

## СОГЛАСОВАННОСТЬ ОЦЕНОК ДОЛИ ЖИРОВОЙ ТКАНИ, ПОЛУЧЕННЫХ С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕПРЯМЫХ (КОСВЕННЫХ) МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ СОСТАВА ТЕЛА



© Э.А. Бондарева<sup>1\*</sup>, О.И. Парфентьева<sup>2</sup>, А.А. Васильева<sup>2</sup>, Н.А. Кулемин<sup>1</sup>, А.Н. Гаджихмедова<sup>3</sup>, О.Н. Ковалева<sup>3</sup>, Б.А. Султанова<sup>4</sup>, Н.В. Мазурина<sup>4</sup>, Е.А. Трошина<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Федеральный научно-клинический центр физико-химической медицины им. академика Ю.М. Лопухина  
Федерального медико-биологического агентства, Москва, Россия

<sup>2</sup>Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

<sup>3</sup>Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова (Сеченовский университет),  
Москва, Россия

<sup>4</sup>Национальный медицинский исследовательский центр эндокринологии, Москва, Россия

**Обоснование.** Неуклонно возрастающее число людей с ожирением требует разработки простых и точных методологических подходов для количественной оценки абсолютного и относительного количества жировой массы тела. Одним из индексов, предложенных для количественной оценки относительного количества жировой массы — доли жировой массы, является индекс жиротложения (ИЖ, BAI, body adiposity index). Однако данные о согласованности оценок доли жировой массы, получаемые с применением распространенных методов скрининга (биоимпедансного анализа (БИА) и ультразвукового исследования (УЗИ)) и ИЖ, для российской популяции отсутствуют.

**Цель.** Анализ согласованности результатов оценки доли жировой массы тела, полученной с применением методов БИА, УЗИ и ИЖ, у взрослых мужчин и женщин.

**Материалы и методы.** Было проведено обследование взрослых условно-здоровых мужчин и женщин, проживающих в г. Москве. Были измерены длина и масса тела, обхват талии и бедер. Долю жировой массы тела определяли с применением БИА (ABC-02 «Медасс»), УЗИ (BodyMetrix™, IntelaMetrix) и проводили расчет ИЖ.

**Результаты.** В исследовании приняли участие 263 женщины и 134 мужчины от 18 до 73 лет. Коэффициенты корреляции ИЖ с долей жировой массы (%ЖМ), рассчитанной по результатам БИА и УЗИ, составили 0,749 и 0,763 ( $p < 0,000$ ) соответственно. Анализ согласованности результатов оценки %ЖМ, определенной по значению ИЖ, БИА и УЗИ, показал, что ИЖ демонстрирует слабую согласованность (коэффициент конкордантной корреляции (ССС)  $< 0,90$ ) с обоими инструментальными методами как на уровне общей выборки, так и в подгруппах по полу. При этом методы УЗИ и БИА демонстрируют наиболее высокий уровень согласованности (ССС = 0,84 [0,80–0,86]) и отсутствие систематического смещения. Наименее согласованными оказались результаты определения %ЖМ в подгруппе мужчин.

**Заключение.** Полученные результаты позволяют заключить, что оценка %ЖМ по значению ИЖ на индивидуальном уровне не может служить заменой косвенным методам, тогда как на групповом уровне в смешанной выборке мужчин и женщин все три метода являются взаимозаменяемыми.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** доля жировой массы; состав тела; ультразвуковое сканирование; биоимпедансный анализ; индекс жиротложения; BAI.

## AGREEMENT OF BODY ADIPOSITY INDEX (BAI), BIOIMPEDANCE ANALYSIS AND ULTRASOUND SCANNING IN DETERMINING BODY FAT

© Elvira A. Bondareva<sup>1\*</sup>, Olga I. Parfenteva<sup>2</sup>, Aleksandra A. Vasileva<sup>2</sup>, Nikolay A. Kulemin<sup>1</sup>, Aida N. Gadziakhmedova<sup>1,3</sup>, Olga N. Kovaleva<sup>3</sup>, Begimay A. Sultanova<sup>4</sup>, Natalya V. Mazurina<sup>4</sup>, Ekaterina A. Troshina<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Lopukhin Federal research and clinical center of physical-chemical medicine, Federal medical biological agency, Moscow, Russia

<sup>2</sup>Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

<sup>3</sup>First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russia

<sup>4</sup>Endocrinology Research Centre, Moscow, Russia

**BACKGROUND:** The steadily increasing number of people with obesity requires the development of simple and accurate methodological approaches to assess the absolute and relative amount of body fat mass. The body adiposity index (BAI) is one of the indices proposed to assess the body fat percentage. However, the comparison analysis of common methods, i.e., of bio-electrical impedance analysis and ultrasound scanning, and BAI was not performed for the Russian population.

**AIM:** Comparison analysis of the body fat percentage estimates by bio-electrical impedance analysis, ultrasound scanning, and body adiposity index in the group of adult male and females.

**MATERIALS AND METHODS:** An examination of healthy males and females from Moscow was conducted. Height, weight, waist and hip circumferences were measured. The body fat percentage was obtained by bio-electrical impedance analysis — BIA (ABC-02 Medas), ultrasound scanning — US (BodyMetrix™, IntelaMetrix), and body adiposity index.

\*Автор, ответственный за переписку / Corresponding author.



**RESULTS:** 263 females and 134 males aged 18 to 73 years participated in the study. Correlation coefficients between BAI values and the body fat percentage obtained by BIA and US were 0.749 and 0.763 ( $p < 0.000$ ), respectively. Comparison of body fat percentage measurements obtained by BAI, BIA and US showed the low agreement ( $CCC < 0.90$ ) between BAI and other methods in pooled sample as well as in the female and male groups. Comparison of the US and BAI methods revealed higher level of agreement ( $CCC = 0.84$  [0.80–0.86]) and no systematic bias. Lower level of agreement was obtained in the group of males.

**CONCLUSION:** Conducted study allows to conclude that, at the individual level, BAI is not an appropriate method for estimating the body fat percentage relatively to other indirect methods. However, all three methods can be used in the group of pooled males and females when testing at the population level.

**KEYWORDS:** *percentage body fat; body composition; ultrasound scanning; bio-electrical impedance analysis; body adiposity index; BAI.*

## ОБОСНОВАНИЕ

Количество жира и характер его отложения играют ведущую роль в развитии целого ряда коморбидных заболеваний у людей с избыточной массой тела и ожирением [1]. Количественная оценка доли жировой массы тела (%ЖМ) может быть проведена различными методами: от мощных и дорогостоящих до полевых экспресс-оценочных. Индекс массы тела (ИМТ) широко применяется для диагностики и классификации ожирения. Однако ИМТ обладает слабой чувствительностью на индивидуальном уровне, так как не отражает состав тела. Известно множество аспектов, которые делают ИМТ неприменимым у пожилых людей, людей с нервно-мышечной патологией и у спортсменов. Неуклонно возрастающее количество людей с ожирением требует разработки простых и точных методологических подходов для количественной оценки абсолютного и относительного количества жировой массы. В этой связи актуальным является анализ целесообразности использования различных антропометрических индексов, которые позволяют количественно оценить состав тела, используя простые антропометрические показатели (длину и массу тела, обхваты талии и бедер). Использование информативных антропометрических индексов позволит проводить скрининг широких слоев населения с минимальными затратами для системы здравоохранения. Одним из индексов, предложенных для количественной оценки относительного количества жировой массы — %ЖМ, является индекс жиротложения (ИЖ, BAI, body adiposity index). ИЖ был разработан на группе взрослых мексиканских мужчин [2] и был успешно валидирован в группе афроамериканских мужчин и женщин, что позволяет предположить его универсальность для различных популяций [3]. При использовании DEXA в качестве стандарта было показано, что ИЖ лучше, чем ИМТ, определяет %ЖМ [2]. Высокие значения ИЖ были ассоциированы с повышенной концентрацией глюкозы натощак, гликированного гемоглобина, также высокие значения ИЖ были ассоциированы с риском развития сахарного диабета 2-го типа и метаболического синдрома в европейской популяции вне зависимости от пола, возраста, уровня физической активности и медикаментозной терапии [4].

## ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Оценить согласованность результатов определения %ЖМ, полученной с применением методов биоимпедансного анализа (БИА), ультразвукового исследования (УЗИ) и ИЖ, у взрослых мужчин и женщин.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

### Дизайн исследования

Проведено наблюдательное одноцентровое одномоментное неконтролируемое исследование.

*Критерии соответствия*

*Критерии включения:* возраст более 17 лет.

*Критерии исключения:* наличие металлических имплантов, кардиостимулятора, беременность и период лактации, наличие сахарного диабета и нарушений функции щитовидной железы.

### Условия проведения и продолжительность исследования

В исследование включались добровольцы, удовлетворяющие критериям включения. Сбор данных проходил с февраля 2021 г. по ноябрь 2022 г.

### Описание медицинского вмешательства (для интервенционных исследований)

Программа обследования включала измерение длины тела (лазерный антропометр, КАФА, Россия) и массы тела (Seca, Германия), обхватов талии и бедер неэластичной измерительной лентой. БИА компонентов состава тела проводили с применением ABC-02 «Медасс» (НТЦ «Медасс», Россия) по схеме запястье-голеностоп [5]. Использовали одноразовые пленочные биоадгезивные электроды для ЭКГ (FIAB 3001, Италия). УЗИ проводили с применением сканера BodyMetrix™ (IntelMetrix, США) [6]. Измерения проводили в семи точках на корпусе и конечностях, соответствующих кожно-жировым складкам для уравнений Джексона–Поллока для семи складок [7, 8].

### Основной исход исследования

В качестве основных конечных точек исследования были приняты следующие параметры: средняя разница значений, границы согласованности, коэффициент конкордантной корреляции Лина и размер эффекта (разница средних для парных выборок), а также значение теста проверки статистической эквивалентности для %ЖМ, определенной с применением ABC-02 «Медасс», BodyMetrix™ и ИЖ.

### Дополнительные исходы исследования

В качестве дополнительных конечных точек исследования были приняты следующие параметры: значения коэффициентов уравнения регрессии Пассинга–Баблока для попарных сравнений показателей %ЖМ, определенной с применением ABC-02 «Медасс», BodyMetrix™ и ИЖ, имеющих вид точечная оценка [95%ДИ].

### Анализ в подгруппах

Всех участников исследования разделили на две подгруппы: мужчины и женщины.

### Методы регистрации исходов

Диагностика нутритивного статуса проводилась по значению ИМТ согласно рекомендациям ВОЗ. Оценку %ЖМ проводили тремя методами: по результатам БИА (ABC-02 «Медасс», НТЦ «Медасс», Россия) в программном обеспечении ABC01-0362 были определены жировая масса (ЖМ, кг), %ЖМ и безжировая масса (БЖМ, кг), по результатам УЗИ (BodyMetrix, IntelaMetrix, США) рассчитывали %ЖМ, ЖМ и БЖМ по формулам Джексона–Поллока, реализованным в программном обеспечении BodyViewProFit (IntelaMetrix, Inc., Livermore, CA). Также рассчитывали ИЖ по формуле, предложенной Бергманом [2]:

$$BAI (ИЖ) = [(обхват бедер, см/длина тела, м^{1.5}) - 18].$$

Исследования выполнялись в первой половине дня в условиях покоя и при комфортной температуре (температура в помещении 24°C). Временной интервал между БИА и УЗИ составлял не более 30 минут.

### Этическая экспертиза

Было получено положительное заключение локального комитета по биоэтике биологического факультета МГУ имб М.В. Ломоносова (№ 116-д от 08.09.2020 г.). Все добровольцы, участвовавшие в обследовании, были осведомлены о целях и методах обследования и дали свое информированное согласие.

### Статистический анализ

#### Принципы расчета размера выборки.

Для достижения 80% мощности исследования при уровне ошибки первого рода 5% ( $\alpha=0,05$ ) в тесте статистической эквивалентности (TOST) размер выборки должен быть не менее 96 пар измерений.

### Методы статистического анализа данных.

Использованы графики Гарднера–Альтмана (package «dabestr») для визуализации сравнения парных измерений и графики Бланда–Альтмана (Bland-Altman) и регрессия Пассинга–Баблока — для демонстрации их согласованности. При анализе согласованности повторных измерений руководствовались международными стандартами (CLSI EP09-A3 и ГОСТ Р 50779.60-2017 (ИСО 13528:2015)) и «Руководством по составлению отчетов об исследованиях надежности и согласованности (GRRAS)» [9]. В частности, использовали робастный непараметрический метод — регрессию Пассинга–Баблока [10]. В качестве меры согласованности использовали коэффициент конкордантной корреляции Лина (CCC — Lin's concordance correlation coefficient) (package «epiR»). Метод принято считать пригодным для исследовательской и клинической практики (надежным), когда нижняя граница 95% доверительного интервала (ДИ) для CCC > 0,99. Если верхняя граница 95% ДИ < 0,90, то степень согласованности является низкой [11]. Анализ статистической эквивалентности двух методов проводили с применением тестов TOST (two one-side tests), NHST (null hypothesis significance test) (package «TOSTER»). Проверку согласия распределения с нормальным законом проводили с применением алгоритмов бутстрепа (PAST), описательную статистику, разведочный анализ данных и корреляционный анализ — в программах PAST [12] и JASP [13]. Для анализа различий между подгруппами, сформированными по полу, использовали тест Уилкоксона для независимых выборок. Для контроля ошибки первого рода использовали поправку Бонферрони.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

### Объекты (участники) исследования

В исследовании приняли участие 263 женщины и 134 мужчины от 18 до 73 лет, проживающие в г. Москве. Недостаток массы тела по ИМТ был выявлен

Таблица 1. Общая характеристика обследованной выборки

Признак	Медиана [95% ДИ]	
	Женщины	Мужчины
Возраст, лет*	28 [25–31]	24,5 [21,5–26]
Длина тела, см	166 [165–168]	177,8 [176–179,1]
Масса тела, кг	62,9 [61–65,3]	75,9 [72–78,8]
ИМТ кг/кв. м*	22,2 [22–22,8]	23,1 [22,7–23,5]
%ЖМ (БИА)	28,5 [27,6–30]	16,8 [15,9–18,9]
ЖМ, кг (БИА)*	17,9 [16,9–19,3]	12,3 [11,6–14,3]
БЖМ, кг (БИА)	44,5 [43,8–45,4]	61,9 [60,1–63,7]
%ЖМ (УЗИ)	27,6 [27,2–28,7]	15,1 [14,2–16,7]
ЖМ, кг (УЗИ)	17 [16,4–17,7]	11,2 [10,2–12,1]
БЖМ, кг (УЗИ)	44,7 [43,8–46]	64,4 [61,7–66,5]
ИЖ	26,8 [25,8–27,5]	22,6 [21,8–23,4]
Обхват талии, см	71,7 [70,4–73,5]	78,9 [77,4–81]
Обхват бедер, см*	97,1 [96–99]	96,7 [95,3–99]

Примечание. \* — отсутствие значимых различий между подгруппами.

Note. \* — absence of significant differences between subgroups.

у 28 (20 женщин и 8 мужчин) обследованных, нормальная масса тела по ИМТ — у 258 (179 женщин и 79 мужчин), избыточная — у 68 (40 женщин и 28 мужчин) и ожирение — у 43 (24 женщины и 19 мужчин).

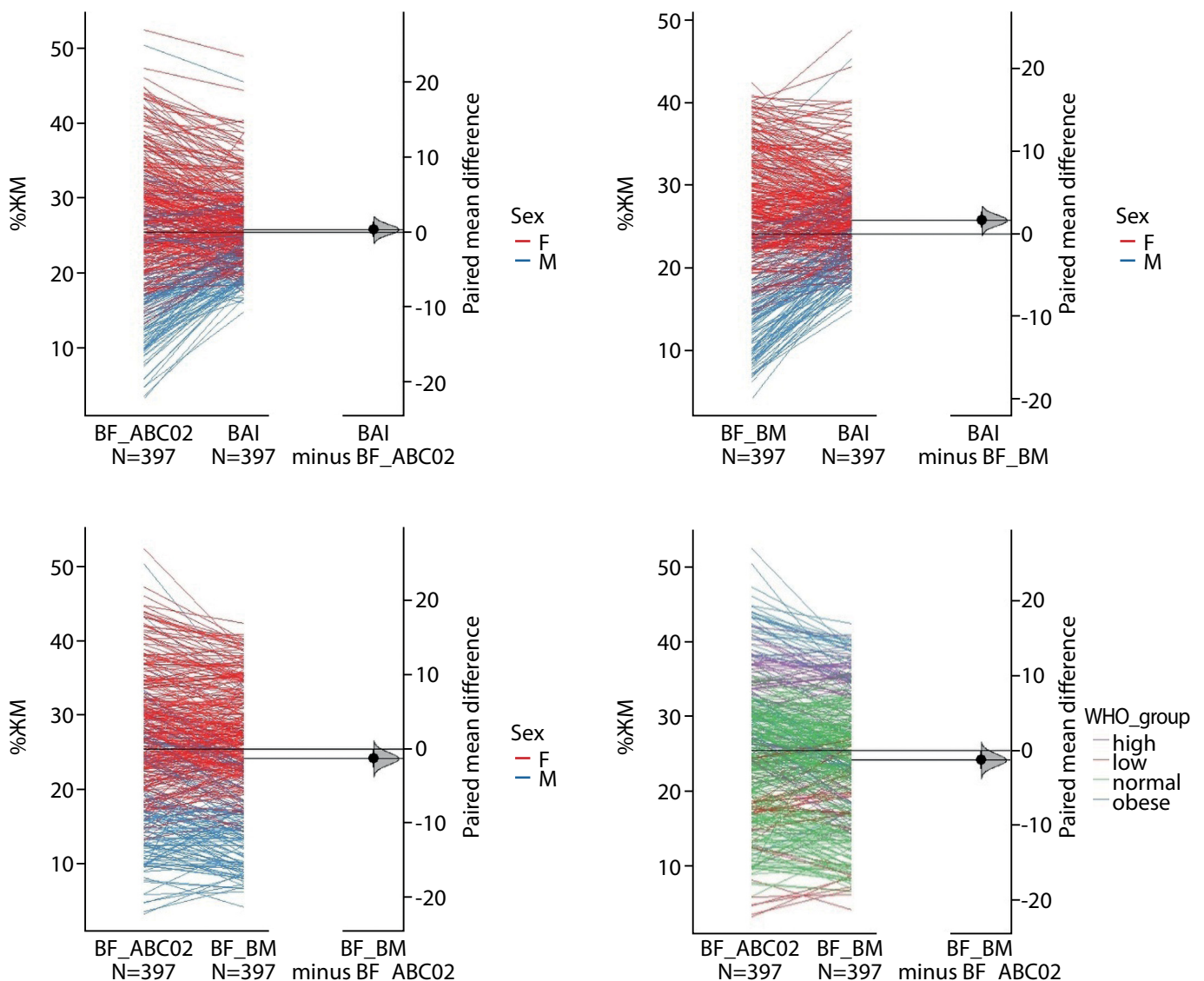
### Основные результаты исследования

Значения основных исследованных признаков в подгруппах мужчин и женщин, а также значимость межгрупповых различий представлены в таблице 1. По всем признакам, кроме возраста, ИМТ, абсолютного значения ЖМ, определенной методом БИА и обхвату бедер, были обнаружены значимые различия между подгруппами, сформированными по полу. Коэффициенты корреляции ИЖ с %ЖМ, рассчитанной по результатам БИА и УЗИ, составили 0,749 и 0,763 ( $p < 0,000$ ) соответственно.

Графики Гарднера–Альтмана (рис. 1) демонстрируют ничтожный размер эффекта для пар сравнений %ЖМ,

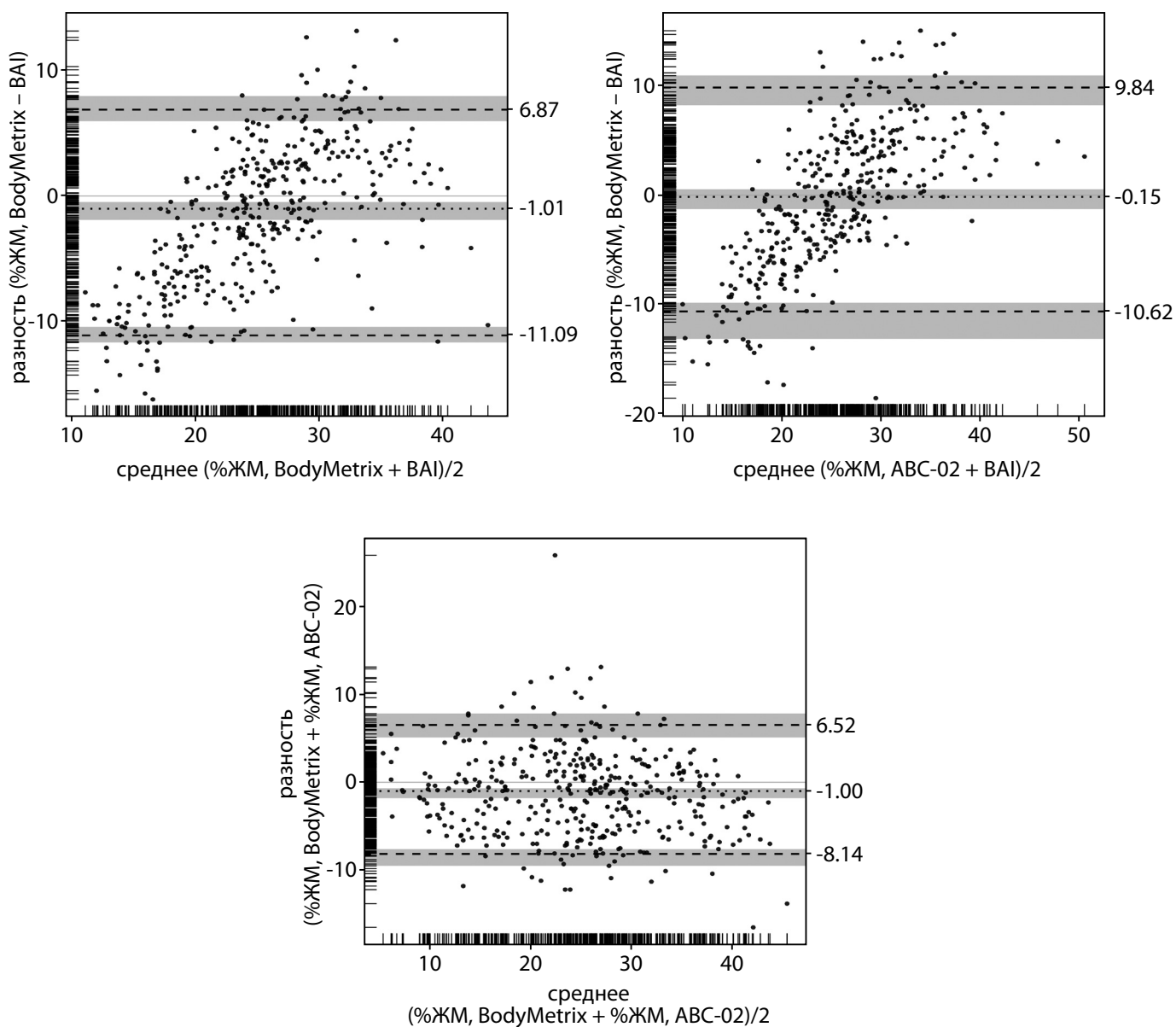
а также половой диморфизм значений %ЖМ, который детектируют все исследованные методы. Вероятно, при сравнении больших выборок средние групповые оценки %ЖМ, полученные методами БИА, УЗИ и ИЖ, могут быть объединены или сопоставляться непосредственно. Анализ статистической эквивалентности для пар измерений УЗИ-БИА, УЗИ-ИЖ и БИА-ИЖ позволил сделать следующие выводы: на общегрупповом уровне %ЖМ УЗИ и ИЖ статистически эквивалентны. В подгруппе женщин статистически эквивалентны результаты пары УЗИ-БИА. Для подгруппы мужчин ни для одной пары сравнений не была показана статистическая эквивалентность исследуемых методов для оценки %ЖМ. Эти выводы для общегруппового сравнения иллюстрируют размер эффекта и его 95% ДИ, представленный на графиках Гарднера–Альтмана.

Анализ Бланда–Альтмана (рис. 2) выявил наличие незначительного систематического смещения для



**Рисунок 1.** Графики Гарднера–Альтмана для показателей %ЖМ, рассчитанных по результатам БИА, УЗИ и ИЖ в подгруппах женщин и мужчин, а также в подгруппах по значению ИМТ. Примечание. Paired mean difference — размер эффекта для парных выборок; Sex — пол; F — женщины; M — мужчины; BF — %ЖМ; WHO\_group — нутритивный статус обследованного по классификации ВОЗ.

**Figure 1.** Gardner-Altman plots for %BF calculated from the results of BIA, ultrasound and BAI in subgroups of women and men, as well as in subgroups by BMI value. Note. Paired mean difference — effect size for paired samples. Sex — gender, F — women, M — men. BF — %BF. WHO\_group — nutritional status of the examined according to the WHO classification.



**Рисунок 2.** Графики Бленда–Альтмана для пар значений %ЖМ, рассчитанных по результатам БИА, УЗИ и ИЖ. Серая область — границы 95% ДИ для границ согласованности. Центральная пунктирная линия — смещение. Примечание. BAI — индекс жировотложения (ИЖ).

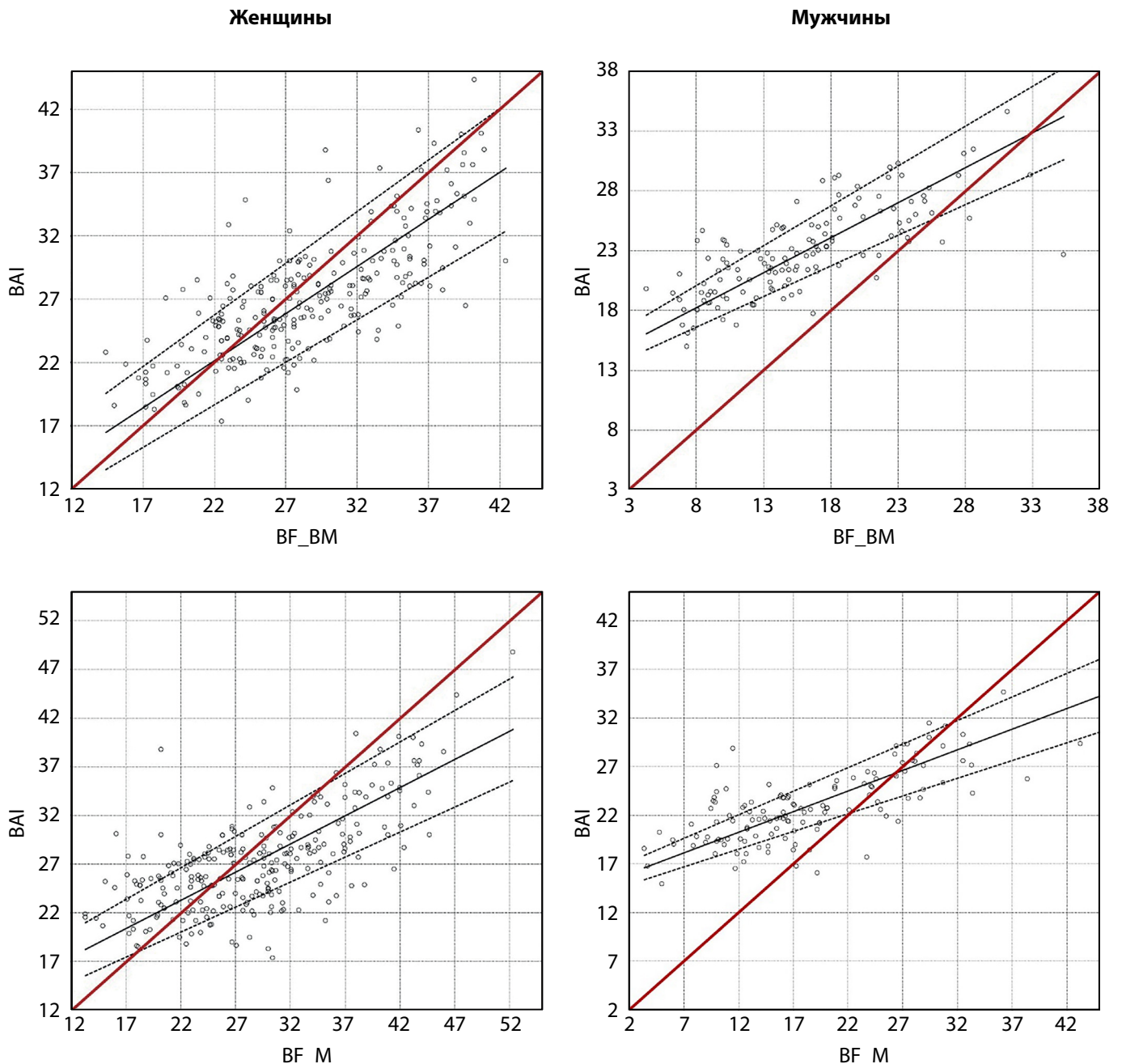
**Figure 2.** Bland-Altman plots for pairs of %BF values calculated from the results of BIA, ultrasound and BAI. The gray area is the 95% CI bounds for the concordance bounds. The central dotted line is the bias. Note. BAI — body adiposity index.

всех попарных сравнений. Для пар измерений УЗИ-ИЖ и БИА-ИЖ обнаружено изменение разности пар измерений в зависимости от значения %ЖМ: в области низких значений 10–20 %ЖМ ИЖ дает большую оценку %ЖМ, по сравнению с УЗИ и БИА, в области выше 30% ЖМ УЗИ и БИА показывают большие значения, чем ИЖ. Данная зависимость отсутствует в паре УЗИ-БИА. Границы согласованности для пар УЗИ-ИЖ и БИА-ИЖ составили 17,9 и 20,5 соответственно. Для пары УЗИ-БИА границы согласованности оказались самыми узкими и составили 14,7.

Расчет ИЖ основан, в отличие от многих других антропометрических индексов, на обхвате бедер (ягодиц). Хорошо известно, что существуют половые различия в топографии жировотложения, так, для женщин более характерен глутео-фemorальный тип, а для мужчин — абдоминальный. В обследованной выборке между

подгруппами мужчин и женщин присутствуют значимые различия по ИЖ и длине тела, но данные подгрупп не отличаются по обхвату бедер (см. табл. 1). Поэтому было проведено исследование согласованности оценок в подгруппах мужчин и женщин. Согласованность для всех пар измерений оказалась выше для подгруппы женщин (табл. 2, рис. 3), хотя для обеих подгрупп она является слабой ( $CCC < 0,90$ ). Предположительно выраженные особенности фигуры (жировотложение на бедрах) могут значительно влиять на оценку %ЖМ по ИЖ, в отличие от расчета по формулам, учитывающим толщину кожно-жировых складок на корпусе и конечностях, реализованным в программном обеспечении ультразвукового сканера.

Анализ согласованности результатов оценки %ЖМ, определенной по значению ИЖ, БИА и УЗИ, показал, что ИЖ демонстрирует слабую согласованность с обоими



**Рисунок 3.** Регрессия Пассинга–Баблока для пар значений %ЖМ в подгруппах мужчин и женщин. Красная линия — линия идеальной согласованности (CCC=1), пунктирные линии — предсказательные интервалы, черная сплошная линия — линия регрессии.

**Примечание.** BAI — индекс жиротложения; BF\_M — %ЖМ, определенный в БИА; BF\_BM — %ЖМ, определенный в УЗИ.

**Figure 3.** Passing-Bablok regression for pairs of %BF values, in subgroups of men and women. The red line is the line of perfect agreement (CCC = 1), the dotted lines are predictive intervals, the black solid line is the regression line.

**Note.** BAI — body adiposity index, BF\_M — %BF, determined in BIA, BF\_BM — %BF, determined in ultrasound.

инструментальными методами как на уровне общей выборки, так и в подгруппах по полу (рис. 3, табл. 2). При этом методы УЗИ и БИА демонстрируют наиболее высокий уровень согласованности и отсутствие систематического смещения (см. рис. 1 и 2). Наименее согласованными оказались результаты определения %ЖМ в подгруппе мужчин. Для данной подгруппы различия в оценке %ЖМ оказались наиболее выраженными: размер эффекта достигает среднего и большого для пар БИА-ИЖ и УЗИ-ИЖ соответственно (см. табл. 2). Для сравнения в объединенной выборке для всех пар размер эффекта следует признать ничтожным.

#### Дополнительные результаты исследования

Были получены уравнения Пассинга–Баблока для подгрупп женщин:

1. ИЖ = 10,56 [8,68÷12,40] + 0,58 [0,51÷0,65] × %ЖМ(ABC-02);
2. ИЖ = 5,76 [3,83÷7,78] + 0,74 [0,67÷0,82] × %ЖМ(BM);

и мужчин:

3. ИЖ = 15,19 [14,16÷16,23] + 0,42 [0,36÷0,48] × %ЖМ(ABC-02);
4. ИЖ = 13,52 [12,47÷14,75] + 0,59 [0,51÷0,67] × %ЖМ(BM).

Таблица 2. Значения коэффициента конкордантной корреляции Лина ССС и размера эффекта d Коуэна [95% ДИ]

Группа	БИА vs УЗИ		БИА vs ИЖ		УЗИ vs ИЖ	
	ССС	d	ССС	d	ССС	d
Общая	0,84 [0,80–0,86]	-0,14 [-0,19–0,08]	0,63 [0,58–0,67]	-0,04 [-0,11–0,03]	0,65 [0,61–0,69]	-0,19 [-0,26–0,13]
Женщины	0,77 [0,72–0,81]	-0,07 [-0,15–0,01]	0,60 [0,53–0,66]	0,25 [0,15–0,35]	0,72 [0,66–0,77]	0,21 [0,12–0,29]
Мужчины	0,71 [0,62–0,77]	-0,34 [-0,45–0,23]	0,49 [0,41–0,56]	-0,52 [-0,64–0,39]	0,37 [0,29–0,44]	-1,18 [-1,33–1,03]

### Нежелательные явления

В ходе обследования нежелательных явлений зафиксировано не было. Все измерительные методы и процедуры являются неинвазивными и разрешены к применению у детей с 6 лет. Проведение данных процедур не сопровождалось ухудшением самочувствия или другими жалобами со стороны обследованных добровольцев.

## ОБСУЖДЕНИЕ

### Резюме основного результата исследования

Оценка %ЖМ с использованием ИЖ на индивидуальном уровне в подгруппах мужчин и женщин не может быть заменой БИА и/или УЗИ. Однако на групповом уровне средние значения %ЖМ, полученные с применением БИА или УЗИ, могут быть использованы для непосредственного сравнения со значением ИЖ.

### Обсуждение основного результата исследования

Впервые для российской выборки мужчин и женщин был проведен анализ возможности использования ИЖ для оценки %ЖМ на индивидуальном и групповом уровнях. Полученные результаты позволяют заключить, что оценка %ЖМ по значению ИЖ на индивидуальном уровне не может служить заменой косвенным методам, тогда как на групповом уровне в смешанной выборке мужчин и женщин все три метода являются взаимозаменяемыми. Аналогичный результат был получен при валидации ИЖ в группе взрослых, проживающих в Бразилии. Авторами были выявлены аналогичные тенденции: ИЖ переоценивает %ЖМ в диапазоне низких значений %ЖМ, определенных методом DEXA, и недооценивает в области высоких значений %ЖМ [14]. Анализ согласованности ИЖ и воздушнозаместительной плетизмографии (ВЗП) в группе людей с морбидным ожирением выявил систематическое смещение: в области значений 38–50% ЖМ ИЖ показывает значения ниже, чем ВЗП. В области выше 50% — выше, чем ВЗП; ССС для пары измерений ИЖ-ВЗП составил 0,551 [3].

Как уже было сказано выше, ИЖ демонстрирует ассоциации с различными патологическими состояниями, коморбидными ожирению. Однако результаты исследований возможности использования ИЖ как диагностического инструмента для оценки риска кардиометаболических патологий противоречивы. Анализ возможности использования различных антропометрических индексов для диагностики неалкогольной жировой болезни печени в китайской популяции выявил преимущество ИМТ и обхвата талии перед ИЖ [15]. В данном исследовании проводился корреляционный анализ взаимосвязи функции щитовидной железы (уровни тиреотропного гормона (ТТГ), свободного трийодтиронина (св.Т3), свободного тироксина (св.Т4)) и антропометрических параметров (дли-

на и масса тела, окружность талии, окружность бедер) у 675 человек, из которых 80% — женщины, средний возраст которых составлял 38±17 лет, средний ИМТ составил 38±6 кг/м<sup>2</sup>. Для группы людей с нервно-мышечной патологией, которые имели избыточный вес и ожирение, было показано, что ТТГ положительно коррелирует с ИЖ (p<0,001), ИМТ (p=0,0002), %ЖМ (p<0,001) и отрицательно с индексом талия/бедро (ИТБ) (p<0,017). Св.Т4 не был связан ни с одним из антропометрических показателей. Св.Т3 положительно коррелировал с обхватом талии (p<0,001), СТБ (p<0,001) и отрицательно — с %ЖМ (p<0,001), ИЖ (p=0,002) [16]. ИЖ в группе взрослых старше 40 лет, у которых на момент исследования было меньше трех кардиометаболических нарушений, составил 26,4, в группе, где число кардиометаболических нарушений было выше трех, — 29,7. Однако, несмотря на значимые различия между группами с патологиями и без таковых, ИЖ не может быть использован для оценки кардиометаболических рисков в группе мужчин и женщин старше 40 лет ввиду его низкой специфичности и чувствительности [17]. ИЖ в группе пожилых китайцев без диабета был равен 28,9 (26,3–31,7), в группе с диабетом — 29,7 (26,8–32,9), что не позволяет использовать ИЖ в данной популяции в качестве диагностического инструмента для диагностики сахарного диабета 2-го типа. Для группы женщин старше 40 лет было показано, что ИЖ является хорошим предиктором недостатка мышечной массы тела. Значение ИЖ у пожилых женщин без недостатка БЖМ составило 36,3±4,36, а в группе с недостатком мышечной ткани — 42,8±5,04 [18]. Корреляция ИЖ с БЖМ, определенной по результатам УЗИ и БИА, в группе российских взрослых была слабой (-0,11 и -0,18 соответственно) и не достигла уровня статистической значимости. Анализ в подгруппах мужчин и женщин показал, что согласованность оценок %ЖМ в подгруппе мужчин слабая и методы нельзя признать статистически эквивалентными. Вероятно, оценка %ЖМ, основанная на обхвате бедер, не может быть надежным индикатором %ЖМ у мужчин ввиду половых различий в топографии жирового отложения.

### Резюме дополнительных результатов исследования

Были получены регрессионные уравнения для подгрупп мужчин и женщин, которые в дальнейшем могут быть использованы для создания уравнений пересчета значений ИЖ в %ЖМ, полученных методами УЗИ и БИА.

### Обсуждение дополнительных результатов исследования

Возможность использования ИЖ для оценки %ЖМ, сопоставимой с оценками, получаемыми в БИА и УЗИ, может быть реализована при наличии популяционно-специфичных формул для пересчета. В перспективе

представляются целесообразными проведение данной методической работы и проверка точности получаемых скорректированных оценок %ЖМ.

### Ограничения исследования

К основному ограничению исследования стоит отнести отсутствие золотого стандарта определения ЖМ тела. Это не позволило провести оценку точности определения %ЖМ методами БИА, УЗИ и ИЖ.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Оценка %ЖМ по ИЖ (ВАИ) на индивидуальном уровне у мужчин и женщин не является эквивалентной БИА и/или УЗИ.

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

**Источники финансирования.** Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РНФ №22-75-10122 «Оценка влияния

эндогенных и экзогенных факторов на развитие различных типов ожирения».

**Конфликт интересов.** Трошина Е.А. — член редакционной коллегии журнала «Ожирение и метаболизм».

**Участие авторов.** Бондарева Э.А. — разработка протокола исследования, сбор и анализ данных, написание текста статьи; Парфентьева О.И. — проведение УЗ-сканирования, написание текста статьи; Васильева А.А. — проведение биоимпедансометрии; Кулемин Н.А. — анализ данных; Гаджихмедова А.Н. — проведение антропометрического обследования; Ковалева О.Н. — проведение антропометрического обследования, подготовка рукописи; Султанова Б.А. — анализ данных, полученных при обследовании пациентов с избыточной массой тела и ожирением; Мазурина Н.В. — анализ данных, написание текста статьи; Трошина Е.А. — критическая интерпретация результатов, утверждение финального текста рукописи. Все авторы одобрили финальную версию статьи перед публикацией, выразили согласие нести ответственность за все аспекты работы, подразумевающую надлежащее изучение и решение вопросов, связанных с точностью или добросовестностью любой части работы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

- De Lorenzo A, Gratteri S, Gualtieri P, et al. Why primary obesity is a disease? *J Transl Med.* 2019;17(1):169. doi: <https://doi.org/10.1186/s12967-019-1919-y>
- Bergman RN, Stefanovski D, Buchanan TA, et al. A better index of body adiposity. *Obesity (Silver Spring).* 2011;19(5):1083-1089. doi: <https://doi.org/10.1038/oby.2011.38>
- Belarmino G, Torrinhas RS, Sala P, et al. A new anthropometric index for body fat estimation in patients with severe obesity. *BMC Obes.* 2018;5(1):25. doi: <https://doi.org/10.1186/s40608-018-0202-8>
- Amiri P, Javid AZ, Moradi L, et al. Associations between new and old anthropometric indices with type 2 diabetes mellitus and risk of metabolic complications: a cross-sectional analytical study. *J Vasc Bras.* 2021;20(1):25. doi: <https://doi.org/10.1590/1677-5449.200236>
- Николаев Д.В., Смирнов А.В., Бобринская И.Г., Руднев С.Г. *Биоимпедансный анализ состава тела человека.* — М.: Наука; 2009. — 392 с. [Nikolaev DV, Smirnov AV, Bobrinskaja IG, Rudnev SG. *Bioimpedansnyj analiz sostava tela cheloveka.* Moscow: Nauka; 2009. 392 p. (In Russ.)].
- Bielemann RM, Gonzalez MC, Barbosa-Silva TG, Orlandi SP, Xavier MO, Bergmann RB, Formoso Assunção MC. Estimation of body fat in adults using a portable A-mode ultrasound. *UNSCN Nutr.* 2015;32(4):441-446. doi: <https://doi.org/10.1016/j.nut.2015.10.009>
- Jackson AS, Pollock ML. Generalized equations for predicting body density of men. *Br J Nutr.* 1978;40(3):497-504. doi: <https://doi.org/10.1079/bjn19780152>
- Jackson AS, Pollock ML, Ward A. Generalized equations for predicting body density of women. *Med Sci Sports Exerc.* 1980;12(3):175-181.
- Kottner J, Audige L, Brorson S, et al. Guidelines for Reporting Reliability and Agreement Studies (GRRAS) were proposed. *Int J Nurs Stud.* 2011;48(6):661-671. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2011.01.016>
- Keller T. Tool: Passing-Bablok Regression and CUSUM test. ACOMED statistic. [cited 19.04.2023] Available from: [www.acomed-statistik.de](http://www.acomed-statistik.de)
- Martins WP, Nastri CO. Interpreting reproducibility results for ultrasound measurements. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2014;43(4):479-480. doi: <https://doi.org/10.1002/uog.13320>
- Hammer Ø, Harper DAT, Ryan PD. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica.* 2001;4(1):9. Available from: <https://www.nhm.uio.no/english/research/resources/past/>
- JASP Team 2022. JASP (version 0.16.4) [Computes software]
- Segheto W, Coelho FA, Cristina Guimarães da Silva D, et al. Validity of body adiposity index in predicting body fat in Brazilians adults. *Am J Hum Biol.* 2017;29(1):e22901. doi: <https://doi.org/10.1002/ajhb.22901>
- Xie F, Pei Y, Zhou Q, et al. Comparison of obesity-related indices for identifying nonalcoholic fatty liver disease: a population-based cross-sectional study in China. *Lipids Health Dis.* 2021;20(1):132. doi: <https://doi.org/10.1186/s12944-021-01560-3>
- Demir Ş, Kara Y, Melikoğlu M, et al. New anthropometric measurements: Relationship to thyroid functions in euthyroid obese subjects. *Cureus.* 2021;20(1):132. doi: <https://doi.org/10.7759/cureus.20435>
- Xu J, Zhang L, Wu Q, et al. Body roundness index is a superior indicator to associate with the cardio-metabolic risk: evidence from a cross-sectional study with 17,000 Eastern-China adults. *BMC Cardiovasc Disord.* 2021;21(1):97. doi: <https://doi.org/10.1186/s12872-021-01905-x>
- do Nascimento RA, Vieira MCA, dos Santos Aguiar Gonçalves RS, et al. Cutoff points of adiposity anthropometric indices for low muscle mass screening in middle-aged and older healthy women. *BMC Musculoskelet Disord.* 2021;22(1):713. doi: <https://doi.org/10.1186/s12891-021-04532-x>

### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ [AUTHORS INFO]:

**\*Бондарева Эльвира Александровна**, к.б.н. [Elvira A. Bondareva, PhD in biology];

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3321-7575>; eLibrary SPIN: 6732-2072; e-mail: Bondareva.E@gmail.com

**Парфентьева Ольга Ивановна**, к.б.н. [Olga I. Parfenteva, PhD in biology]; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7895-6887>; eLibrary SPIN: 6237-1920; e-mail: parfenteva.olga@gmail.com

**Васильева Александра Александровна**, [Aleksandra A. Vasilieva]; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8025-8444>; eLibrary SPIN: 6077-4558; e-mail: vasileva@mail.bio.msu.ru

**Кулемин Николай Александрович**, к.б.н. [Nikolay A. Kulemin, PhD]; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8588-3206>; SPIN-код: 5926-6356; e-mail: maveriksvao@gmail.com



**Гаджихмедова Аида Нурмагомедовна** [Aida N. Gadziakhmedova]; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2557-5647>; eLibrary SPIN: 7410-4182; e-mail: ai.kidman@mail.ru

**Ковалева Ольга Николаевна**, к.б.н. [Olga N. Kovaleva, PhD in biology]; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7391-5103>; eLibrary SPIN: 1879-7964; e-mail: olgakovaljeva@gmail.com

**Мазурина Наталья Валентиновна**, д.м.н. [Natalya V. Mazurina, MD, PhD]; ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8077-9381>; eLibrary SPIN: 9067-3062; e-mail: natalyamazurina@mail.ru

**Султанова Бегимай Абдыкапаровна**, аспирант [Begimay A. Sultanova, postgraduate student]; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7895-6887>; eLibrary SPIN: 6237-1920; e-mail: begimaysultanova1@gmail.com

**Трошина Екатерина Анатольевна**, д.м.н., профессор [Ekaterina A. Troshina, MD, PhD, Professor]; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8520-8702>; eLibrary SPIN: 8821-8990; e-mail: troshina@inbox.ru

#### ЦИТИРОВАТЬ:

Бондарева Э.А., Парфентьева О.И., Васильева А.А., Кулемин Н.А., Гаджихмедова А.Н., Ковалева О.Н., Султанова Б.А., Мазурина Н.В., Трошина Е.А. Согласованность оценок доли жировой массы тела, полученных с применением непрямых (косвенных) методов исследования состава тела // Ожирение и метаболизм. — 2023. — Т. 20. — №1. — С. 13-21. doi: <https://doi.org/10.14341/omet12949>

#### TO CITE THIS ARTICLE:

Bondareva EA, Parfenteva OI, Vasilieva AA, Kulemin NA, Gadziakhmedova AN, Kovaleva ON, Sultanova BA, Mazurina NV, Troshina EA. Agreement of body adiposity index (BAI), bioimpedance analysis and ultrasound scanning in determining body fat. *Obesity and metabolism*. 2023;20(1):13-21. doi: <https://doi.org/10.14341/omet12949>