

ВАЛИДИЗАЦИЯ НАИБОЛЕЕ ИНФОРМАТИВНЫХ МЕТОДИК УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДИАГНОСТИКИ ВИСЦЕРАЛЬНОГО ОЖИРЕНИЯ

БОНДАРЕНКО В.М., ПИМАНОВ С.И., МАКАРЕНКО Е.В.

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

Вестник ВГМУ. – 2021. – Том 20, №3. – С. 46-54.

VALIDIZATION OF THE MOST INFORMATIVE TECHNIQUES FOR ULTRASOUND DIAGNOSTICS OF VISCERAL OBESITY

BONDARENKO V.M., PIMANOV S.I., MAKARENKO E.V.

Vitebsk State Order of Peoples' Friendship Medical University, Vitebsk, Republic of Belarus

Vestnik VGMU. 2021;20(3):46-54.

Резюме.

Целью исследования явилась валидизация ультразвукового метода диагностики висцерального ожирения у пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями и метаболическим синдромом.

Материал и методы. Обследовано 115 человек в возрасте от 19 до 60 лет, которые представляли собой сплошную случайную выборку (экзаменационная выборка). Диагностическая эффективность метода ультразвуковой эластографии сдвиговой волной нижней части периренальной висцеральной жировой ткани (ВЖТ) оценивалась с участием 59 пациентов. Ультразвуковое исследование выполнялось на аппарате «Logiq E9» (фирма «GE Healthcare», США); использовались конвексный 3,5 МГц и линейный 10,0 МГц датчики.

Результаты и обсуждение. Для оценки висцерального ожирения рекомендуется использовать следующие измерения: площадь нижней части периренальной жировой ткани (ЖТ), расстояние между поверхностью прямой мышцы живота и передней стенкой аорты, толщины эпикардиальной и перикардиальной ЖТ, а также выполнение эластографии нижней части периренальной ЖТ. По результатам проведенной валидизации ультразвуковых методик измерения ВЖТ точность диагностики висцерального ожирения у пациентов с артериальной гипертензией с использованием граничных значений площади нижней части периренальной ЖТ составила 87,8%. Точность диагностики висцерального ожирения у пациентов с ишемической болезнью сердца с учетом граничных значений толщины эпикардиальной ЖТ равнялась 86,2%, а перикардиальной ЖТ – 95,4%. Диагностика висцерального ожирения у пациентов с метаболическим синдромом при измерении четырех УЗ показателей (площади нижней части периренальной ЖТ, толщины внутрибрюшной ЖТ, эпикардиальной и перикардиальной ВЖТ) осуществлена с точностью 86,1%. Определение модуля упругости при эластографии нижней части периренальной ЖТ по граничным значениям, установленным для пациентов с метаболическим синдромом, выполнено с точностью 91,5%.

Ключевые слова: ультразвуковое исследование, висцеральная жировая ткань, воспроизводимость, метаболический синдром, артериальная гипертензия, ишемическая болезнь сердца, валидизация.

Abstract.

Objectives. To validate the ultrasound method of diagnosing visceral obesity in patients with cardiovascular diseases and metabolic syndrome.

Material and methods. The study involved 115 people aged from 19 to 60 years, who represented a continuous random sample (examination sample). The diagnostic efficacy of shear wave ultrasound elastography of the lower perirenal visceral adipose tissue (VAT) was evaluated in 59 patients. Ultrasound examination was performed on the Logiq E9 ultrasound machine (GE Healthcare, USA); convex 3.5 MHz and linear 10.0 MHz sensors were used.

Results. To assess visceral obesity, the following measurements are recommended: the area of the lower perirenal adipose tissue (AT), the distance between the surface of the rectus abdominis muscle and the anterior wall of the aorta, the thickness of the epicardial and pericardial AT, as well as the elastography of the lower part of the perirenal AT. According

to the results of the performed validation of ultrasound VAT measuring techniques, the accuracy of visceral obesity diagnosing in patients with arterial hypertension with the use of the boundary values of the lower part perirenal AT area made up 87.8%. The accuracy of visceral obesity diagnosing in patients with coronary heart disease, taking into account the boundary values of the epicardial AT thickness equalled 86.2%, and pericardial AT thickness amounted to 95.4%. Diagnosing of visceral obesity in patients with metabolic syndrome by measuring four ultrasound parameters (area of the lower part of perirenal AT, thickness of intraabdominal AT, epicardial and pericardial VAT) was carried out with an accuracy of 86.1%. Elastic modulus determination during elastography of the lower part of the perirenal AT using the boundary values, established for patients with metabolic syndrome, was performed with an accuracy of 91.5%.

Key words: ultrasound investigation, visceral adipose tissue, reproducibility, metabolic syndrome, arterial hypertension, ischemic heart disease, validization.

По данным Всемирной организации здравоохранения частота случаев ожирения резко возросла в течение последних десятилетий. Ожирение является одним из факторов сокращения ожидаемой продолжительности жизни вследствие развития многочисленных коморбидных патологий [1], таких как сахарный диабет (СД) 2 типа, артериальная гипертензии (АГ), ишемическая болезнь сердца (ИБС), инсульт, стеатогепатит [2]. Существует взаимосвязь между индексом массы тела (ИМТ), кардиометаболическим риском и смертностью [1].

Однако не у всех пациентов с ожирением выявляются сопутствующие патологические состояния [3]. В ряде случаев лучшими предикторами сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) и метаболических нарушений могут быть индивидуальные различия в составе тела, распределении жира и функции жировой ткани (ЖТ), а не ожирение как таковое. Индивидуумы с нормальным весом и небольшим количеством подкожной жировой клетчатки, но увеличенной массой висцеральной жировой ткани (ВЖТ) имеют более высокий кардиометаболический риск [4], чем субъекты с так называемым периферическим ожирением, т.е. подкожным распределением жира и отсутствием инсулинорезистентности [1].

Несмотря на то, что ИМТ является индикатором общего ожирения, этот показатель не позволяет различить типы ожирения, диагностировать абдоминальное или центральное ожирение, которое характеризует наиболее неблагоприятную для здоровья форму. ИМТ не отражает содержание ВЖТ и ее локализацию в организме, а также степень метаболических нарушений, которые с ней связаны, и не может служить адекватным маркером риска ССЗ для каждого конкретного случая [1].

Методы визуализации позволяют количе-

ственно определять содержание ЖТ и оценивать ассоциацию различных жировых депо с коморбидной патологией [7, 8].

Ультразвуковые (УЗ) методы представляют особый интерес из-за многих присущих им преимуществ, таких как широкая доступность и относительно низкая стоимость. Ультразвуковая (УЗ) оценка регионального ожирения является хорошей альтернативой сложным визуальным методам и сбору антропометрических данных, может быть выполнена у детей, беременных женщин и использоваться в широкомасштабных скрининговых исследованиях. Результаты ультразвукового исследования (УЗИ) коррелируют с данными более дорогостоящих и менее доступных методов визуализации. Применение УЗИ в клинической практике может помочь в оценке сердечно-сосудистого и метаболического риска. Выбор соответствующих значений отсечения (cut-off) для пациентов с метаболическими нарушениями может способствовать неинвазивной диагностике метаболического синдрома (МС) и оценке степени сердечно-сосудистого риска [9].

Проведенные нами ранее исследования позволили установить оптимальные варианты УЗ методик оценки количества ВЖТ с учетом затрат времени на исследование, доступности визуализации анатомических ориентиров, воспроизводимости методик и корреляции результатов измерений с данными компьютерной томографии, а также операционных характеристик ROC-анализа граничных значений ЖТ при МС, АГ, ИБС и эректильной дисфункции. Для практического использования было предложено выполнять измерение площади нижней части периренальной ЖТ, расстояние между поверхностью прямой мышцы живота и передней стенкой аорты, а также измерение эпикардиальной и перикардиальной ЖТ [10-12].

Одним из этапов внедрения в практическую работу медицинских учреждений предлагаемого УЗ метода является проведение валидации, т.е. апробация предлагаемых методик и оценка их диагностической эффективности в условиях рутинной практики.

Цель исследования – валидизация наиболее информативных УЗ методик диагностики висцерального ожирения.

Материал и методы

Валидизация предложенных нами для клинического использования УЗ методик оценки висцерального ожирения выполнена с участием 115 человек в возрасте от 19 до 60 лет, которые представляли собой сплошную случайную выборку (экзаменационная выборка). Диагностическая эффективность метода УЗ эластографии сдвиговой волной нижней части периренальной ВЖТ оценивалась с участием 59 пациентов из аналогичной случайной выборки.

Исследование было одобрено локальным этическим комитетом при учреждении здравоохранения «Витебская областная клиническая больница». Все включенные в исследование пациенты подписали информированное согласие. У обследованных отсутствовали заболевания, которые могли бы оказать существенное влияние на величину жировых депо [12].

Всем участникам исследования измеряли окружность талии, рост и массу тела, рассчитывали ИМТ. В сыворотке крови определяли содержание глюкозы, уровень общего холестерина, холестерина липопротеинов низкой и высокой плотности и триглицеридов. Всем пациентам с ИБС выполнялась коронароангиография в рамках рутинной практики.

Диагностика МС основывалась на критериях Международной Федерации Диабета

(International Diabetes Federation) и Американской кардиологической ассоциации/Национального института сердца, легких и крови (American Heart Association/National Heart, Lung, and Blood Institute) [13], которые включают абдоминальное ожирение, определяемое по ОТ с учетом этнических значений (в отношении европейцев оно составляет ≥ 94 см для мужчин и ≥ 80 см для женщин) плюс любые два из следующих признаков: 1) высокий уровень триглицеридов ≥ 150 мг/дл (1,7 ммоль/л) или лечение этой дислипидемии; 2) низкий уровень холестерина липопротеинов высокой плотности (хЛПВП), который составляет < 40 мг/дл (1,03 ммоль/л) для мужчин и < 50 мг/дл (1,29 ммоль/л) для женщин или лечение этой дислипидемии; 3) высокое артериальное давление (АД), т.е. систолическое АД ≥ 130 мм рт.ст. и/или диастолическое АД ≥ 85 мм рт.ст. или лечение АГ; 4) высокий уровень глюкозы натощак (≥ 100 мг/дл (5,6 ммоль/л) или уже установленный диагноз СД 2-го типа).

УЗИ выполнялось на аппарате «Logiq E9» (фирма «GE Healthcare», США); использовались конвексный 3,5 МГц и линейный 10,0 МГц датчики. Соблюдались необходимые для измерения ЖТ требования – минимальное давление на датчик. Измерение количества ЖТ осуществляли с использованием общепринятых методик, которые были описаны нами ранее [11].

Эластографию сдвиговой волной нижней части периренальной висцеральной ЖТ выполняли по описанной ранее методике [14].

При оценке валидности УЗ методик рассчитывали общепринятые показатели (табл.): чувствительность (Ч), специфичность (С), точность (Т) диагностики, предсказательную ценность положительного результата (ПЦПР), предсказательную ценность отрицательного результата (ПЦОР), относительный риск (ОР) развития со-

Таблица – Расчет диагностических показателей

Показатель	Вычисление показателя
Точность	$\text{ИП} + \text{ИО} / (\text{ИП} + \text{ЛП} + \text{ЛО} + \text{ИО}) \times 100\%$
Чувствительность	$\text{ИП} / (\text{ИП} + \text{ЛО}) \times 100\%$
Специфичность	$\text{ИО} / (\text{ЛП} + \text{ИО}) \times 100\%$
ПЦПР	$\text{ИП} / (\text{ИП} + \text{ЛП}) \times 100\%$
ПЦОР	$\text{ИО} / (\text{ЛО} + \text{ИО}) \times 100\%$
Индекс Юдена	$\text{ИП} / (\text{ИП} + \text{ЛО}) + \text{ИО} / (\text{ИО} + \text{ЛП}) - 1$

Примечание: ИП – истинно положительные результаты, ИО – истинно отрицательные результаты, ЛП – ложно положительные результаты, ЛО – ложно отрицательные результаты.

бытия с 95%-м ДИ с использованием четырех-польной таблицы сопряженности [15].

Диагностическая информативность метода определения ВЖТ и эластографии нижней части периренальной ВЖТ была также оценена при помощи ROC-анализа (Receiver Operator Characteristic) с использованием программы MedCalc Software (Belgium). При этом градация значений площади под кривой (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 [16].

Результаты и обсуждение

Результаты УЗ измерения площади нижней части периренальной ЖТ как одного из методов выявления пациентов с риском развития АГ проанализированы у 115 человек экзаменационной выборки. Установленное в обучающей выборке граничное значение, равное 24,5 см², являлось критерием диагностики висцерального ожирения у пациентов с АГ. Полученные УЗ показатели сравнивали с клиническими данными и результатами многократного измерения уровня АД. АГ имела место у 71 пациента. ИП результаты получены у 61 человека, ЛО – у 10, ИО – у 40, ЛП – у 4 человек. Т диагностики висцерального ожирения составила 87,8%, Ч – 85,9%, С – 90,94%, ПЦПР – 93,9%, ПЦОР – 80,0%, индекс Юдена – 0,77, ОР – 4,69 с 95% ДИ, равным 2,69-8,20.

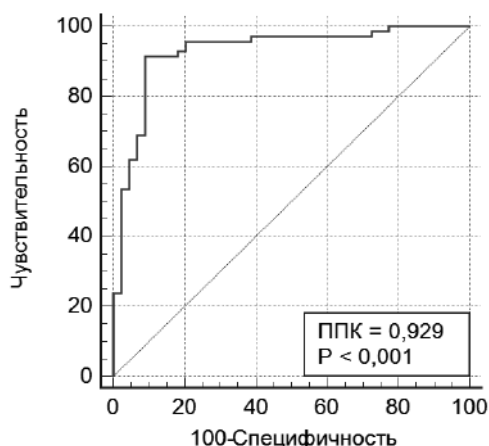


Рисунок 1 – РОК-кривая валидации методики определения площади нижней части периренальной висцеральной жировой ткани у пациентов с артериальной гипертензией.

Проведенный РОК-анализ продемонстрировал отличное качество модели (рис. 1).

УЗИ с целью выявления пациентов, имеющих факторы риска развития ИБС, базировалось на установленных в обучающей выборке значениях толщины эпикардиальной ЖТ, равной или более 4,0 мм, и толщины перикардиальной ЖТ, равной или превышающей 2,7 мм. Диагноз ИБС у 31 пациента основывался на клинической картине заболевания, электрокардиографическом исследовании и во всех случаях был верифицирован коронароангиографией. Группа сравнения состояла из 30 пациентов без ССЗ.

Измерение толщины эпикардиальной ВЖТ у пациентов с ИБС из экзаменационной выборки показал, что соответствие предложенным граничным значениям было в 23 случаях, ЛО результаты получены у 8 пациентов, ИО – у 33 человек и ЛП – у 1 обследованного. Т диагностики висцерального ожирения составила 86,2%, Ч – 74,2%, С – 97,1%, ПЦПР – 95,8%, ПЦОР – 80,5%, индекс Юдена равнялся 0,71, а ОР – 4,91 (2,62; 9,20).

Измерение перикардиальной ЖТ позволило верно диагностировать висцеральное ожирение, характерное для пациентов с ИБС, в 29 случаях, ЛО результаты были у 2 пациентов, ИО – у 33 обследованных, а ЛП – у 1 человека. Т диагностики при этом составила 95,4%, Ч – 93,6%, С – 97,1%, ПЦПР – 96,7%, ПЦОР – 94,3%, индекс Юдена – 0,91, ОР – 16,92 (4,40; 65,09).

Проведенный РОК-анализ в экзаменационной выборке представлен на рисунке 2.

Полученные в обучающей выборке граничные эхографические значения ВЖТ для пациентов с МС (толщина внутрибрюшной ЖТ – 47 мм, площадь нижней части периренальной ЖТ – 21,1 см², толщина эпикардиальной ЖТ – 3,5 мм и толщина перикардиальной ЖТ – 2,6 мм) явились основой УЗД висцерального ожирения у пациентов с данной патологией. Исследование проведено с участием 115 человек экзаменационной выборки, из которых у 42 пациентов диагностирован МС.

Наличие всех четырех УЗ показателей, соответствующих граничным значениям, позволило верно определять характерное для МС висцеральное ожирение у 33 пациентов, ЛО результаты получены у 9 обследованных, ИО – у 66 человек и ЛП – у 7. В этом случае Т диагностики висцерального ожирения при УЗИ составила 86,1%, Ч – 78,6%, С – 90,4%, ПЦПР – 82,5%, ПЦОР – 88,0%, индекс Юдена равнялся 0,69, а ОР составил 6,88 (3,66-12,90).

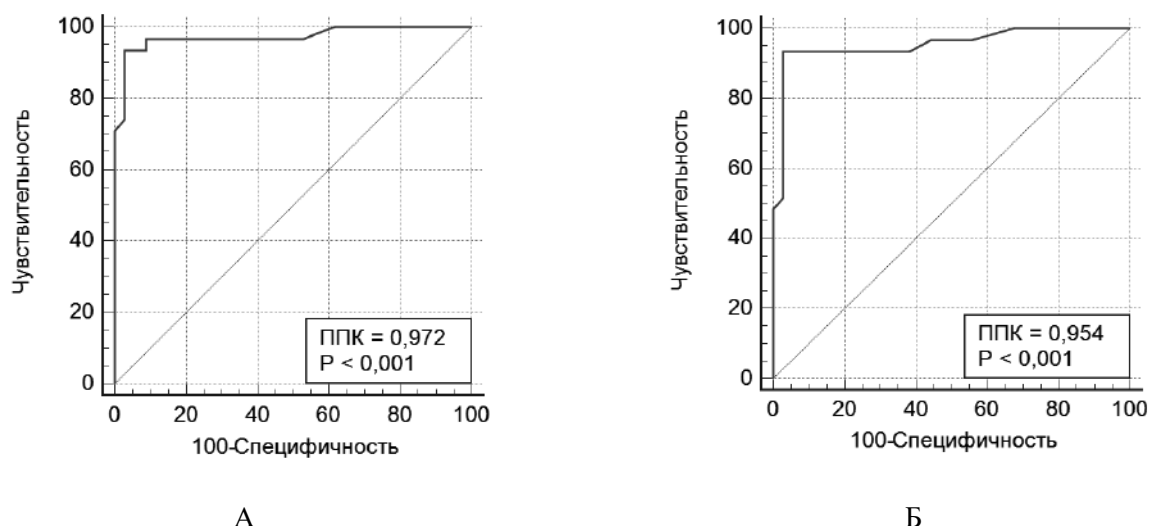


Рисунок 2 – ROC-кривая валидации ультразвуковой методики измерения толщины эпикардиальной (А) и перикардиальной (Б) жировой ткани у пациентов с ишемической болезнью сердца.

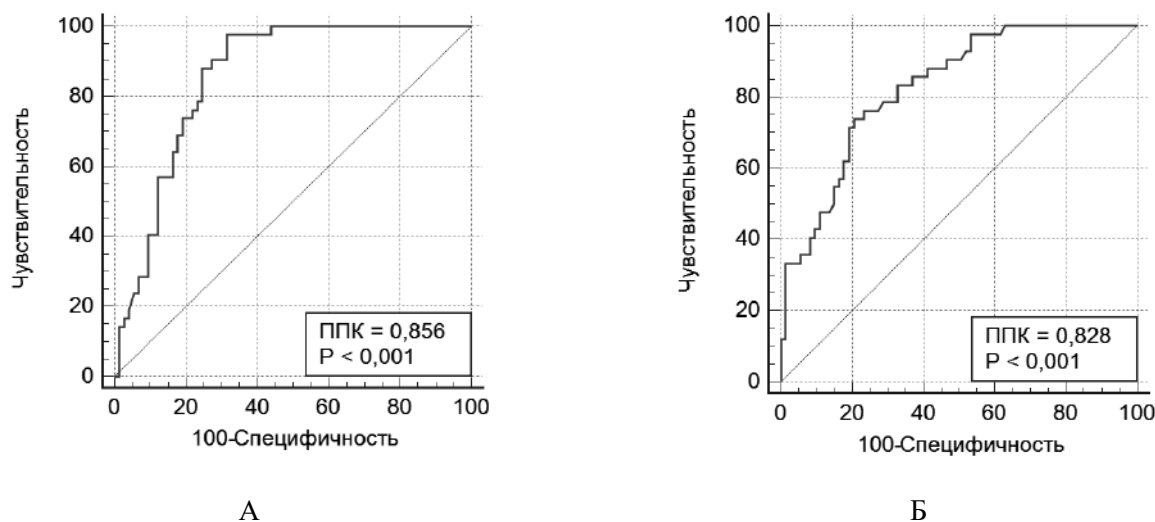


Рисунок 3 – ROC-кривая валидации ультразвуковой методики измерения площади нижней части периренальной жировой ткани (А) и внутрибрюшной жировой ткани (Б) у пациентов с метаболическим синдромом.

В том случае, если УЗД висцерального ожирения у пациентов с МС основывалась на соответствии граничным значениям трех из четырех предложенных УЗ показателей, ИП результаты были зафиксированы в 41 случае, ИО – у 54 обследованных, ЛО – у 1 пациента, ЛП – у 19 человек. При этом Т диагностики составила 82,6%, Ч – 97,6%, С – 74,0%, ПЦПР – 68,3%, ПЦОР – 98,2%, а индекс Юдена – 0,72.

Если при оценке висцерального ожирения у пациентов с МС учитывали граничные значения двух из четырех УЗ показателей, ИП результаты установлены у 42 пациентов, ИО – у 42, ЛП – у 31

человека, ЛО – не было. Т диагностики равнялась 73,0%, Ч – 100,0%, С – 57,5%, ПЦПР – 57,5%, ПЦОР – 100,0%, индекс Юдена – 0,58. Таким образом, УЗ диагностика висцерального ожирения при МС будет надежнее в случае использования всех четырех предложенных показателей. РОК-анализ УЗ показателей ВЖТ в экзаменационной выборке продемонстрировал очень хорошее качество модели (рис. 3).

Валидация УЗ эластографии сдвиговой волной нижней части периренальной ВЖТ выполнена у 59 пациентов экзаменационной выборки. При этом учитывалось граничное значение

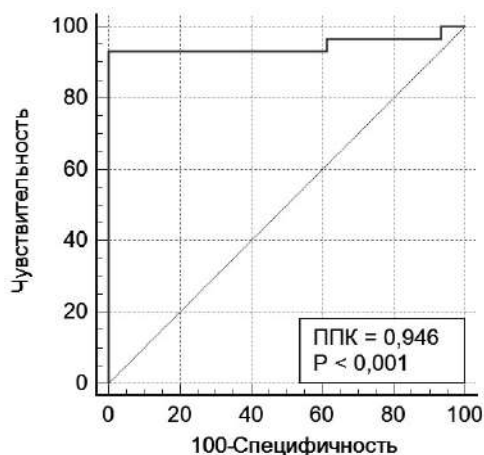


Рисунок 4 – ROC-кривая валидации ультразвукового метода эластографии нижней части периренальной висцеральной жировой ткани.

модуля упругости для пациентов с МС, равное 4,3 кПа. ИП результаты имели место в 27 случаях, ИО – у 27 обследованных, ЛО – у 2 пациентов и ЛП – у 3 человек. Т метода составила 91,5%, Ч – 93,1%, С – 90,1%, ПЦПР – 90,0%, ПЦОР – 93,1%, индекс Юдена – 0,83, ОР – 13,05 (3,40-49,9). Выполненный РОК-анализ в экзаменационной выборке представлен на рисунке 4.

Таким образом, проведенная валидизация УЗ методик определения висцерального ожирения позволяет рекомендовать их для выявления пациентов с кардиометаболическим риском, а также в качестве дополнительного диагностического критерия МС.

Взаимоотношения ожирения, заболеваемости и смертности определяются составом, типом ЖТ, ее распределением в организме человека и функциональными особенностями [1]. Накапливается все больше данных о том, что региональное распределение жира является более важным показателем сердечно-сосудистых и метаболических нарушений, чем общая масса ЖТ или объем жира. Это обусловлено тем, что ЖТ метаболически гетерогенна [9, 17].

Имеются отдельные исследования, которые продемонстрировали сильную корреляцию между подкожной жировой клетчаткой и метаболическим риском, но в целом таких исследований меньше, чем тех, которые свидетельствуют о негативном влиянии именно ВЖТ на метаболические показатели. Кроме того, связь между метаболическими нарушениями и ВЖТ всегда была намного сильнее, чем с подкожной жировой клет-

чаткой в одной и той же когорте [7]. Несколько крупных проспективных исследований показали, что подкожная ЖТ является наименее метаболически опасным местом хранения избыточного жира. Индивидуумы с одинаковыми величинами подкожной ЖТ, но разным количеством ВЖТ имели заметно отличающиеся показатели инсулинорезистентности [7, 18].

В большом проспективном исследовании (Dallas Heart Study) с участием 732 пациентов с ожирением (ИМТ ≥ 30) в возрасте 30-65 лет было установлено, что избыток висцерального жира, но не общее ожирение или количество подкожной жировой клетчатки были независимо связаны с наличием СД 2 типа у взрослых с ожирением [19].

Подкожная ЖТ не может накапливать дополнительное количество свободных жирных кислот в связи с ограниченной возможностью адипоцитов к пролиферации и дифференцировке. Это приводит к гипертрофии подкожной жировой клетчатки вместо гиперплазии. Расширение подкожной ЖТ является следствием ограниченной способности этой ткани рекрутировать новые жировые клетки. Неспособность хранить избыточные калории в так называемых «здоровых» подкожных жировых депо может приводить к последующему эктопическому отложению жира в висцеральных депо, печени и клетках других типов. Было показано, что подкожная ЖТ, в отличие от висцеральной, обладает большей способностью к увеличению капиллярной сети, однако по мере накопления жира способность подкожной ЖТ к васкуляризации уменьшается. Это приводит к ее дисфункции, развитию инсулинорезистентности и, возможно, ведет к метаболическим нарушениям. Такие факторы, как старение, избыточное потребление калорий, малоподвижный образ жизни, поллютанты и микробиота, могут влиять на отложение эктопического жира [8, 20].

Эктопические жировые отложения могут оказывать системный или местный эффект. Системное воздействие осуществляет внутрибрюшная ВЖТ, а также внутripеченочный и внутримышечный жир. Эктопическими жировыми отложениями с преимущественно локальными эффектами являются эпикардальная, перикардальная и периваскулярная ЖТ, жир почечного синуса, а также стеатоз миокарда. Внутрибрюшная ВЖТ является одним из многих эктопических жировых депо, которые начинают использоваться организмом при условии, что подкожная ЖТ уже

не может накапливать избытки жира. Перикардиальная, периваскулярная ЖТ и жир в почечном синусе способны оказывать прямой липотоксический эффект на находящиеся рядом органы, а также косвенное воздействие посредством секреции цитокинов [8, 21].

Перикардиальная или эпикардиальная ЖТ анатомически расположены в непосредственной близости от миокарда и коронарных артерий и ассоциированы с метаболическими факторами риска и ИБС. В нескольких исследованиях отмечена прогностическая роль дисфункции эпикардиальной ЖТ в возникновении основных неблагоприятных сердечно-сосудистых событий, таких как внезапная смерть, инфаркт миокарда, нестабильная стенокардия и повторный стеноз стента коронарной артерии [8].

Эпикардиальная ЖТ у пациентов с ИБС связана с повышенной экспрессией воспалительных факторов, которые могут влиять на развитие или прогрессирование атеросклероза. Кроме того, она также может играть важную роль в развитии стеатоза миокарда благодаря своей анатомической близости к сердечной мышце и отсутствию фасции, отграничивающей ЖТ [8, 18].

Существенное увеличение эктопических жировых депо при МС было подтверждено в ряде исследований. W. Gong et al. [22] сообщили об увеличении площади нижней части периренальной ЖТ при МС, а M. Bellan et al. [23] об избыточном количестве внутрибрюшного жира. С МС и его компонентами ассоциируется накопление эпикардиального жира, однако его величина значительно варьирует среди субъектов разных этнических групп, также как общее распределение жира и риск ССЗ. Это ограничивает установление общих точек отсечения для толщины или объема эпикардиального жира как предиктора риска МС.

Тем не менее, количество эпикардиального жира остается объективным маркером уровня висцерального ожирения и хорошим предиктором риска развития МС. Объем и толщина эпикардиального жира, вероятно, определяются генетическими факторами. В частности, установлено, что масса эпикардиального жира у белых пациентов или японцев больше, чем у африканцев [18]. По этой причине исследования по оценке величины различных депо ЖТ представляются актуальными для своевременного выявления риска патологических состояний, значимых для прогноза жизни и здоровья пациентов.

Проведенное нами исследование позволяет

рекомендовать для оценки висцерального ожирения следующие измерения: площадь нижней части периренальной ЖТ, расстояние между поверхностью прямой мышцы живота и передней стенкой аорты, толщины эпикардиальной и перикардиальной ЖТ, а также выполнение эластографии нижней части периренальной ЖТ.

Заключение

1. По результатам проведенной валидации УЗ методик измерения ВЖТ точность диагностики висцерального ожирения у пациентов с АГ с использованием граничных значений площади нижней части периренальной ЖТ составила 87,8%.

2. Точность диагностики висцерального ожирения у пациентов с ИБС с учетом граничных значений толщины эпикардиальной ЖТ равнялась 86,2%, а перикардиальной ЖТ – 95,4%.

3. Диагностика висцерального ожирения у пациентов с МС при измерении четырех УЗ показателей (площади нижней части периренальной ЖТ, толщины внутрибрюшной ЖТ, эпикардиальной и перикардиальной ВЖТ) осуществлена с точностью 86,1%.

4. Определение модуля упругости при эластографии нижней части периренальной ЖТ по граничным значениям, установленным для пациентов с МС, выполнено с точностью 91,5%.

Литература

1. Goyal, A. Is there a paradox in obesity? / A. Goyal, K. R. Nimmakayala, J. Zonszein // *Cardiol. Rev.* – 2014 Jul.-Aug. – Vol. 22, N 4. – P. 163–170.
2. Blüher, M. Adipose tissue dysfunction contributes to obesity related metabolic diseases / M. Blüher // *Best Pract. Res. Clin. Endocrinol. Metab.* – 2013 Apr. – Vol. 27, N 2. – P. 163–177.
3. Blüher, M. Are there still healthy obese patients? / M. Blüher // *Curr. Opin. Endocrinol. Diabetes Obes.* – 2012 Oct. – Vol. 19, N 5. – P. 341–346.
4. Overview of epidemiology and contribution of obesity and body fat distribution to cardiovascular disease: an update / M. E. Piché [et al.] // *Prog. Cardiovasc. Dis.* – 2018 Jul.-Aug. – Vol. 61, N 2. – P. 103–113.
5. Insulin-sensitive obesity / N. Klöting [et al.] // *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.* – 2010 Sep. – Vol. 299, N 3. – P. E506–E515.
6. The obese without cardiometabolic risk factor clustering and the normal weight with cardiometabolic risk factor clustering: prevalence and correlates of 2 phenotypes among the US population (NHANES 1999-2004) / R. P. Wildman [et al.] // *Arch. Intern. Med.* – 2008 Aug. – Vol. 168, N 15. – P. 1617–1624.
7. Abdominal visceral and subcutaneous adipose tissue

- compartments: association with metabolic risk factors in the Framingham heart study / C. S. Fox [et al.] // *Circulation*. – 2007 Jul. – Vol. 116, N 1. – P. 39–48.
8. Britton, K. A. Ectopic fat depots and cardiovascular disease / K. A. Britton, C. S. Fox // *Circulation*. – 2011 Dec. – Vol. 124, N 24. – P. e837–e841.
 9. Sonographic assessment of regional adiposity / I. S. Vlachos [et al.] // *AJR Am. J. Roentgenol.* – 2007 Dec. – Vol. 189, N 6. – P. 1545–1553.
 10. Пиманов, С. И. Выбор оптимальной ультразвуковой методики измерения количества висцеральной жировой ткани / С. И. Пиманов, В. М. Бондаренко, Е. В. Макаренко // *Проблемы здоровья и экологии*. – 2019. – Т. 62, № 4. – С. 105–113.
 11. Оценка результатов измерения количества висцеральной жировой ткани при ультразвуковом исследовании и компьютерной томографии / С. И. Пиманов [и др.] // *Ультразвуковая и функциональная диагностика*. – 2016. – № 4. – С. 59–72.
 12. Pimanov, S. Visceral fat in different locations assessed by ultrasound: Correlation with computed tomography and cut-off values in patients with metabolic syndrome / S. Pimanov, V. Bondarenko, E. Makarenko // *Clin. Obes.* – 2020. – Vol. 10, N 6. – e12404.
 13. 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 / K. G. Alberti [et al.] // *Circulation*. – 2009 Oct. – Vol. 120, N 16. – P. 1640–1645.
 14. Пиманов, С. И. Двумерная эластография сдвиговой волной околопочечной висцеральной жировой ткани у пациентов с метаболическим синдромом / С. И. Пиманов, В. М. Бондаренко, Е. В. Макаренко // *Вестн. ВГМУ*. – 2019. – Т. 18, № 3. – С. 81–88.
 15. Корнеевков, А. А. Вычисление и интерпретация показателей информативности диагностических медицинских технологий / А. А. Корнеевков, С. В. Рязанцев, Е. Э. Вяземская // *Мед. совет*. – 2019. – № 20. – С. 45–51.
 16. Akobeng, A. K. Understanding diagnostic tests 3: receiver operating characteristic curves / A. K. Akobeng // *Acta Paediatr.* – 2007 May. – Vol. 96, N 5. – P. 644–647.
 17. Localization of fat depots and cardiovascular risk / O. Gruzdeva [et al.] // *Lipids Health. Dis.* – 2018 Sep. – Vol. 17, N 1. – P. 218.
 18. Low subcutaneous thigh fat is a risk factor for unfavourable glucose and lipid levels, independently of high abdominal fat. The health ABC study / M. B. Snijder [et al.] // *Diabetologia*. – 2005 Feb. – Vol. 48, N 2. – P. 301–308.
 19. Dysfunctional adiposity and the risk of prediabetes and type 2 diabetes in obese adults / I. J. Neeland [et al.] // *JAMA*. – 2012 Sep. – Vol. 308, N 11. – P. 1150–1159.
 20. Bays, H. E. Adiposopathy, diabetes mellitus, and primary prevention of atherosclerotic coronary artery disease: treating «sick fat» through improving fat function with antidiabetes therapies / H. E. Bays // *Am. J. Cardiol.* – 2012 Nov. – Vol. 110, N 9, suppl. – P. 4B–12B.
 21. Lim, S. Ectopic fat assessment focusing on cardiometabolic and renal risk / S. Lim // *Endocrinol. Metab. (Seoul)*. – 2014 Mar. – Vol. 29, N 1. – P. 1–4.
 22. A comparison of ultrasound and magnetic resonance imaging to assess visceral fat in the metabolic syndrome / W. Gong [et al.] // *Asia Pac. J. Clin. Nutr.* – 2007. – Vol. 16, suppl. 1. – P. 339–345.
 23. Ultrasound-assessed visceral fat and associations with glucose homeostasis and cardiovascular risk in clinical practice / M. Bellan [et al.] // *Nutr. Metab. Cardiovasc. Dis.* – 2018 Jun. – Vol. 28, N 6. – P. 610–617.

*Поступила 04.05.2021 г.
Принята в печать 15.06.2021 г.*

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. Blüher M. Are there still healthy obese patients? *Curr Opin Endocrinol Diabetes Obes.* 2012 Oct;19(5):341-6. doi: 10.1097/MED.0b013e328357f0a3
4. Piché M-E, Poirier P, Lemieux I, Després J-P. Overview of epidemiology and contribution of obesity and body fat distribution to cardiovascular disease: an update. *Prog Cardiovasc Dis.* 2018 Jul-Aug;61(2):103-113. doi: 10.1016/j.pcad.2018.06.004
5. Klötting N, Fasshauer M, Dietrich A, Kovacs P, Schön MR, Kern M, et al. Insulin-sensitive obesity. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* 2010 Sep;299(3):E506-15. doi: 10.1152/ajpendo.00586.2009
6. Wildman RP, Muntner P, Reynolds K, McGinn AP, Rajpathak S, Wylie-Rosett J, et al. The obese without cardiometabolic risk factor clustering and the normal weight with cardiometabolic risk factor clustering: prevalence and correlates of 2 phenotypes among the US population (NHANES 1999-2004). *Arch Intern Med.* 2008 Aug;168(15):1617-24. doi: 10.1001/archinte.168.15.1617
7. Fox CS, Massaro JM, Hoffmann U, Pou KM, Maurovich-Horvat P, Liu C-Y, et al. Abdominal visceral and subcutaneous adipose tissue compartments: association with metabolic risk factors in the Framingham heart study. *Circulation.* 2007 Jul;116(1):39-48. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.106.675355
8. Britton KA, Fox CS. Ectopic fat depots and cardiovascular disease. *Circulation.* 2011 Dec;124(24):e837-41. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.111.077602
9. Vlachos IS, Hatzioannou A, Perelas A, Perrea DN. Sonographic assessment of regional adiposity. *AJR Am J Roentgenol.* 2007 Dec;189(6):1545-53. doi: 10.2214/AJR.07.2366
10. Pimanov SI, Bondarenko VM, Makarenko EV. Selection of the optimal ultrasound technique for measuring the amount of visceral adipose tissue. *Problemy Zdorov'ia Ekologii.* 2019;62(4):105-13. (In Russ.)
11. Pimanov SI, Bondarenko VM, Marchuk VP, Mikhailova NA, Sapego AL, Makarenko EV. Evaluation of visceral adipose tissue measurement by ultrasonography and computed

- tomography. Ul'trazvukovaia Funktsion Diagnostika. 2016;(4):59-72. (In Russ.)
12. Pimanov S, Bondarenko V, Makarenko E. Visceral fat in different locations assessed by ultrasound: Correlation with computed tomography and cut-off values in patients with metabolic syndrome. Clin Obes. 2020;10(6):e12404. doi: 10.22263/2312-4156.2019.3.81
 13. Alberti KG, Eckel RH, Grundy SM, Zimmet PZ, Cleeman JI, Donato KA, et al. 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;120(16):1640-5. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.109.192644
 14. Pimanov SI, Bondarenko VM, Makarenko EV. Two-dimensional shear wave elastography of peri-renal visceral adipose tissue in patients with metabolic syndrome. Vestn VGMU. 2019;18(3):81-8. (In Russ.)
 15. Korneenkov AA, Riazantsev SV, Viazemskaia EE. Calculation and Interpretation of Indicators of Informativeness of Diagnostic Medical Technologies. Med Sovet. 2019;(20):45-51. (In Russ.)
 16. Akobeng AK. Understanding diagnostic tests 3: receiver operating characteristic curves. Acta Paediatr. 2007 May;96(5):644-7. doi: 10.1111/j.1651-2227.2006.00178.x
 17. Gruzdeva O, Borodkina D, Uchasova E, Dyleva Y, Barbarash O. Localization of fat depots and cardiovascular risk. Lipids Health Dis. 2018 Sep;17(1):218. doi: 10.1186/s12944-018-0856-8
 18. Snijder MB, Visser M, Dekker JM, Goodpaster BH, Harris TB, Kritchevsky SB, et al. Low subcutaneous thigh fat is a risk factor for unfavourable glucose and lipid levels, independently of high abdominal fat. The health ABC study. Diabetologia. 2005 Feb;48(2):301-8. doi: 10.1007/s00125-004-1637-7
 19. Neeland IJ, Turer AT, Ayers CR, Powell-Wiley TM, Vega GL, Farzaneh-Far R, et al. Dysfunctional adiposity and the risk of prediabetes and type 2 diabetes in obese adults. JAMA. 2012 Sep;308(11):1150-9. doi: 10.1001/2012.jama.11132
 20. Bays HE. Adiposopathy, diabetes mellitus, and primary prevention of atherosclerotic coronary artery disease: treating «sick fat» through improving fat function with antidiabetes therapies. Am J Cardiol. 2012 Nov;110(9 Suppl):4B-12B. doi: 10.1016/j.amjcard.2012.08.029
 21. Lim S. Ectopic fat assessment focusing on cardiometabolic and renal risk. Endocrinol Metab (Seoul). 2014 Mar;29(1):1-4. doi: 10.3803/EnM.2014.29.1.1
 22. Gong W, Ren H, Tong H, Shen X, Luo J, Chen S, et al. 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.
 23. Bellan M, Menegatti M, Ferrari C, Carnevale GP, Pirisi SM. Ultrasound-assessed visceral fat and associations with glucose homeostasis and cardiovascular risk in clinical practice. Nutr Metab Cardiovasc Dis. 2018 Jun;28(6):610-7. doi: 10.1016/j.numecd.2018.01.006

Submitted 04.05.2021

Accepted 15.06.2021

Сведения об авторах:

Бондаренко В.М. – старший преподаватель кафедры госпитальной хирургии с курсом ФПК и ПК, Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет;
 Пиманов С.И. – д.м.н., профессор, заведующий кафедрой внутренних болезней и ультразвуковой диагностики ФПК и ПК, Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет;
 Макаренко Е.В. – д.м.н., профессор кафедры внутренних болезней и ультразвуковой диагностики ФПК и ПК, Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет.

Information about authors:

Bondarenko V.M. – senior lecturer of the Chair of Hospital Surgery with the course of the Faculty for Advanced Training & Retraining, Vitebsk State Order of Peoples' Friendship Medical University;
Pimanov S.I. – Doctor of Medical Sciences, professor, head of the Chair of Internal Diseases & Ultrasound Diagnostics of the Faculty for Advanced Training & Retraining, Vitebsk State Order of Peoples' Friendship Medical University;
Makarenko E.V. – Doctor of Medical Sciences, professor of the Chair of Internal Diseases & Ultrasound Diagnostics of the Faculty for Advanced Training & Retraining, Vitebsk State Order of Peoples' Friendship Medical University.

Адрес для корреспонденции: Республика Беларусь, 210009, г. Витебск, пр. Фрунзе, 27, Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет, кафедра госпитальной хирургии с курсом ФПК и ПК.
 E-mail: bondarenko_v@tut.by – Бондаренко Владимир Михайлович.

Correspondence address: Republic of Belarus, 210009, Vitebsk, 27 Frunze ave., Vitebsk State Order of Peoples' Friendship Medical University, Chair of Hospital Surgery with the course of the Faculty for Advanced Training & Retraining.
 E-mail: bondarenko_v@tut.by – Vladimir M. Bondarenko.