

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ И ПЕРСПЕКТИВ ПРИМЕНЕНИЯ БИОИМПЕДАНСОМЕТРИИ НА ПРИМЕРЕ ЦЕНТРОВ ЗДОРОВЬЯ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ

Т.М. Максикова ✉, А.Н. Калягин, М.В. Карнакова

ФГБОУ ВО «Иркутский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации; Россия, г. Иркутск

Резюме

Цель исследования: проанализировать основные показатели биоимпедансометрии (БИМ), полученные на аппарате TANITA SC-330, и перспективы дальнейшего использования БИМ в формате скрининга.

Дизайн: ретроспективное исследование.

Материалы и методы. Рандомным способом отобраны 3534 карты из 9 центров здоровья Иркутской области (ЦЗ ИО). У всех пациентов проводилась БИМ на аппарате TANITA SC-330, определялись антропометрические параметры (масса тела, рост, индекс массы тела — ИМТ) и основные показатели состава тела (жировая масса — ЖМ, висцеральный жир — ВЖ, безжировая масса — БМ, костная масса — КМ, общая жидкость — ОЖ). С учетом смещения выборки выполнена стандартизация показателей по возрасту населения ИО. Сравнение результатов осуществлялось с итогами анализа состава тела (СТ) у 1,5% населения РФ, которому в рамках обследования в 484 ЦЗ РФ в период с 2010 по 2012 г. была выполнена БИМ.

Результаты. В целом среди посетителей ЦЗ ИО и РФ, включенных в БИМ СТ населения России, ИМТ ≥ 25 кг/м² встречался у 63,5 и 61,7% женщин ($\chi^2 \approx 3,73$; $p = 0,053$), у 62,3 и 61,3% мужчин ($\chi^2 \approx 0,13$; $p = 0,721$); ожирение (ИМТ ≥ 30 кг/м²) зарегистрировано у 30,2 и 31,9% женщин ($\chi^2 \approx 3,62$; $p = 0,057$), у 22,3 и 22,5% мужчин ($\chi^2 \approx 0,01$; $p = 0,92$). Возрастные изменения ИМТ у пациентов ЦЗ ИО и РФ были аналогичными. Анализ возрастной динамики СТ показал, что БМ и ОЖ достигали максимума у мужчин в 30–34 года, у женщин — в 45–54 года и существенно снижались у людей ≥ 70 лет. У лиц обоих полов пик абсолютных и относительных значений ЖМ приходился на возраст 60–64 года, а максимальные показатели ВЖ регистрировались в возрасте ≥ 70 лет. Удельный вес высокой ЖМ% превышал частоту ИМТ ≥ 30 кг/м² у женщин на 40,8%, у мужчин — на 20,7%. Низкие значения ОЖ выявлены у 19% мужчин и 37% женщин. Дефицит КМ наблюдался у 68% мужчин и 84% женщин. Отмечены сильные корреляции БМ с ИМТ у мужчин, ЖМ и ВЖ с ИМТ у женщин.

Заключение. Результаты исследования СТ в выборке ИО и РФ во многом сопоставимы между собой. С возрастом наблюдаются тенденции роста ВЖ, относительных и абсолютных значений ЖМ (вплоть до 65–69 лет), в то время как показатели БМ и ОЖ снижаются. Распространенность висцерального ожирения в выборке ИО (ВЖ ≥ 12 у. е.) составляет 16,9%, выявлен высокий уровень скрытого ожирения. Более чем у 3/5 мужчин и 4/5 женщин определяется дефицит КМ. Зарегистрированы положительные корреляционные связи средней силы между ВЖ, ЖМ% и метаболическими факторами риска. Дальнейшее применение БИМ в условиях популяционного скрининга требует строгих доказательств преимуществ БИМ перед измерением антропометрических показателей. Необходимо стандартизировать методику выполнения БИМ, чтобы избежать технических и организационных погрешностей.

Ключевые слова: центры здоровья, состав тела, тощая масса, жировая масса, висцеральный жир, костная масса, общая жидкость организма.

Максикова Т.М., Калягин А.Н., Карнакова М.В. Анализ результатов и перспектив применения биоимпедансометрии на примере центров здоровья Иркутской области. Вестник терапевта. 2023;1(56). URL: <https://journaltherapy.ru/statyi/analiz-rezultatov-i-perspektiv-primenenija-bioimpedansometrii-na-primere-centrov-zdorovja-irkutskoj-oblasti/> (дата обращения: дд.мм.гг.)

Максикова Татьяна Михайловна ✉ — к. м. н., доцент кафедры пропедевтики внутренних болезней ФГБОУ ВО ИГМУ Минздрава России. 664003, Россия, г. Иркутск, ул. Красного восстания, д. 1. eLIBRARY.RU SPIN: 9726-2314. <https://orcid.org/0000-0003-3265-9259>. E-mail: maxiktm@rambler.ru

Калягин Алексей Николаевич — д. м. н., профессор кафедры пропедевтики внутренних болезней ФГБОУ ВО ИГМУ Минздрава России. 664003, Россия, г. Иркутск, ул. Красного восстания, д. 1. eLIBRARY.RU SPIN: 6737-0285. <https://orcid.org/0000-0002-2708-3972>. E-mail: akalagin@yandex.ru

Карнакова Мария Владимировна — к. м. н., ассистент кафедры пропедевтики внутренних болезней ФГБОУ ВО ИГМУ Минздрава России. 664003, Россия, г. Иркутск, ул. Красного восстания, д. 1. eLIBRARY.RU SPIN: 5559-3926. <https://orcid.org/0000-0002-0427-7571>. E-mail: karnmaria@yandex.ru

ANALYSIS OF THE RESULTS AND PROSPECTS FOR THE USE OF BIOIMPEDANCEMETRY ON THE EXAMPLE OF THE IRKUTSK REGION HEALTH CENTERS

T.M. Maxikova ✉, A.N. Kalyagin, M.V. Karnakova

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Irkutsk State Medical University" of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation; 1 Krasnoe Vosstanie Str., Irkutsk, Russian Federation 664003

Study Objective: To analyze the main bioimpedancemetry (BIM) indicators obtained on the equipment "TANITA SC-330" and the prospects for further use of BIM in the screening format.

Study Design: Retrospective study.

Materials and methods. 3534 cards were randomly selected from the 9 Health Centers (HC) of the Irkutsk region (IR). At all patients underwent BIM using the TANITA SC-330 device, anthropometric parameters (body weight, height, body mass index — BMI) and the main indicators of body composition (fat mass — FM, visceral fat — VF, fat free mass — FFM, bone mass — BM, total body water — TBW) were determined. Taking into account the sample bias, the indicators were standardized according to the age of the IR population. Comparison of the results was carried out with the results of the body composition (BC) analysis in 1.5% of the RF population, which underwent BIM within the framework of survey in 484 of the RF Health Centers in the period from 2010 to 2012 years.

Study Results. Generally among visitors of Health Centers of the IR and the RF, included in Russian population BIM study, BMI ≥ 25 kg/m² occurred in 63.5 and 61.7% women ($\chi^2 \approx 3.73$; $p = 0.053$), in 62.3 and 61.3% man ($\chi^2 \approx 0.13$; $p = 0.721$), obesity (BMI ≥ 30 kg/m²) was registered among 30.2 and 31.9% women ($\chi^2 \approx 3.62$; $p = 0.057$) as well as among 22.3 and 22.5% man ($\chi^2 \approx 0.01$; $p = 0.92$). Age-related changes of BMI in patients of the HC of the IR and of the RF were similar. An analysis of the age dynamics of BC showed that FFM and TBW reached a maximum in men at 30–34 years of age, in women — at 45–54 years of age, and significantly decreased in people ≥ 70 years of age. In both sexes, the peak of absolute and relative values of FM was at the age of 60–64 years, and the maximum values of VF were recorded at the age of ≥ 70 years. The proportion of high FM% exceeded the frequency of BMI ≥ 30 kg/m² in women by 40.8%, in men — by 20.7%. Low TBW values were found in 19% men and 37% women. BM deficiency was observed in 68% men and 84% women. Strong correlations of FFM with BMI in men, FM and VF with BMI in women were noted.

Conclusion. The results of the BC study in the samples of the IR and the RF are largely comparable to each other. With age, there are trends in the growth of VF, relative and absolute values of FM (up to 65–69 years), while FFM and TWB decrease. The prevalence of visceral obesity in the IR

sample ($VF \geq 12$ c.u.) is 16.9%, a high level of latent obesity is revealed. More than 3/5 men and 4/5 women have BM deficiency. Positive correlations of medium strength are registered between VF, FM% and metabolic risk factors. Further application of BIM in population screening requires rigorous evidence of the advantages of BIM over the measurement of anthropometric indicators. It is necessary to standardize the methodology for performing BIM in order to avoid technical and organizational errors.

Keywords: the centers of health, body composition, fat free mass, fat mass, visceral fat, bone mass, total body water.

For
citation

Maxikova T.M., Kalyagin A.N., Karnakova M.V. Analysis of the results and prospects for the use of bioimpedancemetry on the example of the Irkutsk region Health Centers. *Therapist's Bulletin*. 2023;1(56). (in Russian). URL: <https://journaltherapy.ru/statyi/analiz-rezultatov-i-perspektiv-primenenija-bioimpedansometrii-na-primere-centrov-zdorovja-irkutskoj-oblasti/> (application: mm/dd/yyyy)

Введение

На протяжении 13 лет в центрах здоровья (ЦЗ) проводится комплексное обследование, включающее наряду с оценкой традиционных факторов риска (ФР) методы диагностики, которые не используются в мировой практике для рутинного скрининга ФР хронических неинфекционных заболеваний (ХНИЗ). К таким методам относится биоимпедансометрия (БИМ) — способ оценки состава тела (СТ), основанный на измерении активного и реактивного сопротивления — электрического импеданса (Z) биологических тканей [1, 2].

Величина активного сопротивления напрямую коррелирует с жировой массой (ЖМ), поэтому БИМ позволяет определить состояние жирового обмена в тех случаях, когда более точные способы (нейтронный активационный анализ, измерение естественной радиоактивности всего тела, гидростатическая денситометрия, двухэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия (ДЭРА), разведение хлористого и бромистого натрия, КТ, МРТ, магнитно-резонансная спектроскопия, воздушная бодиплетизмография, фотонное сканирование) недоступны, а антропометрические показатели (ИМТ, окружность талии (ОТ), окружность бедер (ОБ), калиперометрия) недостаточно информативны. Например, высокий ИМТ при нормальном содержании ЖМ встречается у спортсменов, пациентов с отечным синдромом и опухолями. Наоборот, у лиц с абдоминальным ожирением ИМТ может быть < 25 кг/м² [2–7].

Значимость раннего выявления ожирения продиктована тем, что это один из ведущих метаболических ФР ХНИЗ: вклад ИМТ ≥ 25 кг/м² в показатель DALYs (disability-adjusted life years) в мире составляет 6,3%, достигая максимума (11,8%) в возрастной группе от 50 до 74 лет [8]. Проблема ожирения актуальна и для России, так, по данным исследования ЭССЕ-РФ, распространенность абдоминального ожирения у женщин составляет 38,4%, у мужчин — 24,3% [9].

Интерес представляют и возможности БИМ в отношении ранней диагностики саркопении — широко распространенного прогрессирующего

генерализованного заболевания скелетной мускулатуры с повышением риска неблагоприятных исходов, включая падения, переломы, физическую инвалидизацию и смертность [10–13]. БИМ позволяет объективно оценить состояние водного баланса организма как у здоровых, так и у больных людей, а также определить недостаток тощей (безжировой) массы тела (БМ) у пациентов с хронической обструктивной болезнью легких и бронхиальной астмой [14–17]. БИМ в перспективе может рассматриваться как метод оценки содержания костной ткани в организме [6].

Цель исследования: проанализировать основные показатели БИМ, полученные на аппарате TANITA SC-330, и перспективы дальнейшего использования БИМ в формате скрининга.

Материалы и методы

Объем выборки определялся по формуле:

$$n = 1/(\Delta^2 / (t^2 v \times (1 - v) + 1/N)),$$

где N — объем генеральной совокупности (средняя численность населения Иркутской области (ИО) за 2010–2012 гг. в возрасте 18 лет и старше — 1,9 млн человек); t — коэффициент, равный 2 для доверительной вероятности 0,95; v — ориентировочная доля признака в генеральной совокупности (58,7% — стандартизованная распространенность ИМТ ≥ 25 кг/м² среди населения 18 лет и старше в России); Δ — величина допустимой ошибки, равная 0,03 [18, 19].

В соответствии с расчетами необходимо было отобрать случайным способом 1077 карт ЦЗ, однако из-за прогнозируемых смещений выборки по полу и возрасту объем расширили до 3534 случаев, а данные по женщинам ($n = 2809$) и мужчинам ($n = 725$) анализировались отдельно.

БИМ (оценка СТ) проводилась на аппарате TANITA SC-330, согласно прилагаемой к прибору инструкции. Определялись ИМТ, ЖМ, БМ, костная масса (КМ), общая жидкость (ОЖ) организма в абсолютных значениях и долях от массы тела.

Рассчитывались также уровень висцерального жира (ВЖ), идеальная масса тела, значение основного обмена (ОО). Показатели стандартизировались по возрасту и интерпретировались в соответствии с критериями оценки, предложенными ВОЗ [20, 21].

Полученные нами результаты сравнивали с итогами анализа СТ у 1,5% жителей РФ, у которых в рамках обследования в 484 ЦЗ РФ в период с 2010 по 2012 г. была выполнена БИМ на оборудовании АВС-01 «Медасс» (n = 819 808), «Диамант» (n = 1 175 538), Omron (n = 97 349).

Сведения, полученные в ЦЗ ИО с помощью биоимпедансметров TANITA, тогда в выборку включены не были, так как приборы не имели функции хранения данных.

Статистическая обработка проводилась с использованием программного обеспечения Statistica 12 и Excel с предоставлением результатов в виде медианы и квартилей (Me; LQ–HQ); процентов (%). Для сравнения двух независимых групп по количественному признаку применяли критерий Манна — Уитни, для оценки взаимосвязи между признаками — коэффициент корреляции Спирмена, для анализа различия частот в двух независимых группах объектов исследования — χ^2 с поправкой Йетса.

Результаты и обсуждение

Распределение обследуемых в выборке по полу и возрасту представлено в *таблице 1*.

Преобладали женщины (79,5%) и люди в возрасте от 50 до 64 лет. Похожая структура посещаемости отмечалась в ЦЗ и на территории РФ в целом (пик в 50–60 лет; соотношение женщин и мужчин, равное 3,6). Связано это, прежде всего,

Таблица 1

Возрастно-половой состав выборки лиц, прошедших обследование на анализаторе TANITA SC-330, n (%)

Возрастная группа	Женщины (n = 2809)	Мужчины (n = 725)
18–19 лет	92 (3,3)	31 (4,3)
20–24 года	171 (6,1)	74 (10,2)
25–29 лет	205 (7,3)	61 (8,4)
30–34 года	197 (7,0)	64 (8,8)
35–39 лет	237 (8,4)	61 (8,4)
40–44 года	244 (8,7)	65 (9,0)
45–49 лет	243 (8,6)	67 (9,2)
50–54 года	376 (13,4)	70 (9,7)
55–59 лет	384 (13,7)	82 (11,3)
60–64 года	324 (11,6)	64 (8,8)
65–69 лет	132 (4,7)	29 (4,0)
70 лет и старше	204 (7,2)	57 (7,9)

с тем, что представители данных групп наиболее активно самостоятельно обращаются в ЦЗ.

В рамках БИМ СТ населения России в ЦЗ такая ситуация объясняется более внимательным отношением женской половины населения к своему здоровью, высокой распространенностью ожирения и сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) среди лиц 50–60 лет, низкой рождаемостью в период Великой Отечественной войны [2].

В настоящем исследовании ИМТ ≥ 25 кг/м² и ≥ 30 кг/м² выявлен у 63,5 и 30,2% женщин, что близко к общероссийским показателям — 61,7% ($\chi^2 \approx 3,73$; p = 0,053) и 31,9% ($\chi^2 \approx 3,62$; p = 0,057), похожая ситуация наблюдалась в выборках из ЦЗ ИО и РФ у мужчин, среди которых ИМТ ≥ 25 кг/м² определен у 62,3 и 61,3% ($\chi^2 \approx 0,13$; p = 0,721), а ожирение — у 22,3 и 22,5% ($\chi^2 \approx 0,01$; p = 0,92) соответственно [2]. Структура возрастных изменений ИМТ у женщин представлена на *рисунке 1*, у мужчин — на *рисунке 2*.

Из нормированных гистограмм наполнения (см. *рис. 1 и 2*) видно, что доля лиц с избыточной массой тела и ожирением имеет тенденцию увеличиваться с возрастом, достигая максимальных значений как у мужчин, так и у женщин в 60–64 года с последующим снижением среди населения в возрасте ≥ 65 лет. Тяжелые формы ожирения (II и III степень) наиболее часто встречаются у пациентов в возрасте от 50 до 64 лет.

Рисунок 1

Динамика значений индекса массы тела у женщин

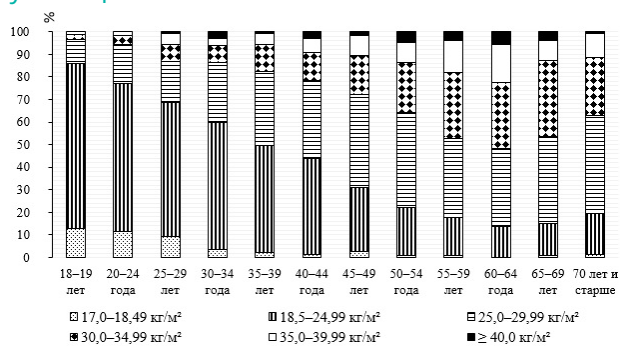
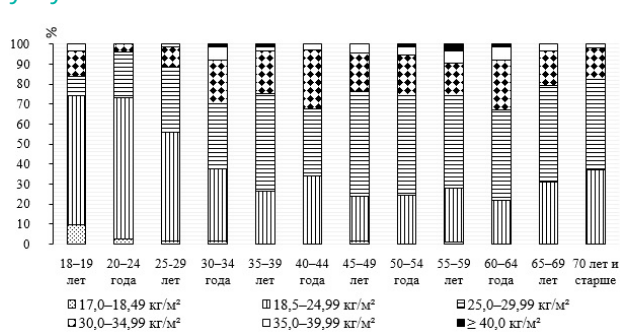


Рисунок 2

Динамика значений индекса массы тела у мужчин



Средние значения массы тела, роста, ИМТ, ЖМ, БМ, ОЖ, КМ, ВЖ, идеальной массы тела и ОО в выборке и после стандартизации с учетом возрастного состава взрослого населения ИО за 2010–2012 гг. в виде Me (LQ–HQ) представлены в *таблице 2*.

Определенные в выборке ИМТ, ЖМ, ВЖ (см. *табл. 2*) были выше стандартизованных показателей, пересчитанных для генеральной совокупности населения ИО, что обусловлено преобладанием старших возрастных групп среди посетителей ЦЗ. У женщин также отмечены средние значения ОЖ (кг), ОО, превышающие соответствующие стандартизованные, в то время как у мужчин наблюдалась обратная тенденция, вероятно, связанная с тем, что содержание ОЖ с возрастом снижается. Показатели КМ после стандартизации не изменились [10].

Интересно отметить, что ЖМ% у здоровых мужчин и женщин, проживающих в Сингапуре (n = 125, 21–68 лет), составила 18,8 и 29,5%, что на 3,8 и 4,7% ниже, чем в настоящей работе [3].

Половые различия выявлены для всех характеристик СТ непараметрическим методом Манна — Уитни с $p < 0,00001$, за исключением ИМТ, для которого статистически значимая разница была несколько меньше ($p = 0,0092$). Изменение медиан

массы тела, роста и ИМТ с возрастом хорошо прослеживается на *рисунке 3*.

При сравнении графиков, представленных на *рисунке 3*, с общероссийскими и американскими данными, можно отметить, что кривые изменений массы тела у мужчин ИО и РФ похожи внешне с двумя небольшими пиками в 35–45 лет и 60–64 года, однако по абсолютным значениям массы мужчины ИО приближаются к мужчинам США. У женщин ИО картина как внешне, так и в абсолютных цифрах больше напоминает изменения массы тела в американской выборке с пиком в 60 лет и последующим снижением, в то время как в РФ максимальные показатели массы у женщин встречаются в 65 лет. Динамика изменений роста схожа у мужчин ИО, РФ, США и Швеции с постепенным снижением после 35–45 лет. У женщин значения роста меняются аналогично.

ИМТ у мужчин ИО, РФ, США постепенно нарастает, достигая максимальных значений к 55–65 годам, и умеренно снижается у лиц ≥ 65 лет. Изменения ИМТ у женщин ИО практически полностью отражали российскую динамику [2].

Изменения основных показателей СТ, полученных в результате БИМ, с возрастом продемонстрированы на *рисунке 4*.

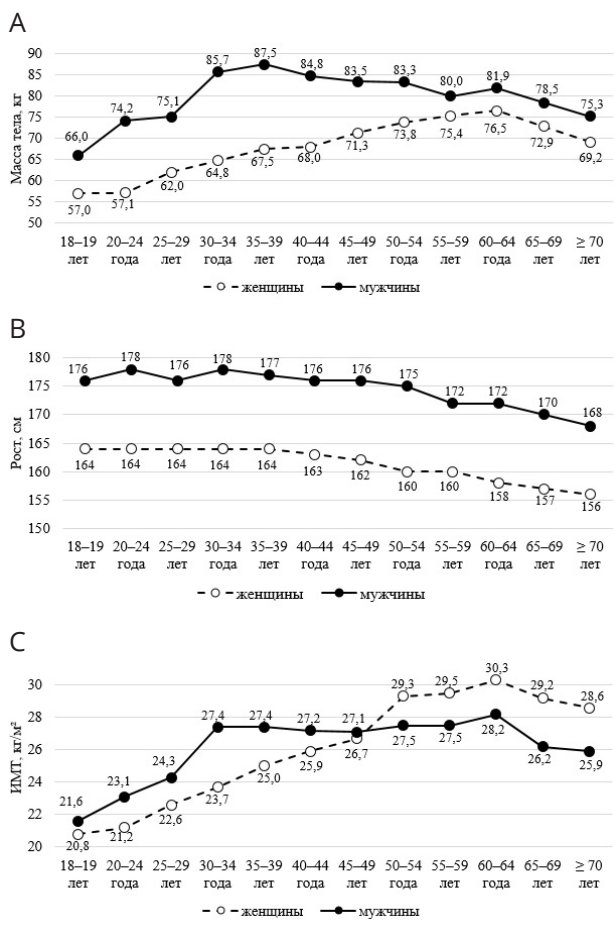
Таблица 2

Количественные характеристики состава тела, по результатам биоимпедансометрии, Me (LQ–HQ)

Показатель	Женщины		Мужчины	
	в выборке	стандартизованные по возрасту, Иркутская область	в выборке	стандартизованные по возрасту, Иркутская область
Масса тела, кг	69,9 (60,4–80,3)	68,1 (60,3–77,6)	80 (70,3–90,5)	80,3 (71,4–90,4)
Рост, см	161 (157,0–165,0)	161,3 (157,5–164,9)	175,0 (170,0–179,0)	175,2 (171,4–179,1)
Индекс массы тела, кг/м ²	27 (23,2–31,2)	26,2 (23,4–29,8)	26,4 (23,5–29,5)	26,2 (23,7–29,0)
Безжировая масса тела, кг	45,1 (42,2–48,4)	44,8 (42,0–48,0)	60,9 (55,2–66,8)	61,4 (56,6–66,6)
Жировая масса, кг	24,7 (17,4–33,1)	23,4 (17,5–30,3)	19,6 (13,5–26,0)	18,3 (13,6–25,1)
Жировая масса, %	35,7 (28,5–41,4)	34,2 (28,9–39,3)	24,1 (18,3–29,6)	22,6 (18,3–28,0)
Общая жидкость, кг	33,0 (30,9–35,4)	32,8 (30,8–37,0)	44,6 (40,4–49,9)	44,9 (41,4–48,8)
Общая жидкость, %	47,1 (43,0–52,4)	48,4 (44,6–52,3)	56,6 (51,4–59,8)	56,7 (52,7–59,8)
Висцеральный жир, у. е.	7,0 (4,0–11,0)	6,6 (4,9–8,6)	10,0 (5,0–13,0)	8,5 (6,4–11,3)
Костная масса, кг	2,3 (2,2–2,4)	2,3 (2,2–2,4)	3,1 (2,9–3,4)	3,1 (2,9–3,4)
Идеальная масса тела (по Лоренцу), кг	55,5 (53,5–57,5)	56,8 (54,3–59,3)	68,8 (65,0–71,8)	68,9 (66,0–71,8)
Основной обмен (по Харрису — Бенедикту 2), ккал	1392,4 (1304,3–1483,7)	1386,2 (1304,3–1474,6)	1756,7 (1606,4–1919,1)	1771,8 (1643,1–1906,3)
Основной обмен (по Сколфилду), ккал	1400,6 (1316,1–1490,8)	1382,0 (1301,5–1475,4)	1777,1 (1631,8–1917,1)	1782,9 (1670,2–1908,3)

Рисунок 3

А — возрастная динамика средних значений (50-е центили) массы тела в выборке лиц ≥ 18 лет центров здоровья Иркутской области. В — возрастная динамика средних значений (50-е центили) роста в выборке лиц ≥ 18 лет центров здоровья Иркутской области. С — возрастная динамика средних значений (50-е центили) индекса массы тела (ИМТ) в выборке лиц ≥ 18 лет центров здоровья Иркутской области

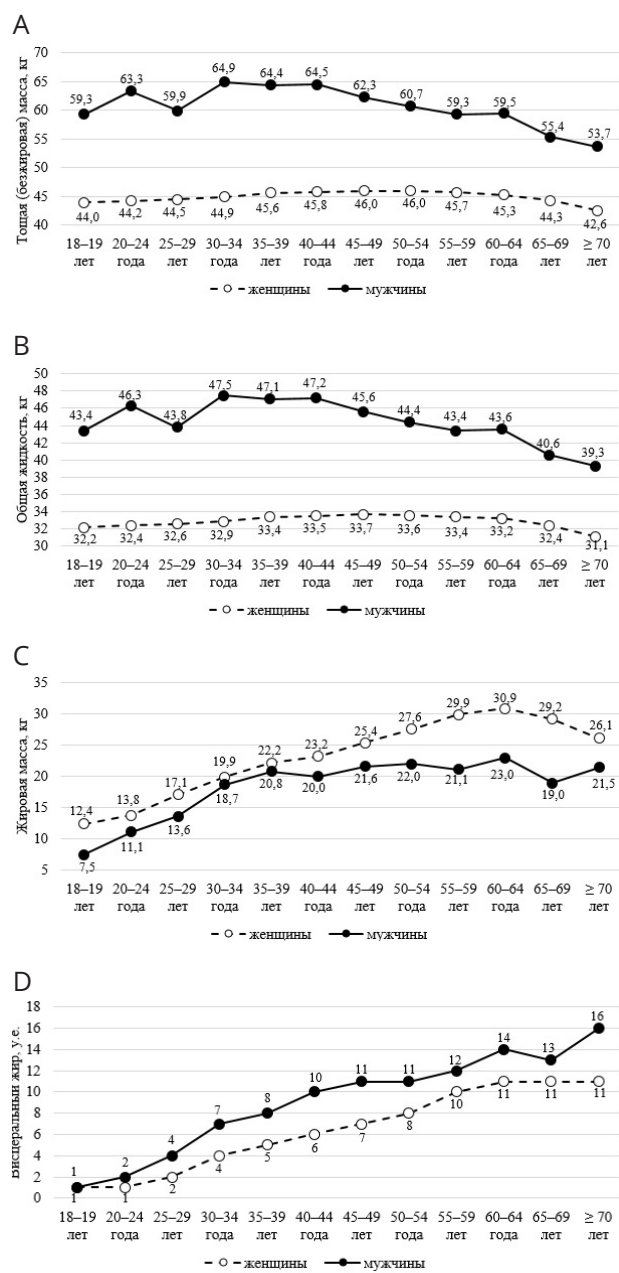


В целом графики возрастных изменений медиан БМ (безжировой, или тощей массы) по форме напоминают аналогичные кривые, полученные по итогам анализа данных БИМ 2 092 695 человек из ЦЗ России за 2010–2012 гг., с заметным снижением показателей независимо от пола после 65 лет. Максимальные значения медиан БМ, достигающие 64,9 кг в группе 30–34 лет у мужчин и 46 кг в группах 45–49 лет и 50–54 года у женщин, более соответствуют данным взрослого населения США.

Судить о возрастной динамике ОЖ (или общей воды) организма по *рисунку 4* достаточно сложно, так как абсолютные показатели малоинформативны в плане диагностики обезвоживания или гипергидратации. При визуальном сравнении 50-х центилей в выборках ИО и РФ отмечаются схожие тренды изменений ОЖ [2].

Рисунок 4

А — возрастная динамика тощей (безжировой) массы тела (50-е центили) в выборке лиц ≥ 18 лет центров здоровья Иркутской области. В — возрастная динамика общей жидкости (50-е центили) в выборке лиц ≥ 18 лет центров здоровья Иркутской области. С — возрастная динамика жировой массы тела (50-е центили) в выборке лиц ≥ 18 лет центров здоровья Иркутской области. D — возрастная динамика висцерального жира (50-е центили) в выборке лиц ≥ 18 лет центров здоровья Иркутской области



Что касается ЖМ, то она постепенно увеличивается с возрастом, достигая пика к 60–64 годам, как у мужчин (23 кг), так и у женщин (30,9 кг),

с последующей тенденцией к снижению. ВЖ показывает тенденцию к росту с возрастом. Изменения ЖМ%, рассчитанной в процентах от массы тела, представлены на рисунке 5.

Сравнивая возрастные изменения ЖМ%, можно отметить, что у женщин ИО динамика ЖМ% была почти такой же, как и в целом в российской популяции, за исключением молодых жительниц ИО до 25 лет, у которых ЖМ% не превышала 25%. У мужчин ИО график по форме и абсолютным значениям больше напоминал американский [2].

Рост значений ВЖ, выраженного в процентах, происходит неуклонно вплоть до 60–64 лет, после 65 лет динамика изменений становится менее заметной. Безопасным считается уровень ВЖ ≤ 12%, доля лиц с ВЖ > 12% в зависимости от возраста и пола отражена на рисунке 6.

Анализируя диаграмму (см. рис. 6), можно сделать вывод, что доля мужчин с висцеральным (абдоминальным) ожирением (ВО) неуклонно увеличивается с возрастом, охватывая в среднем почти 1/3 участников исследования, пик распространенности ВО приходится на возраст ≥ 70 лет, когда у 3/4 пациентов наблюдаются значения ВЖ > 12%.

Рисунок 5

Возрастная динамика основных показателей жировой массы % (50-е центили) в выборке лиц ≥ 18 лет центров здоровья Иркутской области

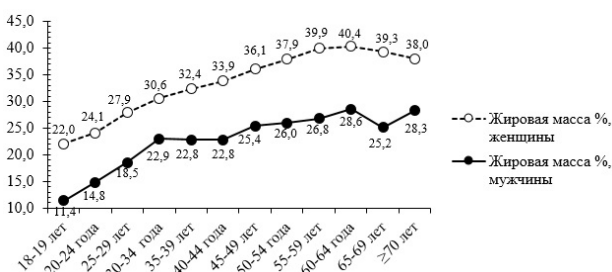
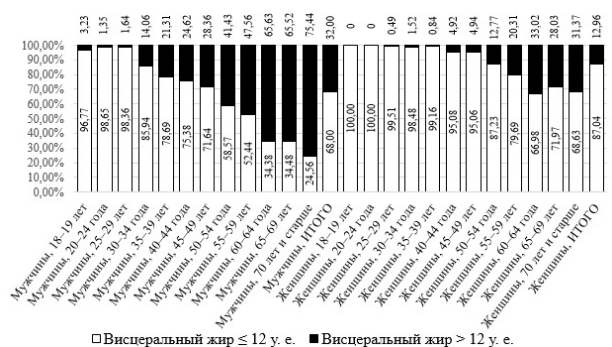


Рисунок 6

Динамика распространенности нормальных и патологических значений висцерального жира



У женщин частота ВО во всех группах ниже, чем у мужчин, с наиболее высокой долей в 60–64 года.

В целом ВО со значениями ВЖ > 12 у. е. выявлено у 596 (16,9%) человек. Эти данные могут быть неточными, так как, согласно руководству к TANITA SC-330, именно ВЖ > 12% ассоциирован с высоким риском ХНИЗ, в то время как в других источниках за оптимальные цифры ВЖ приняты значения ≤ 8 кг и ≤ 9 у. е. Если представленные данные оценивать по последнему критерию (ВЖ > 9 у. е.), то число лиц с ВО в ЦЗ ИО выросло бы больше чем вдвое — до 1304 (36,9%) [21–23].

Содержание костной ткани в организме зависит от пола и массы тела и составляет в среднем у женщин при массе < 50 кг 1,95 кг, от 50 до 75 кг — 2,4 кг, > 75 кг — 2,95 кг; у мужчин с массой < 60 кг — 2,66 кг, от 65 до 95 кг — 3,29 кг, > 95 кг — 3,69 кг. В соответствии с рекомендациями ВОЗ, доля жировой ткани у женщин и мужчин в зависимости от возраста может иметь оптимальные, нормальные, умеренно высокие и высокие значения.

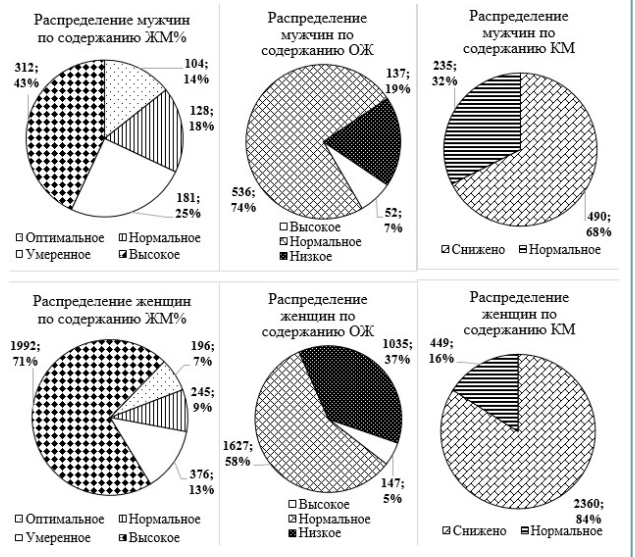
У мужчин и женщин низким принято считать содержание ОЖ < 50% и < 45%; нормальным — 50–65% и 45–60%; высоким > 65% и > 60% соответственно [20, 24]. Распределение мужчин и женщин по содержанию ЖМ, ОЖ и КМ проиллюстрировано на рисунке 7.

У женщин высокий уровень ЖМ% превышал частоту избыточной массы тела и ожирения на 7,5 и на 40,8% соответственно. У мужчин высокие значения ЖМ% встречались реже на 19,3%, чем избыточная масса тела, и на 20,7% чаще, чем ожирение.

Настораживает высокий удельный вес низких значений КМ. Анализ содержания ОЖ% позволяет только констатировать факт низкой или высокой гидратации, но не выяснить причины этого состояния.

Рисунок 7

Структура основных показателей состава тела: жировой массы (ЖМ) %, общей жидкости (ОЖ) и костной массы (КМ)



Взаимосвязь между характеристиками БИМ и традиционными метаболическими ФР представлена в *таблице 3*.

Значимые взаимосвязи между БМ и метаболическими ФР у лиц обоих полов отсутствовали. У мужчин сильная корреляция получена между ИМТ и БМ, а у женщин — между ИМТ и ВЖ и ЖМ%, что согласуется с российскими данными [2]. Наиболее высокие значения r в рамках умеренной корреляции были обнаружены между метаболическими ФР, Systematic Coronary Risk Evaluation и ВЖ, что подтверждает диагностическую значимость этого показателя.

Подводя итоги, можно отметить, что данные, полученные в рамках настоящей работы, в большинстве своем согласуются с результатами биоимпедансного исследования СТ населения РФ и могут быть использованы с целью его дополнения [2]. БИМ — это недорогой простой неинвазивный метод исследования, в процессе которого можно быстро получить необходимые сведения о СТ [7, 25]. Однако принятое в 2009 г. при открытии ЦЗ решение об использовании БИМ в качестве метода популяционного скрининга, возможно, было преждевременным, так как прогностическая значимость метода к тому времени до конца не была установлена, да и сейчас данные относительно чувствительности и специфичности БИМ противоречивы.

Так, в одной из публикаций было показано, что ЖМ, определенная методом БИМ, вследствие погрешностей измерений и вычислений недооценивается при общих осмотрах в среднем на 3,42 кг,

в другой работе общая ЖМ, полученная с помощью МРТ, была выше на 5 кг по сравнению с БИМ [26, 27]. По итогам БИМ ЖМ была меньше эталонных значений ДЭРА у мужчин на 3,1 кг, у женщин — на 2,6 кг [28]. Еще одно сравнительное исследование эффективности БИМ и ДЭРА ($n = 749$) выявило, что корреляция между ЖМ% по итогам использования обеих методик не высока и составляет всего 0,56 у мужчин и 0,669 у женщин [29]. Особенно значимые различия были определены между показателями состава тела, полученными на одностотных устройствах БИМ и ДЭРА [6]. Также было продемонстрировано, что в результате БИМ может быть значительно занижена ЖМ% и завышена БЖМ по сравнению с ДЭРА, особенно при высоких значениях ИМТ [30]. Метаанализ 12 исследований показал, что у пациентов в возрасте 18–64 лет с ИМТ ≥ 35 кг/м² в отличие от ДЭРА БИМ — ненадежный метод оценки СТ, похожие данные представлены и в других научных работах [31, 32]. Низкая прогностическая ценность ЖМ%, полученной с помощью БИМ, была продемонстрирована для лиц с ИМТ ≤ 21 кг/м² [33]. При сопоставлении результатов анализа СТ с помощью ультразвукового сканера BodyMetrix™ (IntelaMetrix, США) и отечественного биоимпедансного оборудования (ABC-02 «Медасс», Медасс, Россия) у одних и тех же лиц, был сделан вывод о наличии систематического расхождения оценок абсолютного и относительного количества ЖМ, а также БЖМ [34]. У взрослых жителей южной части Индии БИМ занижал ЖМ% на 5,5% по сравнению с методом 4С (счетчик калия

Таблица 3

Корреляция основных показателей биоимпедансометрии с метаболическими факторами риска хронических неинфекционных заболеваний и возрастом

Показатель	r, безжировая масса		r, висцеральный жир		r, жировая масса %	
	муж.	жен.	муж.	жен.	муж.	жен.
Индекс массы тела, кг/м ²	0,901	0,598	0,72	0,877	0,74	0,888
Общий холестерин, ммоль/л	0,043	0,071	0,393	0,466	0,291	0,389
Глюкоза, ммоль/л	0,057	0,116	0,31	0,332	0,284	0,274
Систолическое артериальное давление, мм рт. ст.	0,075	0,177	0,428	0,535	0,358	0,427
Диастолическое артериальное давление, мм рт. ст.	0,112	0,209	0,401	0,43	0,333	0,38
Риск по шкале Systematic Coronary Risk Evaluation, баллы	-0,156	0,011	0,368	0,474	0,221	0,328
Возраст, годы	0,261	0,033	0,707	0,73	0,432	0,476

Примечание: сильные корреляционные связи ($r \geq 0,75$) выделены жирным шрифтом, средней силы ($0,25 \leq r < 0,75$) — обычным, слабые или отсутствующие — бледным.

всего тела) [7]. Среди египтянок 20–49 лет ($n = 373$) чувствительность и специфичность ЖМ% в прогнозировании АГ, ССЗ, СД, заболеваний суставов составили 78 и 40%; 86 и 47%; 71 и 46%; 67 и 48%, соответственно [35].

Для дальнейшего использования БИМ в качестве метода популяционного скрининга, важно, чтобы БИМ превосходила по эффективности антропометрические характеристики. Однако в ряде работ доказано, что при ожирении антропометрические показатели не уступают результатам БИМ [36–38]. Более того, у населения Сингапура ОТ и ОТ/ОБ у мужчин и индекс ожирения тела (ОБ/ДТ $\times 1,5 - 18$, где ДТ — длина тела) у женщин по прогностической ценности в отношении ССЗ превосходили ЖМ%, измеренную посредством БИМ [3, 36]. ОТ оказалась наиболее значимым прогностическим признаком осложнений ССЗ и среди африканского населения ($n = 691$, медиана возраста = 42 года), в то время как БИМ не обеспечила существенных преимуществ [20].

В рамках междисциплинарных клинических рекомендаций «Лечение ожирения и коморбидных заболеваний» четко обозначено, что клиническая значимость таких методов, как БИМ, ограничивается отсутствием исходных данных для валидированных точек. В таких условиях оптимально использование показателя ОТ, так как он позволяет в рутинной клинической практике выявлять пациентов с высоким кардиометаболическим индексом с чувствительностью, значительно превосходящей ИМТ [39]. По итогам исследования пациентов с низким сердечно-сосудистым риском по SCORE ($n = 86$) для выявления лиц с ожирением в практической работе предложено использовать для скрининга показатель ОТ, а уже для постановки адекватных целей в коррекции массы тела — БИМ [40]. На сегодняшний день БИМ дает неточные оценки содержания минералов в костной ткани, в отличие от ДЭРА [6].

На итоговые результаты БИМ негативно могут повлиять различные факторы, такие как способ установки и локализация электродов; «паразитная» емкость, представляющая собой основной источник погрешности в измерительных системах, основанных на спектроскопии электрического импеданса; прием кофеин-содержащих напитков, пищи и жидкости перед исследованием; предшествующие физические нагрузки; различия в длине конечностей, особенности биохимического анализа крови; овуляция [5, 7, 41–43].

Показано, что точность измерений методом БИМ снижается, если не используются специальные прогностические уравнения и стандартизированные протоколы измерений [5]. Среди основных ограничений изучения СТ населения России методом БИМ можно отметить отсутствие валидационных исследований с использованием референтных методов, которые не позволяют учитывать популяционные особенности [44]. Необходимо обратить внимание и на тот факт, что доля некорректных данных БИМ составила в ЦЗ РФ в 2014 г. 28,1%, в ее структуре преобладали подделки (50,6%) и методические погрешности (48,5%) [45].

Достаточно и источников, демонстрирующих высокую прогностическую ценность БИМ. Системный обзор 55 исследований с включением здоровых людей в возрасте до 80 лет показал, что ЖМ%, измеренная посредством БИМ, лучше коррелирует с заболеваемостью и смертностью от ССЗ, чем ИМТ [46]. Существует значимая взаимосвязь между уровнем ВЖ и параметрами метаболического синдрома ($p < 0,05$) [23].

В рамках изучения эпидемиологических данных, полученных при анализе СТ методом БИМ, в большом датском исследовании ($n = 57\,053$) индекс ЖМ продемонстрировал J-образную связь со смертностью, а более высокий индекс БМ (увеличение на 1 кг/м^2) ассоциировался со снижением риска смерти на 20–23% в низком диапазоне индекса БМ (< 60-го перцентиля). Выявлена обратная корреляция между мышечной массой и риском смерти у 4108 британских мужчин.

В Швейцарии низкий индекс БМТ являлся сильным предиктором смертности у мужчин, но не у женщин. В исследовании NHANES III ($n = 4652$) у пожилых женщин с саркопенией независимо от ЖМ% увеличивался риск смерти, в то время как саркопениея не была значимо связана со смертностью у пожилых мужчин [47]. Лонгитюдное наблюдение за китайской выборкой показало, что определенные методом БИМ БМ и мышечная масса были отрицательными индикаторами смертности у лиц обоих полов, в то время как ЖМ% и индекс площади ВЖ положительно коррелировали со смертностью исключительно у женщин [48].

Еще в одном 9-летнем популяционном когортном исследовании в Китае у лиц с нормальной массой и скрытым ожирением, выявленным с помощью БИМ (ЖМ% $\geq 24\%$ у мужчин и $\geq 33\%$ у женщин), частота развития СД составила 11,3 случая на 1000 человеко-лет, в то время как у лиц без ожирения заболеваемость СД была ниже почти в 2 раза [49].

БИМ является точным методом выявления саркопении у взрослых с онкологическими заболеваниями до начала лечения и жизнеспособной альтернативой КТ, двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии и МРТ в онкологической клинической практике [50]. В последнее время начали появляться исследования потенциального использования БИМ для выявления предраковых и злокачественных состояний, однако пока технология требует доработки и многоцентровых клинических испытаний [51].

При изучении распространенности избыточной массы тела и ожирения у взрослого населения Ярославской области ($n = 13\,948$) показано, что среди лиц с нормальным ИМТ частота избыточного жира отложения, определенная методом БИМ, составила 38% [52]. Похожие данные получены в Индии на биоимпедансметре TANITA (модель SC330) в рамках Керальской программы профилактики СД, когда доля людей с ИМТ $< 25 \text{ кг/м}^2$ и ожирением составила 32% [53].

В Китае ($n = 23\,748$) распространенность ожирения у мужчин и женщин с нормальным ИМТ — 9,5 и 6,06% соответственно [54]. Однако важно отметить, что в этих работах при диагностике ожирения

не учитывались антропометрические показатели абдоминального ожирения, такие как ОТ и ОТ/ОБ. Только исследование PREVEND (n = 6486) продемонстрировало, что ЖМ%, оцененная с помощью БИМ, является лучшим прогностическим показателем сердечно-сосудистых событий, чем ОТ. Учет ЖМ% также позволил добиться реклассификации риска ССЗ по шкале Framingham в 30,9% случаев, что в отличие от ИМТ (14,9%) и ОТ (18,3%) существенно повлияло на прогноз, особенно у женщин. Однако такой результат был достигнут за счет выбора наиболее чувствительных уравнений — Segal3 у мужчин и Van Loan и Mayclin — у женщин [4].

В одной из работ (n = 483) продемонстрировано, что после поправки на возраст слабость была связана с расчетной площадью ВЖ, но не с ОТ, соотношением ОТ/ОБ и ИМТ. Отношение расчетной площади ВЖ к общему жиру отрицательно коррелировало с силой хвата, скоростью ходьбы и положительно — с оценкой по шкале клинической слабости у людей среднего и пожилого возраста [55].

Заключение

В репрезентативной выборке населения Иркутской области ИМТ ≥ 25 кг/м² был выяв-

лен у 63,5% женщин и 62,3% мужчин, что сопоставимо с российскими данными. Возрастные изменения ИМТ у пациентов ЦЗ ИО и РФ были аналогичными.

Анализ возрастной динамики состава тела показал, что безжировая масса и общая жидкость (ОЖ) достигали максимума у мужчин в 30–34 года, у женщин в 45–54 года и существенно снижались у людей ≥ 70 лет. У лиц обоих полов пик абсолютных и относительных значений жировой массы (ЖМ) приходился на возраст 60–64 года, а максимальные показатели висцерального жира регистрировались среди лиц ≥ 70 лет.

Удельный вес высокой ЖМ% превышал частоту ИМТ ≥ 30 кг/м² у женщин на 40,8%, у мужчин — на 20,7%, что может свидетельствовать о высокой распространенности скрытого ожирения.

Низкие значения ОЖ выявлены у 19% мужчин и 37% женщин. Дефицит костной массы наблюдался у 68% мужчин и 84% женщин.

Дальнейшее применение биоимпедансометрии (БИМ) в условиях популяционного скрининга требует строгих доказательств преимуществ БИМ перед антропометрическими показателями. Необходимо стандартизировать методику выполнения БИМ, чтобы избежать технических и организационных погрешностей.

Литература

1. On the organization of the activities of health centers for the formation of a healthy lifestyle among citizens of the Russian Federation, including the reduction of alcohol and tobacco consumption. Order of the Ministry of Health and Social Development of the Russian Federation dated August 19, 2009 No. 597n. (in Russian). URL: <https://base.garant.ru/12169847/> (дата обращения — 30.01.2023).
2. Руднев С.Г., Соболева Н.П., Стерликов С.А., Николаев Д.В. и др. Биоимпедансное исследование состава тела населения России. М.: РИО ЦНИИОИЗ; 2014. 493 с. Rudnev S.G., Soboleva N.P., Sterlikov S.A., Nikolaev D.V. et al. Bioimpedance study of the body composition of the population of Russia. Mos-cow: RIO TsNIIOIZ; 2014. 493 p. (in Russian).
3. Bi X., Tey S.L., Leong C., Quek R. et al. Correlation of adiposity indices with cardiovascular disease risk factors in healthy adults of Singapore: a cross-sectional study. *BMC Obes.* 2016;3:33. DOI: 10.1186/s40608-016-0114-4
4. Vyambasukh O., Eisenga M.F., Gansevoort R.T., Bakker S.J. et al. Body fat estimates from bioelectrical impedance equations in cardiovascular risk assessment: The PREVEND cohort study. *Eur. J. Prev. Cardiol.* 2019;26(9):905–16. DOI: 10.1177/2047487319833283
5. Marra M., Sammarco R., De Lorenzo A., Iellamo F. et al. Assessment of body composition in health and disease using bioelectrical impedance analysis (BIA) and dual energy X-ray absorptiometry (DXA): a critical overview. *Contrast Media Mol. Imaging.* 2019;2019:3548284. DOI: 10.1155/2019/3548284
6. Holmes C.J., Racette S.B. The utility of body composition assessment in nutrition and clinical practice: an overview of current methodology. *Nutrients.* 2021;13(8):2493. DOI: 10.3390/nu13082493
7. Kuriyan R. Body composition techniques. *Indian J. Med. Res.* 2018;148(5):648–58. DOI: 10.4103/ijmr.IJMR_1777_18
8. GBD 2019 Risk Factor Collaborators. Global burden of 87 risk factors in 204 countries and territories, 1990–2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. *Lancet.* 2020;396(10258):1223–49. DOI: 10.1016/S0140-6736(20)30752-2
9. Баланова Ю.А., Шальнова С.А., Деев А.Д., Имаева А.Э. и др. Ожирение в российской популяции — распространенность и ассоциации с факторами риска хронических неинфекционных заболеваний. *Российский кардиологический журнал.* 2018;23(6):123–30. Balanova Yu.A., Shalnova S.A., Deev A.D., Imayeva A.E. et al. Obesity in Russian population — prevalence and association with the non-communicable diseases risk factors. *Russian Journal of Cardiology.* 2018;6:123–30. (in Russian). DOI: 10.15829/1560-4071-2018-6-123-130
10. Сморгчова А.К., Петрайкин А.В., Семёнов Д.С., Шарова Д.Е. Саркопения: современные подходы к решению диагностических задач. *Digital Diagnostics.* Smorchkova A.K., Petraikin A.V., Semenov D.S., Sharova D.E. Sarcopenia: modern approaches to solving diagnosis problems. *Digital Diagnostics.* 2022;3(3):196–211. (in Russian). DOI: 10.17816/DD110721
11. Голованова Е.Д., Айрапетов К.В. Распространенность саркопении у пациентов зрелого и пожилого возраста на терапевтическом участке. *Sciences of Europe.* 2020;56:3–6. Golovanova E.D., Ayrapetov K.V. Prevalence of sarcopenia in mature and elderly out patients. *Sciences of Europe.* 2020;56:3–6. (in Russian).
12. Голованова Е.Д., Айрапетов К.В. Роль биоимпедансометрии в ранней профилактике саркопении у пожилых пациентов амбулаторного звена. *Клиническая геронтология.* 2021;27(9–10):3–9. Golovanova E.D., Ayrapetov K.V. Bioimpedancemetry in early prevention of sarcopenia in the elderly in outpatient care. *Clinical Gerontology.* 2021;27(9–10):3–9. (in Russian). DOI: 10.26347/1607-2499202109-10003-009
13. Самойлова Ю.Г., Матвеева М.В., Хорошунова Е.А., Кудлай Д.А. и др. Композиционный состав тела при саркопении у лиц среднего возраста. *Терапевтический*

- архив. 2022;e94(10):1149–54. Samoilova Yu.G., Matveeva M.V., Khoroshunova E.A., Kudlay D.A. et al. Body composition in sarcopenia in middle-aged individuals. *Therapeutic Archive*. 2022;e94(10):1149–54. (in Russian). DOI: 10.26442/00403660.2022.10.201878
14. Чепель Т.В., Ладная А.А. Биоимпедансометрия: достижения и клинические возможности (обзор литературы). *Дальневосточный медицинский журнал*. 2020;2:87–96. Chepel T.V., Ladnaya A.A. Bioimpedancemetry: achievements and clinical possibilities (literature review). *Far East Medical Journal*. 2020;2:87–96. (in Russian). DOI: 10.35177/1994-5191-2020-2-86-95
15. Болотова Е.В., Дудникова А.В., Являнская В.В. Особенности исследования состава тела у больных хронической обструктивной болезнью легких. *Пульмонология*. 2018;28(4):453–9. Bolotova E.V., Dudnikova A.V., Yavlyan-skaya V.V. Body composition in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Russian Pulmonology*. 2018;28(4):453–9. (in Russian). DOI: 10.18093/0869-0189-2018-28-4-453-459
16. Самойлов А.С., Рылова Н.В., Величко М.Н. и др. Применение биоимпедансного анализа в клинической практике: обзор литературы. *Клинический вестник ФМБЦ им. А.И. Бурназяна*. 2022;3:18–21. Samoilov A.S., Rylova N.V., Velichko M.N. et al. Application of bioimpedance analysis in clinical practice: a review of the literature. *Clinical Bulletin of the FMBC named after A.I. Burnazyan*. 2022;3:18–21. (in Russian).
17. Николаев Д.В., Щелькалина С.П. Биоимпедансный анализ состава тела человека: медицинское применение, терминология. *Клиническое питание и метаболизм*. 2021;2(2):80–91. Nikolaev D.V., Shchelykalina S.P. Bioimpedance analysis of human body composition: medical applications, terminology. *Clinical Nutrition and Metabolism*. 2021;2(2):80–91. (in Russian). DOI: 10.17816/clinutr72132
18. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Иркутской области. Демография. Численность населения по полу и возрасту на начало года: официальный сайт. Territorial agency of the Federal State Statistics Service for the Irkutsk region. Demography. Population by sex and age at the beginning of the year: official website. (in Russian). URL: <https://irkutskstat.gks.ru/folder/167937#> (дата обращения — 30.01.2023).
19. Mendis Sh., Armstrong T., Bettcher D., Branca F. et al. Global status report on noncommunicable diseases 2014. Geneva: World Health Organization; 2014. 280 p.
20. Мартиросов Э.Г., Николаев Д.В., Руднев С.Г. Технологии и методы определения состава тела человека. М.: Наука; 2006. 241 с. Martirosov Je.G., Nikolaev D.V., Rudnev S.G. Technologies and methods for determining the composition of the human body. M.: Nauka; 2006. 241 p. (in Russian).
21. TANIТА. Анализатор жировой массы SC-330. Руководство пользователя. ANITA. Fat mass analyzer SC-330. User guide. (in Russian). URL: <https://www.mirvesov.ru/docs/guide/10597.pdf> (дата обращения — 31.01.2023).
22. Горбань В.В., Черноглазов К.С., Горбань Е.В. Профилактический потенциал методик биоимпедансометрии и вариабельности ритма сердца в амбулаторной практике. *Кубанский научный медицинский вестник*. 2016;157(2):56–60. Gorban V.V., Chernoglazov K.S., Gorban E.V. Preventive potential of bioimpedancemetry and heart rate variability methods in ambulatory practice. *Kuban Scientific Medical Bulletin*. 2016;157(2):56–60. (in Russian). DOI: 10.25207/1608-6228-2016-2-56-60
23. Soto Rodríguez A., García Soidán J.L., Arias Gómez M.J., Leirós Rodríguez R. et al. Metabolic syndrome and visceral fat in women with cardiovascular risk factor. *Nutr. Hosp.* 2017;34(4):863–8. DOI: 10.20960/nh.1085
24. Гайворонский И.В., Ничипорук Г.И., Гайворонский И.Н., Ничипорук Н.Г. Биоимпедансометрия как метод оценки компонентного состава тела человека (обзор литературы). *Вестник Санкт-петербургского университета. Медицина*. 2017;12(4):365–84. Gaivoronskiy I.V., Nichiporuk G.I., Gaivoronskiy I.N., Nichiporuk N.G. Bioimpedansometry as a method of the component bodystructure assessment (review). *Vestnik SPbSU. Medicine*. 2017;12(4):365–84. (in Russian). DOI: 10.21638/11701/spbu11.2017.40659
25. Драпкина О.М., Максимова О.А., Шептулина А.Ф., Джюева О.Н. Биоимпедансный анализ состава тела: что важно знать терапевту? *Профилактическая медицина*. 2022;25(10):91–6. Drapkina O.M., Maksimova O.A., Sheptulina A.F., Dzhioeva O.N. Bioimpedance analysis of body composition: what should general practitioner know? *The Russian Journal of Preventive Medicine*. 2022;25(10):91–6. (in Russian). DOI: 10.17116/profmed2022510191
26. Khalil S.F., Mohktar M.S., Ibrahim F. The theory and fundamentals of bioimpedance analysis in clinical status monitoring and diagnosis of diseases. *Sensors (Basel)*. 2014;14(6):10895–928. DOI: 10.3390/s140610895
27. Borga M., West J., Bell J.D., Harvey N.C. et al. Advanced body composition assessment: from body mass index to body composition profiling. *J. Investig. Med.* 2018;66(5):1–9. DOI: 10.1136/jim-2018-000722
28. Sillanpää E., Cheng S., Häkkinen K., Finni T. et al. Body composition in 18- to 88-year-old adults — comparison of multifrequency bioimpedance and dual-energy X-ray absorptiometry. *Obesity (Silver Spring)*. 2014;22(1):101–9. DOI: 10.1002/oby.20583
29. Wang Z.H., Yang Z.P., Wang X.J., Dong Y.H. et al. Comparative analysis of the multi-frequency bio-impedance and dual-energy X-ray absorptiometry on body composition in obese subjects. *Biomed. Environ. Sci.* 2018;31(1):72–5. DOI: 10.3967/bes2018.008
30. Lee K., Sami N., Sweeney F.C., Dieli-Conwright Ch.M. Body composition with dual-energy X-ray absorptiometry and bioelectrical impedance analysis in breast cancer survivors. *Nutr. Clin. Pract.* 2019;34(3):421–7. DOI: 10.1002/ncp.10194
31. Gába A., Kapuš O., Cuberek R., Botek M. Comparison of multi- and single-frequency bioelectrical impedance analysis with dual-energy X-ray absorptiometry for assessment of body composition in post-menopausal women: effects of body mass index and accelerometer-determined physical activity. *J. Hum. Nutr. Diet.* 2015;28(4):390–400. DOI: 10.1111/jhn.12257
32. Johnson Stoklossa C.A., Forhan M., Padwal R.S. Practical considerations for body composition assessment of adults with class II/III obesity using bioelectrical impedance analysis or dual-energy X-ray absorptiometry. *Curr. Obes. Rep.* 2016;5(4):389–96. DOI: 10.1007/s13679-016-0228-5
33. Kalra S., Mercuri M., Anand S.S. Measures of body fat in South Asian adults. *Nutr. Diabetes*. 2013;3:e69. DOI: 10.1038/nutd.2013.10
34. Бондарева Э.А., Парфентьева О.И. Анализ согласованности показателей состава тела, полученных с использованием методов биоимпедансометрии и ультразвукового сканирования. *Экология человека*. 2021;10:57–64. Bondareva E.A., Parfenteva O.I. Body composition parameters using bio-electrical impedance analysis and ultrasound scanning: a reliability study. *Human Ecology*. 2021;10:57–64. (in Russian). DOI: 10.33396/1728-0869-2021-10-57-64
35. Rizk H.I., Kamal Elden N.M. Body composition of women 20–49 years old as a predictor for noncommunicable diseases: a community-based study. *J. Egypt Public Health Assoc.* 2016;91(1):1–7. DOI: 10.1097/01.EPX.0000480718.98448.2f
36. Hemmingsson E., Uddén J., Neovius M. No apparent progress in bioelectrical impedance accuracy: validation against metabolic risk and DXA. *Obesity (Silver Spring)*. 2009;17(1):183–7. DOI: 10.1038/oby.2008.474
37. Perea V., Jiménez A., Flores L., Ortega E. et al. Anthropometric indexes outper-form bioelectrical impedance analysis-derived estimates of body composition in identification of

- metabolic abnormalities in morbid obesity. *Surg. Obes. Relat. Dis.* 2013;9(5):648–52. DOI: 10.1016/j.soard.2012.05.010
38. Shafer K.J., Siders W.A., Johnson L.K., Lukaski H.C. Validity of segmental multiple-frequency bioelectrical impedance analysis to estimate body composition of adults across a range of body mass indexes. *Nutrition.* 2009;25(1):25–32. DOI: 10.1016/j.nut.2008.07.004
39. Дедов И.И., Шестакова М.В., Мельниченко Г.А., Мазурина Н.В. и др. Междисциплинарные клинические рекомендации «Лечение ожирения и коморбидных заболеваний». *Ожирение и метаболизм.* 2021;18(1):5–99. Dedov I.I., Shestakova M.V., Melnichenko G.A., Mazurina N.V. et al. Interdisciplinary clinical practice guidelines “Management of obesity and its comorbidities”. *Obesity and Metabolism.* 2021;18(1):5–99. (in Russian). DOI: 10.14341/omet12714
40. Елиашевич С.О., Худяков М.Б., Сенько О.В., Кузнецова А.В. и др. Особенности питания и распределения жировой ткани у лиц группы низкого сердечно-сосудистого риска в зависимости от наличия абдоминального ожирения. *Вопросы питания.* 2023;92(1):74–84. Eliashevich S.O., Khudyakov M.B., Senko O.V., Kuznetsova A.V. et al. Nutrition and adipose tissue distribution in low cardiovascular risk individuals, depending on the central obesity. *Problems of Nutrition.* 2023;92(1):74–84. (in Russian). DOI: 10.33029/0042-8833-2023-92-1-74-84
41. Campa F., Gobbo L.A., Stagi S., Cyrino L.T. et al. Bioelectrical impedance analysis versus reference methods in the assessment of body composition in athletes. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2022;122(3):561–89. DOI: 10.1007/s00421-021-04879-y
42. Cordeiro Marcôndes D.W., Sade Paterno A., Bertemes-Filho P. Parasitic effects on electrical bioimpedance systems: critical review. *Sensors (Basel).* 2022;22(22):8705. DOI: 10.3390/s22228705
43. Мирошников А.Б., Лапаева А.Г., Танникова О.С. Влияние приема кофеино-содержащих напитков на изменение показателей состава тела, измеренных биоэлектрическим импедансом. *Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта.* 2022;17(3):146–54. Miroshnikov A.B., Lapayeva A.G., Tannikova O.S. The influence of caffeinated drinks on body composition indices change, measured with bioelectric impedance. *Russian Journal of Physical Education and Sport.* 2022;17(3):146–54. (in Russian). DOI: 10.14526/2070-4798-2022-17-3-146-154
44. Rudnev S.G., Godina E.Z. Studies on human body composition in Russia: past and present. *J. Physiol. Anthropol.* 2022;41(1):18. DOI: 10.1186/s40101-022-00291-3
45. Руднев С.Г., Николаев Д.В., Коростылёв К.А., Старунова О.А. и др. Центры здоровья: технология обработки больших объемов данных профилактического скрининга. *Социальные аспекты здоровья населения: электронный научный журнал.* 2015;46(6). Rudnev S.G., Nikolaev D.V., Korostylev K.A., Starunova O.A. et al. Health centres: technology to process mass data on preventive screening. *Social aspects of population health.* 2015;46(6). (in Russian). URL: <http://vestnik.mednet.ru/content/view/716/30/lang,ru/> (дата обращения — 15.01.2023).
46. Böhm A., Heitmann B.L. The use of bioelectrical impedance analysis for body composition in epidemiological studies. *Eur. J. Clin. Nutr.* 2013;1:79–85. DOI: 10.1038/ejcn.2012.168
47. Lee D.H., Giovannucci E.L. Body composition and mortality in the general population: a review of epidemiologic studies. *Exp. Biol. Med. (Maywood).* 2018;243(17–18):1275–85. DOI: 10.1177/1535370218818161
48. Chang C.-S., Liu I.-T., Liang F.-W., Li C.-C. et al. Effects of age and gender on body composition indices as predictors of mortality in middle-aged and old people. *Sci. Rep.* 2022;12(1):7912. DOI: 10.1038/s41598-022-12048-0
49. Xu Sh., Ming J., Jia A., Yu X. et al. Normal weight obesity and the risk of diabetes in Chinese people: a 9-year population-based cohort study. *Sci. Rep.* 2021;11(1):6090. DOI: 10.1038/s41598-021-85573-z
50. Aleixo G.F.P., Shachar Sh.S., Nyrop K.A., Muss H.B. et al. Bioelectrical impedance analysis for the assessment of sarcopenia in patients with cancer: a systematic review. *Oncologist.* 2020;25(2):170–82. DOI: 10.1634/theoncologist.2019-0600
51. Pathiraja A.A., Weerakkody R.A., von Roon A.C., Ziprin P. et al. The clinical application of electrical impedance technology in the detection of malignant neo-plasms: a systematic review. *J. Transl. Med.* 2020;18(1):227. DOI: 10.1186/s12967-020-02395-9
52. Тятенкова Н.Н., Уварова Ю.Е. Распространенность избыточной массы тела и ожирения среди взрослого населения Ярославской области. *Ожирение и метаболизм.* 2020;17(2):164–70. Tyatenkova N.N., Uvarova I.E. Prevalence of overweight and obesity among the adult population of the Yaroslavl region. *Obesity and Metabolism.* 2020;17(2):164–70. (in Russian). DOI: 10.14341/omet10284
53. Kapoor N., Lotfaliany M., Sathish Th., Thankappan K.R. et al. Prevalence of normal weight obesity and its associated cardio-metabolic risk factors - Results from the baseline data of the Kerala Diabetes Prevention Program (KDPP). *PLoS One.* 2020;15(8):e0237974. DOI: 10.1371/journal.pone.0237974
54. Jia A., Xu S., Xing Y., Yu X. et al. Prevalence and cardiometabolic risks of normal weight obesity in Chinese population: a nationwide study. *Nutr. Metab. Cardiovasc. Dis.* 2018;28(10):1045–53. DOI: 10.1016/j.numecd.2018.06.015
55. Li B., Li Y., Zhang Y., Liu P. et al. Visceral fat obesity correlates with frailty in middle-aged and older adults. *Diabetes Metab. Syndr. Obes.* 2022;15:2877–84. DOI: 10.2147/DMSO.S383597 ■