DOI: https://doi.org/10.17816/RFD676991 EDN: NKLWWP

Проблемы диагностики состава тела: биоимпеданс, калиперометрия или антропометрия?

А.В. Турушева[1], В.С. Евполов[2], Д.В. Ковлен[2], Е.П. Шаранина[1], Е.А. Ведерникова[1], А.Е. Полысаев[1], А.А. Дмитриева[1]

[1] Северо-Западный государственный медицинский университет им И.И. Мечникова, Санкт-Петербург, Россия;
[2] Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Для определения процента жировой массы тела используют двухэнергетическую рентгеновскую абсорбциометрию, биоимпедансометрию, калиперо- и антропометрию. Калиперо- и антропометрия являются наиболее доступными, но менее точным методами оценки состава тела. Результаты измерений с помощью различных уравнений для расчета процента жировой массы тела на основе калиперо- и антропометрии в российской популяции еще не сравнивали ни между собой, ни с данными биоимпедансометрии.

Цель — сравнить результаты биоимпедансометрии и 15 различных методик оценки процента жировой массы тела, основанных на измерении толщины кожно-жировых складок, индекса массы тела, окружностей шеи, талии, бедер и бедра.

Материалы и методы. Выполнено одномоментное поперечное исследование выборки согласия лиц в возрасте от 17 до 30 лет. Основные параметры исследования: пол, возраст, масса тела, рост, толщина кожно-жировых складок над трицепсом, над бицепсом, на груди, по передней подмышечной линии, подлопаточной области, над гребнем подвздошной кости, на животе, на передней поверхности бедра, окружности шеи, талии, бедер и бедра. Проведена биоимпедансометрия на аппарате Accuniq BC720, использованы 15 уравнений для оценки процента жировой массы тела.

Результаты. Процент жировой массы тела в зависимости от используемых уравнений у женщин составил от 17,6 [14,7; 20,4] до 41,8 [39,5; 43,1]%, у мужчин — от 7,2 [5,2; 10,2] до 29,1 [27,5; 31,5]%. Наиболее близкие показатели процента жировой массы тела, сопоставимые с данными биоимпедансометрии, получены при использовании уравнения Военно-морских сил США у женщин и уравнения Девидсона у мужчин. Биоимпедансометрия помогла выявить людей с избытком жировой массы тела даже при нормальных индексах массы тела, проценте жировой массы тела, окружности талии и отношении окружности талии к окружности бедра.

Заключение. Наибольшую точность для определения процента жировой массы тела, сопоставимую с данными биоимпедансометрии, показали уравнение Военно-морских сил США у женщин и уравнение Девидсона у мужчин. Необходимы дальнейшие исследования и разработка уравнений для расчета процента жировой массы тела, специфичных именно для российской популяции.

Ключевые слова: процент жировой массы тела; кожно-жировая складка; биоимпеданс; калиперометрия.

Как цитировать
Турушева А.В., Евполов В.С., Ковлен Д.В., Шаранина Е.П., Ведерникова Е.А., Полысаев А.Е., Дмитриева А.А. Проблемы диагностики состава тела: биоимпеданс, калиперометрия или антропометрия? // Российский семейный врач. 2025. Т. 29. № 2. С. 85–95. DOI: 10.17816/RFD676991 EDN: NKLWWP

Рукопись получена: 10.03.2025 **Рукопись одобрена:** 19.03.2025 **Опубликована online:** 19.06.2025

ЭКО • ВЕКТОР

Статья доступна по лицензии CC BY-NC-ND 4.0 International
© Эко-Вектор, 2025

DOI: https://doi.org/10.17816/RFD676991 EDN: NKLWWP

Body Composition Estimation: Bioelectrical Impedance Analysis, Skinfold Thickness Measurement, or Anthropometry?

Anna V. Turusheva[1], Vladimir S. Evpolov[2], Denis V. Kovlen[2], Elena P. Sharanina[1], Ekaterina A. Vedernikova[1], Alexander E. Polysaev[1], Anastasia A. Dmitrieva[1]

[1] North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, Saint Petersburg, Russia;
[2] Kirov Military Medical Academy, Saint Petersburg, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: The body fat percentage is determined using dual-energy X-ray absorptiometry, bioelectrical impedance analysis, skinfold thickness measurement, and anthropometry. Skinfold thickness measurement and anthropometry are the most prevalent, yet less accurate, methods of body composition estimation. Body fat measurements obtained using different formulas based on skinfold thickness and anthropometry have not yet been compared to each other or to those obtained using bioelectrical impedance analysis in the Russian population.

AIM: The study aimed to compare body fat percentage measured through bioelectrical impedance analysis and 15 different methods based on skinfold thickness, body mass index, as well as neck, waist, hip, and thigh circumferences.

METHODS: This cross-sectional study included participants aged 17 to 30 years who provided informed consent. The main study parameters included sex, age, body weight, height, and skinfold thickness (above the triceps, above the biceps, chest, anterior axillary line, infrascapular region, above iliac crest, abdomen, and anterior thigh), as well as neck, waist, hip, and thigh circumferences. Accuniq BC720 was used to perform a bioelectrical impedance analysis with 15 body fat estimation formulas.

RESULTS: The body fat percentage ranged from 17.6% [14.7%; 20.4%] to 41.8% [39.5%; 43.1%] in women and from 7.2% [5.2%; 10.2%] to 29.1% [27.5%; 31.5%] in men, depending on the formulas used. The body fat percentages most comparable to the bioelectrical impedance analysis data were obtained using two formulas: the U.S. Navy body fat estimation formula for women and the Davidson formula for men. Bioelectrical impedance analysis can identify people with excess body fat, even if they have a normal body mass index, body fat percentage, or waist-to-hip ratio.

CONCLUSION: The U.S. Navy formula for women and the Davidson formula for men were the most accurate at determining body fat percentage, and they produced results comparable to those of bioelectrical impedance analysis. More research and specific formulas are needed to calculate body fat percentage in the Russian population.

Keywords: body fat percentage; skinfold thickness; bioelectrical impedance; skinfold thickness measurement.

To cite this article
Turusheva AV, Evpolov VS, Kovlen DV, Sharanina EP, Vedernikova EA, Polysaev AE, Dmitrieva AA. Body Composition Estimation: Bioelectrical Impedance Analysis, Skinfold Thickness Measurement, or Anthropometry? *Russian Family Doctor.* 2025;29(2):85–95. DOI: 10.17816/RFD676991 EDN: NKLWWP

Submitted: 10.03.2025 **Accepted:** 19.03.2025 **Published online:** 19.06.2025

ECO • VECTOR
The article can be used under the CC BY-NC-ND 4.0 license
© Eco-Vector, 2025

ОБОСНОВАНИЕ

В последние годы распространенность избыточной массы тела и ожирения все больше напоминает пандемию, захватившую все уголки земного шара [1]. За последние 25 лет распространенность ожирения среди всего населения Российской Федерации выросла в 3 раза, среди лиц в возрасте от 18 лет и старше — в 7 раз, у детей от 0 до 14 лет — в 4 раза, у подростков 15–17 лет — в 6 раз [2]. По прогнозам, к 2030 г. распространенность ожирения во всех возрастных группах может вырасти в 2 раза [2].

Избыточная масса тела и ожирение вне зависимости от фенотипа представляют собой не только косметические дефекты, но и факторы риска развития сердечно-сосудистых заболеваний, сахарного диабета 2-го типа, заболеваний опорно-двигательного аппарата и некоторых видов рака, а также одни из ведущих факторов риска утраты лет жизни с поправкой на инвалидность [3].

Для диагностики избыточной массы тела и ожирения традиционно рассчитывают индекс массы тела (ИМТ). К сожалению, ИМТ не отражает качественный состав тела человека. У разных людей с одним и тем же ИМТ может быть абсолютно разное количество жировой массы тела (ЖМТ), являющейся основным фактором риска развития хронических неинфекционных заболеваний и смерти у лиц с избыточной массой тела и ожирением [4, 5]. В связи с этим, по данным ряда исследований, процент жировой массы тела (ПЖМТ) сегодня рассматривают как более сильный предиктор риска развития сердечно-сосудистых заболеваний и смерти, чем ИМТ, окружность талии (ОТ) и отношение окружности талии к окружности бедер (ОТ/ОБ) [5–7].

Для оценки состава тела традиционно используют несколько подходов: двухэнергетическую рентгеновскую абсорбциометрию (DEXA), биоимпедансный анализ состава тела и калиперометрию. Несмотря на то что ни один из предложенных методов не показывает точность более 1%, в клинической практике в качестве «золотого стандарта» чаще всего рассматривают DEXA [8].

По сравнению с DEXA биоимпедансный анализ более доступен и не несет рентгеновской нагрузки, что позволяет использовать его для регулярного контроля состава тела [8]. Точность измерения с помощью современных биоимпедансных анализаторов с частотой до 1000 кГц сопоставима с данными DEXA [9].

Калиперометрия является наиболее доступным и дешевым, но менее точным методом оценки состава тела. Точность измерения зависит от используемого калипера, навыка исследователя, количества измеряемых кожно-жировых складок, а также уравнения, используемого для конечного расчета. На сегодняшний день существует более 100 уравнений для оценки ПЖМТ на основе измерений толщины кожно-жировых складок (ТКЖС) с помощью калипера. Несмотря на их валидность на определенной популяции, по данным исследований, часто эти уравнения показывают низкую валидность в другой популяции [10, 11]. Насколько известно авторам, результаты измерений различных уравнений для расчета ПЖМТ в российской популяции еще не сравнивали ни между собой, ни с данными биоимпедансометрии.

Цель — сравнить результаты измерений биоимпедансного анализа и 15 различных методик оценки ПЖМТ, основанных на измерении ТКЖС, ИМТ, окружностей шеи, талии, бедер и бедра.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Выполнено одномоментное поперечное исследование выборки согласия лиц в возрасте от 17 до 30 лет.

Основные исследуемые параметры:

1) окружности шеи, талии, бедер, бедра, измеренные в соответствии с рекомендованными протоколами [12];
2) масса тела, рост, ИМТ (масса тела в килограммах, разделенная на квадрат роста в метрах);
3) ТКЖС над трицепсом (ТКЖС трицепса), над бицепсом (ТКЖС бицепса), на груди (ТКЖС груди), по передней подмышечной линии, в подлопаточной области, над гребнем подвздошной кости, на животе, на передней поверхности бедра на правой стороне, измеренные в соответствии с рекомендованными протоколами [12, 13].

Для измерения ТКЖС использовали калипер Харпендена (British Indicadors, Великобритания) [12]. ПЖМТ рассчитывали с использованием следующих 15 формул для женщин (ж) и мужчин (м):

1. **Уравнение Слоана** для определения плотности тела (коэффициента *D*) [14]:

$$D_{ж}=1{,}07647-0{,}00081\times ТКЖС_{над\ гребнем\ подвздошной\ кости}-0{,}00088\times ТКЖС_{над\ трицепсом};$$
$$D_{м}=1{,}10437-0{,}001327\times ТКЖС_{над\ бедром}-0{,}001310\times ТКЖС_{под\ лопаткой}.$$

2. **Уравнение Вилмора–Бенке** для определения плотности тела (коэффициента *D*) [14]:

$$D_{ж}=1{,}06234-0{,}00068\times ТКЖС_{под\ лопаткой}-0{,}00039\times ТКЖС_{над\ трицепсом}-0{,}00025\times ТКЖС_{бедра};$$
$$D_{м}=1{,}08543-0{,}000886\times ТКЖС_{живота}-0{,}00040\times ТКЖС_{бедра}.$$

3. **Уравнение Джексона–Поллока** для определения плотности тела (коэффициента *D*) [13], где В — возраст (лет):

$$D_{ж}=1{,}097-0{,}00046971\times ТКЖС_{груди}+ТКЖС_{по\ передней\ подмышечной\ линии}+ТКЖС_{трицепса}+ТКЖС_{под\ лопаткой}+ТКЖС_{живота}-$$
$$-ТКЖС_{над\ гребнем\ подвздошной\ кости}+ТКЖС_{бедра}+0{,}00000056\times ТКЖС_{груди}+ТКЖС_{по\ передней\ подмышечной\ линии}+ТКЖС_{трицепса}+$$
$$+ТКЖС_{под\ лопаткой}+ТКЖС_{живота}+ТКЖС_{над\ гребнем\ подвздошной\ кости}+ТКЖС^{2}_{бедра}-0{,}00012828\times В;$$

$$D_м=1,112-0,00043499\times ТКЖС_{груди}+ТКЖС_{по\ передней\ подмышечной\ линии}+ТКЖС_{трицепса}+ТКЖС_{под\ лопаткой}+ТКЖС_{живота}+$$
$$+ТКЖС_{над\ гребнем\ подвздошной\ кости}+ТКЖС_{бедра}+0,00000055\times ТКЖС_{груди}+ТКЖС_{по\ передней\ подмышечной\ линии}+ТКЖС_{трицепса}+$$
$$+ТКЖС_{под\ лопаткой}+ТКЖС_{живота}+ТКЖС_{над\ гребнем\ подвздошной\ кости}+ТКЖС^2_{бедра}-0,00028826\times В.$$

4. **Уравнение Невила** для определения плотности тела (коэффициента *D*) [13], где В — возраст (лет):

$$D_ж=\exp(0,120936-0,0084087\times ТКЖС_{груди}+ТКЖС_{живот}+ТКЖС_{бедра}^{0,532}-0,0001178\times В);$$
$$D_м=\exp(0,109648-0,0021745\times ТКЖС_{трицепса}+ТКЖС_{под\ лопаткой}+ТКЖС_{бедра}^{0,747}-0,0002516\times В).$$

5. **Уравнение Дурина–Уомерсли** для определения плотности тела (коэффициента *D*) [10]:

$$D_ж=c-m\times\log_{10}(ТКЖС_{трицепса}+ТКЖС_{бицепса}+ТКЖС_{под\ лопаткой}+ТКЖС_{над\ гребнем\ подвздошной\ кости}),$$

где c=1,1549, m=0,0678, если возраст ≥17 и ≤19 лет; c=1,1599, m=0,0717, если возраст ≥20 и ≤29 лет; c=1,1423, m=0,0632, если возраст ≥30 и ≤39 лет;

$$D_м=c-m\times\log_{10}(ТКЖС_{трицепса}+ТКЖС_{бицепса}+ТКЖС_{под\ лопаткой}+ТКЖС_{над\ гребнем\ подвздошной\ кости}),$$

где c=1,1620, m=0,0630, если возраст ≥17 и ≤19 лет; c=1,1631, m=0,0632, если возраст ≥20 и ≤29 лет; c=1,1422, m=0,0544, если возраст ≥30 и ≤39 лет.

6. **Уравнение Девидсона** для расчета ПЖМТ [15], где В — возраст (лет); М — масса тела (кг); Р — рост (см); ОТ — окружность талии на уровне гребня подвздошной кости (см):

$$ПЖМТ_ж=(22,044\times\log_{10}(ТКЖС_{бицепса}+ТКЖС_{трицепса}+ТКЖС_{под\ лопаткой}+ТКЖС_{над\ гребнем\ подвздошной\ кости})+$$
$$+0,053В+0,179М-0,155Р+0,156ОТ)-13,093;$$

$$ПЖМТ_м=(23,317\times\log_{10}(ТКЖС_{бицепса}+ТКЖС_{трицепса}+ТКЖС_{под\ лопаткой}+ТКЖС_{над\ гребнем\ подвздошной\ кости})+$$
$$+0,064В+0,097М-0,126Р+0,081ОТ)-15,596.$$

7. **Уравнение Петерсона** для расчета ПЖМТ [16], где В — возраст (лет); Р — рост (см):

$$ПЖМТ_ж=22,18945+0,06368В+0,60404ИМТ-0,14520Р+0,30919\times(ТКЖС_{над\ трицепсом}+ТКЖС_{под\ лопаткой}+$$
$$+ТКЖС_{над\ гребнем\ подвздошной\ кости}+ТКЖС_{бедра})-0,00099562\times(ТКЖС_{над\ трицепсом}+ТКЖС_{под\ лопаткой}+$$
$$+ТКЖС_{над\ гребнем\ подвздошной\ кости}+ТКЖС_{бедра})^2;$$

$$ПЖМТ_м=20,94878+0,1166В-0,11666Р+0,42696\times(ТКЖС_{над\ трицепсом}+ТКЖС_{под\ лопаткой}+ТКЖС_{над\ гребнем\ подвздошной\ кости}+ТКЖС_{бедра})-$$
$$-0,00159\times(ТКЖС_{над\ трицепсом}+ТКЖС_{под\ лопаткой}+ТКЖС_{над\ гребнем\ подвздошной\ кости}+ТКЖС_{бедра})^2.$$

8. **Уравнение Гауса–Нильсена** для расчета ПЖМТ [17], где М — масса тела (кг); Р — рост (см):

$$ПЖМТ_ж=36,078+(3,917\times\log_{10}(ТКЖС_{бицепса}+ТКЖС_{трицепса}+ТКЖС_{под\ лопаткой}+ТКЖС_{над\ гребнем\ подвздошной\ кости})+0,384М-0,289Р);$$
$$ПЖМТ_м=36,078+(3,917\times\log_{10}(ТКЖС_{бицепса}+ТКЖС_{трицепса}+ТКЖС_{под\ лопаткой}+ТКЖС_{над\ гребнем\ подвздошной\ кости})-5,114+0,384М-0,289Р).$$

9. **Уравнение Квока** для расчета ПЖМТ [18]:

$$ПЖМТ_ж=-27,149+(6,137\times2)+1,120ИМТ+17,308\times\log_{10}(ТКЖС_{бицепса}+ТКЖС_{трицепса});$$
$$ПЖМТ_м=-27,149+6,137+1,120ИМТ+17,308\times\log_{10}(ТКЖС_{бицепса}+ТКЖС_{трицепса}).$$

10. **Уравнение Виссера** для определения плотности тела (коэффициента *D*) [19]:

$$D_ж=1,0688-0,0356\times\log_{10}(ТКЖС_{бицепса}+ТКЖС_{трицепса}+ТКЖС_{под\ лопаткой}+ТКЖС_{над\ гребнем\ подвздошной\ кости});$$
$$D_м=1,0688+0,0212-0,0356\times\log_{10}(ТКЖС_{бицепса}+ТКЖС_{трицепса}+ТКЖС_{под\ лопаткой}+ТКЖС_{над\ гребнем\ подвздошной\ кости}).$$

11. **Уравнение Циконе** для расчета ПЖМТ [20], где В — возраст (лет); ОТ — окружность талии (см):

$$ПЖМТ_ж=6,083+(0,143\times(ТКЖС_{по\ передней\ подмышечной\ линии}+ТКЖС_{трицепса}+ТКЖС_{бедра})-0,150В-0,233ИМТ+0,256ОТ);$$
$$ПЖМТ_м=-5,975+(0,143\times(ТКЖС_{по\ передней\ подмышечной\ линии}+ТКЖС_{трицепса}+ТКЖС_{бедра})-0,312В-0,233ИМТ+0,256ОТ).$$

12. **Уравнение относительного содержания жира** для расчета ПЖМТ [20], Р — рост (м); ОТ — окружность талии (м):

$$ПЖМТ_ж=76-20\times(Р/ОТ);\quad ПЖМТ_м=64-20\times(Р/ОТ).$$

13. **Уравнение Военно-морских сил США** [21], где О — окружность; Р — рост (см):

$$ПЖМТ_ж=163,205\times\log_{10}(О_{талии}+О_{бедер}-О_{шеи})-97,684\times\log_{10}Р-104,912;$$
$$ПЖМТ_м=86,010\times\log_{10}(О_{талии}-О_{шеи})-70,041\times\log_{10}Р+30,30.$$

14. **Уравнение Yuhasz** [23]:

$$ПЖМТ_ж=0,1548\times(ТКЖС_{груди}+ТКЖС_{трицепса}+ТКЖС_{под\ лопаткой}+ТКЖС_{бедра})+3,580;$$
$$ПЖМТ_м=0,097\times(ТКЖС_{груди}+ТКЖС_{трицепса}+ТКЖС_{под\ лопаткой}+ТКЖС_{бедра})+3,64.$$

15. **Модифицированное уравнение Yuhasz, используемое в Национальной хоккейной лиге США (NHL)** [22]:

$$ПЖМТ_м=0,1051\times(ТКЖС_{груди}+ТКЖС_{трицепса}+ТКЖС_{под\ лопаткой}+ТКЖС_{бедра})+3,585.$$

При использовании формул, определяющих сначала плотность тела (коэффициент *D*), дальнейший расчет ПЖМТ проводили с использованием уравнений Сири (ПЖМТ=495/*D*–450) и Брожека (ПЖМТ=457/*D*–414,2) [23, 24].

Биоимпедансометрию выполняли на аппарате Accuniq BC720 (SELVAS Healthcare, Inc., Корея) (регистрационное удостоверение на медицинское изделие от 7.10.2020 РЗН 2020/12208).

Статистическая обработка данных

Медиану и межквартильный размах рассчитывали для показателей ПЖМТ и возраста. Для оценки межгрупповых различий использовали критерии χ^2 и Манна–Уитни. Распределение значений ТКЖС оценивали на нормальность с помощью критерия Шапиро–Уилка. Тест ANOVA для повторяющихся измерений применяли для выявления различий между тремя измерениями ТКЖС при калиперометрии. Согласованность между данными биоимпедансометрии и калиперометрии оценивали с помощью диаграмм Бланда–Альтмана. Коэффициент корреляции согласованности каппа использовали для определения согласованности между группами людей с разными показателями ПЖМТ, выявленных с помощью разных диагностических подходов. Коэффициент каппа 0,81–1 считали признаком высокого уровня согласованности; 0,61–0,80 — хорошего; 0,41–0,60 — среднего; 0,21–0,40 — незначительного; <0,21 — плохого.

Статистический анализ данных проводили при помощи программ SPSS 26.0 (SPSS Inc., США) и MedCalc 11.5.00 (Medcalc Software, Бельгия). Критической границей статистической значимости была принята величина p <0,05.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В исследовании приняли участие 100 человек в возрасте от 17 до 30 лет. Медиана возраста составила 23 [22; 23] года. Женщин было больше, чем мужчин: 71% (n=71) и 29% (n=29) соответственно. Статистически значимых различий по возрасту между мужчинами и женщинами не найдено (p> 0,05).

По показателю ИМТ недостаток массы тела выявлен у 16,9% (n=12) женщин и 6,9% (n=2) мужчин. ИМТ от 18,5 до 24,9 кг/м^2 зафиксирован у 73,2% (n=52) женщин и 62,1% (n=18) мужчин. Избыточная масса тела выявлена у 8,5% (n=6) женщин и 27,6% мужчин (n=8) (p <0,05). Ожирение I степени выявлено у одного мужчины (3,4%), II степени — у одной женщины (1,4%) (рис. 1).

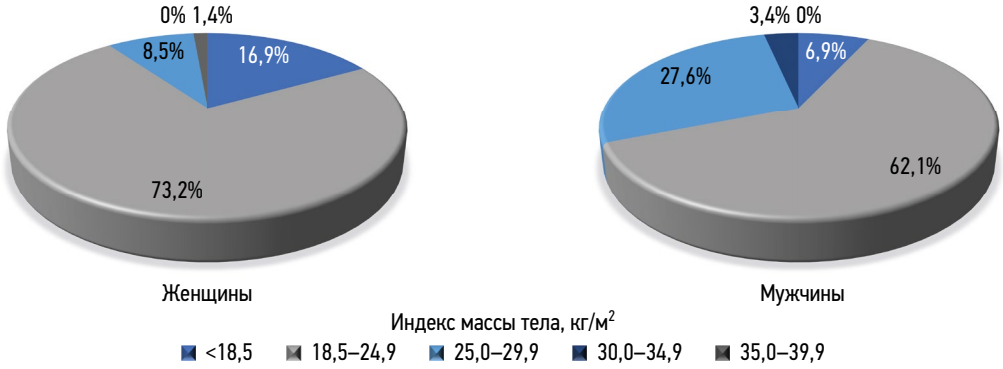

Рис. 1. Распределение обследуемых по индексу массы тела.
Fig. 1. Distribution of participants by body mass index.

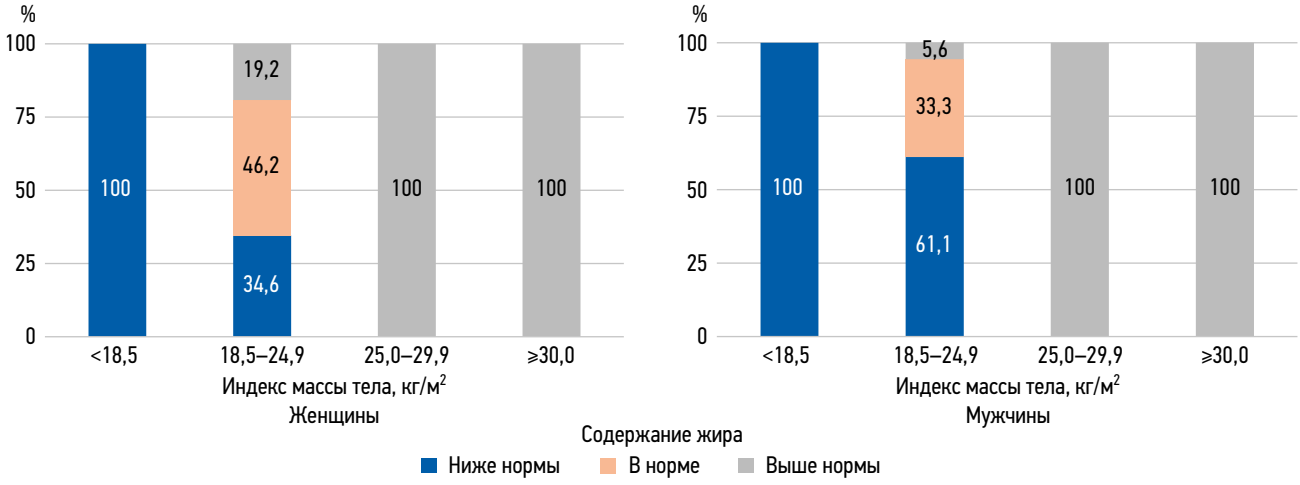

Рис. 2. Распределение обследуемых по содержанию жира организме согласно референтным значениям биоимпедансометрии в зависимости от индекса массы тела.
Fig. 2. Distribution of participants by body fat percentage according to body mass index, as measured by bioelectrical impedance analysis.

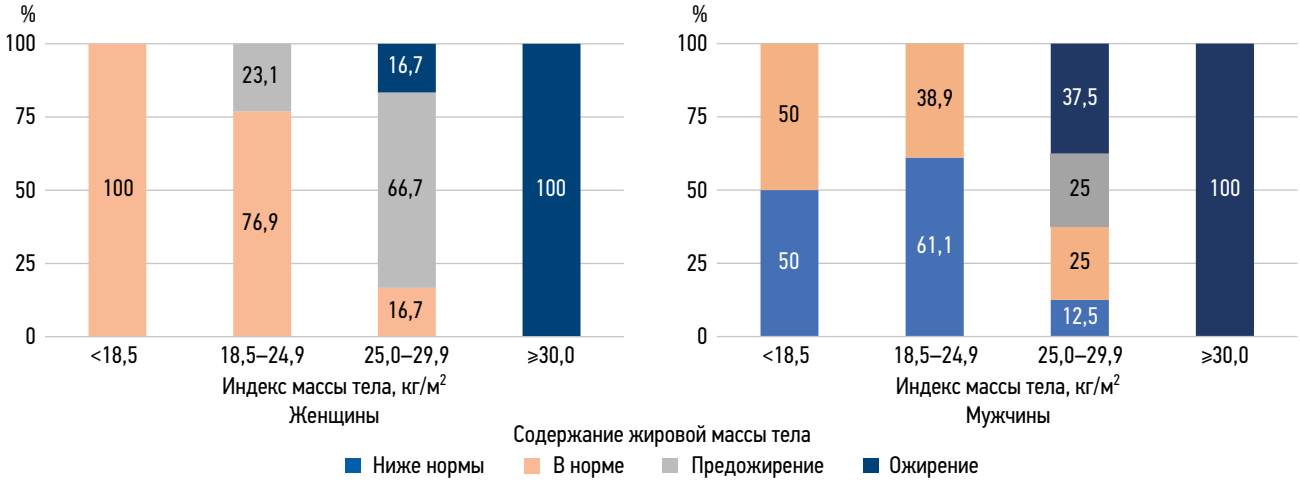

Рис. 3. Распределение обследуемых по содержанию жировой массы тела в организме согласно референтным значениям биоимпедансометрии в зависимости от индекса массы тела.
Fig. 3. Distribution of participants by body fat percentage according to body mass index and reference values for bioelectrical impedance analysis.

Низкое содержание жира (в килограммах) по данным биоимпедансометрии выявлено у 100% женщин и мужчин с ИМТ <18,5 кг/м^2. Избыточное количество жира в организме обнаружено у 100% обследуемых с ИМТ ≥25,0 кг/м^2.

При анализе группы лиц с нормальным ИМТ нормальное количество жировой массы по данным биоимпедансного анализа зарегистрировано только у 46,2% (*n*=24) женщин и 33,3% (*n*=6) мужчин. Среди женщин с нормальным ИМТ избыток жировой массы выявлен у 34,6% (*n*=18), среди мужчин — у 5,6% (*n*=1). Недостаток жировой массы при нормальном ИМТ обнаружен у 19,2% (*n*=10) женщин и 61,1% (*n*=11) мужчин (рис. 2).

Медиана ПЖМТ по данным биоимпедансного анализа у мужчин составила 14,0 [11,6; 23,2]%, у женщин — 26,6 [21,8; 31,9%]%.

Низкое значение ПЖМТ согласно референсным значениям, предложенным производителями аппарата для биоимпедансометрии, определяли при ПЖМТ <15% у мужчин и <20% у женщин. Нормальное значение ПЖМТ у мужчин диагностировали при уровне от 15 до 20%, у женщин — от 20 до 30%. Предожирение у мужчин диагностировали при значении ПЖМТ от 20 до 25%, у женщин — от 30 до 35%. Ожирение фиксировали при ПЖМТ >25% у мужчин и >35% у женщин.

Несмотря на дефицит ЖМТ у всех женщин с ИМТ <18,5 кг/м^2, ПЖМТ у всех в этой группе был в пределах нормы. В группе женщин с ИМТ от 18,5 до 24,9 кг/м^2 ПЖМТ был в норме в 76,9% случаев, у 23,1% — диагностировали состояние предожирения. У женщин с избыточной массой тела ПЖМТ, соответствующий норме, выявлен в 16,7%, предожирению — в 66,7% и ожирению — в 16,7% случаев (рис. 3).

У мужчин с ИМТ <18,5 кг/м^2 в 50% случаев ПЖМТ был ниже нормы и в 50% — в пределах нормы. В группе с нормальным ИМТ нормальное значение ПЖМТ выявлено у 38,9% мужчин, низкое — у 61,1%. При ИМТ до 25,0 до 29,9 кг/м^2 нормальное значение ПЖМТ выявлено в 25% случаев, недостаток — в 12,5%, предожирение — в 37,5%, ожирение — в 25%. При ИМТ >30 кг/м^2 ожирение по показателю ПЖМТ диагностировано в 100% случаев как у мужчин, так и у женщин (рис. 3).

В клинической практике для оценки избыточного количества ЖМТ, в частности висцерального жира, как фактора риска развития сердечно-сосудистых заболеваний рекомендовано оценивать ОТ и ОТ/ОБ. В настоящем исследовании, несмотря на то что по данным биоимпедансометрии у 1/3 женщин с ИМТ от 18,5 до 24,9 кг/м^2 выявлен избыток ЖМТ (рис. 2, 3), показатель ОТ ≥80 см был только у 3,8% (*n*=2), а значение ОТ/ОБ у всех женщин в этой группе было в пределах нормы. Превышение ОТ/ОБ у мужчин с нормальным ИМТ выявлено лишь в 5,6% (*n*=1) случаев, ОТ у всех была меньше 94 см. В группе лиц с избыточной массой тела ОТ выше нормы регистрировали у 50% (*n*=3) женщин и 12,5% (*n*=1), мужчины. Показатель ОТ/ОБ у всех обследованных в этой группе был в пределах нормы. При ИМТ >30 кг/м^2 ОТ выше нормы выявлена в 100% случаев, при этом ОТ/ОБ выше нормы было только у одной женщины с ожирением II степени.

При использовании анализа ANOVA для повторяющихся измерений не выявлено статистически значимых различий между тремя попытками измерения ТКЖС бицепса, груди, подлопаточной области, живота, по передней подмышечной линии, на животе и на передней поверхности бедра (p >0,05). Наибольшие трудности вызвало определение ТКЖС над трицепсом и над гребнем подвздошной кости, где погрешность измерения между первой и третьей попыткой составила –0,082±0,032 мм (p=0,032) и –0,112±0,046 мм соответственно (p=0,051).

По данным антропометрических измерений ПЖМТ в зависимости от используемых уравнений у женщин варьировал от 17,6 [14,7; 20,4]% при использовании уравнения Гауса–Нильсена до 41,8 [39,5; 43,1]% в случаях применения уравнения Виссера и перевода коэффициента *D* в ПЖМТ с помощью формулы Сири. Показатель ПЖМТ

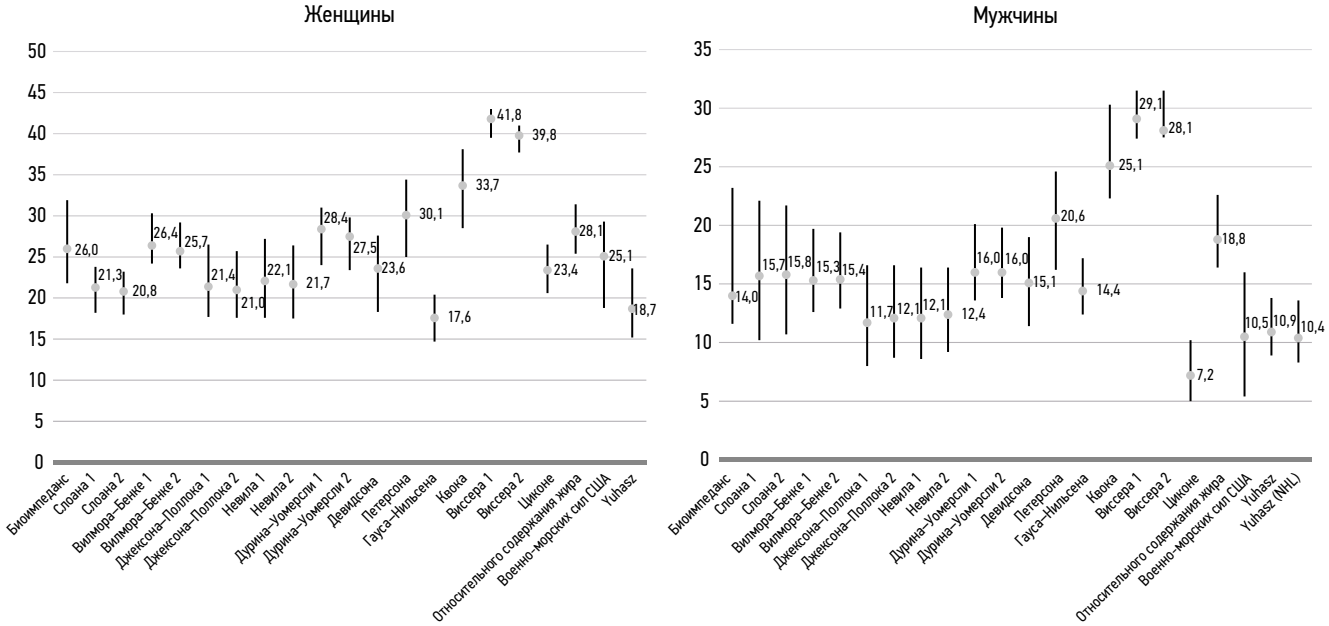

Рис. 4. Процент жировой массы тела, полученный при использовании различных диагностических подходов, у женщин и мужчин. Цифрами 1 и 2 обозначены формулы Сири и Брожека (для перевода коэффициента *D* в величину процента жировой массы тела) соответственно.

Fig. 4. Body fat percentage in men and women based on various diagnostic criteria. 1, 2, Siri and Brozek equations used for converting the D coefficient into body fat percentage, respectively.

Таблица 1. Отклонение в измерении процента жировой массы тела и стандартная абсолютная ошибка, по данным антропометрических измерений, по сравнению с результатами биоимпедансного анализа у женщин

Table 1. Bias in body fat percentage measurements and standard absolute error for anthropometric measurements compared with bioelectrical impedance analysis results in women

Уравнение	Отклонение в измерении		Стандартная абсолютная ошибка	
	медиана	95% доверительный интервал	медиана, %	95% доверительный интервал, %
Слоан 1	–4,9186	–5,8256 до –4,0116	20,77	17,60 до 22,83
Слоан 2	–5,3051	–6,2413 до –4,3689	21,77	18,63 до 24,15
Вилмора–Бенке 1	0,9873	0,1252 до 1,8494	9,27	7,66 до 10,70
Вилмора–Бенке 2	0,1474	–0,7474 до 1,0422	10,00	7,06 до 11,79
Джексона–Поллока 1	–3,8122	–4,5508 до –3,0735	16,01	12,81 до 19,86
Джексона–Поллока 2	–4,2837	–5,0156 до –3,5517	17,41	15,15 до 21,10
Невила 1	–3,7158	–4,5369 до –2,8947	14,78	11,27 до 18,30
Невила 2	–4,1947	–4,9903 до –3,3990	16,12	13,91 до 19,92
Дурина–Уомерсли 1	0,4033	–0,4231 до 1,2296	8,95	7,55 до 11,10
Дурина–Уомерсли 2	1,2645	0,4576 до 2,0714	8,45	6,08 до 10,19
Девидсона	–2,6764	–3,3767 до –1,9761	10,88	8,89 до 14,25
Петерсон	3,4167	2,8379 до 3,9955	11,88	9,29 до 15,97
Гауса–Нильсена	–8,5158	–9,2980 до –7,7335	33,54	31,41 до 35,25
Квока	7,2508	6,6345 до 7,8672	27,51	20,71 до 31,49
Виссера 1	14,9956	13,9305 до 16,0607	61,37	44,27 до 69,33
Виссера 2	13,0803	11,9830 до 14,1776	53,94	37,47 до 61,73
Циконе	–2,2750	–3,1735 до –1,3765	13,07	9,96 до 16,08
Относительного содержания жира	1,9998	1,1236 до 2,8760	10,33	6,85 до 14,34
Военно-морских сил США	–1,3631	–2,0732 до –0,6529	8,17	6,47 до 11,13
Yuhasz	–6,4581	–7,2187 до –5,6974	25,52	23,04 до 29,45

Примечание. Цифрами 1 и 2 обозначены формулы Сири и Брожека (для перевода коэффициента *D* в величину процента жировой массы тела) соответственно.

Таблица 2. Отклонение в измерении процента жировой массы тела и стандартная абсолютная ошибка, по данным антропометрических измерений, по сравнению с результатами биоимпедансного анализа у мужчин

Table 2. Bias in body fat percentage measurements and standard absolute error for anthropometric measurements compared with bioelectrical impedance analysis results in men

Уравнение	Отклонение в измерении		Стандартная абсолютная ошибка	
	медиана	95% доверительный интервал	медиана, %	95% доверительный интервал, %
Слоан 1	2,5008	–0,2137 до 5,2153	18,82	11,85 до 31,33
Слоан 2	2,3181	–0,09049 до 4,7268	19,72	9,74 до 31,11
Вилмора–Бенке 1	0,9356	–0,4241 до 2,2953	15,33	5,34 до 24,81
Вилмора–Бенке 2	0,8731	–0,4775 до 2,2238	15,13	6,61 до 27,32
Джексона–Поллока 1	–3,0539	–4,2870 до –1,8208	18,40	14,56 до 30,46
Джексона–Поллока 2	–2,8101	–4,0173 до –1,6029	18,01	11,24 до 28,07
Невила 1	–2,8550	–4,0625 до –1,6475	19,58	13,85 до 27,63
Невила 2	–2,6265	–3,8094 до –1,4437	17,42	14,50 до 26,10
Дурина–Уомерсли 1	0,7736	–0,4416 до 1,9889	16,20	8,28 до 27,27
Дурина–Уомерсли 2	0,7235	–0,5517 до 1,9988	17,41	10,37 до 29,91
Девисона	–0,6518	–1,7349 до 0,4312	14,24	8,20 до 17,97
Петерсон	4,7756	3,7200 до 5,8311	35,43	20,77 до 49,72
Гауса–Нильсена	–1,3493	–2,9210 до 0,2224	17,50	14,06 до 23,25
Квока	10,0366	8,5566 до 11,5167	70,02	49,34 до 101,73
Виссера 1	13,3600	11,7416 до 14,9784	105,99	56,82 до 139,62
Виссера 2	12,3437	10,6666 до 14,0208	99,61	51,36 до 131,59
Циконе	–7,7229	–9,0357 до –6,4101	50,85	40,63 до 56,42
Относительного содержания жира	3,1901	1,7346 до 4,6456	26,98	13,90 до 46,06
Военно-морских сил США	–5,7675	–7,3123 до –4,2226	34,66	23,31 до 50,95
Yuhasz	–4,0628	–5,4122 до –2,7133	24,25	12,65 до 27,96
Yuhasz, используемое в Национальной хоккейной лиге США	–4,4065	–5,7071 до –3,1058	25,88	17,46 до 30,19

Примечание. Цифрами 1 и 2 обозначены формулы Сири и Брожека (для перевода коэффициента *D* в величину процента жировой массы тела) соответственно.

Таблица 3. Коэффициент корреляции согласованности каппа между группами с процентом жировой массы тела, соответствующим низкому, нормальному значению, предожирению и ожирению, по данным антропометрических измерений и биоимпедансного анализа

Table 3. Concordance correlation coefficient between groups with body fat percentage corresponding to low, normal, pre-obese and obese values, according to anthropometric measurements and bioelectrical impedance analysis results

Пол	Коэффициент каппа с 95% доверительным интервалом при использовании уравнений				
	Вилмора–Бенке	Дурина–Уомерсли	Военно-морских сил США	Девидсона	Гауса–Нильсена
Женский	0,65 (0,52–0,78)	0,65 (0,52–0,77)	0,73 (0,62–0,84)	0,70 (0,58–0,82)	0,32 (0,19–0,46)
Мужской	0,76 (0,58–0,94)	0,75 (0,58–0,91)	0,41 (0,17–0,65)	0,80 (0,70–0,89)	0,57 (0,37–0,77)

у мужчин, по данным антропометрических измерений, варьировал от 7,2 [5,2; 10,2]% при использовании уравнения Циконе до 29,1 [27,5; 31,5]% в случаях применения уравнения Виссера и перевода коэффициента *D* в ПЖМТ с помощью формулы Сири (рис. 4).

При построении диаграмм Бланда–Альтмана наиболее близкие значения ПЖМТ к результатам биоимпедансного анализа у женщин получены при использовании уравнений Вилмора–Бенке, Дурина–Уомерсли и Военно-морских сил США (табл. 1). У мужчин значения ПЖМТ, наиболее близкие к данным биоимпедансного анализа, получены при использовании уравнений Вилмора–Бенке, Дурина–Уомерсли, Девидсона и Гауса–Нильсена (табл. 2). При этом средняя абсолютная ошибка измерения ПЖМТ у мужчин вне зависимости от используемого метода была выше, чем у женщин (табл. 1, 2).

Дальнейший анализ показал, что наиболее высокую предсказательную точностью по сравнению с данными биоимпедансометрии у женщин независимо от ИМТ показало уравнение Военно-морских сил США. Коэффициент корреляции согласованности каппа (с 95% доверительным интервалом) между группами с низким, нормальным ПЖМТ, предоожирением и ожирением при сравнении результатов биоимпедансного анализа и данных, полученных с использованием уравнения Военно-морских сил США составил 0,73 (0,62–0,84) (табл. 3). Это уравнение также

Таблица 4. Коэффициент корреляции согласованности каппа между группами с процентом жировой массы тела, соответствующим низкому, нормальному значению, предожирению и ожирению, по данным антропометрических измерений и биоимпедансного анализа, и количеством жировой массы тела (ниже нормы, в пределах нормы и избытком), по данным биоимпедансного анализа

Table 4. Concordance correlation coefficient between groups with body fat percentage values that correspond to low, normal, pre-obese, and obese values, according to anthropometric measurements and bioelectrical impedance analysis results, and body fat mass that corresponds to low, normal, pre-obese, and obese values, according to bioelectrical impedance analysis results

Пол	Коэффициент каппа с 95% доверительным интервалом при использовании					
	биоимпедансного анализа	уравнения Вилмора–Бенке	уравнения Дурина–Уомерсли	уравнения Военно-морских сил США	уравнения Девидсона	уравнения Гауса–Нильсена
Женщины	0,88 (0,80–0,95)	0,51 (0,39–0,63)	0,64 (0,55–0,74)	0,77 (0,67–0,87)	0,71 (0,60–0,82)	0,32 (0,21–0,44)
Мужчины	0,87 (0,77–0,97)	0,65 (0,43–0,88)	0,72 (0,57–0,87)	0,44 (0,21–0,66)	0,78 (0,65–0,92)	0,64 (0,44–0,85)

лучше, чем другие, выявляло лиц с низким, нормальным и избыточным количеством ЖМТ (табл. 4). Основным фактором, влияющим на предсказательную точность уравнения Военно-морских сил США, была масса скелетной мускулатуры. У женщин со скелетной мышечной массой ниже рекомендованных референсных значений расчетное значение ПЖМТ по уравнению Военно-морских сил США чаще было ниже, чем по данным биоимпедансного анализа, с отношением шансов 21,265 (3,052–148,188) после поправки на возраст, ЖМТ и ИМТ.

Наиболее высокую предсказательную точность независимо от ИМТ, сопоставимую с данными биоимпедансометрии, у мужчин продемонстрировало уравнение Девидсона (табл. 3). Коэффициент корреляции согласованности каппа (с 95% доверительным интервалом) между группами с низким и нормальным ПЖМТ, предожирением и ожирением при сравнении результатов биоимпедансного анализа и результатов уравнения Девидсона составил 0,80 (0,70–0,89) (табл. 3). Это уравнение также лучше выявляло лиц с низким, нормальным и избыточным количеством ЖМТ (табл. 4). Дополнительный анализ не показал статистически значимых факторов, влияющих как на завышение, так и на занижение показателя ПЖМТ, рассчитанного с использованием уравнения Девидсона, по сравнению с данными биоимпедансного анализа.

ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам исследования наибольшая корреляция между данными биоимпедансного анализа и антропометрическими измерениями выявлена при использовании уравнения Военно-морских сил США у женщин и уравнения Девидсона у мужчин.

В отличие от других уравнений для расчета ПЖМТ уравнение Военно-морских сил США включает результаты измерений окружностей шеи, талии и бедра без учета данных калиперометрии. Полученное преимущество данного уравнения для оценки ПЖМТ у женщин может быть связано с несколькими факторами. Во-первых, в последние годы появляется все больше данных, свидетельствующих о том, что значение окружности шеи тесно коррелирует с количеством ЖМТ и может быть лучшим предиктором сердечно-сосудистых заболеваний и метаболических нарушений, чем показатели ОТ и ОТ/ОБ [25–28]. Во-вторых, в ряде исследований отношение ОТ к объему бедра также показывает более высокую чувствительность для выявления лиц с ожирением, в том числе висцеральным, чем показатели ОТ и ОТ/ОБ, особенно у женщин [29, 30]. Однако данное уравнение изначально разрабатывали на женщинах с хорошей спортивной подготовкой, поэтому оно значительно занижает ПЖМТ у женщин с низким объемом мышечной массы, что необходимо учитывать при его использовании в клинической практике [21].

Уравнение Девидсона является модифицированной и адаптированной под разные расы версией уравнения Дурина–Уомерсли, также показавшего хорошие результаты при построении диаграмм Бланда–Альтмана в настоящем исследовании как у мужчин, так и у женщин. По полученным данным, в уравнение Дурина–Уомерсли чаще было переоценено количество ЖМТ, чем при биоимпедансометрии, что согласуется с результатами других исследований [15, 31].

Выявленная значительная погрешность измерения ПЖМТ в зависимости от используемого уравнения может быть связана с межрасовыми различиями в ТКЖС, распределении и плотности жировой и мышечной массы тела, воды, а также с разными величинами минеральной плотности костной ткани и длины конечностей, учтенными при разработке уравнений для вычисления ПЖМТ [15]. Следовательно, необходимы дальнейшие исследования и разработка уравнений для расчета ПЖМТ, специфичных именно для российской популяции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Биоимпедансный анализ помогает выявлять людей с избытком ЖМТ даже при нормальных показателях ИМТ, окружности талии и ОТ/ОБ. Наибольшую точность для определения ПЖМТ, сопоставимую с точностью биоимпедансометрии, показали уравнение Военно-морских сил США у женщин и уравнение Девидсона у мужчин. Необходимы дальнейшие исследования и разработка уравнений для расчета ПЖМТ, специфичных для российской популяции.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. А.В. Турушева — определение концепции, анализ данных, написание черновика, пересмотр и редактирование рукописи; В.С. Евполов, Д.В. Ковлен — определение концепции, пересмотр и редактирование рукописи; Е.П. Шаранина, Е.А. Ведерникова, А.Е. Полысаев, А.А. Дмитриева — проведение исследования, работа с данными, написание черновика, пересмотр и редактирование рукописи. Все авторы одобрили рукопись (версию для публикации), а также согласились нести ответственность за все аспекты работы, гарантируя надлежащее рассмотрение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью любой ее части.

Этический комитет. Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом СЗГМУ им. И.И. Мечникова (№ 3 от 12.03.2025). Все участники исследования добровольно подписали форму информированного согласия на участие в исследовании. Исследование и его протокол не регистрировали.

Источники финансирования. Отсутствуют.

Раскрытие интересов. Авторы заявляют об отсутствии отношений, деятельности и интересов за последние три года, связанных с третьими лицами (коммерческими и некоммерческими), интересы которых могут быть затронуты содержанием статьи.

Оригинальность. При создании настоящей работы авторы не использовали ранее опубликованные сведения (текст, иллюстрации, данные).

Доступ к данным. Все данные, полученные в настоящем исследовании, доступны в статье.

Генеративный искусственный интеллект. При создании настоящей статьи технологии генеративного искусственного интеллекта не использовали.

Рассмотрение и рецензирование. Настоящая работа подана в журнал в инициативном порядке и рассмотрена по обычной процедуре. В рецензировании участвовали один внешний рецензент и один внутренний рецензент из состава редакционной коллегии.

ADDITIONAL INFORMATION

Author contributions: A.V. Turusheva: conceptualization, formal analysis, writing – original draft, writing – review & editing; V.S. Evpolov, D.V. Kovlen: conceptualization, writing – review & editing; E.P. Sharanina, E.A. Vedernikova, A.E. Polysaev, and A.A. Dmitrieva: investigation, data curation, writing – original draft, writing – review & editing. All authors approved the version of the manuscript to be published, and agreed to be accountable for all aspects of the work, ensuring that questions related to the accuracy or integrity of any part of it are appropriately reviewed and resolved.

Ethics approval: The study was approved by the local Ethics Committee of the North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov (Protocol No. 3 dated March 12, 2025). All participants provided written informed consent to participate in the study. The study and its protocol were not registered.

Funding sources: No funding.

Disclosure of interests: The authors have no relationships, activities, or interests over the past three years related to for-profit or not-for-profit third parties whose interests may be affected by the content of the article.

Statement of originality: The authors did not use any previously published information (text, illustrations, or data) in this work.

Data availability statement: All data generated during this study are included in this article.

Generative AI: No generative AI was used in preparing this article.

Provenance and peer-review: This work was submitted unsolicited and reviewed following the standard procedure. The review process involved one external reviewer and one internal reviewer from the editorial board.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

1. Boutari C, Mantzoros CS. A 2022 update on the epidemiology of obesity and a call to action: as its twin COVID-19 pandemic appears to be receding, the obesity and dysmetabolism pandemic continues to rage on. *Metabolism*. 2022;133:155217. doi: 10.1016/j.metabol.2022.155217

2. Savina AA, Feiginova SI. The prevalence of obesity among the population of the Russian Federation: the period before the COVID-19 pandemic. *Social Aspects of Population Health*. 2022;68(5):4. doi: 10.21045/2071-5021-2022-68-5-4

3. Drapkina OM, Eliashevich SO, Shepel RN. Obesity as a risk factor for chronic non-communicable diseases. *Russian Journal of Cardiology.* 2016;(6):73–79. doi: 10.15829/1560-4071-2016-6-73-79

4. Chen GC, Arthur R, Iyengar NM, et al. Association between regional body fat and cardiovascular disease risk among postmenopausal women with normal body mass index. *Eur Heart J*. 2019;40(34):2849–2855. doi: 10.1093/eurheartj/ehz391

5. Zeng Q, Dong SY, Sun XN, et al. Percent body fat is a better predictor of cardiovascular risk factors than body mass index. *Braz J Med Biol Res.* 2012;45(7):591–600. doi: 10.1590/s0100-879x2012007500059

6. Ofstad AP, Sommer C, Birkeland KI, et al. Comparison of the associations between non-traditional and traditional indices of adiposity and cardiovascular mortality: an observational study of one million person-years of follow-up. *Int J Obes (Lond).* 2019;43(5):1082–1092. doi: 10.1038/s41366-019-0353-9

7. Zadarko-Domaradzka M, Sobolewski M, Zadarko E. Comparison of several anthropometric indices related to body fat in predicting cardiorespiratory fitness in school-aged children — a single-center cross-sectional study. *J Clin Med.* 2023;12(19):6226. doi: 10.3390/jcm12196226

8. Ackland TR, Lohman TG, Sundgot-Borgen J, et al. Current status of body composition assessment in sport: review and position statement on behalf of the ad hoc research working group on body composition health and performance, under the auspices of the I.O.C. Medical Commission. *Sports Med.* 2012;42(3):227–249. doi: 10.2165/11597140-000000000-00000

9. Yang SW, Kim TH, Choi HM. The reproducibility and validity verification for body composition measuring devices using bioelectrical impedance analysis in Korean adults. *J Exerc Rehabil.* 2018;14(4):621–627. doi: 10.12965/jer.1836284.142

10. Durnin JV, Womersley J. Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. *Br J Nutr.* 1974;32(1):77–97. doi: 10.1079/bjn19740060

11. Pollock ML, Hickman T, Kendrick Z, et al. Prediction of body density in young and middle-aged men. *J Appl Physiol.* 1976;40(3):300–304. doi: 10.1152/jappl.1976.40.3.300

12. Martirosov EG, Nikolaev DV, Rudnev SG. *Technologies and methods of human body composition assessment.* Moscow: Nauka; 2006. 248 p. (In Russ.)

13. Jackson AS, Pollock ML. Practical assessment of body composition. *Phys Sportsmed.* 1985;13(5):76–90. doi: 10.1080/00913847.1985.11708790

14. Espana Romero V, Ruiz JR, Ortega FB, et al. Body fat measurement in elite sport climbers: comparison of skinfold thickness equations with dual energy X-ray absorptiometry. *J Sports Sci.* 2009;27(5):469–477. doi: 10.1080/02640410802603863

15. Davidson LE, Wang J, Thorndon JC, et al. Predicting fat percent by skinfolds in racial groups: Durnin and Womersley revisited. *Med Sci Sports Exerc.* 2011;43(3):542–549. doi: 10.1249/MSS.0b013e3181ef3f07

16. Peterson MJ, Czerwinski SA, Siervogel RM. Development and validation of skinfold-thickness prediction equations with a 4-compartment model. *Am J Clin Nutr.* 2003;77(5):1186–1191. doi: 10.1093/ajcn/77.5.1186

17. Gause-Nilsson I, Dey DK. Percent body fat estimation from skin fold thickness in the elderly. Development of a population-based prediction equation and comparison with published equations in 75-year-olds. *J Nutr Health Aging.* 2005;9:19–24.

18. Kwok T, Woo J, Lau E. Prediction of body fat by anthropometry in older Chinese people. *Obes Res.* 2001;9:97–101. doi: 10.1038/oby.2001.12

19. Visser M, van den Heuvel E, Deurenberg P. Prediction equations for the estimation of body composition in the elderly using anthropometric data. *Br J Nutr.* 1994;71:823–833. doi: 10.1079/BJN19940189

20. Cicone ZS, Nickerson BS, Choi YJ, et al. Generalized equations for predicting percent body fat from anthropometric measures using a criterion five-compartment model. *Med Sci Sports Exerc.* 2021;53(12):2675–2682. doi: 10.1249/MSS.0000000000002754
21. Peterson DD. History of the U.S. Navy Body Composition program. *Mil Med.* 2015;180(1):91–96. doi: 10.7205/MILMED-D-14-00266
22. Yuhasz MS. *Physical Fitness Manual.* London Ontario: University of Western Ontario; 1974.
23. Siri WE. Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods. 1961. *Nutrition.* 1993;9(5):480–491; discussion 492.
24. Brozek J, Grande F, Anderson JT, Keys A. Densidometric analysis of body composition: Revision of some quantitative assumptions. *Ann N Y Acad Sci.* 1963;110:113–140.
25. Subramanian SK, Rajendran R, Venkata Vijaya Sai A, Ramachandra S. Correlation of neck circumference with body fat percentage by bioelectrical impedance analysis. *Int J Kinanthropometry.* 2023;3(1):102–108. doi: 10.34256/ijk23111
26. Preis SR, Massaro JM, Hoffmann U, et al. Neck circumference as a novel measure of cardiometabolic risk: the Framingham Heart study. *J Clin Endocrinol Metab.* 2010;95(8):3701–3710. doi: 10.1210/jc.2009-1779
27. Joshipura K, Muñoz-Torres F, Vergara J, et al. Neck circumference may be a better alternative to standard anthropometric measures. *J Diabetes Res*. 2016;2016:6058916. doi: 10.1155/2016/6058916
28. Hao X, He H, Tao L, et al. Waistline to thigh circumference ratio as a predictor of MAFLD: a health care worker study with 2-year follow-up. *BMC Gastroenterol.* 2024;24(1):144. doi: 10.1186/s12876-024-03229-4
29. Chuang YC, Hsu KH, Hwang CJ, et al. Waist-to-thigh ratio can also be a better indicator associated with type 2 diabetes than traditional anthropometrical measurements in Taiwan population. *Ann Epidemiol.* 2006;16(5):321–331. doi: 10.1016/j.annepidem.2005.04.014
30. Sinning WE, Dolny DG, Little KD, et al. Validity of "generalized" equations for body composition analysis in male athletes. *Med Sci Sports Exerc.* 1985;17(1):124–130.
31. Chambers AJ, Parise E, McCrory JL, Cham R. A comparison of prediction equations for the estimation of body fat percentage in non-obese and obese older Caucasian adults in the United States. *J Nutr Health Aging.* 2014;18(6):586–590. doi: 10.1007/s12603-014-001

ОБ АВТОРАХ

*** Турушева Анна Владимировна**, д-р мед. наук, профессор;
адрес: Россия, 191015, Санкт-Петербург, Кирочная ул., д. 41;
ORCID: 0000-0003-3347-0984;
eLibrary SPIN: 9658-8074;
e-mail: anna.turusheva@gmail.com

Евполов Владимир Сергеевич;
ORCID: 0009-0006-7834-1421;
e-mail: evpol2008@mail.ru

Ковлен Денис Викторович, д-р мед. наук, доцент;
ORCID: 0000-0001-6773-9713;
eLibrary SPIN: 6002-2766;
e-mail: denis.kovlen@mail.ru

Шаранина Елена Павловна;
ORCID: 0009-0006-3176-5286;
e-mail: elenasharan@ya.ru

Ведерникова Екатерина Андреевна;
ORCID: 0009-0009-3778-8683;
e-mail: vedernikova1ekaterina@yandex.ru

Полысаев Александр Евгеньевич;
ORCID: 0009-0008-7136-2232;
e-mail: alexander.polysaev@yandex.ru

Дмитриева Анастасия Александровна;
ORCID: 0009-0003-2945-9288;
e-mail: anastasia.dmitrieva.0000@gmail.com

AUTHORS INFO

*** Anna V. Turusheva**, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor;
address: 41 Kirochnaya St., Saint Petersburg, 191015, Russia;
ORCID: 0000-0003-3347-0984;
eLibrary SPIN: 9658-8074;
e-mail: anna.turusheva@gmail.com

Vladimir S. Evpolov;
ORCID: 0009-0006-7834-1421;
e-mail: evpol2008@mail.ru

Denis V. Kovlen, MD, Dr. Sci. (Medicine), Assistant Professor;
ORCID: 0000-0001-6773-9713;
eLibrary SPIN: 6002-2766;
e-mail: denis.kovlen@mail.ru

Elena P. Sharanina;
ORCID: 0009-0006-3176-5286;
e-mail: elenasharan@ya.ru

Ekaterina A. Vedernikova, MD;
ORCID: 0009-0009-3778-8683;
e-mail: vedernikova1ekaterina@yandex.ru

Alexander E. Polysaev;
ORCID: 0009-0008-7136-2232;
e-mail: alexander.polysaev@yandex.ru

Anastasia A. Dmitrieva;
ORCID: 0009-0003-2945-9288;
e-mail: anastasia.dmitrieva.0000@gmail.com

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author