

4. Garnik GG. Psikhologicheskaya model' protsesssa formirovaniya umeniy. *Voprosy Psichologii*. 1979;3:56-65. (in Russ.)
 5. Gerasimova AG. Kontsepsiya srednego spetsial'nogo obrazovaniya. Moskva, RF: NIIVO; 1991. 20 p. (in Russ.)
 6. Laptieva LN. Model' professional'noy adaptatsii uchashchikhsya meditsinskikh uchilishch. *Vesnik Mazyrskaga Dzyarzhaynaga Pedagogichnaga*. 2005;1(12):116-20. (in Russ.).

Адрес для корреспонденции

225710, Республика Беларусь,
 г. Минск, ул. Днепровской флотилии, 23,
 УО «Полесский государственный университет»,
 кафедра оздоровительной и адаптивной физической культуры,
 тел. моб.: +375 29 5356875,
 e-mail: laptieva@yandex.ru
 Лаптиева Людмила Николаевна

Сведения об авторах

Лаптиева Л.Н., к.п.н., доцент кафедры оздоровительной и адаптивной физической культуры, Полесский государственный университет, г. Минск, Республика Беларусь.

Рублевская Е.И., к.м.н., главный врач Гомельского областного клинического кожно-венерологического диспансера, г. Гомель, Республика Беларусь.

Address for correspondence

23 Dneprovskoy Flotilii Street, 225710,
 Pinsk, Republic of Belarus,
 Educational Establishment «Polessky State University»,
 Department of Health-Improvement and Adaptation Physical
 Training,
 Mob.: +375 29 5356875,
 E-mail: laptieva@yandex.ru
 Laptieva Ludmila Nikolaevna.

Information about authors

Laptieva L.N., candidate of pedagogical sciences, Ass. Professor of the Department of Health-Improvement and Adaptation Physical Training, Polessky State University, Pinsk, Republic of Belarus.

Rublevskaya E.I., candidate of medical sciences, Chief Medical Officer of Gomel Regional Clinical Skin and Venereal Diseases Dispensary, Gomel, Republic of Belarus.

Поступила 25.09.2019

УДК 616-072.7:616-008.9:616-079.2

**ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЯ
КОЛИЧЕСТВА ВИСЦЕРАЛЬНОЙ ЖИРОВОЙ ТКАНИ**

C. I. Пиманов, В. М. Бондаренко, Е. В. Макаренко

Учреждение образования

**«Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет»
г. Витебск, Республика Беларусь**

Целью работы было установление оптимальных вариантов ультразвуковой (УЗ) оценки количества висцеральной жировой ткани (ВЖТ) с учетом затрат времени на исследование, доступности визуализации анатомических ориентиров, воспроизводимости методик и корреляции результатов измерений с данными компьютерной томографии (КТ), а также операционных характеристик ROC-анализа граничных значений ВЖТ при метаболическом синдроме, артериальной гипертензии, ишемической болезни сердца (ИБС) и эректильной дисфункции (ЭД).

УЗ-измерение ВЖТ различной локализации выполнено 337 пациентам в возрасте от 18 до 65 лет. Выбор оптимальных вариантов УЗ-измерения ВЖТ основывался на квадиметрическом анализе.

Для УЗ-диагностики ВЖТ с учетом интегративной оценки рангов оптимальным представляется выполнение измерений площади нижней части околопочечной жировой ткани, а также расстояния между внутренней поверхностью прямой мышцы живота и передней или задней стенкой аорты. Увеличение толщины эпикардиальной и перикардиальной ВЖТ характерно для пациентов с ИБС и ЭД.

Ключевые слова: висцеральная жировая ткань, ультразвуковая диагностика, квадиметрический анализ.

The aim of the study was to determine the best options for the ultrasound (US) evaluation of the amount of visceral adipose tissue (VAT), taking into account the time spent on these investigations, availability of visualization of anatomical landmarks, reproducibility of methods and correlation of the measurement results with data obtained by computed tomography (CT), as well as the operational characteristics of the ROC analysis of the boundary values of the VAT amount in metabolic syndrome, arterial hypertension, coronary heart disease (CHD), and erectile dysfunction (ED).

The ultrasound measurement of VAT of various localization was performed in 337 patients aged 18–65. The selection of the optimal options for the ultrasound measurement of VAT was based on the qualimetric analysis.

For the ultrasound diagnosis of VAT, taking into account the integrative assessment of ranks, it seems optimal to measure the area of the lower part of perinephric adipose tissue, as well as the distance between the inner surface of the rectus abdominis muscle and the anterior or posterior wall of the aorta. Increased thickness of epicardial and pericardial VAT is typical for patients with CHD and ED.

Key words: visceral adipose tissue, ultrasound diagnosis, qualimetric analysis.

S. I. Pimanov, V. M. Bondarenko, E. V. Makarenko

Choosing the Optimal Ultrasound Method for the Measurement of the Amount of Visceral Adipose Tissue
Проблемы Здоровья и Экологии. 2019 Oct-Dec; Vol 62 (4): 105-113

Введение

Сердечно-сосудистые заболевания, сахарный диабет 2 типа и дислипидемия являются основными причинами смертности, инвалид-

ности и снижения качества жизни в современном цивилизованном мире [1, 2]. Вся эта патология ассоциирована с избыточным содержанием висцеральной жировой ткани (ВЖТ). В

настоящее время ВЖТ считается еще одним эндокринным органом, который является существенным патогенетическим звеном различных заболеваний [1, 3].

Для количественной оценки жировой ткани (ЖТ) используются визуализационные методы исследования, такие как компьютерная томография (КТ), магнитно-резонансная томография (МРТ) и ультразвуковое исследование (УЗИ) [4]. Несмотря на то, что КТ считается «золотым стандартом» определения количества ЖТ, ультразвуковая диагностика (УЗД) представляется особенно привлекательным методом оценки висцерального жира в силу своей относительно низкой стоимости, доступности и безопасности для пациента. В то же время, как известно, УЗД является пациентозависимым методом [5]. Это может быть связано со степенью ожирения обследуемого, его анатомическими особенностями, а также способностью следовать инструкциям оператора.

Ранее нами была изучена корреляция показателей величины ЖТ различной локализации, полученных по данным УЗИ, с результатами измерения площади ВЖТ при КТ [6] и воспроизводимость результатов УЗ определения ВЖТ [7]. С этой целью было использовано 10 ультразвуковых (УЗ) методик измерения величины ЖТ. Однако имеются другие методики измерения и подсчета ВЖТ, которые не вошли в этот сравнительный анализ.

Хотя количество методик УЗД ВЖТ достаточно большое, в практической работе целесообразно применять ограниченное количество вариантов исследования, которые должны соответствовать ряду требований. К таковым, помимо хорошей воспроизводимости результатов исследований, можно отнести небольшие временные затраты и возможность технического выполнения методики у различных пациентов, независимо от массы тела и анатомических особенностей. Кроме того, важно учитывать прикладное значение УЗ определения ВЖТ определенной локализации, то есть должно существовать практическое обоснование такого исследования. По этой причине представляется актуальным оценить величину ВЖТ различной локализации у пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями и ассоциированными с ними патологическими состояниями в сравнении со здоровыми людьми. В связи с этим определение граничных значений величины ВЖТ для пациентов с МС, артериальной гипертензией (АГ), ишемической болезнью сердца (ИБС) и эректильной дисфункцией (ЭД) может иметь важное практическое значение, однако таких данных в УЗД пока недостаточно. Отсутствует единый подход в отношении граничных значений величины жировой

ткани при указанных патологиях. Исследования ВЖТ при ЭД ранее не проводились.

Если воспроизводимость отдельных УЗ-методик определения висцерального жира ранее изучалась, о чем свидетельствуют единичные публикации [8, 9], то временные затраты на УЗИ ВЖТ ранее не определялись, также как не оценивалась возможность их технического выполнения. До сих пор в УЗД не описан совокупный сравнительный анализ с целью выбора лучшей в ряду схожих методик. Учитывая многочисленность УЗ-методик определения ВЖТ, такой выбор является весьма актуальным как для научных исследований, так и в практической работе.

Цель работы

Установить оптимальные варианты УЗ оценки количества ВЖТ с учетом затрат времени на исследование, доступности визуализации анатомических ориентиров, воспроизводимости методик и корреляции результатов измерений с данными КТ, а также операционных характеристик ROC-анализа граничных значений ЖТ при МС, АГ, ИБС и ЭД.

Материал и методы

УЗ-измерение ЖТ различной локализации выполнено 337 пациентам в возрасте от 18 до 65 лет. Проведение работы одобрено локальным этическим комитетом. Все обследованные подписали информированное согласие на участие в исследовании.

Для выбора оптимальных вариантов УЗ-измерения ЖТ использовались элементы метода квадиметрического расчета [10] с определением интегрированного показателя качества. Анализировался каждый отдельный показатель качества методики УЗИ ЖТ, а именно: 1) длительность исследования (хронометраж времени); 2) степень корреляции величины ЖТ по данным УЗИ с площадью абдоминальной ВЖТ, измеренной при КТ; 3) воспроизводимость результатов УЗИ; 4) доступность визуализации анатомических ориентиров, необходимых для выполнения методики исследования; 5) операционные характеристики ROC-анализа (чувствительность, специфичность, площадь под кривой при оптимальном значении оцениваемого граничного показателя). Всем показателям качества устанавливается одинаковый коэффициент весомости, равный 1.

УЗИ выполнялось на аппаратах «ProSound Alpha 7» (фирма «Hitachi-Aloka Medical, Ltd.», Япония) и «Logiq E9» (фирма «GE Healthcare», США); датчики: конвексный 3,5 МГц и линейный 10,0 МГц. Специальная подготовка пациентов перед исследованием не проводилась. Пациент располагался лежа на спине, фиксация эхограммы осуществлялась при задержке дыхания в фазе спокойного выдоха при минимальном давлении на датчик.

Определение ЖТ осуществляли в разных участках тела обследуемого с использованием описанных ранее методик [6].

Хронометраж времени (в сек.), необходимого для выполнения каждого варианта методики, осуществлялся с помощью секундометра на экране монитора УЗ-аппарата. Для оценки параметра «продолжительность исследования» учитывалось стартовое (нулевое) время, когда начиналось УЗИ по конкретной методике, и финишное (конечное), когда измерение на аппарате было осуществлено и установленное значение регистрировалось на экране и фиксировалось в цифровом графическом формате на эхограммах. Хронометраж времени осуществлен у 61 человека (35 женщин и 26 мужчин). Следует отметить, что хронометраж каждой из используемых методик важен не только для проводимого анализа, но и для оценки затрат времени на исследование в случае создания соответствующей нормативной документации.

Для расчета коэффициента корреляции между измеренной при УЗИ величиной ЖТ различной локализации и площадью ВЖТ, рассчитанной при КТ, было обследовано 104 пациента в возрасте — $Мe$ (25; 75), равном 47,00 (36,5; 55,0) лет, где $Мe$ — медиана, (25; 75) — 25-й и 75-й процентили. Результаты изучения воспроизводимости УЗИ ЖТ основывались на обследовании 24 человек по описанной ранее методике [7] с расчетом показателя каппа.

При оценке технических аспектов применявшихся УЗ-методик определения ВЖТ изучалась частота визуализации анатомических ориентиров, необходимых для измерения величины ЖТ. Устанавливалось относительное количество успешной реализации методики. В случае невозможности выполнения методики из-за отсутствия визуализации анатомических ориентиров результаты исследования расценивались как отрицательные. Оценка параметра «частота визуализации» ВЖТ осуществлена у 100 человек и выражалась в процентах.

Операционные характеристики ROC-анализа количества ЖТ различной локализации (чувствительность, специфичность, площадь под кривой при оптимальном значении оцениваемого граничного показателя) установлены для 119 пациентов с МС в возрасте 44,00 (37,00; 50,00) года, 34 — с артериальной гипертензией в возрасте 45,50 (40,00; 52,00) года, 34 — с ишемической болезнью сердца в возрасте 46,50 (39,00; 52,00) года и 28 мужчин с эректильной дисфункцией (ЭД), возраст которых равнялся 43,00 (35,50; 51,00) годам. Группы сравнения составили не отличавшиеся по возрасту обследованные, не имевшие указанных патологий.

Осуществлялось ранжирование вариантов УЗ определения ЖТ по каждому из анализиру-

емых показателей качества. Для этого количественные значения каждого показателя качества располагали в ряд (ранжировали) от наилучшего до худшего значения. Лучшими показателями качества, то есть занимающими первое место в ряду, были: для длительности исследования — минимальное время, затраченное на осуществление методики; для степени корреляции ВЖТ с КТ — максимальное значение коэффициента корреляции; для воспроизводимости — самое большое значение показателя каппа; для операционных характеристик ROC-анализа — наибольшая величина площади под кривой (ППК). Затем номера рангов каждого из показателей качества суммировались и оценивались интегрированные показатели качества по расположению в возрастающем ранжированном ряду. Минимальное значение данного ряда соответствовало наилучшему интегрированному показателю качества. По мере увеличения суммы (роста позиции) УЗ-показателя снижалась его ценность.

Статистическая обработка полученных результатов была выполнена на персональном компьютере с применением стандартного пакета программ «Statistica», 10,0. Оценка соответствия нормальному распределению проводилась с использованием теста Колмогорова-Смирнова и W-теста Шапиро-Уилка. Отличия считали статистически значимыми при $p < 0,05$. Для определения граничных значений количества жировой проводился ROC-анализ (Receiver Operator Characteristic, или анализ операционных характеристик) с использованием программы MedCalc Software (Belgium). При этом градация значений ППК соответствовала следующим диапазонам: 0,9–1,0 — отличное качество модели, 0,8–0,9 — очень хорошее качество модели, 0,7–0,8 — хорошее, 0,6–0,7 — среднее и 0,5–0,6 — неудовлетворительное качество модели. Оценка корреляции (g) осуществлялась по непараметрическому критерию Спирмена. Коррелятивную связь оценивали как очень сильную при значении g , равном 0,90–1,00, как сильную при значении g — 0,70–0,89, умеренную при значении g — 0,40–0,69, слабую при значении g — 0,10–0,39 и незначимую при g — 0,00–0,10 [11]. Сопоставимость результатов измерений ЖТ основывалась на расчете значений показателя каппа программы MedCalc, версия 17.2 «MedCalc Software» (Belgium). Сила согласия оценивалась как очень хорошая при значении каппа от 0,81 до 1,00; как хорошая — при значении каппа от 0,61 до 0,80; как средняя — при значении каппа от 0,41 до 0,60; как посредственная — при значении каппа от 0,21 до 0,40 и как плохая — при значении каппа менее 0,20 [12].

Результаты и обсуждение

На основании результатов выполненного корреляционного анализа УЗ величины ЖТ с размерами площади ВЖТ, измеренной при КТ (таблица 1), установлено, что сильная корреляция имеет место с величиной площади нижней части околопочечной ЖТ. Ассоциация умерен-

ной силы выявлена со всеми остальными УЗ-показателями ВЖТ, кроме расчетного значения индекса жира брюшной стенки (ИЖБС) по методике R. Suzuki и соавт. [13]. В связи с крайне низкой корреляцией ИЖБС с площадью ВЖТ, измеренной при КТ, эта УЗ-методика была исключена из дальнейшего анализа.

Таблица 1 — Корреляция значений площади висцеральной жировой ткани, рассчитанной при компьютерной томографии, с количеством жировой ткани, оцененной при ультразвуковом исследовании

Ультразвуковые показатели	Пациенты, n = 104	
	г	p
ТВБЖТ-1 (F. Armellini и соавт., 1993)	0,656	< 0,001
ТВБЖТ-2 (M. Hirooka и соавт., 2005)	0,663	< 0,001
ТВБЖТ-3 (M. Koda и соавт., 2007)	0,668	< 0,001
ТВБЖТ-4 (M. Hirooka и соавт., 2005)	0,487	< 0,001
ТЗПРЖТ (M. Hirooka и соавт., 2005)	0,552	< 0,001
ОВЖТ (M. Hirooka и соавт., 2005)	0,657	< 0,001
ТППНЖТ справа (S. Kawasaki и соавт., 2008)	0,459	< 0,001
ТППНЖТ слева (S. Kawasaki и соавт., 2008)	0,447	< 0,001
ТППНЖТ среднее (S. Kawasaki и соавт., 2008)	0,466	< 0,001
ПНОПЖТ справа (W. Gong и соавт., 2007)	0,704	< 0,001
ПНОПЖТ слева (W. Gong и соавт., 2007)	0,705	< 0,001
ПНОПЖТ среднее (W. Gong и соавт., 2007)	0,726	< 0,001
ТПЖТ (P. Grima и соавт., 2010)	0,419	< 0,001
ТЭЖТ (G. Iacobellis и соавт., 2003)	0,609	< 0,001
ТПЖТ (H.J. Willens и соавт., 2008)	0,636	< 0,001
ИЖБС (R. Suzuki и соавт., 1993)	0,082	0,405

Примечания: n — количество пациентов в группе; p — статистический показатель значимости; ТВБЖТ-1 — толщина внутрибрюшной висцеральной жировой ткани до передней стенки аорты; ТВБЖТ-2 — толщина внутрибрюшной висцеральной жировой ткани до задней стенки аорты; ТВБЖТ-3 — толщина внутрибрюшной висцеральной жировой ткани до поясничного позвонка L₄; ТВБЖТ-4 — толщина внутрибрюшной висцеральной жировой ткани до селезеночной вены; ТЗПРЖТ — толщина заднего периренального пространства справа; ОВЖТ — объем висцеральной жировой ткани; ТППНЖТ — толщина пара- и перинефральной жировой ткани; ПНОПЖТ — площадь нижней части околопочечной жировой ткани; ТПЖТ — толщина передней перинефральной жировой ткани; ТЭЖТ — толщина эпикардиальной жировой ткани; ТПЖТ — толщина перикардиальной жировой ткани; ИЖБС — индекс жира брюшной стенки (отношение максимальной толщины преперитонеальной жировой ткани к минимальной толщине подкожной жировой ткани).

Данные хронометража времени, затраченного на измерение величины ЖТ, частоты визуализации анатомических ориентиров, необходимых для выполнения методики иссле-

дования, и воспроизводимости измерений ЖТ представлены в таблице 2. На основании этих данных рассчитывался ранг для каждой методики.

Таблица 2 — Частота визуализации анатомических ориентиров, хронометраж времени, затраченного на выполнение измерений величины жировой ткани, субъективное удобство выполнения и воспроизводимость результатов ультразвукового исследования

Ультразвуковые показатели	Хронометраж времени (сек.), n = 61	Воспроизводимость методики (значение каппа), n = 24	Частота визуализации (%), n = 100
ТВБЖТ-1 (F. Armellini и соавт., 1993)	51,50 (42,50; 67,50)	0,776	94,00
ТВБЖТ-2 (M. Hirooka и соавт., 2005)	54,00 (43,00; 70,00)	0,805	94,00
ТВБЖТ-3 (M. Koda и соавт., 2007)	54,00 (43,00; 70,00)	0,675	86,00
ТВБЖТ-4 (M. Hirooka и соавт., 2005)	60,00 (46,00; 93,00)	0,742	84,00
ТЗПРЖТ (M. Hirooka и др., 2005)	40,00 (29,50; 58,00)	0,722	96,00

Окончание таблицы 2

Ультразвуковые показатели	Хронометраж времени (сек.), n = 61	Воспроизводимость методики (значение каппа), n = 24	Частота визуализации (%), n = 100
ОВЖТ (M. Hirooka и соавт., 2005)	191,00 (138,00; 224,00)	0,715	82,00
ТППНЖТ справа (S. Kawasaki и соавт., 2008)	36,00 (24,00; 58,00)	0,632	96,00
ТППНЖТ слева (S. Kawasaki и соавт., 2008)	67,50 (55,00; 88,00)	0,685	96,00
ТППНЖТ среднее (S. Kawasaki и соавт., 2008)	108,00 (88,00; 136,00)	0,713	96,00
ПНОПЖТ справа (W. Gong и соавт., 2007)	37,00 (29,50; 53,00)	0,818	100,0
ПНОПЖТ слева (W. Gong и соавт., 2007)	43,00 (26,00; 67,00)	0,823	98,00
ПНОПЖТ среднее (W. Gong и соавт., 2007)	85,00 (60,00; 205,00)	0,695	98,00
ТППЖТ (P. Grima и соавт., 2010)	62,00 (44,00; 80,00)	0,692	98,00
ТЭЖТ (G. Iacobellis и соавт., 2003)	46,00 (37,00; 60,00)	0,627	99,00
ТПЖТ (H.J. Willens и соавт., 2008)	46,00 (37,00; 60,00)	0,681	99,00

Примечания: n — количество пациентов в группе; ТВБЖТ-1 — толщина внутрибрюшной висцеральной жировой ткани до передней стенки аорты; ТВБЖТ-2 — толщина внутрибрюшной висцеральной жировой ткани до задней стенки аорты; ТВБЖТ-3 — толщина внутрибрюшной висцеральной жировой ткани до поясничного позвонка L₄; ТВБЖТ-4 — толщина внутрибрюшной висцеральной жировой ткани до селезеночной вены; ТЗПРЖТ — толщина заднего периренального пространства справа; ОВЖТ — объем висцеральной жировой ткани; ТППНЖТ — толщина пара- и перинефральной жировой ткани; ПНОПЖТ — площадь нижней части околопочечной жировой ткани; ТПСЖТ — толщина передней перинефральной жировой ткани; ТЭЖТ — толщина эпикардиальной жировой ткани; ТПЖТ — толщина перикардиальной жировой ткани.

Операционные характеристики ROC-анализа при использовании различных УЗ-методик определения ЖТ у пациентов с МС, АГ, ИБС и ЭД отраже-

ны в таблице 3. Установлены граничные значения величины ЖТ для каждой нозологии с учетом статистической значимости полученных результатов.

Таблица 3 — Значимость ультразвуковых показателей измерения величины жировой ткани на основе ROC-анализа

Ультразвуковые показатели	ROC-анализ							
	МС, n = 119/81		АГ, n = 34/53		ИБС, n = 34/53		ЭД, n = 28/23	
	ППК	ранг	ППК	ранг	ППК	ранг	ППК	ранг
ТВБЖТ-1 (F. Armellini и др., 1993)	0,960 (0,933–0,987)	6	0,719 (0,612–0,810)	4	0,775 (0,673–0,857)	1	0,626 (0,479–0,757)	9
ТВБЖТ-2 (M. Hirooka и др., 2005)	0,966 (0,942–0,990)	5	0,684 (0,574–0,780)	7	0,738 (0,632–0,827)	4	0,608 (0,461–0,742)	10
ТВБЖТ-3 (M. Koda и др., 2007)	0,968 (0,945–0,991)	3	0,703 (0,595–0,797)	6	0,752 (0,648–0,839)	3	0,602 (0,456–0,737)	11
ТВБЖТ-4 (M. Hirooka и др., 2005)	0,925 (0,883–0,966)	8	0,608 (0,496–0,712)	10	0,661 (0,550–0,760)	10	0,673 (0,527–0,798)	6
ТЗПРЖТ (M. Hirooka и др., 2005)	0,839 (0,776–0,903)	9	0,658 (0,548–0,756)	9	0,623 (0,512–0,724)	11	0,669 (0,523–0,795)	8
ОВЖТ	0,948 (0,907–0,974)	7	0,676 (0,564–0,774)	8	0,701 (0,591–0,796)	8	0,719 (0,576–0,836)	1
ТППНЖТ справа (S. Kawasaki и др., 2008)	0,795 (0,732–0,848)	13	0,587 (0,476–0,691)	12	0,577 (0,466–0,682)	14	0,582 (0,436–0,719)	12
ТППНЖТ слева (S. Kawasaki и др., 2008)	0,766 (0,701–0,823)	11	0,550 (0,439–0,658)	14	0,547 (0,437–0,654)	15	0,523 (0,379–0,665)	15
ТППНЖТ среднее	0,831 (0,769–0,892)	10	0,589 (0,478–0,693)	11	0,581 (0,471–0,686)	13	0,557 (0,412–0,696)	13
ПНОПЖТ справа (W. Gong и др., 2007)	0,967 (0,943–0,990)	4	0,717 (0,611–0,809)	5	0,700 (0,593–0,794)	9	0,672 (0,527–0,797)	7

Окончание таблицы 3

Ультразвуковые показатели	ROC-анализ							
	МС, n = 119/81		АГ, n = 34/53		ИБС, n = 34/53		ЭД, n = 28/23	
	ППК	ранг	ППК	ранг	ППК	ранг	ППК	ранг
ПНОПЖТ слева (W.Gong и др., 2007)	0,984 (0,970–0,997)	1	0,759 (0,655–0,845)	1	0,711 (0,603–0,803)	6	0,696 (0,550–0,818)	4
ПНОПЖТ среднее	0,983 (0,969–0,997)	2	0,755 (0,651–0,841)	2	0,720 (0,614–0,811)	5	0,693 (0,548–0,814)	5
ТППЖТ (P. Grima и др., 2010)	0,830 (0,767–0,893)	11	0,729 (0,624–0,819)	3	0,613 (0,502–0,715)	12	0,529 (0,384–0,670)	14
ТЭЖТ (G. Iacobellis и др., 2003)	0,802 (0,734–0,871)	12	0,549 (0,439–0,656)	15	0,753 (0,649–0,839)	2	0,707 (0,563–0,826)	2
ТПЖТ (H.J. Willens и др., 2008)	0,758 (0,685–0,830)	15	0,556 (0,445–0,662)	13	0,706 (0,599–0,799)	7	0,700 (0,555–0,820)	3

Примечания: n — количество пациентов в группе/здоровых обследованных; ППК — площадь под кривой; АГ — артериальная гипертензия; ИБС — ишемическая болезнь сердца; ЭД — эректильная дисфункция; ТВБЖТ-1 — толщина внутрибрюшной висцеральной жировой ткани до передней стенки аорты; ТВБЖТ-2 — толщина внутрибрюшной висцеральной жировой ткани до задней стенки аорты; ТВБЖТ-3 — толщина внутрибрюшной висцеральной жировой ткани до поясничного позвонка L4; ТВБЖТ-4 — толщина внутрибрюшной висцеральной жировой ткани до селезеночной вены; ТЗПРЖТ — толщина заднего периренально-го пространства справа; ТППНЖТ — толщина пара- и перинефральной жировой ткани; ПНОПЖТ — площадь нижней части околопочечной жировой ткани; ТППЖТ — толщина передней перинефральной жировой ткани; ТЭЖТ — толщина эпикардиальной жировой ткани; ТПЖТ — толщина перикардиальной жировой ткани.

Проведенный ROC-анализ позволил установить величину ВЖТ, разграничающую пациентов с МС, ИБС, АГ, ЭД, с одной стороны, и здоровых обследованных — с другой. Эхографические значения количества ВЖТ у пациентов с МС составили: для внутрибрюшной ВЖТ, измеренной до передней стенки аорты — более 47,00 мм, задней стенки аорты — более 61,30 мм; поясничного позвонка L₄ — более 72,70 мм; селезеночной вены — более 54,60 мм; для толщины заднего периренально-го пространства справа — более 7,60 мм; объема ВЖТ — более 158,1 см³, толщины пара- и перинефральной ЖТ справа — более 34,40 мм, слева — более 23,3 мм и среднее значение — более 28,90 мм; площадь нижней части околопочечной ЖТ справа — более 18,81 см², слева — более 18,65 см² и среднего значения — более 21,12 см²; толщина передней перинефральной ЖТ — более 2,20 мм; толщина эпикардиальной ЖТ — более 3,45 мм и толщина перикардиальной ЖТ — более 2,60 мм.

При ИБС пороговыми показателями околосердечной ЖТ являлись: толщина эпикардиальной ЖТ — более 4,0 мм и перикардиальной — более 2,7 мм, толщина внутрибрюшной ЖТ, измеренной до передней стенки аорты — более 42,7 мм, до задней стенки аорты — более 61,30 мм; поясничного позвонка — более 63,6 мм; селезеночной вены — более 54,0 мм; объем ВЖТ — более 183,04 см³, площадь нижней части околопочечной ЖТ справа — более 18,24 см², слева — более 23,68 см².

Границные значения площади нижней части околопочечной ЖТ при АГ составили

справа — более 18,24 см² и слева — более 22,58 см², толщина внутрибрюшной ЖТ, измеренной до передней стенки аорты — более 38,6 мм, до задней стенки аорты — более 56,0 мм; поясничного позвонка — более 63,0 мм, объем ВЖТ — более 137,88 см³.

При ЭД толщина эпикардиальной ЖТ составила более 3,1 мм, а перикардиальной — более 2,4 мм, площади нижней части околопочечной ЖТ справа — более 21,24 см² и слева — более 14,78 см², толщина внутрибрюшной ЖТ, измеренной до селезеночной вены — более 62,0 мм, объем ВЖТ — более 160,01 см³.

Для каждой нозологии рассчитывалось ранговое значение на основании величины ППК. Величины рангов суммировались и итоговый показатель использовался для окончательного анализа значимости УЗ-методик (таблица 4).

Хотя методика определения подкожного и превисцерального жиров, разработанная R. Suzuki и соавт. [13], весьма простая и не вызывала каких-либо трудностей при ее выполнении, от нее пришлось отказаться из-за низкой диагностической ценности, судя по результатам корреляции УЗ- и КТ-данных. Более того, по указанной методике оценивается величина подкожной жировой клетчатки, которая расценивается как метаболически нейтральная [1, 3]. Комплексный УЗ-показатель «объем ВЖТ», предложенный M. Hirooka и соавт. [14], оказался технически сложным из-за необходимости измерять три показателя и проводить расчет по формуле, полученной методом множественной логистической регрессией.

Таблица 4 — Показатели качества и их ранг при ультразвуковом определении висцеральной жировой ткани с использованием различных методик ее оценки

Ультразвуковые показатели	Показатель качества и его ранг						ИЗР	
	корреляция с КТ, n = 104	хронометраж времени, n = 61	воспроизведимость методики, n = 24	частота визуализации, n = 100	ROC-анализ, n = 287			
	ранг	ранг	ранг	ранг	сумма рангов	ранг	сумма рангов	ранг
ТВБЖТ-1 (F. Armellini и соавт., 1993)	6	6	5	5	20	3	26	3
ТВБЖТ-2 (M. Hirooka и соавт., 2005)	5	7	4	5	26	7	28	4
ТВБЖТ-3 (M. Koda и соавт., 2007)	4	7	14	6	23	4	35	6
ТВБЖТ-4 (M. Hirooka и соавт., 2005)	11	8	6	7	34	9	41	9
ТЗПРЖТ (M. Hirooka и соавт., 2005)	10	3	7	4	37	10	34	5
ОВЖТ (M. Hirooka и соавт., 2005)	7	13	8	8	24	5	40	8
ТППНЖТ справа (S. Kawasaki и соавт., 2008)	13	1	15	4	51	14	47	10
ТППНЖТ слева (S. Kawasaki и соавт., 2008)	14	10	12	4	55	13	53	12
ТППНЖТ среднее (S. Kawasaki и соавт., 2008)	12	12	9	4	47	12	49	11
ПНОПЖТ справа (W. Gong и соавт., 2007)	3	2	3	1	25	6	15	2
ПНОПЖТ слева (W. Gong и соавт., 2007)	2	4	2	3	12	1	12	1
ПНОПЖТ среднее (W. Gong и соавт., 2007)	1	11	10	3	14	2	27	4
ТППЖТ (P. Grima и соавт., 2010)	15	9	11	3	40	12	50	11
ТЭЖТ (G. Iacobellis и соавт., 2003)	9	5	16	2	29	8	40	8
ТПЖТ (H.J. Willens и соавт., 2008)	8	5	13	2	38	11	39	7

Примечания: н — количество пациентов в группе; КТ — компьютерная томография; ИЗР — интегрированное значение ранга; ТВБЖТ-1 — толщина внутрибрюшной висцеральной жировой ткани до передней стенки аорты; ТВБЖТ-2 — толщина внутрибрюшной висцеральной жировой ткани до задней стенки аорты; ТВБЖТ-3 — толщина внутрибрюшной висцеральной жировой ткани до поясничного позвонка L₄; ТВБЖТ-4 — толщина внутрибрюшной висцеральной жировой ткани до селезеночной вены; ТЗПРЖТ — толщина заднего периренального пространства справа; ОВЖТ — объем висцеральной жировой ткани; ТППНЖТ — толщина пара- и перинефральной жировой ткани; ПНОПЖТ — площадь нижней части околопочечной жировой ткани; ТППЖТ — толщина передней перинефральной жировой ткани; ТЭЖТ — толщина эпикардиальной жировой ткани; ТПЖТ — толщина перикардиальной жировой ткани.

Возможность измерения внутрибрюшной ВЖТ при определении расстояния между внутренней поверхностью прямой мышцы живота и передней стенкой аорты ограничивалась у небольшой части пациентов (4,0 %) бифуркацией аорты выше пупка и наличием газа в кишечнике (2,0 %). Последнее препятствие было критичным при измерении расстояния от внутренней поверхности прямой мышцы живота до селезеночной вены по методике M. Hirooka и соавт., из-за чего не удалось реализовать методику в 16,0 % случаев. Выходом из такой ситуации при метеоризме было проведение повторного исследования натощак на сле-

дующий день после соответствующих диетических рекомендаций. При анатомическом варианте с высокой бифуркацией аорты измерение осуществляли с учетом соответствующих ориентиров правой подвздошной артерии. В отдельных случаях (14,0 %) была затруднена визуализация позвонков, что не позволило реализовать методику M. Koda и соавт. [15]. Из-за узких межреберных промежутков и эмфиземы легких у 1 из 100 пациентов (1,0 %) было затруднительно определить толщину эпикардиальной и перикардиальной жировой ткани. В этом случае изменяли позицию пациента (поворот на левый бок), при которой была до-

стигнута приемлемая визуализация объекта исследования. Определение толщины заднего жирового слоя правой боковой стенки почки вызвало затруднение в 4 случаях (4,0 %) у здорового обследуемого, когда визуализация жировой ткани была проблематичной и потребовались значительные затраты времени на получение адекватной эхограммы. Также в 2 случаях (2,0 %) у пациента с МС неоднозначность измерений возникла при определении толщины передней перинефральной жировой ткани, когда имело место неравномерное уменьшение жирового слоя в дорзальном направлении, и выбор адекватного значения искомого показателя по классическому варианту методики был затруднителен. Выходом из этой ситуации стало усреднение нескольких измерений, полученных на протяжении почечной поверхности, соприкасающейся с печенью.

Результаты вышеприведенного ROC-анализа при МС, АГ, ИБС и ЭД (таблица 3) в случае использования различных УЗ-методик определения ВЖТ доказали клиническую значимость следующих показателей: площадь нижней части околопочечной жировой ткани, расстояние между внутренней поверхностью прямой мышцы живота и передней, а также задней стенкой аорты, расстояние между внутренней поверхностью прямой мышцы живота и позвонком. В то же время при оценке ассоциации ВЖТ с ИБС и ЭД важное значение имело определение околосердечной ВЖТ. Следует учитывать, что МС, АГ, ИБС и ЭД являются патогенетически связанными заболеваниями, причем ВЖТ в этом процессе играет существенную роль.

Интегративная оценка рангов различных методик измерения ВЖТ показала, что наилучшие позиции занимали площадь нижней части околопочечной жировой ткани, а также расстояние между внутренней поверхностью прямой мышцы живота и передней стенкой аорты (таблица 4). Несмотря на не очень высокие позиции в отношении величины ранга, измерение толщины эпикардиальной ВЖТ представляется важным исследованием, учитывая значимое увеличение ВЖТ этой локализации у пациентов с ИБС и ЭД.

Использованный нами подход, основанный на методе квалиметрического анализа с определением интегрированного показателя качества, осуществлялся в упрощенном варианте. Такое упрощение заключалось в применении для каждого показателя качества одинакового коэффициента весомости. Однако прецедент правил выбора коэффициента весомости в УЗД отсутствует, а наша попытка обоснованного научного определения оптимальных показателей из ряда многочисленных таковых является пионерской.

Заключение

1. Наилучшие операционные характеристики ROC-анализа при использовании различных УЗ-методик определения ВЖТ у пациентов с МС, АГ, ИБС и ЭД имеют площадь нижней части околопочечной жировой ткани, расстояние между внутренней поверхностью прямой мышцы живота и передней или задней стенкой аорты, а также расстояние между внутренней поверхностью прямой мышцы живота и позвонком. В то же время при оценке ассоциации ВЖТ с ИБС и ЭД актуальным является измерение околосердечной ВЖТ.

2. Затраты времени на выполнение УЗ-методик определения ВЖТ различной локализации составили от 36,00 (24,00; 58,00) сек. до 191,00 (138,00; 224,00) сек.

3. Для УЗ-диагностики ВЖТ с учетом интегративной оценки рангов оптимальным представляется выполнение измерений площади нижней части околопочечной жировой ткани, а также расстояния между внутренней поверхностью прямой мышцы живота и передней или задней стенкой аорты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Goyal A, Nimmakayala KR, Zonszein J. Is there a paradox in obesity? *Cardiol Rev.* 2014 Jul-Aug;22(4):163-70. doi: 10.1097/CRD.0000000000000004.
2. Blüher M. Adipose tissue dysfunction contributes to obesity related metabolic diseases. *Best Pract Res Clin Endocrinol Metab.* 2013 Apr;27(2):163-77. doi: 10.1016/j.beem.2013.02.005.
3. Wozniak SE, Gee LL, Wachtel MS, Frezza EE. Adipose Tissue: The New Endocrine Organ? A Review Article. *Dig Dis Sci.* 2009 Sep;54(9):1847-56. doi: 10.1007/s10620-008-0585-3.
4. Cornier MA, Després JP, Davis N, Grossniklaus DA, Klein S, B Lamarche, Lopez-Jimenez F. [et al.] Assessing Adiposity: A Scientific Statement From the American Heart Association. *Circulation.* 2011 Nov 1;124(18):1996-2019. doi: 10.1161/CIR.0b013e318233bc6a.
5. Пиманов СИ. Ультразвуковая диагностика в гастроэнтэологии. М; РФ: Практическая медицина, 2016. 416 с.
6. Пиманов СИ, Бондаренко ВМ, Марчук ВП, Михайлова НА, Сапего АЛ, Макаренко ЕВ. Оценка результатов измерения количества висцеральной жировой ткани при ультразвуковом исследовании и компьютерной томографии. *Ультразвуковая и Функциональная Диагностика.* 2016;4:59-72.
7. Бондаренко ВМ, Пиманов СИ. Воспроизводимость ультразвуковых методов определения количества висцеральной жировой ткани. *Вестник ВГМУ.* 2017;16(3):73-81. doi: 10.22263/2312-4156.2017.3.73.
8. Stolk RP, Wink O, Zelissen PM, Meijer R, van Gils AP, Grobbee DE. Validity and reproducibility of ultrasonography for the measurement of intra-abdominal adipose tissue. *Int J Obes Relat Metab Disord.* 2001;25(9):1346-51. doi: 10.1038/sj.ijo.0801734.
9. Gong W, Ren H, Tong H, Shen X, Luo J, Chen S, Lai J, Chen X, Chen H, Yu W. A comparison of ultrasound and magnetic resonance imaging to assess visceral fat in the metabolic syndrome. *Asia Pac J Clin Nutr.* 2007;16 Suppl 1:339-45.
10. Квалиметрия: методы количественного оценивания качества различных объектов (курс лекций и практических занятий): учеб. пособие / под общ. и науч. ред. д.э.н., профессора Г.В. Астратовой. Сургут: РИО СурГПУ, 2014. 160 с.
11. Schober P, Boer C, Schwarte LA. Correlation Coefficients: Appropriate Use and Interpretation. *Anesth Analg.* 2018 May;126(5):1763-68. doi: 10.1213/ANE.0000000000002864.
12. Cohen J. A coefficient of agreement for nominal scales. *Educ Psychol Meas.* 1960;20:37-46. doi: 10.1177/001316446002000104.

13. Suzuki R, Watanabe S, Hirai Y, Akiyama K, Nishide T, Matsushima Y, Murayama H, Ohshima H, Shinomiya M, Shirai K. [et al.] Abdominal wall fat index, estimated by ultrasonography, for assessment of the ratio of visceral fat to subcutaneous fat in the abdomen. *Am J Med.* 1993 Sep;95(3):309-14. doi: 10.1016/0002-9343(93)90284-v.
14. Hirooka M, Kumagi T, Kurose K, Nakanishi S, Michitaka K, Matsuura B, Horiike N, Onji M. A technique for the measurement of visceral fat by ultrasonography: comparison of measurements by ultrasonography and computed tomography. *Intern Med.* 2005 Aug;44(8):794-99. doi: 10.2169/internalmedicine.44.794.
15. Koda M, Senda M, Kamba M, Kimura K, Murawaki Y. Sonographic subcutaneous and visceral fat indices represent the distribution of body fat volume. *Abdom Imaging.* 2007 May-Jun;32(3):387-92. doi: 10.1007/s00261-006-9082-3.

REFERENCES

1. Goyal A, Nimmakayala KR, Zonszein J. Is there a paradox in obesity? *Cardiol Rev.* 2014 Jul-Aug;22(4):163-70. doi: 10.1097/CRD.0000000000000004.
2. Blüher M. Adipose tissue dysfunction contributes to obesity related metabolic diseases. *Best Pract Res Clin Endocrinol Metab.* 2013 Apr;27(2):163-77. doi: 10.1016/j.beem.2013.02.005.
3. Wozniak SE, Gee LL, Wachtel MS, Frezza EE. Adipose Tissue: The New Endocrine Organ? A Review Article. *Dig Dis Sci.* 2009 Sep;54(9):1847-56. doi: 10.1007/s10620-008-0585-3.
4. Cornier MA, Després JP, Davis N, Grossniklaus DA, Klein S, B Lamarche, Lopez-Jimenez F. [et al.] Assessing Adiposity: A Scientific Statement From the American Heart Association. *Circulation.* 2011 Nov 1;124(18):1996-2019. doi: 10.1161/CIR.0b013e318233bc6a.
5. Pimanov SI. Ul'trazvukovaya diagnostika v gastroenterologii. M: Prakticheskaya meditsina, 2016. 416 p. (in Russ.).
6. Pimanov SI, Bondarenko VM, Marchuk VP, Mikhaylova NA, Sapego AL, Makarenko EV. Otsenka rezul'tatov izmereniya kolichestva vistseral'noy zhirovoy tkani pri ul'trazvukovom issledovanii i kom'ytsernoy tomografi. *Ul'trazvukovaya i funktsional'naya diagnostika.* 2016;4:59-72. (in Russ.).
7. Bondarenko VM, Pimanov SI. Vospriozvodimost' ul'trazvukovykh metodov opredeleniya kolichestva vistseral'noy zhirovoy tkani. *Vestnik VGMU.* 2017;16(3):73-81. doi: 10.22263/2312-4156.2017.3.73. (in Russ.).
8. Stolk RP, Wink O, Zelissen PM, Meijer R, van Gils AP, Grobbee DE. Validity and reproducibility of ultrasonography for the measurement of intra-abdominal adipose tissue. *Int J Obes Relat Metab Disord.* 2001;25(9):1346-1351. doi: 10.1038/sj.ijo.0801734.
9. Gong W, Ren H, Tong H, Shen X, Luo J, Chen S, Lai J, Chen X, Chen H, Yu W. A comparison of ultrasound and magnetic resonance imaging to assess visceral fat in the metabolic syndrome. *Asia Pac J Clin Nutr.* 2007;16 Suppl 1:339-45.
10. Kvalimetrya: metody kolichestvennogo otsenivaniya kachestva razlichnykh ob'yektov (kurs lektsiy i prakticheskikh zanyatiy): ucheb. posobiye / pod obshch. i nauch. red. d.e.n., professora G.V. Astratovoy. Surgut: RIO SurgPU, 2014. 160 p. (in Russ.).
11. Schober P, Boer C, Schwarte LA. Correlation Coefficients: Appropriate Use and Interpretation. *Anesth Analg.* 2018 May;126(5):1763-1768. doi: 10.1213/ANE.0000000000002864.
12. Cohen J. A coefficient of agreement for nominal scales. *Educ Psychol Meas.* 1960; 20:37-46. doi: 10.1177/001316446002000104.
13. Suzuki R, Watanabe S, Hirai Y, Akiyama K, Nishide T, Matsushima Y, Murayama H, Ohshima H, Shinomiya M, Shirai K. [et al.] Abdominal wall fat index, estimated by ultrasonography, for assessment of the ratio of visceral fat to subcutaneous fat in the abdomen. *Am J Med.* 1993 Sep;95(3):309-14. doi: 10.1016/0002-9343(93)90284-v.
14. Hirooka M, Kumagi T, Kurose K, Nakanishi S, Michitaka K, Matsuura B, Horiike N, Onji M. A technique for the measurement of visceral fat by ultrasonography: comparison of measurements by ultrasonography and computed tomography. *Intern Med.* 2005 Aug;44(8):794-9. doi: 10.2169/internalmedicine.44.794.
15. Koda M, Senda M, Kamba M, Kimura K, Murawaki Y. Sonographic subcutaneous and visceral fat indices represent the distribution of body fat volume. *Abdom Imaging.* 2007 May-Jun;32(3):387-92. doi: 10.1007/s00261-006-9082-3.

Адрес для корреспонденции

210009, Республика Беларусь,
г. Витебск, пр-т Фрунзе, 27,
УО «Витебский государственный ордена Дружбы народов
медицинский университет», кафедра терапии № 2 ФПК и ПК,
Тел. моб.: +375 29 5857177,
e-mail: pimanovs@tut.by
Пиманов Сергей Иванович

Сведения об авторах

Пиманов С.И., д.м.н., профессор, заведующий кафедрой
терапии № 2 факультета повышения квалификации и переподго-
товки кадров УО «Витебский государственный ордена Дружбы
народов медицинский университет»,

Бондаренко В.М., аспирант кафедры терапии № 2 факуль-
тета повышения квалификации и переподготовки кадров; стар-
ший преподаватель кафедры госпитальной хирургии с курсами
урологии и детской хирургии УО «Витебский государственный
ордена Дружбы народов медицинский университет»,

Макаренко Е.В., д.м.н., профессор, профессор кафедры те-
рапии № 2 факультета повышения квалификации и переподго-
товки УО «Витебский государственный ордена Дружбы народов
медицинский университет».

Address for correspondence

5 Frunze Street, 210009,
Vitebsk, Republic of Belarus,
Vitebsk State Order of Peoples' Friendship Medical University,
Chair of Internal Medicine No.2 of the Faculty for Advanced
Training & Retraining.,
Mob.: +375 29 5857177,
E-mail: pimanovs@tut.by
Pimanov Sergey Ivanovich

Information about authors

Пиманов С.И., доктор медицинских наук, Профессор, Head of
the Chair of Internal Medicine No.2 of the Faculty for Advanced
Training & Retraining, Vitebsk State Order of Peoples' Friendship
Medical University;

Бондаренко В.М., постgraduate of the Chair of Internal Medi-
cine No.2 of the Faculty for Advanced Training & Retraining, senior
lecturer of the Chair of Hospital Surgery with the courses of Urology
& Pediatric Surgery, Vitebsk State Order of Peoples' Friendship
Medical University;

Макаренко Е.В., доктор медицинских наук, Professor of the
Chair of Internal Medicine No.2 of the Faculty for Advanced Training
& Retraining, Vitebsk State Order of Peoples' Friendship Medi-
cal University.

Поступила 29.11.2019