некоторых случаях на одних и тех же испытуемых на одном приборе были выявлены достоверные изменения в составе тела, а на другом достоверных изменений выявлено не было. Так, например, при измерении динамики на 8-контактном БИ анализаторе изменения были, а при измерении на анализаторе «нога-нога» изменений выявлено не было, скорее всего, из-за того, что сегментный анализатор измеряет с туловищем и лучше определяет распределение жидкости в организме, а также попадающую в желудок и кишечник пищу, тогда как анализатор нога-нога имеет принцип измерения, когда

токи проходят только через ноги, затрагивая лишь нижнюю часть туловища, что может быть причиной недооценки перераспределения жидкости и нахождения дополнительной пищи и воды в желудке и кишечнике (Dixon C.B., 2009).

Возможно, изменение положения тела человека при измерении из положения «лежа» в положение «стоя» может быть применимо у индивидов, имеющих травму, ожег или ушиб (как на спине, так и на конечностях – ладонной и тыльной частях кисти, плантарной (подошвенной) и тыльной частях стопы, на протяжении всех конечностей) с невозможностью принять положение лежа на спине, если анализатор предназначен для измерения обследуемого в положении лежа. В клинической практике в некоторых случаях анализаторы с возможностью измерения методом наклеивания электродов к коже на конечностях имеют преимущества перед анализаторами с электродами в форме ручек (для контакта с руками) и стационарных платформ с электродами (для контакта с ногами).

Экспериментальные нарушения стандартных условий БИА позволяют проследить за направленностью изменений, происходящих с первичными показателями импеданса, а также с показателями отдельных компонентов состава тела и водных секторов организма в протоколе обследования. Результаты таких работ вносят ясность при расшифровке протоколов состава тела, если не было возможности соблюсти все стандартные условия подготовки к измерению и во время измерения.

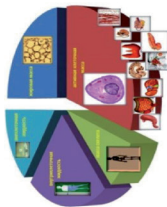
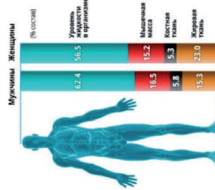
Как получить правильные данные биоимпедансометрии?

Измерение состава тела с помощью биоимпедансного анализа

Наиболее распространенным и доступным методом определения состава тела человека в настоящее время считают биоимпедансный анализ, основанный на прохождении токов малой частоты через тело измеряемого и измерении сопротивления тканей организма.

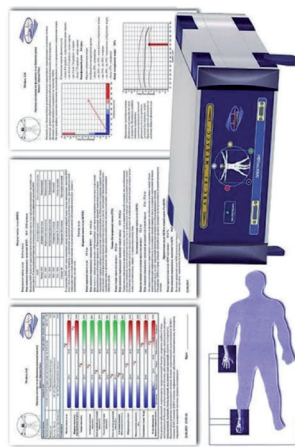
1. Соблюдать правила подготовки к измерению

- а) за неделю до обследования испытуемому запрещается принимать диуретики; б) за двое суток — алкоголь, кофеин и другие вещества, способствующие нарушению водного обмена; в) за 3-4 часа следует воздерживаться от физических нагрузок, а также от употребления воды и пищи; г) за 30 минут до обследования следует опорожнить мочевой пузырь; д) Перед началом исследования испытуемому рекомендуется провести лёжа 7-10 минут

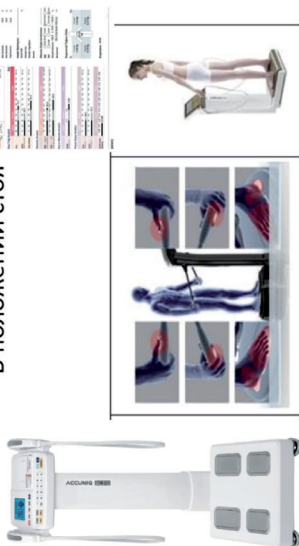


2. Соблюдать правила проведения измерения

В положении лежа



В положении стоя



Как распознать дегидратацию (обезвоживание) и отек?



Явные хорошо визуализируемые отеки, односторонние отеки

Признаки обезвоживания

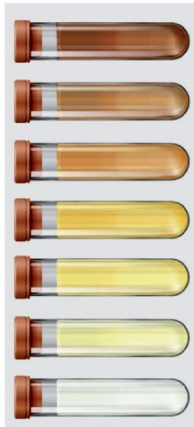
- Сухость во рту, пересыхание слизистой носа
- Неприятный запах изо рта
- Мышечная слабость
- Сухие губы, язык, кожа, глазные яблоки – сухие
- Потемнение мочи
- Пропадающие влажные конечности
- Изменение пластичности кожи
- Головная боль
- Потеря аппетита, запоры
- Тяга к сладкому

Тест:

Ущипнуть себя за руку. Если кожа задержалась в таком положении – вы обезвожены

Симптомы обезвоживания у младенцев:

- губы, язык, кожа, глазные яблоки – сухие;
- пульс частый, гипертермия;
- отсутствие мочеиспускания;
- запавший передний родничок.



Простая шкала цветности мочи, определяющая статус гидратации организма

КАК БИА-АНАЛИЗАТОРЫ «ИЗМЕРЯЮТ» КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ ТЕЛА И ВОДНЫЕ СЕКТОРА ОРГАНИЗМА? (на примере формул ABC-01)*

По формулам (Kushner, Schoeller, 1986), используя измеренное значение активного сопротивления R50,

рассчитывают объем воды в организме (ОВО):

$$ОВО, кг = 0,3963 \times DT^2 / R50 + 0,143 \times MT + 8,399$$

(для мужчин старше 18 лет);

$$ОВО, кг = 0,3921 \times DT^2 / R50 + 0,1052 \times MT + 8,3148$$

(для женщин старше 18 лет).

На основе значений ОВО, с учетом относительного постоянства гидратации тощей массы тела (ТМТ) у взрослых людей,

по формуле вычисляют ТМТ:

$$ТМТ, кг = ОВО, кг / 0,732$$

Жировую массу тела (ЖМТ) вычисляют как разность между массой тела и тощей массой тела:

$$ЖМТ, кг = МТ, кг - ТМТ, кг$$

Активную клеточную массу (АКМ) вычисляют по формуле (Lautz et al., 1992) с использованием значения логарифма фазового угла:

$$АКМ, кг = 0,3 * ТМТ, кг * \ln(\PhiУ)$$

Скелетно-мышечную массу (СММ) у людей старше 10 лет рассчитывают по формуле (Janssen et al., 2000):

$$СММ (кг) = 0,401 * DT^2 / R50 + 3,825 * Пол - 0,071 * Возраст + 5,102$$

Содержание в организме внеклеточной жидкости (ВнеКЖ) рассчитывают по формуле (Deurenberg et al., 1995):

$$ВнеКЖ = 0,189 * DT^2 / R5 + 0,0675 * МТ - 0,02 * Возраст (лет) + 2,53$$

Содержание в организме внутриклеточной жидкости рассчитывают как разность между ОВО и ВнеКЖ:

$$ВнеКЖ = ОВО - ВнеКЖ$$

Величину основного обмена рассчитывают по формуле анализатора ABC-01 «Медасс» (Хрущёва и соавт., 2009) с использованием значения активной клеточной массы тела:

$$ВОО, ккал/сут = 31,6 * АКМ, кг + 615,7$$

Сопропикт ение организма (R, Ом)	Показатели БИА		Тоция масса тела (кг)
	Жировая масса тела (кг, %)	Общая вода организма (кг)	
↓	↓	↑	↑
↑	↑	↓	↓

* Биомпедансное исследование состава тела населения России / С.Г. Руднев, Н.П. Соболева, С.А. Стерликов, Д.В. Николаев, О.А. Старунова, С.П. Черных, Т.А. Ерюкова, В.А. Колесников, О.А. Мельниченко, Е.Г. Пономарёва. М.: РИО ЦНИИОИЗ, 2014. – 493 с. – ISBN 5-94116-018-6

Влияние типа электродов на оценку состава тела методом биоэлектрического импедансного анализа в положении лежа (2022) *

Одним из источников ошибок при оценке состава тела пациентов методом БИА в положении лежа является расположение электродов, а так же типа используемого электрода. Поскольку для измерений БИА часто используются электроды для снятия электрокардиограммы (ЭКГ), целью данного исследования было сравнение трех из них с эталонным электродом БИА.



1. Би анализатор - Nutriguard-M®, Data Input, Германия



2. Рекомендованные в инструкции производителя электроды Bioplastic AT, предназначенных для БИА (большая площадь)

Было показано, что измеренное значение активного сопротивления R находилось в пределах физиологического диапазона для всех мужчин (428–561 Ом) и женщин (472–678 Ом), независимо от типа используемых электродов.

3. А так же 3-и различных типа ЭКГ-электродов других фирм-производителей:

Electrodes	Use	Type of gel	Contact area (mm)
Bioplastic AT®	BIA	Hydrogel	68 × 23
3M® Red Dot® 2330	ECG	Soft hydrogel	30 × 20
Ambu® BlueSensor 2300	ECG	Solid gel	34 × 23
Ambu® BlueSensor SU-00-C	ECG	Wet gel	49 × 33

Фактор	Сопротивление	ЖМТ	ОВО	ТМТ
Маленькая поверхность электрода	↑	↑ (на 1,4%)	↓	↓

Авторы полагают, что эти различия обусловлены слишком маленькой площадью геля Ambu BlueSensor SU-00-C (154 кв.мм) по сравнению с эталонным электродом сравнения (1311 кв.мм) и делают заключение, что использование электродов с небольшой площадью геля влияет на измерение БИА в положении лежа на спине. Электроды Ambu BlueSensor 2330 оказались наиболее приемлемой заменой стандартного электрода Bioplastic AT

* Dupertuis Y.L., Pereira A.G., Karsagar V.L., Hammer A., Biotley E., Collet T.H., Genton L. (2022) Composition by bioelectrical impedance analysis in the supine position. Clinical Nutrition 41(11): 2455-2463. DOI:10.1016/j.clnu.2022.09.008

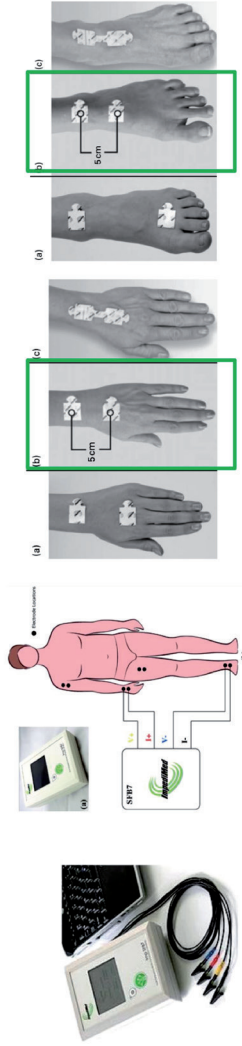
Влияние расстояния между электродами на результаты измерения состава тела в положении лежа на спине (2010) *

Для БИА всего тела требуется располагать электроды на тыльной поверхности стопы, лодыжки, запястья и кисти.

Moop J.R. et al. (2010) *проводились измерения с помощью БИ анализатора Impre SFB7 (Impredimed Limited, Pinkenba, QLD, Australia)* и сравнили воспроизводимость и достоверности размещения электродов на фиксированном расстоянии (5 см) со стандартным размещением электродов. Как на кисти, так и на стопе, использовали три варианта расположения электродов. На кисти использовали: 1) стандартное расположение 2) фиксированное расстояние в 5 см между центрами электродов без токопроводящей полоски 3) фиксированное расстояние в 5 см, электроды скреплены между собой непроводящей толстой полоской так же 3 положения (см. рис.).

По результатам исследования не было обнаружено достоверных различий между данными, полученными при БИА в 3-х положениях электродов.

Однако было показано, что лучшую воспроизводимость результатов измерения общего количества воды организма дали электроды с фиксированным расстоянием между ними в 5 см. Фиксированное расстояние уменьшает ежедневную стандартную ошибку измерения показателей БИА у мужчин, у женщин ошибка измерения не изменялась.



* Moop, J. R., Stout, J. R., Smith, A. E., Tobkin, S. E., Lockwood, C. M., Kendall, K. L., ... Cramer, J. T. (2010). Reproducibility and validity of bioimpedance spectroscopy for tracking changes in total body water: implications for repeated measurements. *British Journal of Nutrition*, 104(09), 1384–1394. doi:10.1017/S0007114510002254

Альтернативное размещение электродов для БИА всего тела и сегментного анализа (2015) *

В рекомендациях ESPEN указано, что на руках и ногах в месте крепления электродов не должно быть никаких повреждений кожи или более глубоких открытых ран или болячек, а при их наличии следует изменить положение электродов. На счет альтернативных мест крепления электродов четких указаний нет, что является проблемой с учетом того, точность и воспроизводимость результатов БИА зависит от позиционирования электродов на конечностях.

Grisbrook, T. L. et al. (2015) изучили, целесообразно ли размещение электродов не на дорсальной, а на противоположной вентральной поверхности конечностей, что могло бы служить альтернативой при измерении БИА всего тела и сегментов в тех случаях, когда стандартное размещение электродов затруднено из-за поврежденной кожи или повязок.

Измерения проводились с помощью БИ анализатора ImpediMed SFB7 (ImpediMed, Brisbane, Queensland, Australia) и одноразовых плечных электродов SA610 KENDALL (поверхность диаметром 10 мм).

Для оценки различий в измерении всего тела БИА проводили с креплением электродов на правой стороне тела с использованием четырех различных их комбинаций в расположении: 1) стандартное tetrapolarное расположение (дорсальное расположение электродов), 2) вентральное расположение электродов на руке и ноге, 3) вентральное размещение на руке и стандартное размещение на ноге, 4) стандартное размещение на руке и вентральное размещение на ноге.

Для сегментарного анализа использовали как стандартные (протокол, предложенный у Cornish et al. (1999)*, крепление электродов - дорсальное), так и альтернативные схемы наложения электродов, с которыми можно подробно ознакомиться в статье *.

Фактор	Сопротивление	ЖМТ	ОВО	ТМТ
Электрод на ахилловом сухожилии	↓	↓ (на 1,2 кг)	↑	↑



*Grisbrook, T. L., Kenworthy, P., Phillips, M., Gittings, P. M., Wood, F. M., & Edgar, D. W. (2015). Alternate electrode placement for whole body and segmental bioimpedance spectroscopy. *Physiological Measurement*, 36(10), 2189–2201. doi:10.1088/0967-3334/36/10/2189

Альтернативное размещение электродов для БИА всего тела и сегментного анализа (2015) * (ПРОДОЛЖЕНИЕ)

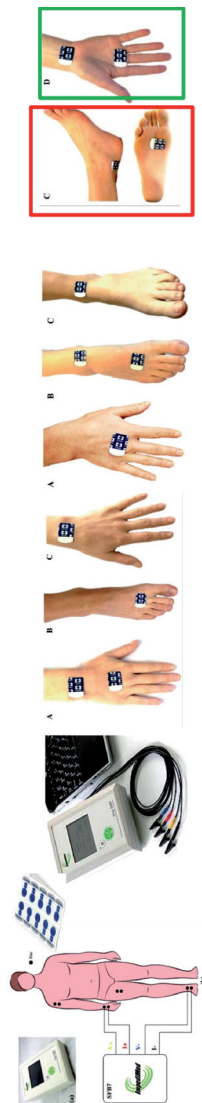
Для сегментарного анализа использовали как стандартные (протокол, предложенный у Cornish et al. (1999)*, крепление электродов - дорсальное), так и альтернативные схемы наложения электродов, с которыми можно подробно ознакомиться в статье *.

Результаты сегментного исследования показали, что для верхних конечностей не было выявлено существенной разницы между стандартным и альтернативным положениями электродов; для нижних конечностей альтернативное положение электрода на ноге по сравнению со стандартным положением, значительно снижает значения импеданса, что приводит к значительному увеличению показателей общей, внеклеточной и внутриклеточной воды, а так же ТМТ, и к достоверному снижению показателя ЖМТ.

Вентральное размещение электродов на руке совместно со стандартным (дорсальным) размещением электродов на ноге является допустимым альтернативным положением электродов, как при измерении всего тела, так и сегментов, в том случае, когда такое измерение необходимо.

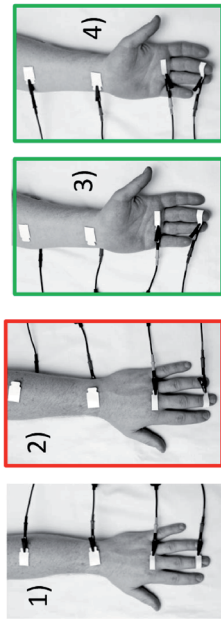
Размещение электродов на ноге в вентральной позиции, когда один из электродов крепится на место ахиллова сухожилия, не является полноценной заменой стандартных позиций, т.к. показывает достоверно значимые отличия по измеренным показателям.

Фактор	Сопротивление	ЖМТ	ОВО	ТМТ
Альтернативное положение электродов на нижней конечности	↓	↔	↑	↑



*Grisbrook, T. L., Kenworthy, P., Phillips, M., Gittings, P. M., Wood, F. M., & Edgar, D. W. (2015). Alternate electrode placement for whole body and segmental bioimpedance spectroscopy. *Physiological Measurement*, 36(10), 2189–2201. doi:10.1088/0967-3334/36/10/2189

Альтернативное размещение электродов при проведении БИ сегментного анализа (2020) *



Edwick D.O. et al. (2020) [12] проводили исследование, в котором сравнили 4 позиции крепления электродов для проведения БИА верхних конечностей. 1) стандартная позиция – 4 электрода крепятся дорсально: на середину предплечья, область запястного сустава, область сустава среднего пальца и на 1-ю фалангу среднего пальца, 2) альтернативная позиция, когда электроды на предплечье и запястье крепятся с вентральной (ладонной) стороны руки, 3) альтернативная позиция, когда электроды области сустава 3-его пальца и 1-й фаланги крепятся с вентральной (ладонной) стороны руки, 4) альтернативная позиция, когда все 4 электрода крепятся с вентральной (ладонной) стороны руки.

Исследование показало, что **крепление электродов в позиции 2) приводит к значительным различиям при измерении параметров БИА** (диапазон процентной разницы 4,66–6,15%). При креплении электродов в положении 3) и 4) получают сопоставимые со стандартным положением электродов измерения общей и внеклеточной воды, т.е. положения электродов на ладони и ладонной поверхности предплечья ((4) альтернативная позиция) или на ладони и тыльной стороне предплечья ((3) альтернативная позиция) взаимозаменяемы при использовании в клинической практике.

*Edwick, D. O., Hince, D. A., Rawlins, J. M., Wood, F. M., & Edgar, D. W. (2020). Alternate Electrode Positions for the Measurement of Hand Volumes Using Bioimpedance Spectroscopy. *Lymphatic Research and Biology*. doi:10.1089/lrb.2019.0078

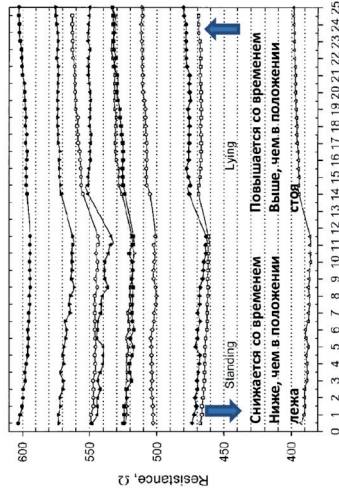
Валидность измерения биоимпеданса с помощью метода «рука-нога»: сравнение положений стоя и лежа. Влияние положения тела при измерении на результаты оценки состава тела (2006).

Table 2. General characteristics and values of hand-to-foot resistance in standing and lying positions for females, grouped by age.

	Age in years (N)		
	5 to 14 (14)	15 to 30 (18)	31 to 59 (41)
Weight (kg)	30.9 ± 7.4	61.0 ± 6.3	66.9 ± 15.2
Height (cm)	136.0 ± 13.0	164.4 ± 8.1	162.1 ± 6.1
BMI (kg/m ²)	16.5 ± 2.2	22.6 ± 1.9	25.5 ± 3.8
Waist (cm)	59.0 ± 2.2	69.4 ± 5.0	72.8 ± 10.8
Waist (in)	23.2 ± 0.9	27.3 ± 2.0	28.7 ± 4.3
Stand 2 (Ω)	621.0 ± 64.7	569.8 ± 56.2	566.8 ± 66.3
1 vpe (Ω)	687.5 ± 63.3	581.3 ± 57.5	575.1 ± 66.4
Diff L-S (Ω)	17.4 ± 7.4	11.8 ± 5.1	9.8 ± 5.9

Values are mean ± SD.

Stand 1: first measure of the resistance in the standing position; Stand 2: second measure of the resistance in the standing position; Lying: value of the resistance in the lying position; Diff L-S: difference between the average resistance standing, foot resistance lying.



Time, minutes

Фактор	Сопротивление	ЖМТ	ОВО	ТМТ
Смена положения тела с «положения лежа на спине» на «положение стоя»	↓	→	↑	↑

Rush E.S. et al. (2006) оценили надежность измерения БИА по типу «рука-нога» в двух положениях:

- стандартном положении лежа на спине, и
- предстандартном положении стоя, чего не предусматривает инструкция по эксплуатации используемого исследователями анализатора.

Значения импеданса в положении лежа были стабильно выше, чем в положении стоя

На показатели так же влияло время, проведенное в статическом положении: в статическом положении стоя показатели сопротивления снизились в среднем на 5 Омга, (1,0%) в течение 10 минут; в статическом положении стоя показатели сопротивления повысились в среднем на 3 Омга, (0,7%).

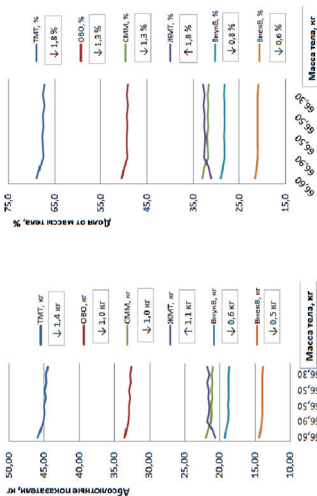
Авторы заключили, что в полевых условиях с помощью БИ анализатора, предназначенного для измерения показателей импеданса в положении лежа на спине по типу «рука-нога», можно проводить БИА в положении стоя. Учитывая, что ошибки измерения роста и веса также влияют на надежность определения содержания жира в организме на основе биоэлектрической проводимости, ошибки, которые могут возникнуть при измерении стоя, а не лежа, являются минимальными.

* Rush, E. C., Crowley, J., Freitas, I. F., & Luke, A. (2006). Validity of Hand-to-Foot Measurement of Bioimpedance: Standing Compared with Lying Position*. Obesity, 14(2), 252–257. doi:10.1038/oby.2006.32

Влияние длительного состояния «натошак» на показатели состава тела

Еще в 1986, когда Kushner R.F. и Schoeller D.A.* разработывали уравнения определения общей воды организма с помощью биоэлектрического импеданса, ими было показано, что, общее сопротивление тела в течение дня варьировалось от 0,3% до 1,9% (в среднем 1,3%). Недельная изменчивость была немного больше, в среднем 2,2% (диапазон 0,9-3,6%), что авторы частично связывали с незначительным изменением массы тела, которое в среднем составило 1,6% (диапазон 1,4-1,9%). Несмотря на то, что из данных публикации невозможно понять, линейны ли эти изменения и какую направленность имеют в течение дня, есть данные о том, что внутрисуточные колебания сопротивления организма – нормальное биомедицинское явление.

В связи с вышесказанным интересно проследить динамику измерений состава тела в течение определенного времени, когда человек первое измерение прошел утром натошак, а последующие измерения проводились без воздействия каких-либо посторонних факторов, а лишь с воздействием фактора времени. Для этого рассмотрим результаты работы, отражающей изменение показателей состава тела и водных секторов организма в течение 5 часов с соблюдением стандартных условий **.



Фактор	Сопротивление	ЖМТ	ОВО	ТМТ
Длительное состояние натошак	↑	↑ (на 1,1 кг: 1,8 %)	↓	↓

*Kushner R.F., Schoeller D.A. Estimation of total body water by bioelectrical impedance analysis // The American Journal of Clinical Nutrition. 1986. Vol. 44, N 3. P. 417–424. DOI: <https://doi.org/10.1093/ajcn/44.3.417>

**Выборная К.В., Соколов А.И., Раджабкдиев Р.М., Кобелькова И.В., Лавриненко С.В., Пузырева Г.А. и др. Сравнение показателей состава тела, полученных с помощью двух различных приборов для биоимпедансометрии // В сб.: Одноразовые морфологические чтения. Сборник научных трудов, посвященный 120-летию со дня рождения профессора Н.И. Одноразова и 100-летию ВГМУ им. Н.Н. Бурденко. Воронеж, 2018. С. 54–58. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32627298&pdf=1>

Влияние потребления воды и пищи на показатели состава тела

Работа Androutsos O. et al. (2014) посвящена оценке влияния употребления воды и пищи на показатели биоимпеданса и компонентного состава тела [19]. В исследовании был использован БИ анализатор ВИА TANITA ТВЭ300 (Tanita Corporation, Токио, Япония), измеряющий сопротивление тканей по схеме наложения электродов «нога-нога», положение при измерении - стоя.

Измерения состава тела проводили натощак, потом сразу после приема жидкости или пищи, и далее каждые 30 минут в течение 2 часов с помощью одночастотного биоимпедансного анализатора (30, 60, 90 и 120 –я минута после употребления пищи или жидкости).

1-ая группа выпивала 750 мл негазированной минеральной воды;

2-я группа - 750 мл изотонического специализированного напитка для питания спортсменов *Licozade sport*;

3-я группа употребляла пищу с высоким содержанием углеводов (100 г белого хлеба, 50 г фруктового джема, 120 г банана);

4-я группа употребляла пищу с высоким содержанием жиров (40 г жирного круассана, 90 г сыра чеддер, 20 г сливочного масла, 150 г жирного греческого йогурта).

Показано, что во всех группах, независимо, какая жидкость или продукты были употреблены, в течение 2-х часов после их приема происходило увеличение показателей импеданса (сопротивления) и жировой массы тела (как в абсолютных, так и в относительных величинах). Во всех случаях средние процентные изменения по сравнению с исходным уровнем составляли примерно 1% в единицах процента жира в организме.

Авторами было показано, что наблюдаемые изменения вышеописанных параметров хоть и зависели от состава рациона, но были столь незначительны, что укладывались в величину погрешности метода и на этом основании рекомендовали проводить оценку состава тела в клинической и диетической практике, а также в масштабных эпидемиологических исследованиях, не соблюдая стандартного условия «измерения натощак».

Фактор	Сопротивление	ЖМТ	ОВО	ТМТ
Употребление воды	↑	↑	↓	↓
Употребление пищи	↑	↑	↓	↓

* Androutsos O., Gerasimidis K., Karanikolou A., Reilly J.J., Edwards C.A. Impact of eating and drinking on body composition measurements by bioelectrical impedance // Journal of Human Nutrition and Dietetics. 2014. Vol. 28. N 2. P. 165–171.
DOI: <https://doi.org/10.1111/jhn.12259>

Влияние потребления кофеина и черного чая с сахаром на показатели состава тела

Проведенное **Williamson S.M. et al. (2018)*** обследование показало, что изменения, произошедшие в составе тела при потреблении 200 мг кофеина, не растворенного в жидкости или воде, не отличаются от изменений, происходящих на фоне приема плацебо или на фоне привычного пищевого рациона.

Исследование **Mota J.F. et al. (2021)****, посвященное оценке влияния потребления кофе с различным количеством кофеина на показатели биомпедансного анализа состава тела показало, что употребление порции кофе в объеме 200 мл, независимо от содержащегося в ней дозы кофеина (0, 200 и 400 мг) влияет на параметры биомпедансного анализа, однако авторы связали произошедшие изменения с потреблением воды в дозе 200 мл.

Результаты исследования Мирошникова А.Б. с соавт.*** показывают, что в выборке молодых здоровых людей без ожирения нарушение стандартизации БИА перед проведением тестирования (прием 200 мл воды плюс 1 чайная ложка кофе «Nescafe gold») не оказывает значимого влияния на полученные значения %ЖМТ, %СММ, АКМ, фазового угла и общей воды организма, однако показано увеличение сопротивленности и ЖМТ.

Прием аналогичного количества черного чая «Curtis. Elegant earl grey» с двумя кусками столового сахара статистически значимо изменял показатели АКМ и фазового угла на протяжении 135 минут измерений; показано увеличение сопротивленности и ЖМТ.

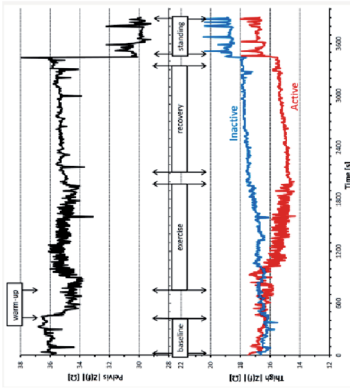
Фактор	Сопротивление	ЖМТ	ОВО	ТМТ
Кофеин безводный в капсулах	↑	↑	↓	↓
Кофеин в качестве напитка	↑	↑	↓	↓
Чай черный с сахаром	↑	↑	↓	↓

*Williamson S.M., Nickerson B.S., Bechke E.E., McLeister C.N., Kliszczewicz B.M. Influence of acute consumption of caffeine vs. placebo over Bia-derived measurements of body composition: a randomized, double-blind, crossover design // Journal of the International Society of Sports Nutrition. eCollection 2018. Vol. 15, N 1. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12970-018-0211-5>

**Mota J.F., Gonzalez M.C., Lukaski H., Oto G.L., Trottier C.F., Tibaes J.R.B. et al. The influence of coffee consumption on bioelectrical impedance parameters: a randomized, double-blind, cross-over trial // European Journal of Clinical Nutrition. 2021. Vol. 76, N 2. P. 212-219. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41430-021-00932-3>

***Мирошникова А.Б., Лапаева А.Г., Таниникова О.С. Влияние приема кофеиносодержащих напитков на изменение показателей состава тела, измеренных биоэлектрическим импедансом. Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта. 2022; 17(3): 146-154. <https://doi.org/10.14526/2070-4798-2022-17-3-146-154>

Влияние физических упражнений на показатели состава тела. Физическая активность и импеданс, определяемые на рабочем и нерабочем бедре.



С помощью портативного, многоотсегментного и многочастотного устройства со встроенным трехосным акселерометром изучали взаимосвязь между движениями, положением и импедансом тела со скоростью до 50 спектров импеданса в секунду в широком диапазоне частот.

Протокол эксперимента был разработан для того, чтобы вызывать изменения импеданса путем изменения объема жидкостей организма (которые представляют собой проводящие ионные растворы) в определенных сегментах тела. С этой целью протокол включал упражнение с ударами ногами на одной ноге, обеспечивающее увеличение локальной потребности в кровотоке только в одной ноге. Увеличение кровотока привело к накоплению определенного объема жидкости только в венозных емкостных сосудах тренируемой ноги, что было бы обнаружено нашей системой. Протокол также включал изменение позы из положения сидя в положение стоя, чтобы вызвать отток крови из обеих ног.



Контролируемыми сегментами тела были правое бедро (S1,S2), нижняя область таза (S2,S3) и левое бедро (S3,S4)

Фактор	Сопротивление	ЖМТ	OVO	TMT
Анаэробная (силовая) физическая нагрузка	↓	↓	↑	↑

*Villa, F., Magnani, A., Maggioni, M., Stahn, A., Rampichini, S., Merati, G., & Castiglioni, P. (2016). *Wearable Multi-Frequency and Multi-Segment Bioelectrical Impedance Spectroscopy for Unobtrusively Tracking Body Fluid Shifts during Physical Activity in Real-Field Applications: A Preliminary Study. Sensors, 16(5), 673.* doi:10.3390/s16050673

Влияние физических упражнений на показатели состава тела

В исследованиях, оценивающих влияние аэробной* и силовой ФН** на показатели БИА, выявлено значительное снижение ЖМТ и значений импеданса (сопротивления) при проведении измерения сразу после тренировки на сегментном 8-ми точечном анализаторе.

Результаты исследования показали, что после аэробной ФН достоверно снижается показатель импеданса, МТ, ЖМТ и доли ЖМТ (на 1,0–1,8% после максимальной и на 1,2–1,7% после субмаксимальной нагрузки, как в мужской, так и в женской группах), а показатели ТМТ и ОВО достоверно увеличиваются при определении обоими БИ анализаторами.

При оценке изменений, произошедших в группе силовой ФН, было показано, что при использовании 8-ми контактного БИА выявлено значительное уменьшение ЖМТ, доли ЖМТ (женщины = 0,9%; мужчины = 1,4%) и показателя импеданса при одновременном возрастании показателей ТМТ и ОВО после тренировки, как в женской, так и в мужской группе. При использовании 4-х контактного БИА не было выявлено значимых различий по ЖМТ, доле ЖМТ, импедансу, ТМТ и ОВО, хотя тенденции изменения показателей были аналогичны выявленным при измерении 8-ми контактным анализатором.

Эти исследования подтверждают, что физические упражнения, независимо от режима энергообеспечения (аэробные или анаэробные) оказывают существенное влияние на показатели тела и оценку состояния гидратации организма, тем самым поддерживая традиционные биологические рекомендации по соблюдению стандартных условий измерения в части исключения ФН перед исследованием.

Фактор	Сопротивление	ЖМТ	ОВО	ТМТ
Аэробная физическая нагрузка	↓	↓	↑	↑
Анаэробная (силовая) физическая нагрузка	↓	↓	↑	↑

*Dixon C.B., Andreacci J.L., Ledezma C. Effect of aerobic exercise on percent body fat using leg-to-leg and segmental bioelectrical impedance analysis in adults // International Journal of Body Composition Research. 2008. Vol. 6, N 1. P. 27–34.

**Dixon, C. B., Andreacci, J. L. Effect of Resistance Exercise on Percent Body Fat Using Leg-to-Leg and Segmental Bioelectrical Impedance Analysis in Adults // Journal of Strength and Conditioning Research. 2009. Vol. 23, N 7. P. 2025–2032. DOI: <https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e3181b6735>

Изменение показателей БИА в клинических условиях*

Scheltinga M.R. et al. (1991)* наблюдали изменения, произошедшие в показателях БИА, после внутривенной инфузии 1 л физиологического раствора, а так же после донорства 480 мл крови.

Инфузия физиологического раствора в течение 15-ти минут в количестве 1000 мл вызвала значительное уменьшение сопротивления и значительное увеличение показателя ОВО;

При этом донорство крови в объеме 480 мл вызвало противоположные изменения – значительно увеличились сопротивление организма и значительно уменьшились показатели ОВО.

Фактор	Сопротивление	ЖКМТ	ОВО	ТМТ
Донорство 480 мл. крови	↑	↑	↓	↓
Внутривенное вливание 1000 мл физиологического раствора	↓	↓	↑	↑
Зондовое питание (непосредственно перед измерением)	↑	↑	↓	↓

*Scheltinga M.R., Jacobs D.O., Kimbrough T.D., Wilmore D.W. Alterations in body fluid content can be detected by bioelectrical impedance analysis // Journal of Surgical Research. 1991. Vol. 50, N 5. P. 461–468. DOI: [https://doi.org/10.1016/0022-4804\(91\)90025-h](https://doi.org/10.1016/0022-4804(91)90025-h)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Выборная К.В. Зависимость результатов оценки водных секторов организма и статуса гидратации от возраста и морфологических параметров мужчин-спортсменов командных игровых видов спорта // Вестник новых медицинских технологий. – 2024. – № 3. – С. 112–119. DOI: 10.24412/1609-2163-2024-3-112-119. EDN HDWLAX (2024–1).
2. Выборная К.В. Особенности оценки водных секторов и статуса гидратации организма с помощью биоимпедансных анализаторов состава тела // Медицинский алфавит, серия Диетология и нутрициология. – 2024. – 16(1). – С. 25–34. (2024–2).
3. Выборная К.В. Оценка водных секторов организма и статуса гидратации высококвалифицированных боксеров методом биоимпедансометрии // Вестник спортивной науки. – 2024. – № 4. – С. 49–56. (2024–3).
4. Выборная К.В. Сравнение результатов оценки статуса гидратации баскетболистов, полученных с помощью биоимпедансных анализаторов ABC-01 Медасс и ACCUNIQ BC310 // Современные вопросы биомедицины. – 2024. – Т. 8. – № 3. стр. 233–243. DOI: 10.24412/2588-0500-2024_08_03_26 (2024–4).
5. Выборная К.В., Кобелькова И.В., Лавриненко С.В., Пузырева Г.А., Соколов А.И., Никитюк Д.Б. Современные методы оценки дегидратации у спортсменов // Вестник спортивной науки. – 2018. – № 3. – С. 25–29. (2018–1).
6. Выборная К.В., Семенов М.М., Раджабкадиев Р.М., Крикун Е.Н., Клочкова С.В., Никитюк Д.Б. Сравнительная оценка габаритных размеров и показателей состава тела мужчин-спортсменов игровых видов спорта, специализирующихся в баскетболе, футболе и водном поло // Вестник спортивной науки. – 2023. – № 6. С. – 46–54. (2023–1).
7. Выборная К.В., Семенов М.М., Раджабкадиев Р.М., Крикун Е.Н., Никитюк Д.Б. Сравнительная оценка соматотипологического профиля мужчин-спортсменов игровых видов спорта, определенного по схеме Хит-Картера аппаратным методом // Вестник спортивной науки. – 2023. – № 4. – С. 44–51. (2023–2).
8. Выборная К.В., Семенов М.М., Раджабкадиев Р.М., Никитюк Д.Б. Изменение соматотипологического профиля высококвалифицированных боксеров в зависимости от принад-

- лежности к весовой категории // Вестник спортивной науки. – 2022. – № 6. – С. 26–33.
9. Выборная К.В., Семенов М.М., Раджабкадиев Р.М., Никитюк Д.Б. Морфологические показатели боксеров высокого класса, рекомендуемые как ориентир в процессе восстановления после травм или при предсоревновательной коррекции массы тела // Вестник спортивной науки. – 2023. – № 2. – С. 35–42. (2023–3).
 10. Выборная К.В., Соколов А.И., Раджабкадиев Р.М., Кобелькова И.В., Лавриненко С.В., Пузырева Г.А. и др. Сравнение показателей состава тела, полученных с помощью двух различных приборов для биоимпедансометрии // В сб.: Однораловские морфологические чтения. Сборник научных трудов, посвященный 120-летию со дня рождения профессора Н.И. Одноралова и 100-летию ВГМУ им. Н.Н. Бурденко. – Воронеж, 2018. – С. 54–58. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32622739&pf=1> (2018–2).
 11. Глушанко В.С., Грузневич А.П., Гараничева С.Л., Аляхович Н.С., Колбасич Л.П. Основы медицинской статистики: учеб.-метод. пособие. – Витебск: ВГМУ, 2012. – 155 с.
 12. Гудимов С.В., Шкробко А.Н., Осетров И.А., Плещеев И.Е., Кузнецов М.А. Характеристика компонентного состава тела представителей игрового и циклического видов спорта // Спортивная медицина: наука и практика. – 2021. – Т. 11. – № 2. – С. 45–51. DOI: <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.2.7>.
 13. Дерябин В.Е. Краткий справочник по решению типовых задач биометрической обработки антропологических данных. М.; 2005. Рукопись, депонированная в ВИНТИ №1187-В2005 от 29.08.2005.
 14. Инструкция по эксплуатации биоимпедансного анализатора AccunIQ BC 720 <https://salusmed.spb.ru/%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80-%D1%81%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%B2%D0%B0-%D1%82%D0%B5%D0%BB%D0%B0-%D1%87%D0%B5%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%B5%D0%BA%D0%B0-accunIQ-bc720>.
 15. Инструкция по эксплуатации биоимпедансного анализатора AccunIQ BC310 https://accunIQ.pl/wp-content/uploads/2022/06/ACCUNIQ-BC310_User-Manual-English-V3.02_202106.pdf.

16. Инструкция по эксплуатации биоимпедансного анализатора Inbody720 <https://www.mirvesov.ru/soft/InBody.pdf>.
17. Инструкция по эксплуатации биоимпедансного анализатора Tanita MC-980 <https://www.mirvesov.ru/docs/guide/10595.pdf>.
18. Инструкция по эксплуатации биоимпедансного анализатора Tanita MC-780 <https://www.tehnomed.ru/upload/iblock/c99/c99f5fdb3076807fe5307b84a6292697.pdf>.
19. Мартиросов Э.Г. Применение антропологических методов в спорте, спортивной медицине и фитнесе : учеб. пособие / Э.Г. Мартиросов, С.Г. Руднев, Д.В. Николаев. – М.: Физическая культура, 2009. – 144 с. ISBN 978-5-9746-012-8.
20. Мартиросов Э.Г., Николаев Д.В., Руднев С.Г. Технологии и методы определения состава тела человека. – М.: Наука, 2006. – 248 с.
21. Мирошников А.Б., Лапаева А.Г., Танникова О.С. Влияние приема кофеиносодержащих напитков на изменение показателей состава тела, измеренных биоэлектрическим импедансом // Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта. – 2022. – Т. 17. – № 3. – С. 146–154. DOI: <https://doi.org/10.14526/2070-4798-2022-17-3-146-154>.
22. Николаев Д.В., Смирнов А.В., Бобринская И.Г., Руднев С.Г. Биоимпедансный анализ состава тела человека. – М.: Наука, 2009. – 392 с. ISBN 978-5-02-036696-1.
23. Нормальная физиология: учебник / под ред. Б. И. Ткаченко. 3-е изд., испр. и доп. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2016. – 688 с. ISBN 978-5-9704-2861-0.
24. Раджабкадиев Р.М., Выборная К.В., Мартинчик А.Н., Тимохин А.Н., Барышев М.А., Никитюк Д.Б. Антропометрические параметры и компонентный состав тела спортсменов неигровых видов спорта // Спортивная медицина: наука и практика. – 2019. – Т. 9. – № 2. – С. 46–54. DOI: <https://doi.org/10.17238/ISSN2223-2524.2019.2.46>.
25. Расшифровка результатов измерения состава тела с помощью анализаторов ACCUNIQ. <https://www.accunIQ.ru/support/blog/obuchenie/rasshifrovka-rezultatov-apparatov-accunIQ/>(дата обращения: 22.05.2024).

26. Руднев С.Г., Соболева Н.П., Стерликов С.А., Николаев Д.В., Старунова О.А., Черных С.П., Ерюкова Т.А., Колесников В.А., Мельниченко О.А., Пономарёва Е.Г. Биоимпедансное исследование состава тела населения России. – М.: РИО ЦНИИОИЗ, 2014. – 493 с.
27. Таблица результатов аппарата InBody 770. Инструкция по эксплуатации. <https://inbody-ru.ru/catalog/analizatory/InBody770/>; <https://inbody-ru.ru/technology/interpretatsiya-rezultatov/>.
28. Тутельян В.А., Гаппаров М.М.Г., Батурин А.К. Использование метода комплексной антропометрии в клинической практике для оценки физического развития и пищевого статуса здорового и больного человека: учебно-методическое пособие. – М., 2008. – 47 с.
29. Тутельян В.А., Никитюк Д.Б., Бурляева Е.А. Использование метода комплексной антропометрии в спортивной и клинической практике: методические рекомендации. – М.: Спорт, 2018. – 64 с.
30. Халафян А.А. Statistica 6. Статистический анализ данных. Учебник. – М.: ООО Бином-Пресс, 2007. – 512 с.
31. Andreacci J.L., Dixon C.B., Lagomarsine M., Ledezma C., Goss F.L., Robertson R.J. Effect of a maximal treadmill test on percent body fat using leg-to-leg bioelectrical impedance analysis in children // J Sports Med Phys Fitness. 2006. Vol. 1. 46. P. 454–457.
32. Andreacci J.L., Dixon C.B., Ledezma C., Goss F.L. Effect of intermittent sub-maximal exercise on percent body fat using leg-to-leg bioelectrical impedance analysis in children // J Sports Sci Med. 2006. Vol. 5. P. 424–430.
33. Andreacci J.L., Dixon C.B., Romoplski K., Van Gorden K.M. The effect of an after-school exercise program on percent body fat using leg-to-leg bioelectrical impedance analysis in children // Res Q Exerc Sport. 2008. Vol. 79. P. 535–539.
34. Andreacci J.L., Nagle T., Fitzgerald E., Rawson E.S., Dixon C.B. Effect of exercise intensity on percent body fat determined by leg-to-leg and segmental bioelectrical impedance analyses in adults // Research quarterly for exercise and sport. 2013. Vol. 84, N 1. P. 88–95. DOI: <https://doi.org/10.1080/02701367.2013.762314>.
35. Androutsos O., Gerasimidis K., Karanikolou A., Reilly J.J., Edwards C.A. Impact of eating and drinking on body composition

- measurements by bioelectrical impedance // *Journal of Human Nutrition and Dietetics*. 2014. Vol. 28, N 2. P. 165–171. DOI: <https://doi.org/10.1111/jhn.12259>.
36. Buffa R., Saragat B., Cabras S., Rinaldi A.C., Marini E. Accuracy of Specific BIVA for the Assessment of Body Composition in the United States Population. *PLoS One*. 2013. Vol. 8. Article e58533. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0058533>.
 37. Cornish B.H., Jacobs A., Thomas B.J., Ward L.C. Optimizing electrode sites for segmental bioimpedance measurements // *Physiol. Meas.* 1999. Vol. 20. P. 241–50.
 38. Demura S., Yamaji S., Goshi F., Nagasawa Y. The influence of transient change of total body water on relative body fats based on three bioelectrical impedance analyses methods. Comparison between before and after exercise with sweat loss, and after drinking // *J Sports Med Phys Fitness*. 2002. Vol. 42. P. 38–44.
 39. Deurenberg P., Tagliabue A., Schouten F.J.M. Multi-frequency impedance for the prediction of extracellular water and total body water. *British Journal of Nutrition*. 1995. 73(03), 349. <https://doi.org/10.1079/bjn19950038>.
 40. Deurenberg P., Weststrate J.A., Paymans I., van der Kooy K. Factors affecting bioelectrical impedance measurements in humans // *Eur. J. Clin. Nutr.* 1988. Vol. 42. P. 1017–1722.
 41. Dixon C.B., Andreacci J.L., Ledezma C. Effect of aerobic exercise on percent body fat using leg-to-leg and segmental bioelectrical impedance analysis in adults // *International Journal of Body Composition Research*. 2008. Vol. 6, N 1. P. 27–34.
 42. Dixon C.B., LoVallo S.J., Andreacci J.L., Goss F.L. The effect of acute fluid consumption on measures of impedance and percent body fat using leg-to-leg bioelectrical impedance analysis // *European Journal of Clinical Nutrition*. 2005. Vol. 60, N 1. P. 142–146. DOI: <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1602282>.
 43. Dixon, C.B., Andreacci, J. L. Effect of resistance exercise on percent body fat using leg-to-leg and segmental bioelectrical impedance analysis in adults // *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2009. Vol. 23, N 7. P. 2025–2032. DOI: <https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e3181b86735>.
 44. Dunbar C.C., Melahrinides E., Michielli D.W., Kalinski M.I. Effects of small errors in electrode placement on body composition assessment by bioelectrical impedance // *Res. Q. Exerc. Sport*. 1994. Vol. 65 P. 291–294.

45. Dupertuis Y.M., Pereira A.G., Karsegar V.L., Hemmer A., Biolley E., Collet T-H. et al. Influence of the type of electrodes in the assessment of body composition by bioelectrical impedance analysis in the supine position // *Clinical Nutrition*. 2022. Vol. 41, N 11. P. 2455-2463. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2022.09.008>.
46. Edwick D.O., Hince D.A., Rawlins J.M., Wood F.M., Edgar D.W. Alternate electrode positions for the measurement of hand volumes using bioimpedance spectroscopy // *Lymphatic research and biology*. 2020. Vol. 18, N 6, P. 560-571. DOI: <https://doi.org/10.1089/lrb.2019.0078>.
47. Elsen R., Siu M-L., Pineda O., Solomons N.W. Sources of variability in bioelectrical impedance determinations in adults // *In vivo body composition studies* / Ed. Ellis K.J. et al. London: Institute of Physical Science and Medicine, 1987. pp. 184–188.
48. Francisco R., Matias C.N., Santos D.A., Campa F., Minderico C.S., Rocha P., Heymsfield S.B., Lukaski H., Sardinha L.B., Silva A.M. The predictive role of raw bioelectrical impedance parameters in water compartments and fluid distribution assessed by dilution techniques in athletes. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2020. Vol. 17, N3. P. 759. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph17030759>.
49. Gallagher M., Walker K.Z., O’Dea K. The influence of a breakfast meal on the assessment of body composition using bioelectrical impedance // *Eur. J. Clin. Nutr.* 1998. Vol. 52. P. 94–97.
50. Goss F.L., Robertson R.J., Dube’ J., Rutkowski J., Andreacci J., Lenz B. et al. Does exercise testing affect the bioelectrical impedance assessment of body composition in children? // *Pediatr Exerc Sci*. 2003. Vol. 15. P. 216–222.
51. Grisbrook T.L., Kenworthy P., Phillips M., Gittings P.M., Wood F.M., Edgar D.W. Alternate electrode placement for whole body and segmental bioimpedance spectroscopy // *Physiological Measurement*. 2015. Vol. 36, N 10. P. 2189–2201. DOI: <https://doi.org/10.1088/0967-3334/36/10/2189>.
52. Heyward V.H., Wagner D.R. *Applied Body Composition Assessment*. Champaign, IL: Human Kinetics, 2nd edition. 2004. 268 p. ISBN: 0736046305, 9780736046305.
53. Kang S.H., Choi E.W., Park J.W. (et al). Clinical significance of the edema index in incident peritoneal dialysis patients. *PLoS*

- One. – 2016. – Vol. 11, – N. 1, e0147070. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0147070>.
54. Kovacsik R., Soós I., de la Vega R., Ruíz-Barquín R., Szabo A. Passion and exercise addiction: Healthier profiles in team than in individual sports. *Int. J. Sports Exercise Psychol.* – 2018. – Vol. 18, – N. 2. DOI: <https://doi.org/10.1080/1612197X.2018.1486873>.
55. Kushner R.F., Schoeller D.A. Estimation of total body water by bioelectrical impedance analysis. *The American Journal of Clinical Nutrition.* 1986; 44(3): 417–424. <https://doi.org/10.1093/ajcn/44.3.417>.
56. Kyle U.G., Bosaeus I., De Lorenzo A.D., Deurenberg P., Elia M., Manuel Gómez J. et al. Bioelectrical impedance analysis - part II: utilization in clinical practice // *Clinical Nutrition.* 2004. Vol. 23, N 6. P. 1430–1453. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2004.09.012>.
57. Lopot F., Nejedlý B., Novotná H., Macková M., & Sulková S.. Age-Related Extracellular to Total Body Water Volume Ratio (ECV/TBW) – Can it be Used for «Dry Weight» Determination in Dialysis Patients? Application of Multifrequency Bioimpedance Measurement. *The International Journal of Artificial Organs.* 2002; 25(8): 762–769. <https://doi.org/10.1177/039139880202500803>.
58. Melchiorri G., Viero V., Sorge R., Triossi T., Campagna A., Volpe S.L., Lecis D., Tancredi V., Andreoli A. Body composition analysis to study long-term training effects in elite male water polo athletes. *J Sports Med Phys Fitness.* – 2018. – Vol. 58. – N 9. – P. 1269–1274. DOI: <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.17.07208-5>.
59. Miura T., Matsumoto Y., Kawaguchi T. (et al). Low phase angle is correlated with worse general condition in patients with advanced cancer. *Nutr. Cancer.* – 2019. – Vol. 71, – N. 1, – P. 83–88. DOI: <https://doi.org/10.1080/01635581.2018.1557216>.
60. Moon J.R., Stout J.R., Smith A.E., Tobkin S.E., Lockwood C.M., Kendall K.L. et al. Reproducibility and validity of bioimpedance spectroscopy for tracking changes in total body water: implications for repeated measurements // *British Journal of Nutrition.* 2010. Vol. 104, N 09. P. 1384–1394. DOI: <https://doi.org/10.1017/s0007114510002254>.
61. Mota J.F., Gonzalez M.C., Lukaski H., Oto G.L., Trottier C.F., Tibaes J.R.B. et al. The influence of coffee consumption on bioe-

- lectrical impedance parameters: a randomized, double-blind, cross-over trial // *European Journal of Clinical Nutrition*. 2021. Vol. 76, N 2. P. 212–219. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41430-021-00932-3>.
62. Ohashi Y., Joki N., Yamazaki K. (et al). Changes in the fluid volume balance between intra- and extracellular water in a sample of Japanese adults aged 15–88 yr old: a cross-sectional study. *American Journal of Physiology-Renal Physiology*. – 2018. – Vol. 314, – N. 4, – P. 614–622. DOI: <https://doi.org/10.1152/ajprenal.00477.2017>.
63. Patel R.V., Matthie J.R., Withers P.O., Peterson E.L., Zarowitz B.J. Estimation of Total Body and Extracellular Water Using Single-and Multiple-Frequency Bioimpedance. *Annals of Pharmacotherapy*, 1994; 28(5): 565–569. <https://doi.org/10.1177/106002809402800501>.
64. Pérez-Morales R., Donate-Correa J., Martín-Núñez E. (et al). Extracellular water/total body water ratio as predictor of mortality in hemodialysis patients. *Renal failure*. – 2021. – Vol. 43, – N. 1. – P. 821–829. DOI: <https://doi.org/10.1080/0886022X.2021.1922442>.
65. Pialoux V., Mischler I., Mounier R., Gachon P., Ritz P., Couder J. et al. Effect of equilibrated hydration changes on total body water estimates by bioelectrical impedance analysis // *Br. J. Nutr.* 2004. Vol. 91. P. 153–159.
66. Pivarnik J.M., Montain S.J., Graves J.E., Pollock M.L. Alterations in plasma volume, electrolytes and protein during incremental exercise at different pedal speeds // *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*. 1988. Vol. 57, N 1. P. 103–109. DOI: <https://doi.org/10.1007/bf00691247>.
67. Ploutz-Snyder L.L., Convertino V.A., Dudley G.A. Resistance exercise-induced fluid shifts: change in active muscle size and plasma volume // *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*. 1995. Vol. 269, N 3. P. 536–543. DOI: <https://doi.org/10.1152/ajpregu.1995.269.3.r536>.
68. Rush E.C., Crowley J., Freitas I.F., Luke A. Validity of hand-to-foot measurement of bioimpedance: standing compared with lying position // *Obesity*. 2006. Vol. 14, N 2. P. 252–257. DOI: <https://doi.org/10.1038/oby.2006.32>.
69. Scheltinga M.R., Jacobs D.O., Kimbrough T.D., Wilmore D.W. Alterations in body fluid content can be detected by bioelectrical

- impedance analysis // Journal of Surgical Research. 1991. Vol. 50, N 5. P. 461–468. DOI: [https://doi.org/10.1016/0022-4804\(91\)90025-h](https://doi.org/10.1016/0022-4804(91)90025-h).
70. Sjogaard G., Saltin B. Extra- and intracellular water spaces in muscles of man at rest and with dynamic exercise // American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology. 1982. Vol. 243, N 3. P. 271–280. DOI: <https://doi.org/10.1152/ajpregu.1982.243.3.r271>.
71. Watson P.E., Watson I.D., Batt R.D. Total body water volumes for adult males and females estimated from simple anthropometric measurements. The American Journal of Clinical Nutrition. 1980; 33(1): 27–39. <https://doi.org/10.1093/ajcn/33.1.27>.
72. Williamson C.M., Nickerson B.S., Bechke E.E., McLester C.N., Kliszczewicz B.M. Influence of acute consumption of caffeine vs. placebo over Bia-derived measurements of body composition: a randomized, double-blind, crossover design // Journal of the International Society of Sports Nutrition. eCollection 2018. Vol. 15, N 1. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12970-018-0211-5>.
73. Yamazoe M., Mizuno A., Niwa K., Isobe M. Edema index measured by bioelectrical impedance analysis as a predictor of fluid reduction needed to remove clinical congestion in acute heart failure. Int. J. Cardiol. – 2015. – Vol. 201, – P. 190–192. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2015.07.086>.

Научное издание

**Биоимпедансометрия как элемент контроля
за водным балансом спортсменов**

Монография

**под редакцией академиков РАН
В. А. Тутельяна, Д. Б. Никитюка**

Главный редактор *Н. И. Смирнова*

Редактор *Г. И. Елагин*

Дизайнер *Л. Б. Саламаха*

Изображение на обложке *Kjpargeter / Freepik*

Подписано в печать 30.10.24. Формат 60×90 1/16.

Бумага офсет № 1. Уч.-изд. л. 6,2. Усл.-печ. л. 7,8.

Тираж 500 экз. (1-й завод 1–50 экз.). Заказ № .

Издательство «ТД ДеЛи». 141111, Москва, 3-й проезд Перова поля, д. 8,
бизнес-центр «Перово Поле», офис 422, тел. 8 (916) 280-38-56, www.deli.ru

Отпечатано в типографии ООО «Паблит»
127282, Москва, ул. Полярная, д. 31В, стр. 1. Тел.: 8 (495) 859-48-62