



3.1.25. Лучевая диагностика  
ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

## Количественная оценка подкожной и висцеральной жировой ткани в абдоминальной области: сопоставление антропометрии и локального биоимпедансного анализа с компьютерной томографией

Э. А. Бондарева<sup>1,2✉</sup>, Б. А. Гарасько<sup>1</sup>, А. А. Арутюнян<sup>2</sup>, С. П. Щелыкалина<sup>2</sup>,  
Д. В. Николаев<sup>3</sup>, Е. А. Трошина<sup>4</sup>, А. В. Борсуков<sup>5</sup>, Д. Ю. Шестакова<sup>5</sup>, О. И. Парфентьева<sup>1</sup>,  
А. Н. Гаджихмедова<sup>1</sup>, Э. В. Генерозов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Федеральный научно-клинический центр физико-химической медицины им. академика Ю.М. Лопухина ФМБА России, г. Москва, Российская Федерация

<sup>2</sup> Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва, Российская Федерация

<sup>3</sup> ООО НТЦ «МЕДАСС», г. Москва, Российская Федерация

<sup>4</sup> Национальный медицинский исследовательский центр эндокринологии им. академика И.И. Дедова Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва, Российская Федерация

<sup>5</sup> Смоленский государственный медицинский университет Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Смоленск, Российская Федерация

✉ Bondareva.E@gmail.com

### Аннотация

**Цель исследования.** Оценить взаимосвязь антропометрических показателей и данных локального биоимпедансного анализа с площадью подкожной и висцеральной жировой ткани по данным компьютерной томографии.

**Пациенты и методы.** Обследованы 47 добровольцев (31 женщина, 16 мужчин) 20–77 лет. Выполняли антропометрию, биоимпедансный анализ состава тела с оценкой активного и реактивного сопротивления в «подкожном» и «висцеральном» отведениях и КТ брюшной полости с расчетом площади подкожной и висцеральной жировой ткани на уровне L4.

**Результаты.** Половой диморфизм выявлен по проценту жировой массы тела и длине тела. Между большинством исследуемых показателей установлены значимые положительные корреляции. Практически линейная связь с площадью подкожного жира по КТ отмечена для жировой массы тела, R50sc, сагиттального диаметра живота, окружности талии и массы тела ( $r = 0,898-0,967$ ). Для висцерального жира наиболее сильные связи выявлены с окружностью талии, сагиттальным диаметром живота, R50sc и массой тела. Показатели «висцерального» отведения значимо не коррелировали с большинством признаков, кроме R50sc.

**Заключение.** Локальный биоимпедансный анализ и антропометрия согласуются с КТ-оценкой абдоминального жира. Площадь подкожной жировой ткани хорошо коррелирует с жировой массой тела по биоимпедансному анализу. Для оценки висцерального жира наиболее информативны окружность талии, сагиттальный диаметр живота и R50sc. Методика может применяться для скрининга и мониторинга абдоминального ожирения.

**Ключевые слова:** компьютерная томография, подкожная жировая клетчатка, висцеральное ожирение, абдоминальное ожирение, биоимпедансный анализ, локальная схема, метаболический синдром, сагиттальный диаметр живота

**Для цитирования:** Бондарева Э. А., Гарасько Б. А., Арутюнян А. А., Щелыкалина С. П., Николаев Д. В., Трошина Е. А., Борсуков А. В., Шестакова Д. Ю., Парфентьева О. И., Гаджихмедова А. Н., Генерозов Э. В. Количественная оценка подкожной и висцеральной жировой ткани в абдоминальной области: сопоставление антропометрии и локального биоимпедансного анализа с компьютерной томографией. Research and Practical Medicine Journal (Исследования и практика в медицине). 2026; 13(3): 10-32. DOI: <https://doi.org/10.17709/2410-1893-2026-13-3-1> EDN: XYCKCP

**Для корреспонденции:** Бондарева Эльвира Александровна – к.б.н., старший научный сотрудник лаборатории молекулярной генетики человека ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр физико-химической медицины им. академика Ю.М. Лопухина» ФМБА России, г. Москва, Российская Федерация; специалист по учебно-методической работе ФГАОВ «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва, Российская Федерация. Адрес: 117513, г. Москва, ул. Орловская, д. 1  
E-mail: Bondareva.E@gmail.com  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3321-7575>, eLibrary SPIN: 6732-2072, AuthorID: 821205, Scopus Author ID: 26029345200, ResearcherID: N-4359-2017

## Quantitative assessment of subcutaneous and visceral adipose tissue in the abdominal region: comparison of anthropometry and local bioelectrical impedance analysis with computed tomography

E. A. Bondareva<sup>1,2✉</sup>, B. A. Garasko<sup>1</sup>, A. A. Arutiunian<sup>2</sup>, S. P. Shchelykalina<sup>2</sup>, D. V. Nikolaev<sup>3</sup>, E. A. Troshina<sup>4</sup>, A. V. Borsukov<sup>5</sup>, D. Yu. Shestakova<sup>5</sup>, O. I. Parfenteva<sup>1</sup>, A. N. Gadzhiakhmedova<sup>1</sup>, E. V. Generozov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Lopukhin Federal Research and Clinical Center of Physical-Chemical Medicine, Moscow, Russian Federation

<sup>2</sup> Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russian Federation

<sup>3</sup> Scientific Research Center MEDAS, Moscow, Russian Federation

<sup>4</sup> National Medical Research Center for Endocrinology, Moscow, Russian Federation

<sup>5</sup> Smolensk State Medical University, Smolensk, Russian Federation

✉ Bondareva.E@gmail.com

### Abstract

**Purpose of the study.** To assess the relationship between anthropometric parameters and local bioimpedance analysis data and the cross-sectional areas of subcutaneous and visceral adipose tissue measured by computed tomography.

**Patients and methods.** Forty-seven volunteers (31 women and 16 men) aged 20–77 years were examined. The assessment included anthropometry, bioimpedance analysis of body composition with measurement of resistance and reactance in “subcutaneous” and “visceral” leads, and abdominal CT with calculation of subcutaneous and visceral adipose tissue areas at the L4 level.

**Results.** Sex-related differences were found in body fat percentage and body height. Significant positive correlations were identified between most of the studied parameters. An almost linear relationship with CT-measured subcutaneous fat area was observed for fat mass, R50sc, sagittal abdominal diameter, waist circumference, and body weight ( $r = 0.898–0.967$ ). Visceral fat showed the strongest relationships with waist circumference, sagittal abdominal diameter, R50sc, and body weight. Parameters obtained from the “visceral” lead showed no significant correlations with most variables, except for R50sc.

**Conclusion.** Local bioimpedance analysis and anthropometry are consistent with CT assessment of abdominal fat. CT-measured subcutaneous adipose tissue area correlates well with fat mass determined by bioimpedance analysis. Waist circumference, sagittal abdominal diameter, and R50sc are the most informative parameters for assessing visceral fat. The method may be used for screening and monitoring abdominal obesity.

**Keywords:** computed tomography, subcutaneous adipose tissue, visceral obesity, abdominal fat accumulation, bioelectrical impedance analysis, local electrode configuration, metabolic syndrome, sagittal abdominal diameter

**For citation:** Bondareva E. A., Garasko B. A., Arutiunian A. A., Shchelykalina S. P., Nikolaev D. V., Troshina E. A., Borsukov A. V., Shestakova D. Yu., Parfenteva O. I., Gadzhiakhmedova A. N., Generozov E. V. Quantitative assessment of subcutaneous and visceral adipose tissue in the abdominal region: comparison of anthropometry and local bioelectrical impedance analysis with computed tomography. Research and Practical Medicine Journal (Issled. prakt. med.). 2026; 13(3): 10-32. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17709/2410-1893-2026-13-3-1> EDN: XYCKCP

**For correspondence:** Elvira A. Bondareva – Cand. Sci. (Biology), Senior Researcher, Laboratory of Human Molecular Genetics, Lopukhin Federal Research and Clinical Center of Physical-Chemical Medicine, Moscow, Russian Federation; Specialist in educational and methodological work, Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russian Federation  
Address: 1 Ostrovityanova St., Moscow, 117513, Russian Federation  
E-mail: Bondareva.E@gmail.com  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3321-7575>, eLibrary SPIN: 6732-2072, AuthorID: 821205, Scopus Author ID: 26029345200, ResearcherID: N-4359-2017

## АКТУАЛЬНОСТЬ

Абдоминальное ожирение – хорошо известный фактор риска развития метаболического синдрома (МС), на фоне которого увеличиваются риски развития тяжелых неинфекционных хронических заболеваний (сахарный диабет 2-го типа, сердечно-сосудистые заболевания, некоторые виды онкологии). Единые критерии диагностики МС, принятые консенсусом Международной федерации диабета (IDF), Национального института сердца, легких и крови (NHLBI), Американской кардиологической ассоциации (AHA), Всемирной кардиологической федерации (WHF), Международного общества атеросклероза (IAS) и Всемирной федерации ожирения (WOF), включают оценку окружности талии по специфическим для каждой популяции пороговым значениям [1]. Согласно национальным рекомендациям, принятым в 2013 г., основным критерием МС является центральное ожирение, диагностируемое по окружности талии (муж. > 94 см, жен. > 80 см) [2]. Пороговые значения показателя окружности талии значительно варьируют в зависимости от пола, популяции и этнической принадлежности, что осложняет применение данного показателя в медицинской практике [1]. Указывается также, что показатель окружности талии не позволяет количественно определить подкожное и висцеральное жировое отложение, что стимулирует поиск новых вариантов индексов, сочетающих несколько антропометрических и/или биохимических признаков [3].

Из двух депо жира в абдоминальной области избыточное накопление висцеральной жировой ткани (VAT – visceral adipose tissue) приводит к повышенным рискам для здоровья независимо от индекса массы тела (ИМТ) [4]. А практически идентичные значения показателя окружности талии могут соответствовать разному количеству висцерального жира [5]. Влияние на здоровье подкожной жировой ткани в абдоминальной области исследовано меньше, а результаты исследований противоречивы. По данным ряда исследований накопление подкожного жира играет защитную роль, снижая риски развития метаболических нарушений. По данным других исследований – является независимым фактором кардиометаболических рисков. Возможно, более информативным диагностическим показателем является не абсолютное количество подкожного или висцерального

жира, а их соотношение [6]. В любом случае раздельная количественная оценка подкожного и висцерального депо в абдоминальной области востребована широким кругом медицинских специалистов как для эпидемиологических исследований, так и для оценки и раннего выявления индивидуальных рисков в эндокринологии, кардиологии, геронтологии и других областях.

Референсными методами количественной оценки подкожного и висцерального жира являются компьютерная томография (КТ) и магнитно-резонансная томография (МРТ). Однако широкое применение КТ и МРТ невозможно ввиду ряда объективных ограничений: лучевая нагрузка, ограничения по массе тела пациента и обхватным размерам, высокая стоимость оборудования, требования к квалификации персонала и стационарность оборудования. Суррогатные методы оценки абдоминального жирового отложения (окружность талии и основанные на ней индексы) не позволяют разделить подкожный жир, мышцы, висцеральный жир и внутренние органы, поэтому обладают низкой чувствительностью на индивидуальном уровне. Специальный инструментальный метод – измерение сагиттального диаметра живота – слабо распространен и практически не используется медицинскими специалистами. Ситуация осложняется отсутствием референсных данных для российской популяции и четких порогов оценки, как, например, для окружности талии.

Биоимпедансный анализ состава тела человека (БИА) широко применяется во всем мире. В настоящее время применение БИА вышло за рамки традиционного использования для оценки интегральных или сегментных характеристик состава тела. В мире активно разрабатываются и исследуются возможности локальных отведений биоимпедансных измерений для раздельной количественной оценки подкожного и висцерального жирового отложения в дополнение к традиционной схеме оценки состава тела. Анализ согласованности между количественной оценкой толщины подкожного жира методом МРТ и значением локального импеданса в широком морфологическом диапазоне показал сильную корреляционную зависимость между этими величинами ( $r^2 = 0,984$ ) [7, 8]. Также представлены уравнения для оценки подкожного и висцерального жира в области живота, сочетающие несколько косвенных методов (БИА, УЗИ, антропометрия) [9].

Ранее мы показали, что локальные импедансные оценки в абдоминальной области ассоциированы с морфологическими и биохимическими признаками и индексами у взрослых [10]. В настоящем исследовании мы не только продолжаем исследование связей локальных отведений БИА с комплексом антропометрических признаков, характеризующих количество жира и его топографию, а также приводим результаты оценки взаимосвязи косвенных методов и инструментов с данными КТ.

**Цель исследования:** оценка взаимосвязи показателей, косвенно характеризующих жирот-

ложение в абдоминальной области, со значениями площади поперечного сечения подкожной и висцеральной жировой ткани, определенными с использованием КТ.

## ПАЦИЕНТЫ И МЕТОДЫ

Проведено одноцентровое, поперечное, наблюдательное обследование 47 добровольцев (31 женщина и 16 мужчин) в возрасте от 20 до 77 лет. Обследование проводилось натощак в первой половине дня.

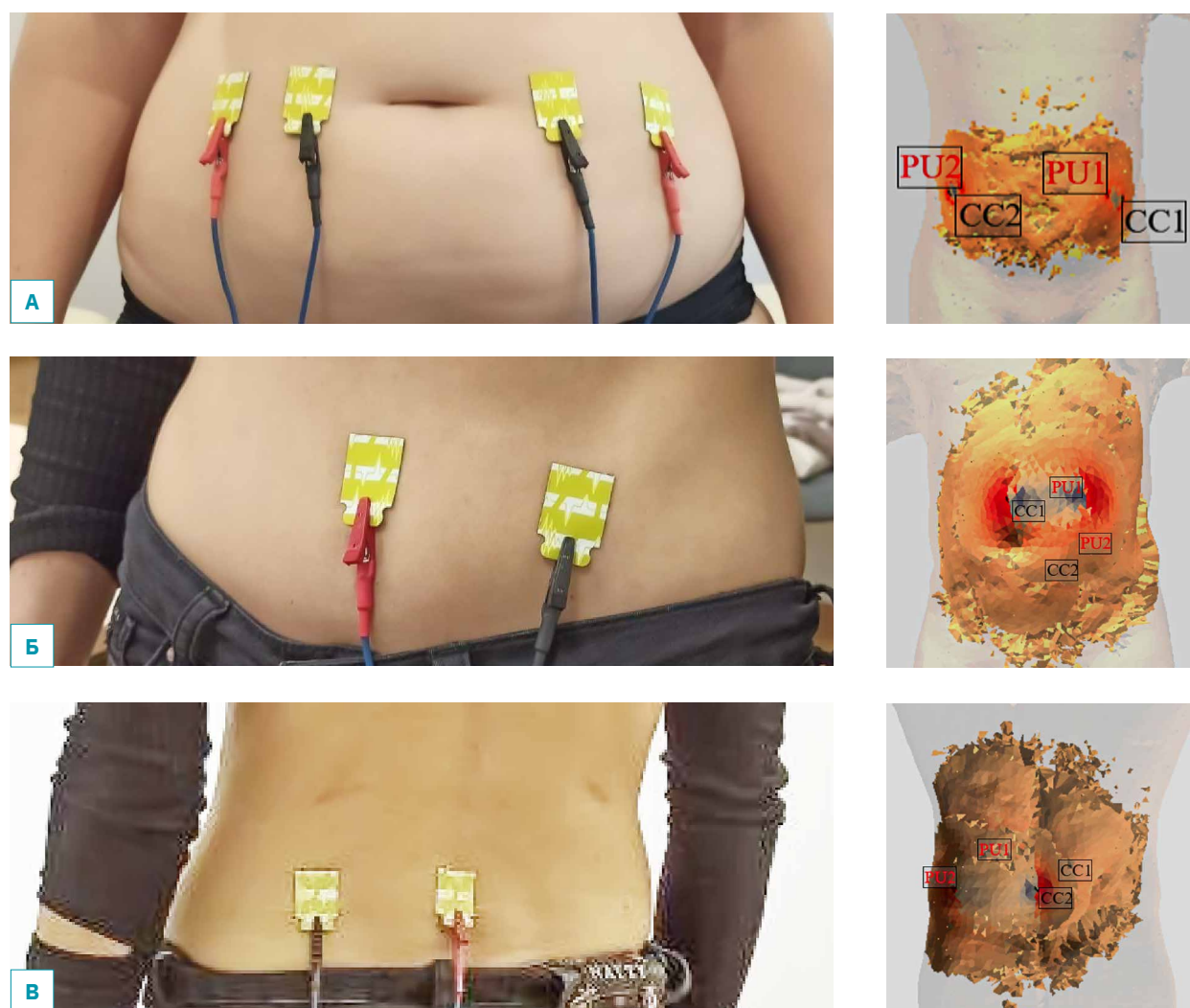


Рис. 1. Расположение электродов и зоны чувствительности в локальных отведениях БИА. А – «подкожное» (трансверзальное) отведение; Б – «висцеральное» (сагиттальное) отведение, вид спереди, В – «висцеральное» (сагиттальное) отведение, вид сзади. CC1, CC2 – токовые электроды, PU1, PU2 – потенциальные электроды.

Fig. 1. Electrode placement and sensitivity zones in local BIA configurations. A – “subcutaneous” (transverse) configuration; Б – “visceral” (sagittal) configuration, anterior view; В – “visceral” (sagittal) configuration, posterior view. CC1, CC2 – current electrodes; PU1, PU2 – potential electrodes.

Критерии включения: возраст 18 лет и старше; добровольное письменное информированное согласие на участие в исследовании; согласие и возможность пройти полный предусмотренный протокол обследования, включавший антропометрию, БИА состава тела и компьютерную томографию органов брюшной полости и забрюшинного пространства.

Критерии исключения: несовершеннолетние, наличие металлических имплантов, наличие кардиостимулятора, беременность и лактация, диагностированные заболевания почек, прием диуретиков.

Программа обследования включала антропометрическое обследование, БИА состава тела, КТ органов брюшной полости и забрюшинного пространства.

Антропометрическое обследование: измерение длины (лазерный антропометр, КАФА, Россия) и массы тела (Seca, Германия), окружности талии неэластичной измерительной лентой, а также измерение сагиттального диаметра живота (СДЖ) абдоминальным калипером (609XL, Holtain-Khan, Великобритания).

Для проведения БИА состава тела использовали анализатор ABC-02 «МЕДАСС» (НТЦ «МЕДАСС», Россия) и биоадгезивные электроды (MedicoTab, Индия) в стандартном отведении «рука-нога» в положении обследуемого лежа на спине, а также в двух локальных отведениях в положении обследуемого стоя. По результатам интегральной схемы были определены жировая масса, ее доля (%) и безжировая масса тела.

Для оценки подкожного жирового отложения в абдоминальной области располагали токовые электроды на расстоянии 12 см, а измерительные электроды – на расстоянии 7 см слева

и справа от пупка при положении испытуемых стоя [7] (рис. 1А). При помощи программного обеспечения ABC02–0362 фиксировали активное и реактивное сопротивление в «подкожном» трансверзальном отведении – R50sc и Xc50sc.

Для оценки висцерального жирового отложения располагали токовые электроды над пупком и симметрично на спине, а измерительные электроды – латерально на расстоянии 1/8 окружности талии (рис. 1Б, В). При помощи программного обеспечения ABC02–0362 фиксировали активное и реактивное сопротивление в «висцеральном» сагиттальном отведении – R50visc и Xc50visc [8].

Для оценки зон чувствительности БИА в локальных отведениях абдоминальной области была использована геометрическая модель тела человека (<https://dodo.inm.ras.ru/bia/>) [11], содержащая информацию о пространственной локализации всех органов и тканей тела человека по данным проекта The Visible Human Project (<http://www.nlm.nih.gov/research/visible/>), в которой каждый элемент сопоставлен с соответствующими значениями удельной электрической проводимости (рис. 1).

Далее проводили КТ органов брюшной полости и забрюшинного пространства (ADVINT Ventum Pro 128, Р. Беларусь). Для расчета площади поперечного сечения подкожной и VAT на уровне проекции тела поясничного позвонка L4 использовали модуль «Висцеральный жир» Vidar Dicom Viewer (ПО Видар, Россия) (рис. 2).

Следующие признаки были использованы для разбиения обследованной выборки на подгруппы (табл. 1):

– значение показателя окружности талии использовали для определения наличия основно-

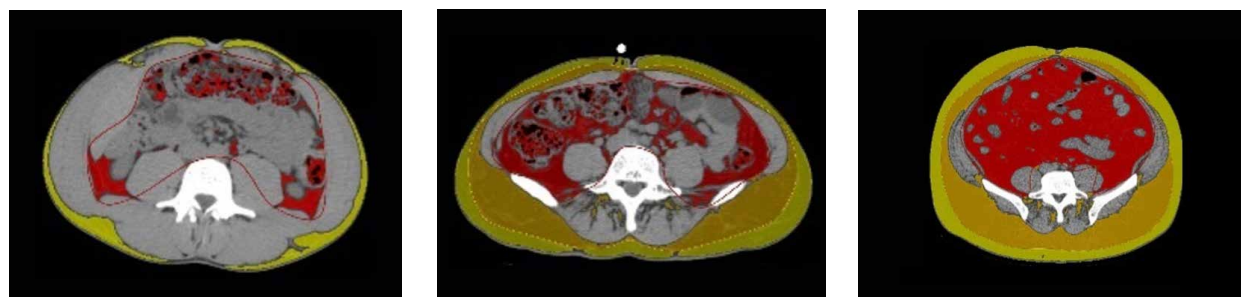


Рис. 2. Визуализация подкожного и висцерального жирового отложения в Vidar Dicom Viewer, модуль «Висцеральный жир». Желтый – поверхностные отделы подкожной жировой клетчатки, оранжевый – глубокие отделы подкожной жировой клетчатки, красный – висцеральная жировая ткань.

Fig. 2. Visualization of subcutaneous and visceral adipose tissue using the “Visceral Fat” module in Vidar Dicom Viewer. Yellow – superficial subcutaneous adipose tissue; orange – deep subcutaneous adipose tissue; red – visceral adipose tissue.

го признака МС у обследованных ( $> 94$  см для мужчин,  $> 80$  см для женщин) [2];

– значение площади поперечного сечения висцерального жира (VAT) использовали для диагностики висцерального ожирения, к подгруппе с висцеральным ожирением относили людей с  $VAT \geq 100,0$  см<sup>2</sup> [12];

– ИМТ использовали для разделения на подгруппы по массе тела: нормальная (18,5–24,9 кг/м<sup>2</sup>), избыточная (25–29,9 кг/м<sup>2</sup>) и ожирение ( $\geq 30$  кг/м<sup>2</sup>).

### Статистический анализ

Оценку соответствия распределения признаков закону нормального распределения проводили с применением теста Шапиро – Уилка. Равенство дисперсий в подгруппах проверяли с использованием теста Ливина. За исключением доли жировой массы тела и R50visc распределение признаков соответствовало нормальному закону, а дисперсии в сформированных подгруппах были равны. Для анализа различий между группами использовали t-тест (критерий Манна – Уитни) и дисперсионный анализ (критерий Краскела – Уоллиса). Анализ различий между подгруппами и корреляционный анализ были проведены в программах Past и JASP (JASP Team (2024). JASP (Version 0.18.3) [Computer software]). Для анализа частот был использован критерий  $\chi^2$ . Для ROC-анализа использовали программу MetaboAnalyst.

Были рассчитаны размер эффекта (d Коуэна) и 95 % доверительные интервалы (ДИ). При

множественных сравнениях использовали поправку Бонферрони. В тексте приведены только скорректированные  $p$ -значения.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Основные морфологические признаки обследованной выборки, а также результаты анализа различий между подгруппами мужчин и женщин приведены в табл. 2.

Среди исследуемых признаков половой диморфизм обнаружен по проценту жировой массы и длине тела (табл. 2). По остальным исследованным признакам значимые различия между подгруппами не обнаружены.

Корреляционный анализ в объединенной выборке выявил многочисленные значимые положительные связи между парами исследуемых признаков (рис. 3).

Из всех анализируемых признаков практически линейная положительная корреляционная связь ( $r = 0.942, 0.898; 0.967$ ) обнаружена между КТ-оценкой количества подкожного жира (SAT) и количеством жировой массы тела, определенным в интегральной схеме БИА ABC-02 «МЕДАСС» (рис. 4А).

Также признаки с сильной линейной связью с показателем SAT: ИМТ, R50sc, СДЖ, окружность талии и масса тела. С VAT наиболее сильная линейная связь обнаружена для окружности талии, СДЖ, R50sc и массы тела (рис. 3 и рис. 4Е–3). Значения R50visc, получаемые из «висцерально-

**Таблица 1. Численное распределение мужчин и женщин в сформированных подгруппах**  
**Table 1. Distribution of men and women across the study subgroups**

| Признак / Feature | Подгруппа / Subgroup                     | Женщины / Women | Мужчины / Men | Всего / Overall | $p$ -значение / $p$ -value                |
|-------------------|------------------------------------------|-----------------|---------------|-----------------|-------------------------------------------|
| МС / MS           | Здоровые / Healthy                       | 11              | 9             | 20              | $\chi^2 = 1,524$<br>df = 1<br>$p = 0,217$ |
|                   | МС / MS                                  | 20              | 7             | 27              |                                           |
| ИМТ / BMI         | Нормальная масса тела / Normal weight    | 9               | 6             | 15              | $\chi^2 = 0,403$<br>df = 2<br>$p = 0,818$ |
|                   | Избыточная масса тела / Overweight       | 12              | 5             | 17              |                                           |
|                   | Ожирение / Obesity                       | 10              | 5             | 15              |                                           |
| VAT               | Норма / Normal                           | 16              | 6             | 22              | $\chi^2 = 0,671$<br>df = 1<br>$p = 0,413$ |
|                   | Висцеральное ожирение / Visceral obesity | 15              | 10            | 25              |                                           |

Примечание: МС – метаболический синдром; ИМТ – индекс массы тела; VAT – висцеральная жировая ткань;  $\chi^2$  – критерий  $\chi^2$  Пирсона; df – число степеней свободы;  $p$  – достигнутый уровень статистической значимости ( $p$ -value).  
Note: MS – metabolic syndrome, BMI – body mass index, VAT – visceral adipose tissue,  $\chi^2$  – Pearson's chi-square test; df – degrees of freedom;  $p$  – observed significance level ( $p$ -value).

го» отведения БИА, не показали значимых корреляционных связей ни с одним из исследуемых признаков, кроме R50sc ( $r = 0,698, 0,514; 0,821$ ).

Лейтмотивом современных исследований в области ожирения и его влияния на здоровье явля-

ется индивидуальный подход к фенотипированию пациента для оценки персональных рисков коморбидных заболеваний, а также диагностика МС на ранних этапах развития. Анализ различий по выделенным характеристикам (табл. 1), с одной

**Таблица 2. Морфологическая характеристика обследованной выборки**  
**Table 2. Morphological characteristics of the study sample**

| Признак / Feature                                | Пол / Sex | Медиана (ИКР) / Median (IQR) | Среднее (95%ДИ) / Mean (95% CI) | CO / SD | Cd (95%ДИ) / Cd (95% CI)   |
|--------------------------------------------------|-----------|------------------------------|---------------------------------|---------|----------------------------|
| Возраст, лет / Age, years                        | Ж / F     | 48,0 (21,5)                  | 48,8 (43,7; 54,0)               | 14,0    | 0,444<br>(-0,169; 1,052)   |
|                                                  | М / M     | 38,0 (22,8)                  | 42,1 (33,0; 51,3)               | 17,2    |                            |
| Масса тела, кг / Body weight, kg                 | Ж / F     | 75,9 (19,5)                  | 77,0 (71,4; 82,5)               | 15,1    | -0,704<br>(-1,321; -0,080) |
|                                                  | М / M     | 83,7 (26,4)                  | 89,2 (77,9; 100,4)              | 21,1    |                            |
| Длина тела, см* / Body height, cm*               | Ж / F     | 167,8 (4,9)                  | 167,2 (165,1; 169,3)            | 5,6     | -1,720<br>(-2,412; -1,013) |
|                                                  | М / M     | 176,2 (5,5)                  | 176,2 (173,9; 178,6)            | 4,5     |                            |
| Окружность талии, см / Waist circumference, cm   | Ж / F     | 84,0 (23,9)                  | 88,0 (82,7; 93,2)               | 14,4    | -0,436<br>(-1,044; 0,176)  |
|                                                  | М / M     | 92,7 (21,2)                  | 94,5 (85,8; 103,3)              | 16,4    |                            |
| ИМТ, кг/м <sup>2</sup> / BMI, kg/m <sup>2</sup>  | Ж / F     | 27,2 (6,7)                   | 27,6 (25,6; 29,6)               | 5,5     | -0,197<br>(-0,801; 0,408)  |
|                                                  | М / M     | 26,2 (7,8)                   | 28,8 (24,9; 32,7)               | 7,4     |                            |
| Жировая масса, кг / Fat mass, kg                 | Ж / F     | 27,7 (14,4)                  | 28,9 (24,9; 33,0)               | 11,0    | 0,351<br>(-0,258; 0,957)   |
|                                                  | М / M     | 18,4 (15,2)                  | 24,4 (15,7; 33,1)               | 16,3    |                            |
| Доля жировой массы, %* / Body fat percentage, %* | Ж / F     | 37,4 (9,9)                   | 36,3 (33,4; 39,2)               | 7,9     | 1,258<br>(0,596; 1,909)    |
|                                                  | М / M     | 22,6 (11,7)                  | 25,3 (19,8; 30,8)               | 10,3    |                            |
| СДЖ, см / SAD, cm                                | Ж / F     | 22,9 (6,4)                   | 24,1 (22,4; 25,9)               | 4,8     | -0,289<br>(-0,894; 0,319)  |
|                                                  | М / M     | 24,5 (7,3)                   | 25,6 (22,4; 28,8)               | 6,0     |                            |
| R50sc, Ом / R50sc, Ω                             | Ж / F     | 63,9 (40,6)                  | 62,2 (53,3; 71,1)               | 24,3    | 0,452<br>(-0,161; 1,06)    |
|                                                  | М / M     | 45,1 (34,0)                  | 51,0 (37,2; 64,8)               | 25,9    |                            |
| R50visc, Ом / R50visc, Ω                         | Ж / F     | 19,1 (9,7)                   | 19,4 (16,7; 22,1)               | 7,4     | 0,263<br>(-0,344; 0,868)   |
|                                                  | М / M     | 14,0 (10,6)                  | 17,4 (12,8; 21,9)               | 8,5     |                            |
| SAT, см <sup>2</sup> / SAT, cm <sup>2</sup>      | Ж / F     | 318,3 (165,4)                | 299,0 (250,9; 347,1)            | 131,1   | 0,300<br>(-0,308; 0,905)   |
|                                                  | М / M     | 191,6 (139,5)                | 252,8 (150,4; 355,1)            | 192,1   |                            |
| VAT, см <sup>2</sup> / VAT, cm <sup>2</sup>      | Ж / F     | 104,6 (69,7)                 | 108,9 (87,4; 130,4)             | 58,7    | -0,351<br>(-0,957; 0,258)  |
|                                                  | М / M     | 132,8 (136,0)                | 132,8 (88,1; 177,6)             | 84,0    |                            |

Примечание: СДЖ – сагиттальный диаметр живота, R50sc – активное сопротивление в подкожном отведении, R50visc – активное сопротивление в висцеральном отведении, SAT – площадь подкожной жировой ткани, VAT – площадь висцеральной жировой ткани, ИКР – интерквартильный размах, ДИ – доверительный интервал, CO – стандартное отклонение, Cd – размер эффекта, \* – статистически значимые различия между подгруппами мужчин и женщин.

Note: SAD – sagittal abdominal diameter; R50sc – resistance in the subcutaneous configuration; R50visc – resistance in the visceral configuration; SAT – subcutaneous adipose tissue area; VAT – visceral adipose tissue area; IQR – interquartile range; CI – confidence interval; SD – standard deviation; Cd – effect size; \* – statistically significant differences between the male and female subgroups.

стороны, вводит в научный оборот новые данные, а с другой – позволит выделить новые признаки, которые могут стать дополнительными этапами ранней диагностики центрального и висцерального ожирения и коморбидных состояний. Поэтому далее нами был проведен анализ различий исследуемых признаков в подгруппах обследованной выборки по нутритивному статусу (ИМТ), наличию висцерального ожирения и наличию основного признака МС.

Анализ различий исследуемых признаков в подгруппах обследованных, сформированных по значению ИМТ (рис. 5, табл. 3).

По всем признакам, кроме возраста, между сформированными подгруппами обнаружены

значимые различия. За исключением R50visc по всем признакам подгруппы показали значимые статистические различия – значения возрастают по мере увеличения ИМТ. По R50visc подгруппы с избыточной массой тела и ожирением не отличаются (рис. 5А-В).

Общее ожирение, диагностируемое по ИМТ, не позволяет оценить топографию жиротложения и дать оценки подкожного и висцерального депо жира. Рассмотренные признаки могут быть полезными если не для количественной оценки висцерального жира, то для диагностики наличия/отсутствия висцерального ожирения и МС. Включение пациентов с МС позволяет оценить прогностическую ценность показате-

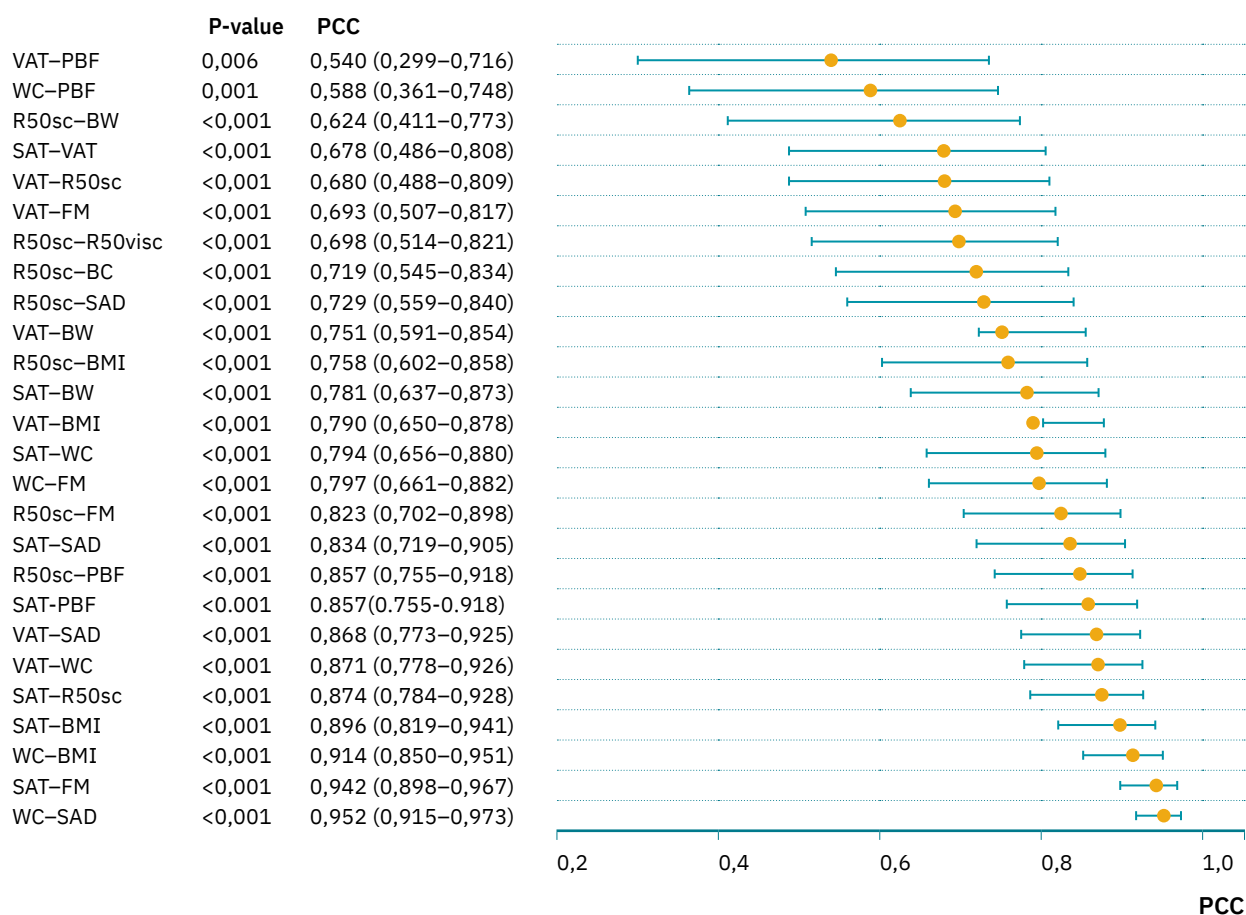


Рис. 3. Лесовидный график попарных корреляций исследуемых признаков

BW – масса тела, WC – окружность талии, FM – жировая масса, PBF – доля жировой массы тела, SAD – сагиттальный диаметр живота, SAT – площадь подкожной жировой клетчатки в области живота, VAT – площадь висцеральной жировой ткани, R50sc – активное сопротивление в трансверсальном отведении, R50visc – активное сопротивление в сагиттальном отведении, PCC – коэффициент корреляции Пирсона.

Fig. 3. Forest plot of pairwise correlations between the studied parameters

BW – body weight, WC – waist circumference, FM – fat mass, PBF – percentage body fat, SAD – sagittal abdominal diameter, SAT – abdominal subcutaneous adipose tissue area, VAT – visceral adipose tissue area, R50sc – resistance in the transverse configuration, R50visc – resistance in the sagittal configuration, PCC – Pearson correlation coefficient.

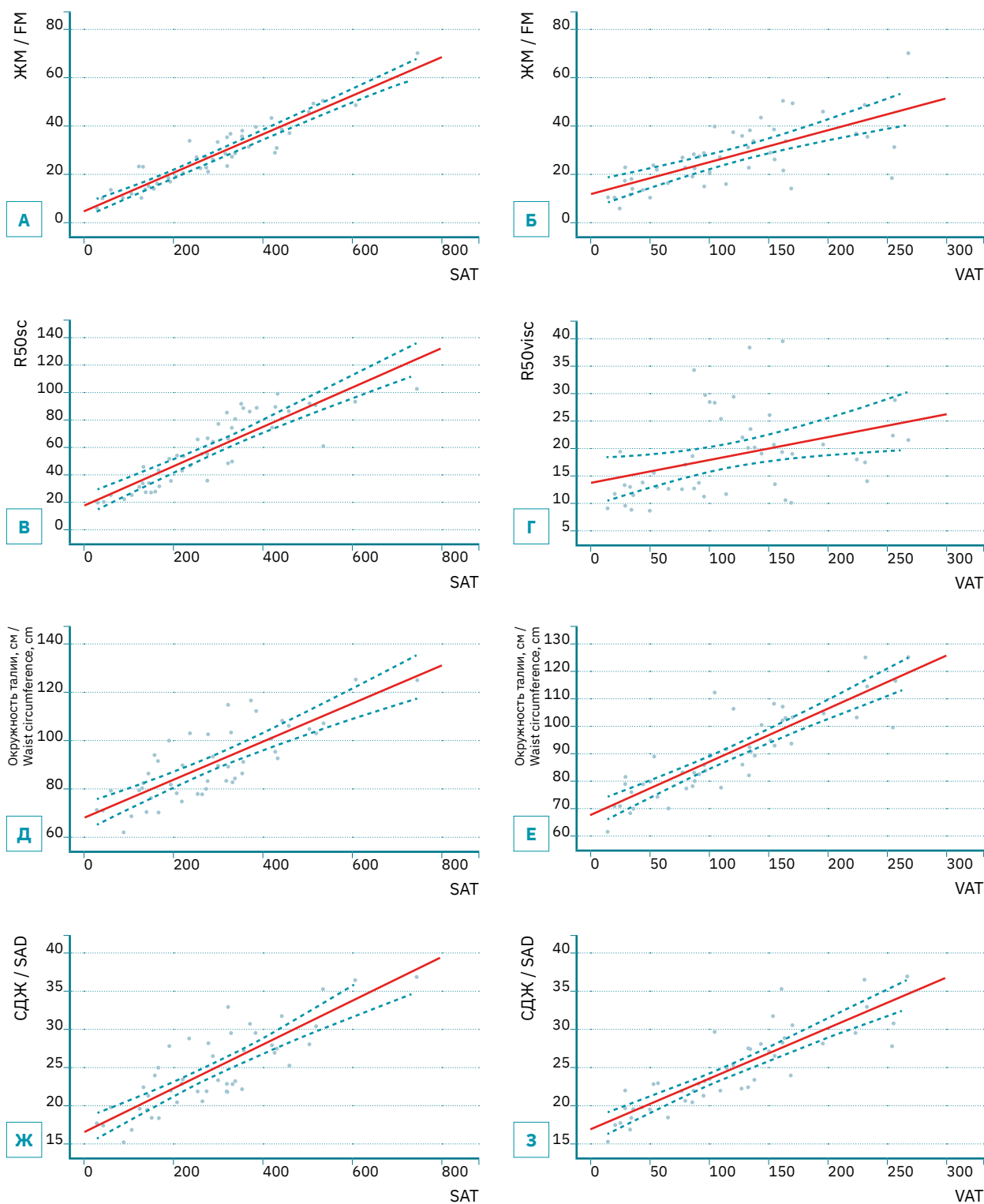


Рис. 4. Диаграммы рассеяния пар признаков. Прямая линия – линия линейной регрессии; пунктирные линии – 95 % ДИ.

Примечание: ЖМ – жировая масса, R50sc – активное сопротивление в трансверзальном отведении, СДЖ – сагиттальный диаметр живота.

Fig. 4. Scatter plots for pairs of variables. Solid line – linear regression line; dashed lines – 95 % confidence intervals. Note: FM – fat mass; R50sc – resistance in the transverse configuration; SAD – sagittal abdominal diameter.

лей в реальном клиническом контексте [13–15]. В табл. 4 и 5 представлены значения исследуемых признаков в подгруппах с висцеральным ожирением и центральным ожирением по окружности талии.

По всем исследуемым признакам за исключением длины тела подгруппа с висцеральным ожирением значимо отличается от подгруппы с нормальным количеством VAT. Наиболее выраженные различия согласно размеру эффекта у СДЖ, ОТ,

**Таблица 3. Морфологические характеристики в подгруппах, сформированных по значению ИМТ**  
**Table 3. Morphological characteristics of subgroups stratified by BMI**

| Признак / Feature                                | ИМТ / BMI        | Медиана / Mean | ИКР / IQR | Среднее (95 % ДИ) / Mean (95 % CI) | СО / SD |
|--------------------------------------------------|------------------|----------------|-----------|------------------------------------|---------|
| Возраст, лет / Age, years                        | Норм. / Normal   | 38,00          | 18,50     | 39,67 (30,82; 48,51)               | 15,98   |
|                                                  | Изб. / O/W       | 42,00          | 15,00     | 45,65 (38,59; 52,71)               | 13,73   |
|                                                  | Ож. / Obesity    | 52,00          | 22,50     | 54,47 (47,05; 61,89)               | 13,40   |
| SAT, см <sup>2</sup> * / SAT, cm <sup>2</sup> *  | Норм. / Normal   | 149,60         | 103,30    | 147,81 (106,04; 189,58)            | 75,43   |
|                                                  | Изб. / O/W       | 287,30         | 140,80    | 266,19 (219,89; 312,50)            | 90,06   |
|                                                  | Ож. / Obesity    | 431,70         | 160,80    | 438,08 (365,19; 510,97)            | 131,62  |
| VAT, см <sup>2</sup> * / VAT, cm <sup>2</sup> *  | Норм. / Normal   | 43,90          | 40,10     | 54,69 (33,26; 76,13)               | 38,71   |
|                                                  | Изб. O/W         | 109,60         | 43,40     | 115,24 (90,17; 140,31)             | 48,76   |
|                                                  | Ож. / Obesity    | 164,00         | 78,55     | 181,44 (153,58; 209,30)            | 50,31   |
| R50sc, Ом* / R50sc, Ω*                           | Норм. / Normal   | 27,72          | 10,49     | 32,26 (26,12; 38,39)               | 11,09   |
|                                                  | Изб. / O/W       | 55,16          | 31,92     | 61,96 (51,76; 72,17)               | 19,85   |
|                                                  | Ож. / Obesity    | 85,82          | 21,04     | 80,44 (71,89; 88,99)               | 15,44   |
| R50visc, Ом* / R50visc, Ω*                       | Норм. / Normal   | 12,70          | 2,72      | 12,93 (11,13; 14,74)               | 3,26    |
|                                                  | Изб. / O/W       | 20,16          | 11,87     | 20,02 (16,26; 23,78)               | 7,32    |
|                                                  | Ож. / Obesity    | 20,73          | 9,95      | 23,02 (18,45; 27,59)               | 8,26    |
| Окружность талии, см* / Waist circumference, cm* | Норм. / N Normal | 76,00          | 8,90      | 75,75 (71,53; 79,96)               | 7,61    |
|                                                  | Изб. / O/W       | 86,00          | 8,20      | 87,01 (83,94; 90,09)               | 5,98    |
|                                                  | Ож. / Obesity    | 106,10         | 10,25     | 108,21 (103,24; 113,19)            | 8,99    |
| Жировая масса, кг* / Fat mass, kg*               | Норм. / N Normal | 14,32          | 7,57      | 15,58 (12,46; 18,70)               | 5,63    |
|                                                  | Изб. / O/W       | 26,10          | 6,31      | 25,74 (22,45; 29,04)               | 6,41    |
|                                                  | Ож. / Obesity    | 38,70          | 12,75     | 41,06 (34,78; 47,34)               | 11,34   |
| СДЖ, см* / SAD, cm*                              | Норм. / Normal   | 19,60          | 3,20      | 19,74 (18,43; 21,05)               | 2,37    |
|                                                  | Изб. / O/W       | 22,90          | 3,00      | 23,62 (22,43; 24,82)               | 2,33    |
|                                                  | Ож. / Obesity    | 29,60          | 4,15      | 30,61 (28,73; 32,50)               | 3,40    |

Примечание: СДЖ – сагиттальный диаметр живота, R50sc – активное сопротивление в подкожном отведении, R50visc – активное сопротивление в висцеральном отведении, SAT – площадь подкожной жировой ткани, VAT – площадь висцеральной жировой ткани, ИКР – интерквартильный размах, ДИ – доверительный интервал, СО – стандартное отклонение, Cd – размер эффекта, \* – статистически значимые различия между подгруппами с различным нутритивным статусом.

Note: SAD – sagittal abdominal diameter; R50sc – resistance in the subcutaneous configuration; R50visc – resistance in the visceral configuration; SAT – subcutaneous adipose tissue area; VAT – visceral adipose tissue area; IQR – interquartile range; CI – confidence interval; SD – standard deviation; Cd – effect size; \* – statistically significant differences between subgroups with different nutritional status.

**Таблица 4. Морфологические характеристики в подгруппах, сформированных по значению VAT**  
**Table 4. Morphological characteristics of subgroups stratified by VAT**

| Признак / Feature                                   | VAT / VAT                   | Медиана / Median | ИКР / IQR | Среднее (95 % ДИ) / Mean (95 % CI) | CO / SD | Cd (95 % ДИ) / Cd (95 % CI) |
|-----------------------------------------------------|-----------------------------|------------------|-----------|------------------------------------|---------|-----------------------------|
| Возраст, лет* / Age, years*                         | Висц.ож. / Visceral obesity | 53,00            | 24,25     | 53,58 (47,52; 59,63)               | 14,99   | -1,187<br>(-1,806; -0,556)  |
|                                                     | Норм. / Normal              | 39,00            | 14,00     | 37,86 (32,99; 42,72)               | 10,69   |                             |
| SAT, см <sup>2</sup> * / SAT, cm <sup>2</sup> *     | Висц.ож. / Visceral obesity | 353,90           | 180,23    | 361,83 (302,53; 421,14)            | 146,84  | -1,378<br>(-2,013; -0,731)  |
|                                                     | Норм. / Normal              | 165,40           | 148,40    | 186,00 (141,23; 230,76)            | 98,35   |                             |
| R50sc, Ом* / R50sc, Ω*                              | Висц.ож. / Visceral obesity | 75,68            | 27,55     | 73,24 (65,29; 81,19)               | 19,68   | -1,750<br>(-2,422; -1,064)  |
|                                                     | Норм. / Normal              | 33,85            | 22,24     | 39,98 (31,72; 48,23)               | 18,14   |                             |
| R50visc, Ом* / R50visc, Ω*                          | Висц.ож. / Visceral obesity | 20,74            | 7,66      | 21,88 (18,90; 24,87)               | 7,39    | -1,016<br>(-1,623; -0,399)  |
|                                                     | Норм. / Normal              | 12,99            | 4,02      | 14,80 (11,88; 17,71)               | 6,41    |                             |
| Масса тела, кг* / Body weight, kg*                  | Висц.ож. / Visceral obesity | 87,40            | 20,00     | 91,73 (84,97; 98,50)               | 16,75   | -1,727<br>(-2,396; -1,044)  |
|                                                     | Норм. Normal                | 69,10            | 15,20     | 67,96 (63,99; 71,92)               | 8,71    |                             |
| Длина тела, см / Body height, cm                    | Висц.ож. / Visceral obesity | 169,75           | 7,85      | 170,05 (166,98; 173,12)            | 7,60    | 0,071<br>(-0,504; 0,646)    |
|                                                     | Норм. Normal                | 169,90           | 5,80      | 170,54 (167,92; 173,16)            | 5,76    |                             |
| Окр.талии, см* / Waist circumference, cm*           | Висц.ож. / Visceral obesity | 101,40           | 15,08     | 100,47 (95,60; 105,33)             | 12,05   | -2,292<br>(-3,028; -1,540)  |
|                                                     | Норм. Normal                | 79,00            | 11,80     | 77,45 (74,39; 80,52)               | 6,73    |                             |
| ИМТ, кг/м <sup>2</sup> * / BMI, kg/m <sup>2</sup> * | Висц.ож. / Visceral obesity | 30,67            | 5,92      | 31,72 (29,51; 33,94)               | 5,48    | -1,860<br>(-2,543; -1,161)  |
|                                                     | Норм. / Normal              | 23,51            | 4,53      | 23,36 (22,07; 24,65)               | 2,84    |                             |
| Жировая масса, кг* / Fat mass, kg*                  | Висц.ож. / Visceral obesity | 34,75            | 13,31     | 34,56 (29,49; 39,62)               | 12,54   | -1,545<br>(-2,196; -0,881)  |
|                                                     | Норм. / Normal              | 18,10            | 9,45      | 18,51 (15,43; 21,60)               | 6,78    |                             |
| СДЖ, см* / SAD, cm*                                 | Висц.ож. / Visceral obesity | 27,90            | 5,20      | 28,10 (26,42; 29,78)               | 4,16    | -2,273<br>(-3,007; -1,524)  |
|                                                     | Норм. / Normal              | 20,50            | 3,50      | 20,30 (19,28; 21,31)               | 2,22    |                             |

Примечание: СДЖ – сагиттальный диаметр живота, R50sc – активное сопротивление в подкожном отведении, R50visc – активное сопротивление в висцеральном отведении, SAT – площадь подкожной жировой ткани, VAT – площадь висцеральной жировой ткани, ИКР – интерквартильный размах, ДИ – доверительный интервал, CO – стандартное отклонение, Cd – размер эффекта, \* – статистически значимые различия между подгруппами с висцеральным ожирением и без него.

Note: SAD – sagittal abdominal diameter; R50sc – resistance in the subcutaneous configuration; R50visc – resistance in the visceral configuration; SAT – subcutaneous adipose tissue area; VAT – visceral adipose tissue area; IQR – interquartile range; CI – confidence interval; SD – standard deviation; Cd – effect size; \* – statistically significant differences between subgroups with and without visceral obesity.

ИМТ и R50sc (табл. 4, рис. 5Г-Е). В обследованной выборке встречаемость висцерального ожирения у мужчин и женщин не различается.

Оценка выраженности абдоминального жира – центральный этап диагностики МС. Ввиду отсутствия биохимических показателей обследованной выборки не представляется возможным диагностировать МС, однако можно

выделить обследованных с центральным ожирением по значению ОТ (табл. 1). Анализ в данных в подгруппах (табл. 5, рис. 5Ж–И) выявил многочисленные значимые различия. Наиболее выраженные из них обнаружены для SAT, R50sc и жировой массы тела.

Полученные выше результаты свидетельствуют о том, что паттерн изменения призна-

**Таблица 5. Морфологические характеристики в подгруппах, сформированных по окружности талии**  
**Table 5. Morphological characteristics of subgroups stratified by waist circumference**

| Признак / Feature                                   | Окружность талии / Waist circumference | Медиана / Median | ИКР / IQR | Среднее (95 % ДИ) / Mean (95 % CI) | CO / SD | Размер эффекта (95 % ДИ) / Effect size (95 % CI) |
|-----------------------------------------------------|----------------------------------------|------------------|-----------|------------------------------------|---------|--------------------------------------------------|
| Возраст, лет / Age, years                           | Норм. / Normal                         | 39,00            | 20,00     | 40,95 (33,91; 47,99)               | 15,04   | -0,67<br>(-1,26; -0,07)                          |
|                                                     | МС / MS                                | 48,00            | 24,00     | 50,70 (45,01; 56,40)               | 14,39   |                                                  |
| SAT, см <sup>2</sup> * / SAT, cm <sup>2</sup> *     | Норм. / Normal                         | 153,30           | 90,25     | 155,88 (122,85; 188,90)            | 70,57   | -2,05<br>(-2,76; -1,33)                          |
|                                                     | МС / MS                                | 352,50           | 127,90    | 377,63 (326,64; 428,63)            | 128,90  |                                                  |
| VAT, см <sup>2</sup> * / VAT, cm <sup>2</sup> *     | Норм. / Normal                         | 53,00            | 57,20     | 63,99 (45,14; 82,84)               | 40,27   | -1,81<br>(-2,49; -1,12)                          |
|                                                     | МС / Eng                               | 151,20           | 58,80     | 156,34 (133,57; 179,12)            | 57,58   |                                                  |
| R50sc, Ом* / R50sc, Ω*                              | Норм. / Normal                         | 32,69            | 19,14     | 36,58 (30,18; 42,99)               | 13,69   | -2,27<br>(-3,01; -1,52)                          |
|                                                     | МС / MS                                | 80,37            | 26,71     | 74,53 (67,16; 81,89)               | 18,63   |                                                  |
| R50visc, Ом* / R50visc, Ω*                          | Норм. / Normal                         | 12,70            | 3,66      | 14,04 (11,55; 16,52)               | 5,31    | -1,22<br>(-1,85; -0,59)                          |
|                                                     | МС / MS                                | 20,73            | 9,45      | 22,19 (19,21; 25,16)               | 7,52    |                                                  |
| Масса тела, кг* / Body weight, kg*                  | Норм. / Normal                         | 68,95            | 15,10     | 68,28 (63,70; 72,86)               | 9,78    | -1,55<br>(-2,20; -0,88)                          |
|                                                     | МС / MS                                | 86,00            | 22,35     | 90,61 (83,87; 97,36)               | 17,04   |                                                  |
| Длина тела, см / Body height, cm                    | Норм. / Normal                         | 172,05           | 8,33      | 171,82 (169,11; 174,52)            | 5,79    | 0,40<br>(-0,19; 0,98)                            |
|                                                     | МС / MS                                | 168,90           | 6,20      | 169,12 (166,23; 172,02)            | 7,31    |                                                  |
| ИМТ, кг/м <sup>2</sup> * / BMI, kg/m <sup>2</sup> * | Норм. / Normal                         | 23,60            | 4,53      | 23,05 (21,90; 24,20)               | 2,46    | -1,95<br>(-2,65; -1,24)                          |
|                                                     | МС / MS                                | 30,00            | 5,61      | 31,64 (29,51; 33,78)               | 5,40    |                                                  |
| Жировая масса, кг* / Fat mass, kg*                  | Норм. / Normal                         | 16,25            | 8,14      | 16,58 (14,04; 19,12)               | 5,42    | -2,05<br>(-2,76; -1,33)                          |
|                                                     | МС / MS                                | 33,90            | 11,22     | 35,39 (30,99; 39,79)               | 11,13   |                                                  |
| СДЖ, см* / SAD, cm*                                 | Норм. / Normal                         | 20,20            | 3,50      | 20,39 (19,21; 21,56)               | 2,51    | -1,99<br>(-2,69; -1,27)                          |
|                                                     | МС / MS                                | 27,80            | 6,75      | 27,75 (26,02; 29,48)               | 4,37    |                                                  |

Примечание: МС – метаболический синдром, ИМТ – индекс массы тела, SAT – подкожная жировая ткань, VAT – висцеральная жировая ткань, R50sc – активное электрическое сопротивление на частоте 50 кГц в «подкожном» трансверсальном отведении, R50visc – активное электрическое сопротивление на частоте 50 кГц в «висцеральном» сагиттальном отведении, СДЖ – сагиттальный диаметр живота, ИКР – интерквартильный размах, ДИ – доверительный интервал, СО – стандартное отклонение, \* – статистически значимые различия между подгруппами.

Note: MS – metabolic syndrome, BMI – body mass index, SAT – subcutaneous adipose tissue, VAT – visceral adipose tissue, R50sc – electrical resistance at 50 kHz in the “subcutaneous” transverse configuration, R50visc – electrical resistance at 50 kHz in the “visceral” sagittal configuration, SAD – sagittal abdominal diameter, IQR – interquartile range, CI – confidence interval, SD – standard deviation, \* – statistically significant differences between the subgroups.

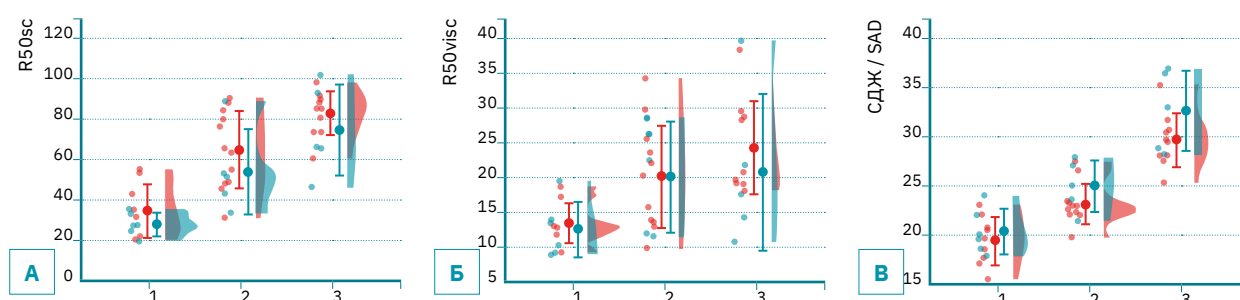
ков, характеризующих количество подкожного и висцерального жира, согласно косвенным методам и признакам одинаков. Поэтому оценки, получаемые неинвазивными косвенными методами и инструментами, имеющие сильную линейную корреляционную связь с SAT и VAT, будут наиболее перспективными для точной раздельной количественной оценки подкожного и висцерального депо жира в абдоминальной области.

На фоне выраженных значимых различий по косвенным признакам в подгруппах с висцераль-

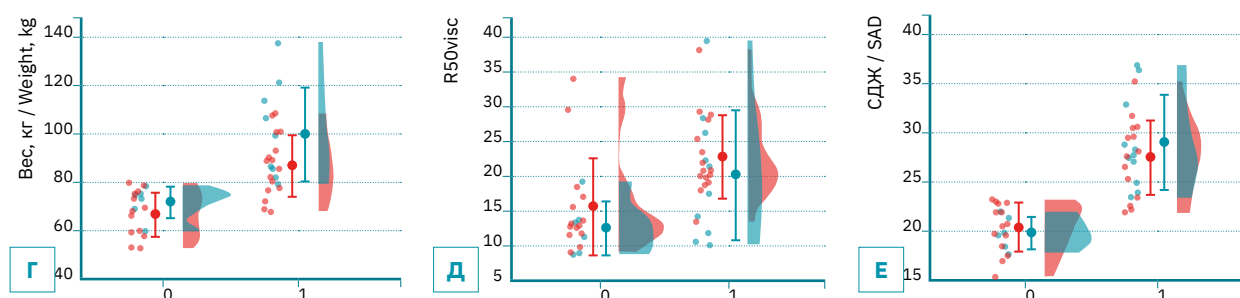
ным ожирением и без него становится целесообразным проведение ROC-анализа. Результаты ROC-анализа представлены на рис. 6 и в табл. 6. Оценка диагностической ценности исследованных признаков на обобщенной выборке мужчин и женщин с точки зрения определения висцерального ожирения или его отсутствия позволяет выделить ряд простых антропометрических признаков с очень высоким значением *AUC* и узким 95 % ДИ: СДЖ, окружность талии и ИМТ.

Пороговые значения, превышение которых свидетельствует о висцеральном ожирении,

#### ИМТ / BMI



#### Висцеральное ожирение по VAT / Visceral obesity based on VAT



#### Основной признак метаболического синдрома / Key feature of metabolic syndrome

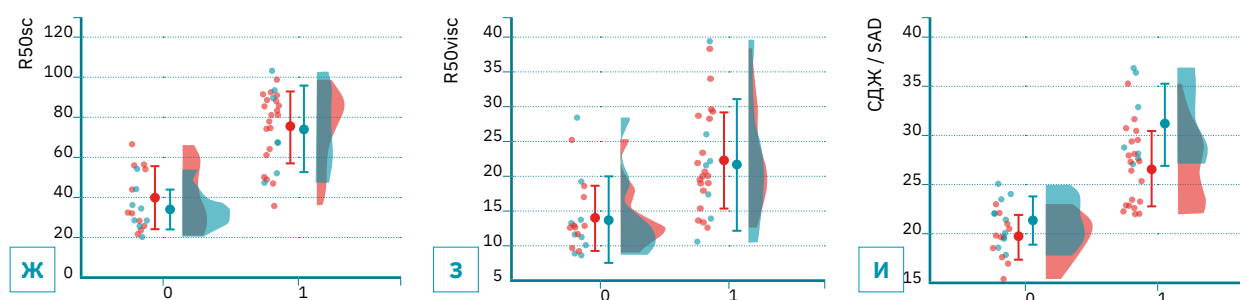


Рис. 5. Распределение значений исследуемых признаков в подгруппах обследованной выборки. 1 – ИМТ 18,5–24,9, 2 – ИМТ 25,0–29,9, 3 – ИМТ  $\geq 30$ . VAT 0 –  $< 100 \text{ cm}^2$ , 1 –  $\geq 100 \text{ cm}^2$ , MC 0 – ОТ  $< 80 \text{ cm}$  у женщин и  $94 \text{ cm}$  у мужчин, 1 – ОТ  $\geq 80 \text{ cm}$  у женщин и  $94 \text{ cm}$  у мужчин. Красный цвет – женщины, синий – мужчины. Круги – средние значения, усы – стандартное отклонение.

Fig. 5. Distribution of the studied parameters across subgroups of the study sample. 1 – BMI 18.5–24.9; 2 – BMI 25.0–29.9; 3 – BMI  $\geq 30$ . VAT: 0 –  $< 100 \text{ cm}^2$ ; 1 –  $\geq 100 \text{ cm}^2$ . MS: 0 – WC  $< 80 \text{ cm}$  in women and  $< 94 \text{ cm}$  in men; 1 – WC  $\geq 80 \text{ cm}$  in women and  $\geq 94 \text{ cm}$  in men. Red – women; blue – men. Circles indicate mean values; whiskers indicate standard deviations.

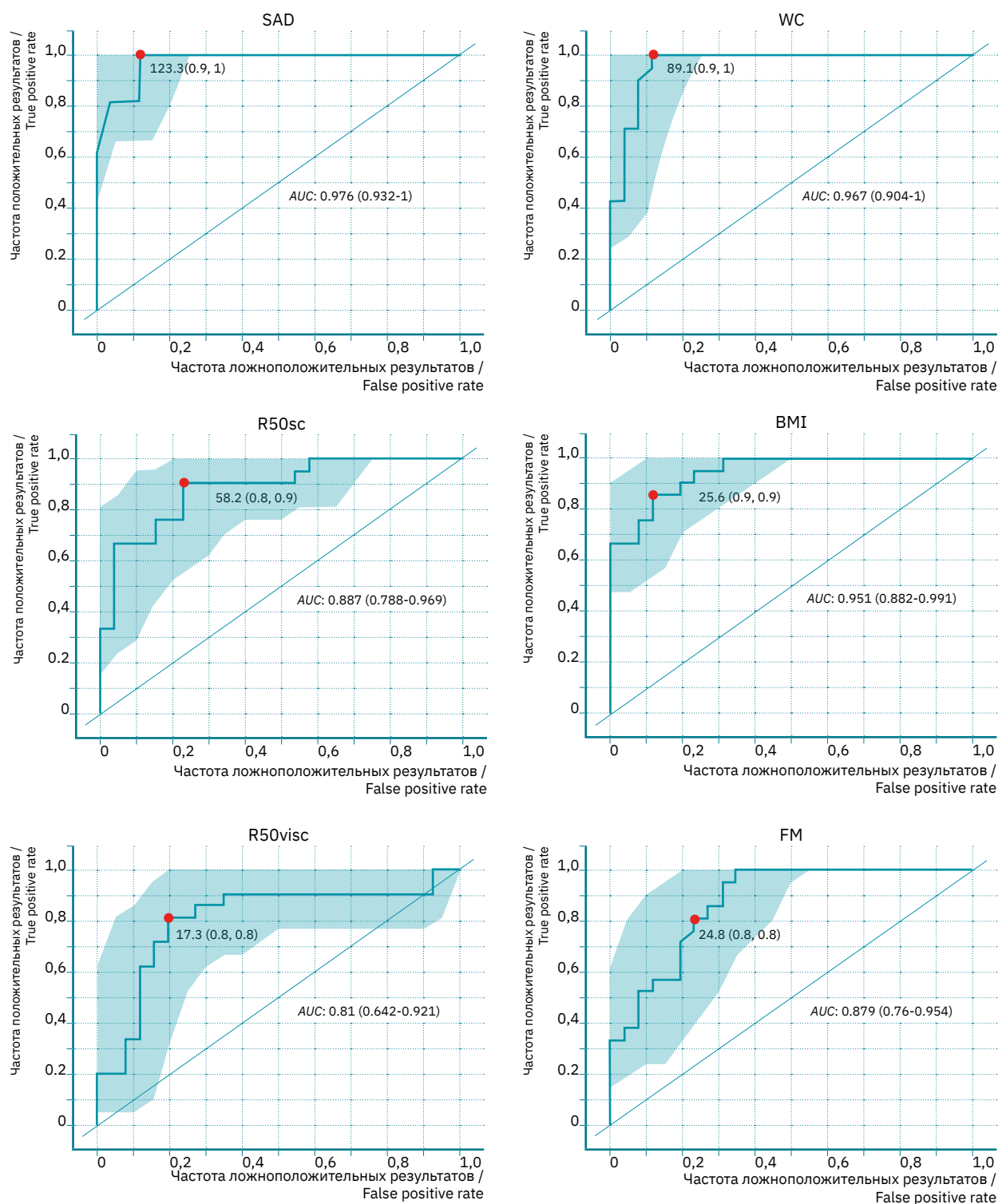


Рис. 6. ROC-анализ исследуемых признаков в подгруппах с висцеральным ожирением по данным КТ и без него. Закрашенная область – 95 % ДИ, красная точка на ROC-кривой – пороговое значение с наилучшими параметрами чувствительности и специфичности. SAD – сагиттальный диаметр живота, WC – окружность талии, FM – жировая масса, BMI – ИМТ.

Fig. 6. ROC analysis of the studied parameters in subgroups with and without CT-defined visceral obesity. The shaded area represents the 95% CI; the red dot on the ROC curve indicates the cutoff value with the optimal sensitivity and specificity. SAD – sagittal abdominal diameter; WC – waist circumference; FM – fat mass; BMI – body mass index.

для лучших признаков в обобщенной выборке составили: СДЖ (23,3 см), окружность талии (89,1 см) и ИМТ (25,6 кг/м<sup>2</sup>) (рис. 6). Показатели, получаемые в БИА, также обладают значимым *AUC*, однако их значения ниже, чем у антропометрических признаков.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Поиск и разработка методов точной количественной оценки подкожного и висцерального жира в абдоминальной области, лишенных ограничений КТ и МРТ, – актуальная задача, востребованная медицинскими специалистами во многих областях. Массовое применение такого метода позволит проводить скрининг населения для расчета референсных половозрастных значений, оценить распространенность избыточного висцерального жира отложения на популяционном уровне и связанные с ним риски, а также использовать в научных исследованиях и мониторинге пациентов.

Антропометрические признаки – окружность талии и СДЖ – показали сильную корреляцион-

ную связь с КТ-оценкой площади поперечного сечения висцерального жира. В *ROC*-анализе в объединенной выборки пороговое значение показателя окружности талии, которому соответствует висцеральное ожирение, составило 89 см (рис. 6). При этом площади подкожного и висцерального жира в подгруппах мужчин и женщин не отличались (табл. 2). Полученные результаты требуют уточнения на расширенной выборке.

Имеющиеся БИА приборы демонстрируют высокую согласованность в оценках интегральных показателей состава тела [7, 8], но оценки висцерального жира отложения, реализованные в полисегментной схеме БИА, показывают слабую согласованность с референсными методами [16, 17].

Возможность БИА в локальных отведениях давать оценки подкожной и висцеральной жировой ткани, сравнимые по точности с методами лучевой диагностики, были показаны ранее [18]. Также на мировом рынке присутствует оборудование зарубежных производителей (Omron, InBody и Maltron), позволяющие производить ко-

**Таблица 6. Характеристики *ROC*-кривых для исследуемых признаков в подгруппах с висцеральным ожирением по КТ и без него**  
**Table 6. ROC curve characteristics for the studied parameters in subgroups with and without CT-defined visceral obesity**

| Признак / Feature                      | <i>AUC</i> (95 % ДИ) /<br><i>AUC</i> (95 % CI) | SE. <i>AUC</i> | <i>z</i> | <i>p</i> -значение /<br><i>p</i> -value |
|----------------------------------------|------------------------------------------------|----------------|----------|-----------------------------------------|
| СДЖ / SAD                              | 0,976 (0,932; 1,000)                           | 0,018          | 27,01    | 0,000                                   |
| Окружность талии / Waist circumference | 0,967 (0,904; 1,000)                           | 0,026          | 18,18    | 0,000                                   |
| ИМТ / BMI                              | 0,951 (0,882; 0,991)                           | 0,028          | 15,89    | 0,000                                   |
| R50sc                                  | 0,887 (0,788; 0,969)                           | 0,048          | 8,01     | 0,000                                   |
| ЖМ / FT                                | 0,879 (0,760; 0,954)                           | 0,050          | 7,56     | 0,000                                   |
| R50visc                                | 0,810(0,642; 0,921)                            | 0,071          | 4,29     | 0,000                                   |
| Xc50visc                               | 0,595 (0,411; 0,756)                           | 0,089          | -0,50    | 0,616                                   |
| Xc50sc                                 | 0,541 (0,380; 0,718)                           | 0,089          | -1,01    | 0,312                                   |

Примечание: СДЖ – сагиттальный диаметр живота, ИМТ – индекс массы тела, ЖМ – жировая масса, R50sc – активное электрическое сопротивление на частоте 50 кГц в «подкожном» трансверзальном отведении, R50visc – активное электрическое сопротивление на частоте 50 кГц в «висцеральном» сагиттальном отведении, Xc50sc – реактивное электрическое сопротивление на частоте 50 кГц в «подкожном» трансверзальном отведении, Xc50visc – реактивное электрическое сопротивление на частоте 50 кГц в «висцеральном» сагиттальном отведении, *AUC* – площадь под *ROC*-кривой, *ROC* – характеристическая кривая, ДИ – доверительный интервал, SE *AUC* – стандартная ошибка площади под *ROC*-кривой, *z* – значение *z*-критерия, *p* – достигнутый уровень статистической значимости.

Note: SAD – sagittal abdominal diameter, BMI – body mass index, FT – fat tissue, R50sc – electrical resistance at 50 kHz in the “subcutaneous” transverse configuration, R50visc – electrical resistance at 50 kHz in the “visceral” sagittal configuration, Xc50sc – reactance at 50 kHz in the “subcutaneous” transverse configuration, Xc50visc – reactance at 50 kHz in the “visceral” sagittal configuration, *AUC* – area under the *ROC* curve, *ROC* – receiver operating characteristic, CI – confidence interval, SE *AUC* – standard error of the area under the *ROC* curve, *z* – *z*-statistic, *p* – *p*-value.

личественную оценку подкожного и висцерального жиротложения в локальных отведениях. Дополнение стандартных схем БИА локальными отведениями значительно улучшает точность определения висцерального жира [19]. Однако уравнения оценки не опубликованы производителями. Поэтому изучение возможностей отечественного БИА, получившего широкое распространение в лечебных и исследовательских учреждениях РФ, для оценки подкожного и висцерального жиротложения в локальных схемах востребовано широким кругом специалистов.

В представленном исследовании впервые в РФ проведен анализ связей антропометрических признаков и показателей активного сопротивления в абдоминальной области, определенного с применением российского биоимпедансного анализатора (ABC-02 «МЕДАСС»), с оценками SAT и VAT, полученными референсным методом КТ.

Один из наиболее перспективных с точки зрения практического применения результатов исследования – тесная линейная связь между оценками жировой массы тела, полученной в стандартном отведении ABC-02 «МЕДАСС» и площадью поперечного сечения подкожной жировой клетчатки в абдоминальной области (рис. 3 и 4А). Получаемые в рутинном применении ABC «МЕДАСС» оценки жировой массы могут быть конвертированы в показатель SAT без каких-либо дополнительных измерений. С учетом обширных популяционных данных по составу тела, полученных с применением ABC-02 «МЕДАСС», возможно рассчитать показатель SAT для населения РФ. R50sc также показал сильную положительную связь с SAT.

Среди исследованных показателей наиболее тесная линейная связь с VAT обнаружена для окружности талии, СДЖ и ИМТ (рис. 3). Жировая масса и R50sc скоррелированы с VAT умеренно. Полученный результат позволяет предположить, что окружность талии или ИМТ могут быть перспективными признаками для создания уравнений по оценке VAT для взрослых. Похожие результаты были получены для выборки мужчин и женщин, больных сахарным диабетом 2-го типа. Корреляция площади поперечного сечения висцеральной жировой ткани с СДЖ для мужчин и женщин составила 0,88 и 0,83 соответственно [20].

В настоящем исследовании активное сопротивление в «висцеральном» сагиттальном от-

ведении R50visc не продемонстрировало статистически значимой связи с КТ-оценкой площади висцеральной жировой ткани, несмотря на положительные результаты, представленные в других исследованиях [21–23]. Кроме того, R50visc не позволял дифференцировать обследованных с избыточной массой тела и ожирением, в отличие от других анализируемых показателей (рис. 5Б). Вместе с тем ранее была показана связь импедансных показателей, полученных в сагиттальном отведении, с биохимическими факторами кардиометаболического риска [24]. Однако наличие таких ассоциаций не подтверждает возможность использования R50visc для непосредственной количественной оценки VAT. Расхождение полученных результатов с данными литературы может быть обусловлено особенностями обследованной выборки, нелинейным характером связи R50visc с количеством висцеральной жировой ткани, а также влиянием неучтенных физиологических факторов [23]. В последние годы в отечественной литературе также отмечается рост интереса к инструментальной и косвенной оценке распределения жировой ткани, прежде всего в контексте висцерального ожирения, метаболических нарушений и кардиометаболического риска. Российские авторы подчеркивают, что стандартные антропометрические показатели и ИМТ не позволяют полноценно охарактеризовать состав тела и топографию жиротложения, в связи с чем возрастает роль БИА, ультразвуковых методик, КТ- и МРТ-морфометрии [25, 26]. В отечественных методических рекомендациях по ультразвуку-ассистированной оценке толщины висцеральной и подкожной жировой ткани предложен стандартизированный подход к измерению локальных жировых депо, ориентированный не только на врачей ультразвуковой диагностики, но и на специалистов первичного звена, что отражает практическую значимость доступных неинвазивных методов фенотипирования ожирения [27]. Диссертационные исследования последних лет также используют ультразвуковую оценку висцеральной и подкожной жировой ткани как компонент комплексной характеристики пациентов с ожирением и как инструмент динамического наблюдения [28].

Отдельное направление отечественных работ связано с применением ультразвуковой липометрии для оценки клинически значимого абдоминального жиротложения. Так, С. Н. Стяж-

кина и соавт. рассматривают ультразвуковую липометрию как дополнительный инструмент при определении показаний к бариатрическим вмешательствам, акцентируя внимание на необходимости перехода от простой оценки массы тела к анализу метаболически значимых жировых депо [29]. Параллельно развиваются КТ- и МРТ-подходы к количественной оценке жировой ткани: в отечественном исследовании Н. И. Рюминой и соавт. абдоминальная висцеральная жировая ткань оценивалась методом МРТ с анализом количественных и радиомических характеристик у пациентов со стабильной ишемической болезнью сердца [30], а А. К. Сморгочкова и соавт. продемонстрировали возможность автоматизированной оценки мышечной и жировой ткани по данным КТ в клинической задаче неинвазивной характеристики воспалительных заболеваний кишечника [31]. Эти данные подтверждают, что визуализирующие методы сохраняют значение референсных и исследовательских инструментов, однако их массовое применение ограничено организационными, экономическими и техническими факторами.

Практическая направленность отечественных разработок подтверждается и патентной активностью в данной области. За последние годы предложены способы ультразвуковой диагностики метаболического фенотипа абдоминального ожирения, комплексной ультразвуковой диагностики ожирения с оценкой эпикардиальной, подкожной, висцеральной и околопочечной жировой ткани, а также подходы к определению фенотипов ожирения на основе сочетания антропометрических параметров, биоимпедансометрии и оценки уровня висцерального жира [32–35]. В совокупности эти публикации и патентные решения показывают, что отечественная научная школа активно движется в направлении доступной, воспроизводимой и клинически применимой оценки подкожного и висцерального жирового отложения, что согласуется с задачами настоящего исследования.

Таким образом, косвенные методы оценки, которые широко применяются в лечебных и профилактических учреждениях РФ, могут стать эффективной альтернативой КТ и МРТ в области раздельной количественной оценки подкожного и висцерального жирового отложения, а также основанных на данных оценках индексах.

К ограничениям исследований относится небольшое количество добровольцев мужского пола, а также относительно небольшое количество людей с высокой мышечной массой. При расширении числа обследованных, возможно, проявится половой диморфизм в ряде исследуемых показателей и будут скорректированы пороговые значения для оценки висцерального ожирения по показателю окружности талии, СДЖ и ИМТ.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В исследуемой выборке косвенные методы на базе локальных отведений с применением отечественного биоимпедансного анализатора и простой антропометрии демонстрируют согласованное направление изменений с референсными КТ-оценками подкожной (SAT) и висцеральной (VAT) жировой ткани. Площадь SAT по КТ тесно соответствует показателям жировой массы, полученным в стандартной (интегральной) схеме ABC-02 «МЕДАСС», что позволяет использовать рутинные БИА-измерения для количественной оценки подкожного жира без дополнительных процедур. Для приближенной оценки VAT наибольшую информативность показывают окружность талии, сагиттальный диаметр живота и локальное «подкожное» активное сопротивление ( $R_{50sc}$ ); полученные результаты позволяют рассматривать окружность талии, сагиттальный диаметр живота и локальное «подкожное» активное сопротивление  $R_{50sc}$  как потенциальные предикторы для последующей разработки многомерной модели приближенной оценки VAT. Разработка, оптимизация и внешняя валидация такой модели планируются в дальнейших исследованиях на более крупной независимой выборке. Практическая ценность подхода – в возможности первичного скрининга и мониторинга абдоминального жирового отложения в амбулаторной практике, включая группы риска (МС, ожирение), когда применение КТ ограничено. В перспективе возможно создание национальных половозрастных референсных значений подкожного и висцерального жирового отложения, получаемых с применением отечественного оборудования для анализа состава тела.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Alberti KG, Eckel RH, Grundy SM, Zimmet PZ, Cleeman JI, Donato KA, et al.; International Diabetes Federation Task Force on Epidemiology and Prevention; National Heart, Lung, and Blood Institute; American Heart Association; World Heart Federation; International Atherosclerosis Society; International Association for the Study of Obesity. Harmonizing the metabolic syndrome: a joint interim statement of the International Diabetes Federation Task Force on Epidemiology and Prevention; National Heart, Lung, and Blood Institute; American Heart Association; World Heart Federation; International Atherosclerosis Society; and International Association for the Study of Obesity. *Circulation*. 2009 Oct 20;120(16):1640-5. <https://doi.org/10.1161/circulationaha.109.192644>
2. Рекомендации по ведению больных с метаболическим синдромом. Клинические рекомендации. М., 2013, 43 с.
3. Ma YL, Jin CH, Zhao CC, Ke JF, Wang JW, Wang YJ, et al. Waist-to-height ratio is a simple and practical alternative to waist circumference to diagnose metabolic syndrome in type 2 diabetes. *Front Nutr*. 2022 Nov 7;9:986090. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.986090>
4. Tripathi H, Singh A, Farheen, Prakash B, Dubey DK, Sethi P, et al. The Metabolic Score for Visceral Fat (METS-VF) as a predictor of diabetes mellitus: Evidence from the 2011-2018 NHANES study. *PLoS One*. 2025 Feb 11;20(2):e0317913. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0317913>
5. Carroll JF, Chiapa AL, Rodriguez M, Phelps DR, Cardarelli KM, Vishwanatha JK, et al. Visceral fat, waist circumference, and BMI: impact of race/ethnicity. *Obesity (Silver Spring)*. 2008 Mar;16(3):600-7. <https://doi.org/10.1038/oby.2007.92>
6. Liu D, Kuchnia AJ, Blake GM, Lee MH, Garrett JW, Pickhardt PJ. Ratio of visceral-to-subcutaneous fat area improves long-term mortality prediction over either measure alone: automated CT-based AI measures with longitudinal follow-up in a large adult cohort. *Abdom Radiol (NY)*. 2026 Mar;51(3):1618-1627. <https://doi.org/10.1007/s00261-025-05149-7>
7. Scharfetter H, Schlager T, Stollberger R, Felsberger R, Hutten H, Hinghofer-Szalkay H. Assessing abdominal fatness with local bioimpedance analysis: basics and experimental findings. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 2001;25(4):502-11. <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0801556>
8. Ryo M, Maeda K, Onda T, Katashima M, Okumiya A, Nishida M, et al. A new simple method for the measurement of visceral fat accumulation by bioelectrical impedance. *Diabetes Care*. 2005 Feb;28(2):451-3. <https://doi.org/10.2337/diacare.28.2.451>
9. Hoffmann J, Thiele J, Kwast S, Borger MA, Schröter T, Schmidt J, Busse M. A new approach to quantify visceral fat via bioelectrical impedance analysis and ultrasound compared to MRI. *Int J Obes (Lond)*. 2024 Feb;48(2):209-17. <https://doi.org/10.1038/s41366-023-01400-7>
10. Бондарева Э. А., Леонов Г. Е., Парфентьева О. И., Арутюнян А. А., Бевзюк Н. А., Ковалева О. Н., и др. Связь локальной биоимпедансометрии в абдоминальной области с ее морфологическими и биохимическими признаками. *Вестник РГМУ*. 2024;(4):55-63. <https://doi.org/10.24075/vrgmu.2024.030>
11. Danilov AA, Kramarenko VK, Nikolaev DV, Rudnev SG, Salamatova VYu, Smirnov AV, Vassilevski YuV. Sensitivity field distributions for segmental bioelectrical impedance analysis based on real human anatomy. *J Phys Conf Ser*. 2013;434(012001). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/434/1/012001>
12. Bouchi R, Takeuchi T, Akihisa M, Ohara N, Nakano Y, Nishitani R, et al Y. High visceral fat with low subcutaneous fat accumulation as a determinant of atherosclerosis in patients with type 2 diabetes. *Cardiovasc Diabetol*. 2015 Oct 7;14:136. <https://doi.org/10.1186/s12933-015-0302-4>
13. Борсуков А. В., Шестакова Д. Ю. Стеатозная болезнь печени: взгляд врача лучевой и ультразвуковой диагностики. *Consilium Medicum*. 2025;27(5):296-304.
14. Badawy M, Elsayes KM, Lubner MG, Shehata MA, Fowler K, Kaoud A, Pickhardt PJ. Metabolic syndrome: imaging features and clinical outcomes. *Br J Radiol*. 2024 Feb 2;97(1154):292-305. <https://doi.org/10.1093/bjr/tqad044>
15. Pickhardt PJ, Jee Y, O'Connor SD, del Rio AM. Visceral adiposity and hepatic steatosis at abdominal CT: association with the metabolic syndrome. *AJR Am J Roentgenol*. 2012 May;198(5):1100-7. <https://doi.org/10.2214/ajr.11.7361>
16. Chaudry O, Grimm A, Friedberger A, Kemmler W, Uder M, Jakob F, et al. Magnetic resonance imaging and bioelectrical impedance analysis to assess visceral and abdominal adipose tissue. *Obesity (Silver Spring)*. 2020 Feb;28(2):277-83. <https://doi.org/10.1002/oby.22712>
17. Xu Z, Liu Y, Yan C, Yang R, Xu L, Guo Z, et al. Measurement of visceral fat and abdominal obesity by single-frequency bioelectrical impedance and CT: a cross-sectional study. *BMJ Open*. 2021 Oct 11;11(10):e048221. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2020-048221>

18. Yoneda M, Tasaki H, Tsuchiya N, Nakajima H, Hamaguchi T, Oku S, Shiga T. A study of bioelectrical impedance analysis methods for practical visceral fat estimation. 2007 IEEE Int Conf Granular Comput (GRC 2007), Fremont, CA, USA; 2007:622. <https://doi.org/10.1109/grc.2007.109>
19. Yoon JW, Sohn M, Moon JH, Lim S. Accuracy of Y-scope, a newly developed portable abdominal impedance analyzer, for the assessment of abdominal visceral fat area. *Front Nutr*. 2022 Dec;9:950747. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.950747>
20. Li C, Zeng L, Li M, Deng K, Zhou D, Liang R, et al. New sagittal abdominal diameter and transverse abdominal diameter-based equations to estimate visceral fat area in type 2 diabetes patients. *BMC Public Health*. 2024 May 21;24(1):1364. <https://doi.org/10.1186/s12889-024-18659-8>
21. Shiga T, Hamaguchi T, Oshima Y, Kanai H, Hirata M, Hosoda K, Nakao K. A new simple measurement system of visceral fat accumulation by bioelectrical impedance analysis. *IFMBE Proc*. Berlin, Heidelberg: Springer; 2009, pp. 338-41.
22. Ida M, Hirata M, Odori S, Mori E, Kondo E, Fujikura J, et al. Early changes of abdominal adiposity detected with weekly dual bioelectrical impedance analysis during calorie restriction. *Obesity (Silver Spring)*. 2013 Sep;21(9):E350-3. <https://doi.org/10.1002/oby.20300>
23. Omura-Ohata Y, Son C, Makino H, Koezuka R, Tochiya M, Tamanaha T, et al. Efficacy of visceral fat estimation by dual bioelectrical impedance analysis in detecting cardiovascular risk factors in patients with type 2 diabetes. *Cardiovasc Diabetol*. 2019 Oct 22;18(1):137. <https://doi.org/10.1186/s12933-019-0941-y>
24. Okauchi Y, Kishida K, Funahashi T, Noguchi M, Ogawa T, Ryo M, et al. Absolute value of bioelectrical impedance analysis-measured visceral fat area with obesity-related cardiovascular risk factors in Japanese workers. *J Atheroscler Thromb*. 2010 Dec 26;17(12):1237-45. <https://doi.org/10.5551/jat.5694>
25. Николаев Д. В., Щелькалина С. П. Биоимпедансный анализ состава тела человека: медицинское применение, терминология. *Клиническое питание и метаболизм*. 2021;2(2):80-91. <https://doi.org/10.17816/clinutr72132>
26. Драпкина О. М., Максимова О. А., Шептулина А. Ф., Джioева О. Н. Биоимпедансный анализ состава тела: что важно знать терапевту? *Профилактическая медицина*. 2022;25(10):91-96. <https://doi.org/10.17116/profmed20222510191>
27. Драпкина О. М., Ангарский Р. К., Рогожкина Е. А., Максимова О. А., Иванова А. А., Зятенкова Е. В., Джioева О. Н. Российское общество профилактики неинфекционных заболеваний. Ультразвук-ассистированная оценка толщины висцеральной и подкожной жировой ткани. Методические рекомендации. Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2023;22(3):3552. <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2023-3552>
28. Рогожкина Е.А. Низкочастотная чрескожная стимуляция блуждающего нерва у пациентов низкого сердечно-сосудистого риска с ожирением первой степени. Дисс. М., 2025.
29. Стяжкина С. Н., Иванов Г. В., Кузнецов Е. Е., Тахиров М. У. Ультразвуковая липометрия в определении показаний к бариатрическим операциям. *Таврический медико-биологический вестник*. 2022;25(3):210-217.
30. Рюмшина Н. И., Кошельская О. А., Нарыжная Н. В., Харитоновна О. А., Кравченко Е. С., Завадовский К. В. Висцеральная жировая ткань по данным магнитно-резонансной томографии как фактор, ассоциированный с лептинорезистентностью при стабильной ишемической болезни сердца. Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2025;24(1):4236. <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2025-4236>
31. Смorchкова А. К., Васильев Ю. А., Шумская Ю. Ф., Мнацаканян М. Г., Петрайкин А. В., Сенюкова О. В., и др. Автоматизированная оценка мышечной и жировой ткани по данным компьютерной томографии для неинвазивного определения активности воспалительных заболеваний кишечника: пилотное исследование. *Вестник СурГУ. Медицина*. 2025;18(3):39-49. <https://doi.org/10.35266/2949-3447-2025-3-5>
32. Кузнецов Е. П., Кузнецов Е. Е., Манохин И. А., Комиссарова С. В., Давтян М. Б. Способ ультразвуковой диагностики метаболического фенотипа абдоминального ожирения. Патент РФ №2751972 С1. Опубликовано 21.07.2021.
33. Драпкина О. М., Ангарский Р. К., Джioева О. Н. Способ диагностирования ожирения. Патент РФ №2804577 С1. Опубликовано 02.10.2023.
34. Драпкина О. М., Ангарский Р. К., Джioева О. Н. Способ диагностики ожирения. Патент РФ №2812582 С1. Опубликовано 30.01.2024.
35. Синеглазова А. В., Нуриева А. Р. Способ определения фенотипов ожирения. Патент РФ №2830743 С1. Опубликовано 26.11.2024.

## References

1. Alberti KG, Eckel RH, Grundy SM, Zimmet PZ, Cleeman JI, Donato KA, et al.; International Diabetes Federation Task Force on Epidemiology and Prevention; National Heart, Lung, and Blood Institute; American Heart Association; World Heart Federation; International Atherosclerosis Society; International Association for the Study of Obesity. Harmonizing

- the metabolic syndrome: a joint interim statement of the International Diabetes Federation Task Force on Epidemiology and Prevention; National Heart, Lung, and Blood Institute; American Heart Association; World Heart Federation; International Atherosclerosis Society; and International Association for the Study of Obesity. *Circulation*. 2009 Oct 20;120(16):1640-5. <https://doi.org/10.1161/circulationaha.109.192644>
2. Guidelines for management of patients with metabolic syndrome. Clinical recommendations. Moscow, 2013, 43 p. (In Russ.).
  3. Ma YL, Jin CH, Zhao CC, Ke JF, Wang JW, Wang YJ, et al. Waist-to-height ratio is a simple and practical alternative to waist circumference to diagnose metabolic syndrome in type 2 diabetes. *Front Nutr*. 2022 Nov 7;9:986090. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.986090>
  4. Tripathi H, Singh A, Farheen, Prakash B, Dubey DK, Sethi P, et al. The Metabolic Score for Visceral Fat (METS-VF) as a predictor of diabetes mellitus: Evidence from the 2011-2018 NHANES study. *PLoS One*. 2025 Feb 11;20(2):e0317913. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0317913>
  5. Carroll JF, Chiapa AL, Rodriguez M, Phelps DR, Cardarelli KM, Vishwanatha JK, et al. Visceral fat, waist circumference, and BMI: impact of race/ethnicity. *Obesity (Silver Spring)*. 2008 Mar;16(3):600-7. <https://doi.org/10.1038/oby.2007.92>
  6. Liu D, Kuchnia AJ, Blake GM, Lee MH, Garrett JW, Pickhardt PJ. Ratio of visceral-to-subcutaneous fat area improves long-term mortality prediction over either measure alone: automated CT-based AI measures with longitudinal follow-up in a large adult cohort. *Abdom Radiol (NY)*. 2026 Mar;51(3):1618-1627. <https://doi.org/10.1007/s00261-025-05149-7>
  7. Scharfetter H, Schlager T, Stollberger R, Felsberger R, Hutten H, Hinghofer-Szalkay H. Assessing abdominal fatness with local bioimpedance analysis: basics and experimental findings. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 2001;25(4):502-11. <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0801556>
  8. Ryo M, Maeda K, Onda T, Katashima M, Okumiya A, Nishida M, et al. A new simple method for the measurement of visceral fat accumulation by bioelectrical impedance. *Diabetes Care*. 2005 Feb;28(2):451-3. <https://doi.org/10.2337/diacare.28.2.451>
  9. Hoffmann J, Thiele J, Kwast S, Borger MA, Schröter T, Schmidt J, Busse M. A new approach to quantify visceral fat via bioelectrical impedance analysis and ultrasound compared to MRI. *Int J Obes (Lond)*. 2024 Feb;48(2):209-17. <https://doi.org/10.1038/s41366-023-01400-7>
  10. Bondareva EA, Leonov GE, Parfenteva OI, Arutiunian AA, Bevziuk NA, Kovaleva ON, et al. Association of local bioimpedance analysis of the abdominal region with morphological and biochemical traits. *Bulletin of RSMU*. 2024;(4):52-9. <https://doi.org/10.24075/vrgmu.2024.030>
  11. Danilov AA, Kramarenko VK, Nikolaev DV, Rudnev SG, Salamatova VYu, Smirnov AV, Vassilevski YuV. Sensitivity field distributions for segmental bioelectrical impedance analysis based on real human anatomy. *J Phys Conf Ser*. 2013;434(012001). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/434/1/012001>
  12. Bouchi R, Takeuchi T, Akihisa M, Ohara N, Nakano Y, Nishitani R, et al. High visceral fat with low subcutaneous fat accumulation as a determinant of atherosclerosis in patients with type 2 diabetes. *Cardiovasc Diabetol*. 2015 Oct 7;14:136. <https://doi.org/10.1186/s12933-015-0302-4>
  13. Borsukov AV, Shestakova DYU. Steatotic liver disease: view of a radiologist and ultrasound diagnostician. *Consilium Medicum*. 2025;27(5):296-304. (In Russ.).
  14. Badawy M, Elsayes KM, Lubner MG, Shehata MA, Fowler K, Kaoud A, Pickhardt PJ. Metabolic syndrome: imaging features and clinical outcomes. *Br J Radiol*. 2024 Feb 2;97(1154):292-305. <https://doi.org/10.1093/bjr/tqad044>
  15. Pickhardt PJ, Jee Y, O'Connor SD, del Rio AM. Visceral adiposity and hepatic steatosis at abdominal CT: association with the metabolic syndrome. *AJR Am J Roentgenol*. 2012 May;198(5):1100-7. <https://doi.org/10.2214/ajr.11.7361>
  16. Chaudry O, Grimm A, Friedberger A, Kemmler W, Uder M, Jakob F, et al. Magnetic resonance imaging and bioelectrical impedance analysis to assess visceral and abdominal adipose tissue. *Obesity (Silver Spring)*. 2020 Feb;28(2):277-83. <https://doi.org/10.1002/oby.22712>
  17. Xu Z, Liu Y, Yan C, Yang R, Xu L, Guo Z, et al. Measurement of visceral fat and abdominal obesity by single-frequency bioelectrical impedance and CT: a cross-sectional study. *BMJ Open*. 2021 Oct 11;11(10):e048221. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2020-048221>
  18. Yoneda M, Tasaki H, Tsuchiya N, Nakajima H, Hamaguchi T, Oku S, Shiga T. A study of bioelectrical impedance analysis methods for practical visceral fat estimation. 2007 IEEE Int Conf Granular Comput (GRC 2007), Fremont, CA, USA; 2007:622. <https://doi.org/10.1109/grc.2007.109>
  19. Yoon JW, Sohn M, Moon JH, Lim S. Accuracy of Y-scope, a newly developed portable abdominal impedance analyzer, for the assessment of abdominal visceral fat area. *Front Nutr*. 2022 Dec;9:950747. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.950747>

20. Li C, Zeng L, Li M, Deng K, Zhou D, Liang R, et al. New sagittal abdominal diameter and transverse abdominal diameter-based equations to estimate visceral fat area in type 2 diabetes patients. *BMC Public Health*. 2024 May 21;24(1):1364. <https://doi.org/10.1186/s12889-024-18659-8>
21. Shiga T, Hamaguchi T, Oshima Y, Kanai H, Hirata M, Hosoda K, Nakao K. A new simple measurement system of visceral fat accumulation by bioelectrical impedance analysis. *IFMBE Proc*. Berlin, Heidelberg: Springer; 2009, pp. 338-41.
22. Ida M, Hirata M, Odori S, Mori E, Kondo E, Fujikura J, et al. Early changes of abdominal adiposity detected with weekly dual bioelectrical impedance analysis during calorie restriction. *Obesity (Silver Spring)*. 2013 Sep;21(9):E350-3. <https://doi.org/10.1002/oby.20300>
23. Omura-Ohata Y, Son C, Makino H, Koezuka R, Tochiya M, Tamanaha T, et al. Efficacy of visceral fat estimation by dual bioelectrical impedance analysis in detecting cardiovascular risk factors in patients with type 2 diabetes. *Cardiovasc Diabetol*. 2019 Oct 22;18(1):137. <https://doi.org/10.1186/s12933-019-0941-y>
24. Okauchi Y, Kishida K, Funahashi T, Noguchi M, Ogawa T, Ryo M, et al. Absolute value of bioelectrical impedance analysis-measured visceral fat area with obesity-related cardiovascular risk factors in Japanese workers. *J Atheroscler Thromb*. 2010 Dec 26;17(12):1237-45. <https://doi.org/10.5551/jat.5694>
25. Nikolaev DV, Shchelykalina SP. Bioimpedance analysis of human body composition: medical applications, terminology. *Clinical nutrition and metabolism*. 2021;2(2):80-91. <https://doi.org/10.17816/clinutr72132>
26. Drapkina OM, Maksimova OA, Sheptulina AF, Dzhioeva ON. Bioimpedance analysis of body composition: what should general practitioner know? *Russian Journal of Preventive Medicine*. 2022;25(10):91-96. 2022;25(10):91-96. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/profmed20222510191>
27. Drapkina OM, Angarsky RK, Rogozhkina EA, Maksimova OA, Ivanova AA, Zyatenkova EV, Dzhioeva ON. Ultrasound-assisted assessment of visceral and subcutaneous adipose tissue thickness. Methodological guidelines. *Cardiovascular Therapy and Prevention*. 2023;22(3):3552. (In Russ.). <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2023-3552>
28. Rogozhkina EA. Low-frequency transcutaneous vagus nerve stimulation in patients with low cardiovascular risk and first-degree obesity. *Diss. Moscow*. 2025. (In Russ.).
29. Styazhkina SN, Ivanov GV, Kuznetsov EE, Takhirov MU. Prospects of ultrasound lipometry using in determination of indications for bariatric surgery. *Tavricheskiy mediko-biologicheskiy vestnik*. 2022;25(3):210-217. (In Russ.).
30. Ryumshina NI, Koshelskaya OA, Naryzhnaya NV, Kharitonova OA, Kravchenko ES, Zavadovsky KV. Visceral adipose tissue according to magnetic resonance imaging as a factor associated with leptin resistance in stable coronary artery disease. *Cardiovascular Therapy and Prevention*. 2025;24(1):4236. (In Russ.). <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2025-4236>
31. Smorchkova AK, Vasilev YuA, Shumskaya YuF, Mnatsakanyan MG, Petraikin AV, Senyukova OV, et al. Automated assessment of muscle and adipose tissue with computed tomography data for non-invasive determination of inflammatory bowel diseases activity: pilot study. *Vestnik SurGU. Meditsina* 2025;18(3):39-49. (In Russ.). <https://doi.org/10.35266/2949-3447-2025-3-5>
32. Kuznetsov EP, Kuznetsov EE, Manokhin IA, Komissarova SV, Davtyan MB. Method for ultrasound diagnosis of metabolic phenotype of abdominal obesity. *Patent RU №2751972 C1*. Published 21 Jul 2021. (In Russ.).
33. Drapkina OM, Angarsky RK, Dzhioeva ON. Method for diagnosing obesity. *Patent RU №2804577 C1*. Published 2 Oct 2023. (In Russ.).
34. Drapkina OM, Angarsky RK, Dzhioeva ON. Method for obesity diagnosis. *Patent RU №2812582 C1*. Published 30 Jan 2024. (In Russ.).
35. Sineglazova AV, Nurieva AR. Method for determining obesity phenotypes. *Patent RU №2830743 C1*. Published 26 Nov 2024. (In Russ.).

---

#### Информация об авторах:

Бондарева Эльвира Александровна – к.б.н., старший научный сотрудник лаборатории молекулярной генетики человека ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр физико-химической медицины им. академика Ю.М. Лопухина» ФМБА России, г. Москва, Российская Федерация; специалист по учебно-методической работе, ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва, Российская Федерация  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3321-7575>, eLibrary SPIN: 6732-2072, AuthorID: 821205, Scopus Author ID: 26029345200, ResearcherID: N-4359-2017

Гараско Борис Аркадьевич – к.м.н., заведующий отделением Центра лучевой диагностики ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр физико-химической медицины им. академика Ю.М. Лопухина» ФМБА России, г. Москва, Российская Федерация  
ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-7396-521X>, eLibrary SPIN: 2571-8170, AuthorID: 1261952

Бондарева Э. А.<sup>✉</sup>, Гараско Б. А., Арутюнян А. А., Щелыкалина С. П., Николаев Д. В., Трошина Е. А., Борсуков А. В., Шестакова Д. Ю., Парфентьева О. И., Гаджихмедова А. Н., Генерозов Э. В. Количественная оценка подкожной и висцеральной жировой ткани в абдоминальной области: сопоставление антропометрии и локального биоимпедансного анализа с компьютерной томографией

Арутюнян Анаит Артуровна – руководитель Центра интегративной антропологии и гигиенической экспертизы Института анатомии и морфологии им. академика Ю.М. Лопухина ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва, Российская Федерация  
ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-1816-5810>, eLibrary SPIN: 2904-6241, AuthorID: 1283844

Щелыкалина Светлана Павловна – к.м.н., доцент кафедры медицинской кибернетики и информатики медико-биологического факультета ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва, Российская Федерация  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3292-8949>, eLibrary SPIN: 9804-0820, AuthorID: 735281, Scopus Author ID: 57216674265, ResearcherID: K-2225-2016

Николаев Дмитрий Викторович – заместитель генерального директора ООО НТЦ «МЕДАСС», г. Москва, Российская Федерация  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1461-5896>, eLibrary SPIN: 5322-6751, AuthorID: 167027, Scopus Author ID: 58834197800

Трошина Екатерина Анатольевна – член-корреспондент РАН, д.м.н., профессор, директор Института клинической эндокринологии ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр эндокринологии им. академика И.И. Дедова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва, Российская Федерация  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8520-8702>, eLibrary SPIN: 8821-8990, AuthorID: 499380, Scopus Author ID: 24081800800, ResearcherID: B-5887-2017

Борсуков Алексей Васильевич – д.м.н., профессор, директор проблемной научно-исследовательской лаборатории «Диагностические исследования и малоинвазивные технологии» ФГБОУ «Смоленский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Смоленск, Российская Федерация  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4047-7252>, eLibrary SPIN: 9412-4149, AuthorID: 525146, Scopus Author ID: 7801311680, ResearcherID: AAG-1693-2019

Шестакова Дарья Юрьевна – к.м.н., старший научный сотрудник проблемной научно-исследовательской лаборатории «Диагностические исследования и малоинвазивные технологии» ФГБОУ «Смоленский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Смоленск, Российская Федерация  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5497-1476>, eLibrary SPIN: 8489-0188, AuthorID: 937544, Scopus Author ID: 58199203500, ResearcherID: ABG-7839-2021

Парфентьева Ольга Ивановна – к.б.н., научный сотрудник лаборатории молекулярной генетики человека ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр физико-химической медицины им. академика Ю.М. Лопухина» ФМБА России, г. Москва, Российская Федерация  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7895-6887>, eLibrary SPIN: 6237-1920, AuthorID: 1055140, Scopus Author ID: 57193251028, ResearcherID: AAN-6948-2019

Гаджихмедова Аида Нурмагомедовна – лаборант лаборатории молекулярной генетики человека ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр физико-химической медицины им. академика Ю.М. Лопухина» ФМБА России, г. Москва, Российская Федерация  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2557-5647>, eLibrary SPIN: 7410-4182, AuthorID: 1077674, Scopus Author ID: 58135207400, ResearcherID: IXW-6869-2023

Генерозов Эдуард Викторович – к.б.н., заведующий лабораторией молекулярной генетики человека ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр физико-химической медицины им. академика Ю.М. Лопухина» ФМБА России, г. Москва, Российская Федерация  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6314-4883>, eLibrary SPIN: 9986-7842, AuthorID: 86322, Scopus Author ID: 57201982531, ResearcherID: U-3431-2017

#### Information about authors:

Elvira A. Bondareva <sup>✉</sup> – Cand. Sci. (Biology), Senior Researcher, Laboratory of Human Molecular Genetics, Lopukhin Federal Research and Clinical Center of Physical-Chemical Medicine, Moscow, Russian Federation; Specialist in educational and methodological work, Pirogov Russian National Research Medical University, Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3321-7575>, eLibrary SPIN: 6732-2072, AuthorID: 821205, Scopus Author ID: 26029345200, ResearcherID: N-4359-2017

Boris A. Garasko – Cand. Sci. (Medicine), Head of the Department, Center for Diagnostic Radiology, Lopukhin Federal Research and Clinical Center of Physical-Chemical Medicine, Moscow, Russian Federation  
ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-7396-521X>, eLibrary SPIN: 2571-8170, AuthorID: 1261952

Anait A. Arutiunian – Head of the Center for Integrative Anthropology and Hygienic Assessment, Yu. M. Lopukhin Institute of Anatomy and Morphology, Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russian Federation  
ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-1816-5810>, eLibrary SPIN: 2904-6241, AuthorID: 1283844

Svetlana P. Shchelykalina – Cand. Sci. (Medicine), Associate Professor, Department of Medical Cybernetics and Informatics, Faculty of Biomedical Sciences, Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russian Federation  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3292-8949>, eLibrary SPIN: 9804-0820, AuthorID: 735281, Scopus Author ID: 57216674265, ResearcherID: K-2225-2016

Dmitry V. Nikolaev – Deputy Director General, Scientific Research Center MEDAS, Moscow, Russian Federation

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1461-5896>, eLibrary SPIN: 5322-6751, AuthorID: 167027, Scopus Author ID: 58834197800

Ekaterina A. Troshina – Corr. Member of the Russian Academy of Sciences, Dr. Sci. (Medicine), Professor, Director of the Institute of Clinical Endocrinology, National Medical Research Center for Endocrinology, Moscow, Russian Federation

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8520-8702>, eLibrary SPIN: 8821-8990, AuthorID: 499380, Scopus Author ID: 24081800800, ResearcherID: B-5887-2017

Alexey V. Borsukov – Dr. Sci. (Medicine), Professor, Director of the Fundamental Research Laboratory “Diagnostic Research and Minimally Invasive Techniques”, Smolensk State Medical University, Smolensk, Russian Federation

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4047-7252>, eLibrary SPIN: 9412-4149, AuthorID: 525146, Scopus Author ID: 7801311680, ResearcherID: AAG-1693-2019

Daria Yu. Shestakova – Cand. Sci. (Medicine), Senior Researcher, Fundamental Research Laboratory “Diagnostic Research and Minimally Invasive Techniques”, Smolensk State Medical University, Smolensk, Russian Federation

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5497-1476>, eLibrary SPIN: 8489-0188, AuthorID: 937544, Scopus Author ID: 58199203500, ResearcherID: ABG-7839-2021

Olga I. Parfenteva – Cand. Sci. (Biology), Researcher, Laboratory of Human Molecular Genetics, Lopukhin Federal Research and Clinical Center of Physical-Chemical Medicine, Moscow, Russian Federation

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7895-6887>, eLibrary SPIN: 6237-1920, AuthorID: 1055140, Scopus Author ID: 57193251028, ResearcherID: AAH-6948-2019

Aida N. Gadzhikhmedova – Laboratory Assistant, Laboratory of Human Molecular Genetics, Lopukhin Federal Research and Clinical Center of Physical-Chemical Medicine, Moscow, Russian Federation

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2557-5647>, eLibrary SPIN: 7410-4182, AuthorID: 1077674, Scopus Author ID: 58135207400, ResearcherID: IXW-6869-2023

Eduard V. Generozov – Cand. Sci. (Biology), Head of the Laboratory of Human Molecular Genetics, Lopukhin Federal Research and Clinical Center of Physical-Chemical Medicine, Moscow, Russian Federation

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6314-4883>, eLibrary SPIN: 9986-7842, AuthorID: 86322, Scopus Author ID: 57201982531, ResearcherID: U-3431-2017

#### Участие авторов:

Бондарева Э. А., Гараско Б. А., Арутюнян А. А. – разработка протокола исследования, сбор данных, написание текста статьи; Шчелыкалина С. П., Николаев Д. В., Трошина Е. А., Боруков А. В., Шестакова Д. Ю. – концепция исследования, анализ данных, написание текста статьи; Парфентьева О. И., Гаджихмедова А. Н. – проведение антропометрического обследования; Генерозов Э. В. – критическая интерпретация результатов. Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку статьи и утвердили окончательный вариант, одобренный к публикации.

#### Contribution of the authors:

Bondareva E. A., Garasko B. A., Arutiunian A. A. – development of the study protocol, data collection, and writing of the manuscript; Shchelykalina S. P., Nikolaev D. V., Troshina E. A., Borsukov A. V., Shestakova D. Yu. – study concept, data analysis, and writing of the manuscript; Parfenteva O. I., Gadzhikhmedova A. N. – conducting anthropometric assessments; Generozov E. V. – critical interpretation of the results. All authors made equivalent contributions to the preparation of the article and approved the final version for publication.

**Конфликт интересов:** все авторы заявляют об отсутствии явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Соблюдение этических стандартов:** в работе соблюдались этические принципы, предъявляемые Хельсинкской декларацией Всемирной медицинской ассоциации (World Medical Association Declaration of Helsinki, 1964, ред. 2013). Все участники исследования до включения в исследование добровольно подписали форму информированного согласия, утвержденную в составе протокола исследования (№2022/12/06 от 06 декабря 2022 г.) этическим комитетом.

**Финансирование:** научное исследование проведено при поддержке Российского научного фонда (грант РНФ № 22-75-10122).

**Conflict of interest:** the authors state that there are no conflicts of interest to disclose.

**Compliance with ethical standards:** the study was conducted in accordance with the ethical principles of the World Medical Association Declaration of Helsinki (1964, revised in 2013). Prior to enrolment, all study participants voluntarily signed an informed consent form approved as part of the study protocol (No. 2022/12/06 dated December 6, 2022) by the Ethics Committee.

**Funding:** the study was supported by the Russian Science Foundation (RSF grant No. 22-75-10122).

Статья поступила в редакцию 04.12.2025; одобрена после рецензирования 21.07.2026; принята к публикации 03.09.2026.  
The article was submitted 04.12.2025; approved after reviewing 21.07.2026; accepted for publication 03.09.2026.