

Оценка результатов измерения количества висцеральной жировой ткани при ультразвуковом исследовании и компьютерной томографии

С.И. Пиманов¹, В.М. Бондаренко¹, В.П. Марчук²,
Н.А. Михайлова², А.Л. Сапего³, Е.В. Макаренко¹

¹ УО “Витебский государственный медицинский университет”, г. Витебск, Беларусь

² УЗ “Витебский областной диагностический центр”, г. Витебск, Беларусь

³ УЗ “Витебская областная клиническая больница”, г. Витебск, Беларусь

Цель исследования – определить связь ультразвуковых параметров количества висцеральной жировой ткани различных локализаций с площадью висцерального жира, измеренной при компьютерной томографии, а также установить нормативы этих показателей. В исследование включен 101 человек (51 мужчина и 50 женщин) в возрасте от 18 до 65 лет. У каждого из участников определяли количество висцеральной жировой ткани при ультразвуковом исследовании и компьютерной томографии. Ультразвуковое определение внутрибрюшной, околопочечной, эпикардиальной и перикардиальной висцеральной жировой ткани выполняли с использовани-

ем ряда описанных ранее методик и некоторых их модификаций. Корреляция большинства ультразвуковых показателей с параметром компьютерной томографии имеет среднюю силу ($P < 0,05$). Для ультразвукового определения внутрибрюшной висцеральной жировой ткани целесообразно использовать расстояние от внутренней поверхности прямой мышцы живота до передней стенки аорты. В норме этот показатель ≤ 37 мм (чувствительность – 69,0%, специфичность – 88,9%, площадь под кривой – 0,853). Ультразвуковую оценку околопочечной висцеральной жировой ткани следует проводить по ее площади в нижней части. Границное

С.И. Пиманов – д.м.н., заведующий кафедрой терапии №2 факультета повышения квалификации и переподготовки кадров УО “Витебский государственный медицинский университет”, г. Витебск. В.М. Бондаренко – старший преподаватель кафедры госпитальной хирургии с курсами урологии и детской хирургии УО “Витебский государственный медицинский университет”, г. Витебск. В.П. Марчук – к.м.н., заведующий отделением лучевой диагностики УЗ “Витебский областной диагностический центр”, г. Витебск. Н.А. Михайлова – к.м.н., врач ультразвуковой диагностики отделения функциональных методов исследования и ультразвуковой диагностики УЗ “Витебский областной диагностический центр”, г. Витебск. А.Л. Сапего – заведующий отделением компьютерной томографии и магнитно-резонансной томографии УЗ “Витебская областная клиническая больница”, г. Витебск. Е.В. Макаренко – д.м.н., профессор кафедры терапии №2 факультета повышения квалификации и переподготовки кадров УО “Витебский государственный медицинский университет”, г. Витебск.

Контактная информация: 210032 Беларусь, г. Витебск, проспект Фрунзе, д. 27, Витебский государственный медицинский университет, кафедра терапии №2. Пиманов Сергей Иванович. Тел.: +375 (29) 899-68-52.
E-mail: pimanovs@tut.by

верхнее значение нормы этого показателя равно справа $11,5 \text{ см}^2$ (чувствительность – 86,2%, специфичность – 84,5%, площадь под кривой – 0,888), слева – $10,0 \text{ см}^2$ (чувствительность – 80,8%, специфичность – 88,2%, площадь под кривой – 0,884). Толщину эпикардиальной и перикардиальной висцеральной жировой ткани целесообразно определять в конце систолы, граничное верхнее значение нормы при этом составляет 3,5 мм (чувствительность – 82,8%, специфичность – 77,8%, площадь под кривой – 0,833) и 5,0 мм (чувствительность – 93,1%, специфичность – 61,1%, площадь под кривой – 0,789) соответственно.

Ключевые слова: ультразвуковая диагностика, компьютерная томография, висцеральная жировая ткань, внутрибрюшная жировая ткань, оклопочечная жировая ткань, эпикардиальная жировая ткань, перикардиальная жировая ткань.

ВВЕДЕНИЕ

Увеличение распространенности ожирения сопровождается ростом смертности, ранним развитием сахарного диабета 2-го типа, сердечно-сосудистых заболеваний, возникновением жировой болезни печени и другой патологии [1]. Для определения избыточной массы тела у взрослых людей в качестве точки отсечения (*cut-off*) как для мужчин, так и для женщин используется предложенный в 80-х годах показатель индекса массы тела (ИМТ), равный $25\text{--}30 \text{ кг}/\text{м}^2$, а признаком ожирения является значение ИМТ $>30 \text{ кг}/\text{м}^2$ [1]. Установлена взаимосвязь ИМТ с заболеваемостью и смертностью [1, 2]. Пороговый показатель ИМТ может отличаться в разных этнических группах. По этой причине некоторые страны и регионы уже приняли собственные предельные значения ИМТ для оценки риска. Так, в ряде азиатских стран в качестве точки отсечения ожирения используется показатель ИМТ, равный $23 \text{ кг}/\text{м}^2$ [1].

В настоящее время установлено, что ключевую роль в развитии метаболических расстройств, связанных с избыточной массой тела, играет не столько общее, сколько висцеральное ожирение. Висцеральный жир рассматривается как еще один эндокрин-

ный орган, запускающий каскад неблагоприятных для организма метаболических механизмов. Следует учесть, что ИМТ является показателем общего ожирения и не позволяет различать типы ожирения и локализацию жировой ткани в организме, то есть имеет ограниченное значение [2]. В связи с этим приоритетным направлением в исследовании ожирения считается разработка простых и надежных методов оценки содержания висцеральной жировой ткани (ВЖТ) в организме [1].

Для оценки количества ВЖТ в последние годы используются методы визуализации, которые включают компьютерную томографию (КТ), позитронно-эмиссионную томографию, двухэнергетическую рентгеновскую абсорбциometрию, магнитно-резонансную томографию (МРТ) и ультразвуковую диагностику. При этом наиболее распространенным эталонным методом измерения количества ВЖТ – “золотым стандартом” – считается КТ [3]. Японскими исследованиями установлено пограничное верхнее значение площади висцерального жира при КТ, равное 100 см^2 [4], что вряд ли может использоваться для европейской популяции.

Предложено несколько ультразвуковых методик определения количества ВЖТ разной локализации [5–18]. Для большинства методик ультразвуковой диагностики количества ВЖТ была установлена хорошая корреляция ультразвуковых и КТ-показателей висцерального жира, однако эти исследования осуществлялись преимущественно раздельно для каждого из ультразвуковых вариантов определения ВЖТ. Сравнительное комплексное изучение нескольких ультразвуковых показателей ВЖТ различной локализации и последующая корреляция данных с результатами КТ ранее не выполнялись. Кроме того, до сих пор не определены пороговые значения ультразвуковых показателей ВЖТ для европеоидной популяции, что затрудняет интерпретацию результатов исследований в клинической практике.

Цель исследования – определить связь ультразвуковых характеристик содержания ВЖТ различных локализаций с площадью висцерального жира, измеренной при использовании КТ, а также установить нормативы этих показателей.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследование включен 101 человек (51 мужчина и 50 женщин) в возрасте от 18 до 65 лет, средний возраст составил $45,0 \pm 12,1$ года ($M \pm \sigma$). Проведение работы одобрено локальным этическим комитетом. Все пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании. Обследованные не имели злокачественной патологии, а также системных или местных заболеваний, которые могли бы существенно повлиять на изменение массы тела. Все участники исследования находились в удовлетворительном состоянии. Каждому из обследованных осуществляли оценку ВЖТ ультразвуковыми и КТ-методами. Промежуток времени между выполнением КТ и ультразвукового исследования не превышал 3 дней. Пациенты представляли собой случайную выборку, КТ выполняли по медицинским показаниям, не связанным с целью настоящего исследования.

КТ осуществлялась на аппаратах Aquilion 32 TSX-101A (Toshiba, Япония) и Somatom Emotion (Siemens, Германия). Оценка площади висцерального жира и площади подкожного жира проводилась по стандартной методике планиметрическим методом. Использовались срезы КТ на уровне L₄–L₅, для выделения жировой ткани применялось окно плотности от -30 HU до -190 HU [19].

Ультразвуковое исследование выполнялось на аппаратах ProSound Alpha 7 (Hitachi, Япония), Aplio 500 (Toshiba, Япония), Logiq P6 (GE Healthcare, США) конвексными, секторными и линейными датчиками. 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. Каждое измерение повторялось 3 раза, и документировалось среднее значение. Определение висцерального жира осуществляли в разных участках тела обследуемого с использованием ряда общепринятых методик и некоторых их модификаций.

Согласно методике F. Armellini et al. [5, 6], толщина внутрибрюшной ВЖТ соответствует расстояние от внутренней поверхности прямой мышцы живота до передней



Рис. 1. Определение внутрибрюшной ВЖТ по расстоянию от внутренней поверхности прямой мышцы живота до передней стенки аорты (маркеры), уровень измерения находится на 1–2 см выше пупка.

стенки аорты, измеренное на уровне L₄ (ВЖ-1) [6] или, как в дальнейшем указывал ряд авторов [7, 8], на 1–5 см выше пупка при поперечном положении датчика. В нашем исследовании датчик располагали на 1–2 см выше пупка (рис. 1). Аналогичное измерение на уровне пупка от внутренней поверхности прямой мышцы живота до задней стенки аорты (ВЖ-2) применялось M. Hirooka et al. [9] и также использовалось в нашей работе. В случае бифуркации аорты выше уровня пупка оценка этого линейного параметра осуществлялась непосредственно перед бифуркацией R.P. Stolk et al. в 2001 г. [10], а затем M. Koda et al. [11] предложили проводить такое же измерение, но не до задней стенки аорты, а до четвертого поясничного позвонка (ВЖ-3) (рис. 2). Примечательно, что последние авторы считают эквивалентными точками измерения как внутреннюю поверхность мышцы живота, так и белую линию живота [11]. Использовать в качестве целевой точки положения дистанционного маркера внутреннюю поверхность белой линии живота технически проще, чем внутреннюю мышечную поверхность, поэтому мы остановились на таком варианте.

Применялась также методика определения толщины внутрибрюшной ВЖТ путем измерения расстояния между внутренней поверхностью прямой мышцы живота и селезеночной веной (ВЖ-4) (рис. 3) [9].

Использовалось четыре варианта оценки висцерального околопочечного жира. Про-

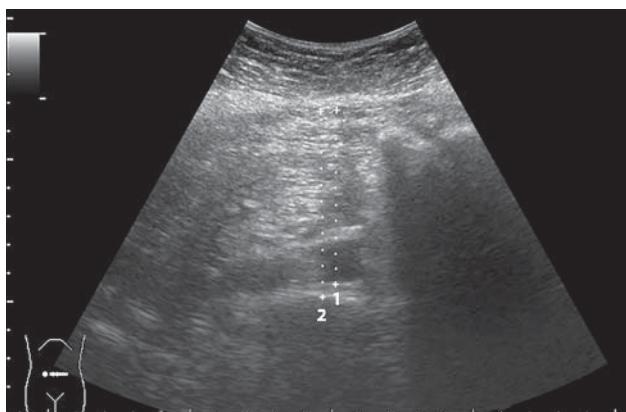


Рис. 2. Определение внутрибрюшной ВЖТ по расстоянию от внутренней поверхности прямой мышцы живота до задней стенки аорты (1) и позвонка (2), уровень измерения соответствует пупку.



Рис. 3. Определение внутрибрюшной ВЖТ по расстоянию между внутренней поверхностью прямой мышцы живота и селезеночной веной (маркеры).

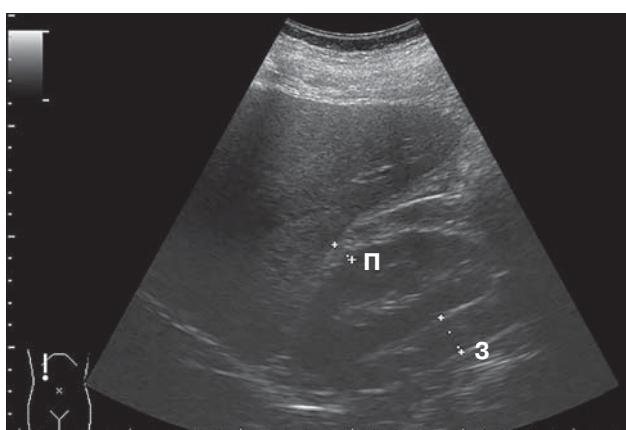


Рис. 4. Определение толщины переднего (П) и заднего (3) периренального пространства справа.

водилось определение толщины ВЖТ, состоящей из пара- и перинефральной жировой клетчатки. Обсуждаемый показатель представлял собой расстояние от латеральной поверхности правой почки до внутреннего края мышц боковой стенки туловища [12]. Это измерение осуществлялось справа и слева.

По методике M. Hirooka et al. [9] оценивалась толщина заднего периренального пространства справа, то есть определялась толщина задней периренальной ВЖТ (рис. 4).

Толщина передней периренальной ВЖТ измерялась по методике P. Grima et al. [13] при продольном сканировании вдоль правой средней ключичной линии как расстояние от поверхности правой почки до края правой доли печени. В оригинальном варианте методики имеется неопределенность точки отсчета на поверхности почки, поэтому в нашей модификации проводилось измерение по вышеизложенным правилам от поверхности середины правой почки (см. рис. 4).

На основании известной методики определения площади нижней части околопочечного (периренального) висцерального жира [14] нами проводилась оценка этой ВЖТ с обеих сторон. При этом в оригинальной методике датчик располагался продольно косо, между средней и задней подмышечными линиями, вдоль длинной оси почки. Осуществлялись линейные измерения с последующим вычислением площади. Наш опыт показал необходимость расположения датчика начиная от передней подмышечной линии с последующим поступательным скольжением к задней подмышечной линии. При таком доступе нижний околопочечный жир обычно хорошо визуализируется по жировой капсуле, отличающейся по эхоструктуре от окружающих тканей. Площадь нижней части околопочечной ВЖТ нами определялась непосредственно при оконтуривании периметра с помощью стандартной штатной функции ультразвукового аппарата (рис. 5).

Исследование толщины эпикардиальной ВЖТ выполняли по методике G. Iacobellis et al. [15]. Осуществлялось парастернальное межреберное сканирование по длинной оси, дополнительно – по короткой оси. Измерения проводились в конце систолы, на уровне свободной стенки правого желудочка, причем сканирование осуществля-

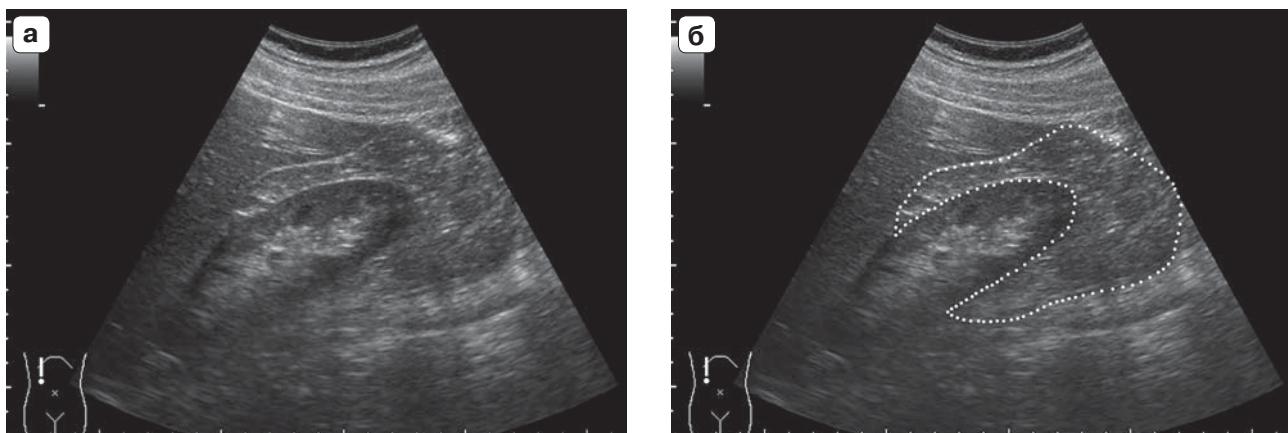


Рис. 5. Определение площади нижней части околопочечной ВЖТ. а – исходное изображение. б – по периметру нижней части околопочечной висцеральной жировой ткани нанесены точечные маркеры.

лялось по отношению к ней перпендикулярно. Эпикардиальная ВЖТ, прилегающая непосредственно к правому желудочку и имеющая пониженную эхогенность, измерялась между висцеральным листком перикарда и миокардом (рис. 6). Эхогенность ВЖТ обычно выше крови или анэхогенной жидкости, но ниже эхогенности миокарда.

Толщину перикардиальной ВЖТ оценивали способом, разработанным H.J. Willens et al. [16]. Аналогично вышеописанной методике измерялась толщина гипоэхогенной перикардиальной ВЖТ, расположенной над париетальным листком перикарда, и эпикардиальной ВЖТ (см. рис. 6). Как отмечали авторы методики, у многих пациентов перикардиальная ВЖТ слегка смещается от основания к верхушке в такт движениям сердечной стенки и париетального перикарда, что облегчает определение этой ВЖТ и помогает отличить ее от других структур грудной клетки. При определении эпикардиальной и перикардиальной ВЖТ обычно рекомендуют использовать секторный датчик, которым действительно легче определить искомое место измерения, однако нередко из-за наличия “мертвой зоны” вблизи датчика, особенно у худых пациентов, сложно дифференцировать структуры и осуществлять точные измерения обсуждаемой ВЖТ. Поэтому после общей топографической оценки исследуемых структур секторным датчиком мы обычно применяли конвексный и линейный датчики для более уверенного измерения толщины ВЖТ.

Показатели подкожной и преперитонеальной жировой ткани определяли в соот-

ветствии с методикой R. Suzuki et al. [17]. Отдельные показатели подкожной жировой ткани использовались в других оригинальных методиках [6, 9, 11]. Применялась следующая методика измерения. Линейный датчик располагался перпендикулярно к коже в эпигастрии, и осуществлялось сагittalное сканирование по срединной (белой) линии. Сначала проводилось измерение непосредственно ниже мечевидного отростка, оценивались (в соответствии с терминологией R. Suzuki et al. [17]) максимальная толщина преперитонеальной (предбрюшинной) жировой ткани (P_{max}) и минимальная толщина подкожной жировой ткани (S_{min}). Толщина подкожной жиро-

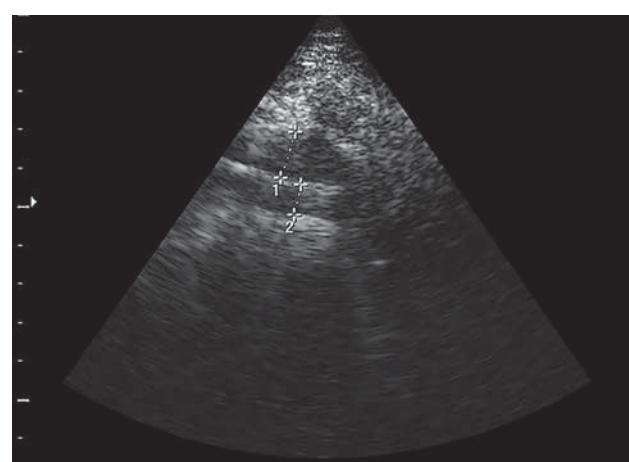


Рис. 6. Перикардиальная (1) и эпикардиальная (2) ВЖТ. Эхограмма зафиксирована в конце систолы, сканирование осуществлено на уровне свободной стенки правого желудочка.



Рис. 7. Минимальная толщина подкожной жировой ткани (1) и максимальная толщина преперитонеальной жировой ткани (2) при сагittalном сканировании непосредственно ниже мечевидного отростка.

вой ткани определялась как расстояние между передней поверхностью белой линии и границей жир–кожа. Предбрюшинная жировая ткань определялась от передней поверхности печени (левой доли) до задней поверхности белой линии (рис. 7). Затем при том же перпендикулярном по отношению к поверхности кожи и продольном на срединной линии расположении датчика осуществляли замер на несколько сантиметров каудальнее, обычно на 1–3 см выше пупка (рис. 8), в месте максимальной толщины подкожной жировой ткани (S_{\max}) и минимальной толщины преперитонеальной жировой ткани (P_{\min}). Для исключе-



Рис. 8. Максимальная толщина подкожной жировой ткани (1) и минимальная толщина преперитонеальной жировой ткани (2) при сагittalном сканировании над пупком.

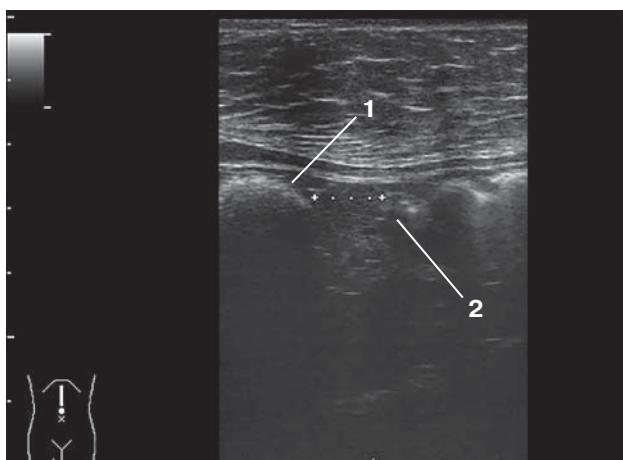


Рис. 9. Определение размера желудочно-ободочной связки (маркеры). 1 – большая кривизна желудка, 2 – поперечная ободочная кишка.

ния ошибки измерения преперитонеального жира последний прослеживался от мечевидного отростка. В соответствии с оригинальной методикой вычисляли индекс жира брюшной стенки (*abdominal wall fat index (AFI)*), представляющий собой отношение максимальной толщины предбрюшинного жира к минимуму толщины подкожного жира [17].

С целью оценки ВЖТ в верхней части большого сальника (желудочно-ободочная связка) мы измеряли расстояние в краино-каудальном направлении между большой кривизной желудка и поперечной ободочной кишкой по срединной линии на сагittalном сечении (рис. 9).

Статистическая обработка полученных результатов выполнена с помощью пакета программ Statistica 10.0 (StatSoft Inc., США). Количественные параметры представлены в виде $M \pm \sigma$, минимального – максимального значений (Min–Max). Сравнение значений осуществляли методом непараметрической статистики: использован U-тест Манна–Уитни и двухфакторный критерий Колмогорова–Смирнова в независимых группах. Устанавливался коэффициент корреляции (r) по критерию Спирмена между величиной площади висцерального жира, измеренной при КТ, и показателями ВЖТ, полученными при выполнении ультразвукового исследования. Отличия считали статистически значимыми при $P < 0,05$. Коррелятивную связь

оценивали как сильную при значении r более 0,75, имеющую среднюю силу – при r от 0,75 до 0,25, как слабую – при значениях r менее 0,25 [20].

Для определения оптимального (по соотношению чувствительности и специфичности) значения точки *cut-off*, то есть порога отсечения “норма–патология”, для ультразвуковых показателей ВЖТ выполнялся *ROC*-анализ с использованием программы MedCalc (MedCalc Software, Бельгия). В качестве критерия для *ROC*-анализа, позволяющего выделить пациентов с избыточной массой тела, выбрано общее для мужчин и женщин значение ИМТ, равное или превышающее 25 кг/м².

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Площадь висцерального жира и площадь подкожного жира, рассчитанные при использовании КТ, в группе у всех обследованных пациентов составили 194,35 ± 108,13 см² (27,20–530,00 см²) и 353,28 ± 174,99 см² (28,80–1034,32 см²) соответственно. Площадь висцерального жира у мужчин была больше, чем у женщин (218,95 ± 117,36 см² (36,42–530,00 см²) и 169,25 ± 92,37 см² (27,20–474,00 см²)) ($P = 0,024$). В противоположность этому у женщин была больше площадь подкожного жира ($P = 0,002$). Этот показатель в группе женщин составил 406,12 ± 177,89 см² (71,22–1034,32 см²), а в группе мужчин – 301,48 ± 157,16 см² (28,80–742,00 см²). При этом пациенты мужского и женского пола, принявшие участие в исследовании, не отличались по ИМТ. В группе мужчин он был равен 28,77 ± 4,84 кг/м² (19,23–38,42 кг/м²), а в группе женщин – 29,05 ± 6,60 кг/м² (19,53–44,24 кг/м²) ($P = 0,758$). Результаты выполненного корреляционного анализа представлены в табл. 1.

M. Hirooka et al. [9] предложили для расчета объема ВЖТ при ультразвуковом исследовании использовать следующее уравнение, полученное при регрессионном анализе:

Объем ВЖТ = $-9,008 + 1,191 \times$ расстояние между внутренней поверхностью брюшной мышцы и селезеночной веной (мм) + $0,987 \times$ расстояние между внутренней поверхностью брюшной мышцы и задней

стенкой аорты на уровне пупка (мм) + $3,644 \times$ толщина заднего периренального пространства (мм).

Авторы отметили хорошую корреляцию между объемом ВЖТ, рассчитанным по приведенному уравнению, и количеством ВЖТ, измеренным при КТ ($r = 0,860$, $P < 0,0001$). Мы сделали попытку применить предложенную авторами формулу для расчета объема ВЖТ на основе собственных ультразвуковых измерений и рассчитать коэффициент корреляции с площадью висцерального жира по данным КТ. Полученный нами коэффициент корреляции оказался менее значимым ($r = 0,640$, $P < 0,001$).

Нами была проведена оценка предложенного R. Suzuki et al. [17] ультразвукового индекса жира брюшной стенки (*AFI*), характеризующего региональное распределение жира, и его корреляции с соотношением площадей висцерального и подкожного жира по данным КТ. По нашим данным коэффициент корреляции (r) составил 0,240 ($P = 0,016$), в то время как авторами публикации была установлена более тесная корреляция между указанными отношениями ($r = 0,746$, $P < 0,0001$) [17].

Такие отличия, возможно, связаны с тем, что нами и авторами представленных публикаций обследовались различные популяции субъектов, отличающиеся по распределению жировой ткани, пороговому ИМТ и окружности талии.

Используя ИМТ, равный 25 кг/м², как пороговое значение для разграничения пациентов с нормальной и повышенной массой тела, мы определили нормативы для ВЖТ по данным ультразвукового исследования и КТ. Результаты вычисления пороговых значений для площади висцерального жира, рассчитанной при КТ, и ультразвуковых показателей ВЖТ по данным *ROC*-анализа на основе порогового значения ИМТ представлены в табл. 2.

При выборе наиболее оптимальных ультразвуковых методик оценки ВЖТ представляется целесообразным руководствоваться следующими критериями:

1) соответствием (высокой корреляцией) данных ультразвукового исследования по количеству ВЖТ и “золотого стандарта” – КТ;

2) техническим удобством выполнения ультразвуковой методики;

Таблица 1. Корреляция между ультразвуковыми показателями количества ВЖТ различных локализаций

Показатели	Единицы измерения	Вся группа (n = 101)			
		M ± σ	Min–Max	r	P
ВЖ-1 (F. Armellini et al., 1993) [6]	мм	52,60 ± 23,49	11,50–117,50	0,640	<0,001
ВЖ-2 (M. Hirooka et al., 2005) [9]	мм	68,39 ± 26,65	13,80–145,90	0,647	<0,001
ВЖ-3 (M. Koda et al., 2007) [11]	мм	71,42 ± 29,09	23,00–151,20	0,654	<0,001
ВЖ-4 (M. Hirooka et al., 2005) [9]	мм	54,56 ± 17,02	15,00–101,00	0,479	<0,001
Толщина задней периренальной ВЖТ (M. Hirooka et al., 2005) [9]	мм	9,17 ± 4,46	2,20–23,00	0,584	<0,001
Толщина пара- и перинефральной ВЖТ (S. Kawasaki et al., 2008) [12]	мм	24,61 ± 11,59	3,50–58,10	0,464	<0,001
Площадь нижней части околопочечной ВЖТ справа (W. Gong et al., 2007) [14]	см ²	19,35 ± 14,58	1,54–77,21	0,700	<0,001
Площадь нижней части околопочечной ВЖТ слева (W. Gong et al., 2007) [14]	см ²	20,16 ± 15,58	1,28–76,00	0,731	<0,001
Толщина передней периренальной ВЖТ справа (P. Grima et al., 2010) [13]	мм	8,44 ± 5,10	0,70–24,00	0,418	<0,001
Толщина эпикардиальной ВЖТ (G. Iacobellis et al., 2003) [15]	мм	4,36 ± 2,16	0,35–14,4	0,640	<0,001
Толщина перикардиальной ВЖТ (H.J. Willens et al., 2008) [16]	мм	5,32 ± 3,09	0–15,00	0,634	<0,001
Толщина большого сальника (желудочно-ободочной связки)	мм	9,38 ± 8,03	0,80–28,90	0,521	0,013
Толщина преперитонеальной ВЖТ (R. Suzuki et al., 1993) [17]	мм	14,55 ± 6,51	1,90–33,50	0,459	<0,001

Примечание: ВЖ-1 – толщина внутрибрюшной ВЖТ от внутренней поверхности прямой мышцы живота до передней стенки аорты. ВЖ-2 – толщина внутрибрюшной ВЖТ от внутренней поверхности прямой мышцы живота до задней стенки аорты. ВЖ-3 – толщина внутрибрюшной ВЖТ от внутренней поверхности прямой мышцы живота до L₄. ВЖ-4 – толщина внутрибрюшной ВЖТ от внутренней поверхности прямой мышцы живота до селезеночной вены.

и площадью висцерального жира, измеренной при КТ

Мужчины (n = 51)				Женщины (n = 50)			
M ± σ	Min–Max	r	P	M ± σ	Min–Max	r	P
58,56 ± 23,68	14,00–117,50	0,504	<0,001	46,51 ± 21,90	11,50–97,40	0,730	<0,001
73,85 ± 24,78	31,00–145,90	0,516	<0,001	62,82 ± 27,56	13,80–137,10	0,744	<0,001
78,41 ± 27,60	34,00–151,20	0,510	<0,001	64,29 ± 29,10	23,00–140,00	0,741	<0,001
56,65 ± 18,45	20,00–101,00	0,330	0,018	52,43 ± 15,33	15,00–79,90	0,640	<0,001
8,96 ± 4,31	2,20–17,00	0,558	<0,001	09,37 ± 4,64	2,22–23,00	0,678	<0,001
26,56 ± 11,54	8,00–50,30	0,414	0,003	22,62 ± 11,41	3,50–58,10	0,490	<0,001
21,59 ± 15,92	2,38–77,21	0,643	<0,001	17,01 ± 12,77	1,54–61,53	0,763	<0,001
23,33 ± 18,24	2,35–76,00	0,704	<0,001	16,99 ± 11,73	1,28–49,47	0,754	<0,001
8,77 ± 5,28	0,70–24,00	0,339	0,015	8,11 ± 4,95	0,70–21,00	0,511	<0,001
4,19 ± 1,94	0,60–10,00	0,676	<0,001	4,53 ± 2,36	0,35–14,4	0,689	<0,001
5,46 ± 3,53	0,00–15,00	0,631	<0,001	5,19 ± 2,59	0,95–12,00	0,684	<0,001
10,12 ± 8,53	2,40–28,90	0,632	0,009	7,40 ± 6,77	0,80–20,00	0,371	0,468
14,56 ± 6,64	2,20–33,50	0,400	0,004	14,59 ± 6,44	1,90–32,50	0,537	<0,001

Таблица 2. Граничные значения показателей количества ВЖТ при ультразвуковом исследовании и КТ

Показатели	Значения нормы (<i>cut-off</i>)	Показатели информативности		
		Чувствительность, %	Специфичность, %	Площадь под кривой (<i>AUC</i>)
Ультразвуковое исследование				
ВЖ-1 (F. Armellini et al., 1993) [6]	≤37,0 мм	69,0	88,9	0,853
ВЖ-2 (M. Hirooka et al., 2005) [9]	≤64,0 мм	93,1	68,1	0,876
ВЖ-3 (M. Koda et al., 2007) [11]	≤60,3 мм	86,2	76,4	0,869
ВЖ-4 (M. Hirooka et al., 2005) [9]	≤56,6 мм	89,7	58,3	0,776
Толщина задней периренальной ВЖТ (M. Hirooka et al., 2005) [9]	≤6,4 мм	75,9	83,3	0,825
Толщина пара- и перинефральной ВЖТ (S. Kawasaki et al., 2008) [12]	≤18,3 мм	62,1	77,8	0,754
Площадь нижней части околопочечной ВЖТ справа (W. Gong et al., 2007) [14]	≤11,5 см ²	86,2	84,5	0,888
Площадь нижней части околопочечной ВЖТ слева (W. Gong et al., 2007) [14]	≤10,0 см ²	80,8	88,2	0,884
Толщина передней периренальной ВЖТ справа (P. Grima et al., 2010) [13]	≤9,0 мм	96,6	53,5	0,822
Толщина эпикардиальной ВЖТ (G. Iacobellis et al., 2003) [15]	≤3,5 мм	82,8	77,8	0,833
Толщина перикардиальной ВЖТ (H.J. Willens et al., 2008) [16]	≤5,0 мм	93,1	61,1	0,789
Толщина большого сальника (желудочно-ободочной связки)	≤7,5 мм	100,0	50,0	0,776
Толщина преперитонеальной ВЖТ (R. Suzuki et al., 1993) [17]	≤12,0 мм	75,9	80,6	0,816
КТ				
Площадь висцерального жира (T. Yoshizumi et al., 1999) [19]	≤151,02 см ²	37,9	97,2	0,920
Площадь подкожного жира (T. Yoshizumi et al., 1999) [19]	≤125,48 см ²	82,8	87,5	0,684

Примечание: ВЖ-1 – толщина внутрибрюшной ВЖТ от внутренней поверхности прямой мышцы живота до передней стенки аорты. ВЖ-2 – толщина внутрибрюшной ВЖТ от внутренней поверхности прямой мышцы живота до задней стенки аорты. ВЖ-3 – толщина внутрибрюшной ВЖТ от внутренней поверхности прямой мышцы живота до L₄. ВЖ-4 – толщина внутрибрюшной ВЖТ от внутренней поверхности прямой мышцы живота до селезеночной вены.

3) возможностью оценки ВЖТ различной локализации, что, вероятно, имеет значение в специфичности органного и системного поражения при висцеральном ожирении.

Полученные нами данные свидетельствуют о достаточно хорошей корреляции ряда ультразвуковых методик с КТ в оценке количества ВЖТ. Это касается толщины ВЖТ до передней и задней стенок аорты, толщины ВЖТ до позвонка, а также площади нижней части околопочечного жира [21]. Среди схожих методик определения внутрибрюшной ВЖТ [6, 9, 11] наиболее технически удобной представляется первая из вышеперечисленных.

По данным F. Armellini et al. [5, 6], коэффициент корреляции ультразвукового исследования и КТ составил 0,669 ($P < 0,05$), что соответствует нашим результатам. При оценке ВЖТ по расстоянию до задней стени аорты по методике M. Hirooka et al. [9] коэффициент корреляции с КТ-показателями был равен 0,784 ($P < 0,05$), что несколько превосходит наши результаты.

По результатам проведенного ранее исследования коэффициент корреляции эхографически определенного количества ВЖТ по расстоянию от внутренней поверхности прямой мышцы живота до поверхности тела позвонка с результатами определения висцерального жира при МРТ составил 0,746 ($P < 0,05$) [11]. Весьма высокое значение связи с данными КТ ($r = 0,860$, $P < 0,05$) было получено M. Hirooka et al. [9] при ультразвуковом измерении количества ВЖТ по расстоянию от внутренней поверхности прямой мышцы живота до селезеночной вены. Нами установлены схожие, но более скромные результаты корреляции данных вышеприведенных методик.

При выборе оптимальной оценки околопочечной ВЖТ из использованных четырех методик наиболее оптимальной, на наш взгляд, является определение площади нижней части околопочечной ВЖТ. Эта методика обеспечивает высокий коэффициент корреляции с данными КТ и технически легко выполнима. Оценка толщины париетально-перинефральной ВЖТ по методике S. Kawasaki et al. [12] вызывает трудности из-за неопределенности точек измерения и зависит от положения почки. Методика M. Hirooka et al. [9] с измерением толщины

задней периренальной ВЖТ справа имеет низкую корреляцию с данными КТ. Методика P. Grima et al. [13] также показала низкую корреляцию с количеством ВЖТ, определенным при КТ. Кроме того, результаты этой ультразвуковой методики зависят от анатомического положения почки и размеров печени. Использованная нами модификация методики определения околопочечной ВЖТ W. Gong et al. [14] предполагает планиметрическое измерение площади нижней части околопочечной ВЖТ с обеих сторон. Наш опыт работы показал, что это технически легко выполнимая и хорошо воспроизводимая методика [21].

Коэффициент корреляции ультразвукового метода измерения площади нижней части околопочечной ВЖТ и метода МРТ определения ВЖТ на уровне L₄–L₅, согласно данным W. Gong et al. [14], составил 0,768 ($P < 0,05$). В нашем исследовании аналогичный коэффициент корреляции при использовании КТ был равен 0,700 справа и 0,731 слева ($P < 0,05$ для обеих корреляций), что весьма близко для значений тесной связи изучаемых параметров и подтверждает высокую валидность обсуждаемого показателя ВЖТ.

По данным основоположника ультразвуковой методики оценки количества эпикардиальной ВЖТ G. Iacobellis et al. [15], коэффициент корреляции с количеством внутрибрюшной ВЖТ, определенной МРТ на уровне L₄–L₅, составляет 0,864 ($P < 0,05$). В нашем исследовании установлено несколько меньшее значение коэффициента корреляции – 0,640 ($P < 0,05$). В то же время не следует считать полученную нами невысокую корреляцию количества эпикардиальной и перикардиальной жировой ткани с данными КТ свидетельством низкой ценности этих показателей. Напротив, данные многочисленных исследований подтверждают их важность, показано значение толщины эпикардиальной и перикардиальной ВЖТ как предикторов сердечно-сосудистой патологии [22–25]. Относительно невысокие значения обсуждаемого коэффициента корреляции являются следствием оценки разных локализаций ВЖТ. По нашему опыту наиболее оптимально определение толщины эпикардиальной и перикардиальной ВЖТ в позднюю sistолу по описанным нами модификациям методик G. Iacobellis

et al. [15] и H.J. Willens et al. [16]. По методике H.J. Willens et al. [16] рекомендуется оценивать минимальную толщину эпикардиальной ВЖТ (обычно в непосредственной близости от середины свободной стенки правого желудочка), максимальную ее толщину (обычно между серединой и дистальной поверхностью свободной стенки правого желудочка) и рассчитывать их среднее значение в качестве более общего значения толщины эпикардиальной ВЖТ. Нами более удобным вариантом признано локальное измерение толщины эпикардиальной ВЖТ на уровне середины свободной стенки правого желудочка. Аналогичный вариант методики использовал в своих работах M.R. Nelson et al. [18]. Кроме того, в оригинальной методике G. Iacobellis et al. [15] рекомендуется проводить исследование эпикардиальной ВЖТ при положении пациента на левом боку. Учитывая, что по всем другим методикам параметры ВЖТ различной локализации оцениваются в положении пациента на спине, для упрощения методики и ускорения измерений мы использовали именно такой вариант. Результаты определения толщины эпикардиальной и перикардиальной ВЖТ в нашем исследовании при положении пациента на спине и на левом боку варьировали в пределах повторных измерений одного положения, то есть существенно не отличались. Возможно ошибочное определение пространства между висцеральным и париетальным листками перикарда как перикардиальной ВЖТ в случае появления незначительного количества жидкости в полости перикарда [21].

Не совсем понятно патогенетическое и клиническое значение определения подкожной и преперitoneальной жировой ткани по методике R. Suzuki et al. [17]. Авторы методики указывали, что преперitoneальная жировая ткань, строго говоря, не является классической ВЖТ, однако тесно с ней связана и обладает ее свойствами. Учитывая техническую простоту выполнения и весьма высокую популярность этой методики [9], ее также можно использовать при оценке распределения жировой ткани. Авторами методики была изучена корреляция отношения преперitoneального и подкожного жира, определенного при ультразвуковом

исследовании, с отношением висцерального и подкожного жира, подсчитанным при КТ. В результате был получен высокий коэффициент корреляции – 0,746 ($P < 0,05$), хотя в нашем исследовании результат был значительно скромнее.

Для клинической практики имеет значение определение граничных значений показателей ВЖТ. Такие данные приведены в табл. 2. Следует учитывать, что представленные показатели носят ориентировочный характер. В идеале норматив показателей следует определять, исходя из популяционной нормы, то есть при обследовании определенной популяции, что является трудновыполнимой задачей. Не случайно нормативы ВЖТ по эхографическим методикам для европеоидов до сих пор отсутствуют. В Японии установлены показатели риска, связанные с ожирением. Ими являются площадь висцерального жира $\geq 100 \text{ см}^2$, ИМТ $\geq 25 \text{ кг}/\text{м}^2$, окружность талии у мужчин $\geq 80 \text{ см}$ и у женщин $\geq 90 \text{ см}$ [4]. Вероятно, для каждой нозологии, патогенетически связанной с избыtkом ВЖТ, следует определять специфический уровень граничного значения нормы ВЖТ определенной локализации. Если не касаться индивидуальных характеристик распределения жировой ткани, в достаточно больших группах обследуемых в целом повышенное содержание в организме общего жира коррелирует с избыtkом ВЖТ [26, 27]. Поэтому, применивая ИМТ, равный $25 \text{ кг}/\text{м}^2$, как пороговое значение для разграничения пациентов с нормальной и повышенной массой тела, мы определили нормативы для ВЖТ по данным ультразвукового исследования и КТ.

По нашим данным при одинаковом ИМТ установлено более выраженное висцеральное ожирение у мужчин, чем у женщин, что при измерении ВЖТ при КТ было обнаружено ранее и другими авторами [28]. Предполагают, что такие половые различия в висцеральном ожирении в значительной степени, но не полностью объясняют гендерный разрыв в различиях кардиометabolического риска [29]. Эхографически определяемые показатели ВЖТ вооружают современных специалистов доступной методикой для многостороннего изучения висцерального ожирения в клинических исследованиях.

ВЫВОДЫ

1. Корреляция большинства изученных ультразвуковых показателей количества ВЖТ с величиной, определенной при КТ, имеет среднюю силу ($P < 0,05$).

2. Для ультразвукового определения внутрибрюшной ВЖТ целесообразно использовать расстояние от внутренней поверхности прямой мышцы живота до передней стенки аорты. В норме этот показатель ≤ 37 мм (чувствительность – 69,0%, специфичность – 88,9%, площадь под кривой – 0,853).

3. Ультразвуковую оценку оклопочечной ВЖТ следует проводить по ее площади в нижней части. Границное верхнее значение нормы этого показателя равно справа $11,5 \text{ см}^2$ (чувствительность – 86,2%, специфичность – 84,5%, площадь под кривой – 0,888), слева – $10,0 \text{ см}^2$ (чувствительность – 80,8%, специфичность – 88,2%, площадь под кривой – 0,884).

4. Толщину эпикардиальной и перикардиальной ВЖТ целесообразно определять в конце систолы, границное верхнее значение нормы при этом составляет 3,5 мм (чувствительность – 82,8%, специфичность – 77,8%, площадь под кривой – 0,833) и 5,0 мм (чувствительность – 93,1%, специфичность – 61,1%, площадь под кривой – 0,789) соответственно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Caballero B. The global epidemic of obesity: an overview // Epidemiol. Rev. 2007. V. 29. P. 1–5.
- Goyal A., Nimmakayala K.R., Zonszein J. Is there a paradox in obesity? // Cardiol. Rev. 2014. V. 22. No. 4. P. 163–170.
- Wajchenberg B.L. Subcutaneous and visceral adipose tissue: their relation to the metabolic syndrome // Endocr. Rev. 2000. V. 21. No. 6. P. 697–738.
- Oda E. New criteria for “obesity disease” in Japan // Circ. J. 2006. V. 70. No. 1. P. 150.
- Armellini F., Zamboni M., Rigo L., Todesco T., Bergamo-Andreis I.A., Procacci C., Bosello O. The contribution of sonography to the measurement of intra-abdominal fat // J. Clin. Ultrasound. 1990. V. 18. No. 7. P. 563–567.
- Armellini F., Zamboni M., Robbi R., Todesco T., Rigo L., Bergamo-Andreis I.A., Bosello O. Total and intra-abdominal fat measurements by ultrasound and computerized tomography // Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord. 1993. V. 17. No. 4. P. 209–214.
- Rissanen P., Makimattila S., Vehmas T., Taavitsainen M., Rissanen A. Effect of weight loss and regional fat distribution on plasma leptin concentration in obese women // Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord. 1999. V. 23. No. 6. P. 645–649.
- Vlachos I.S., Hatzioannou A., Perelas A., Perrea D.N. Sonographic assessment of regional adiposity // Am. J. Roentgenol. 2007. V. 189. No. 6. P. 1545–1553.
- 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. V. 44. No. 8. P. 794–799.
- Stolk R.P., Wink O., Zelissen P.M., Meijer R., van Gils A.P., Grobbee D.E. Validity and reproducibility of ultrasonography for the measurement of intra-abdominal adipose tissue // Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord. 2001. V. 25. No. 9. P. 1346–1351.
- 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. V. 32. No. 3. P. 387–392.
- Kawasaki S., Aoki K., Hasegawa O., Numata K., Tanaka K., Shibata N., Shimada S., Okamura A., Terauchi Y. Sonographic evaluation of visceral fat by measuring para- and perirenal fat // J. Clin. Ultrasound. 2008. V. 36. No. 3. P. 129–133.
- Grima P., Guido M., Chiavaroli R., Zizza A. Ultrasound-assessed perirenal fat is related to increased ophthalmic artery resistance index in HIV-1 patients // Cardiovasc. Ultrasound. 2010. V. 8. P. 24.
- 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. V. 16. Suppl. 1. P. 339–345.
- Iacobellis G., Assael F., Ribaudo M.C., Zappaterreno A., Alessi G., Di Mario U., Leonetti F. Epicardial fat from echocardiography: a new method for visceral adipose tissue prediction // Obes. Res. 2003. V. 11. No. 2. P. 304–310.
- Willens H.J., Gomez-Marin O., Chirinos J.A., Goldberg R., Lowery M.H., Iacobellis G. Comparison of epicardial and pericardial fat thickness assessed by echocardiography in African American and non-Hispanic White men: a pilot study // Ethn. Dis. 2008. V. 18. No. 3. P. 311–316.
- 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. V. 95. No. 3. P. 309–314.
- Nelson M.R., Mookadam F., Thota V., Emani U., Al Harthi M., Lester S.J., Cha S., Stepanek J., Hurst R.T. Epicardial fat: an additional measurement for subclinical atherosclerosis and cardiovascular risk stratification? // J. Am. Soc. Echocardiogr. 2011. V. 24. No. 3. P. 339–345.
- Yoshizumi T., Nakamura T., Yamane M., Islam A.H., Menju M., Yamasaki K., Arai T.,

- Kotani K., Funahashi T., Yamashita S., Matsuzawa Y. Abdominal fat: standardized technique for measurement at CT // Radiology. 1999. V. 211. No. 1. P. 283–286.
20. Реброва О.Ю. Статистический анализ медицинских данных. Применение пакета прикладных программ STATISTICA. М.: МедиаСфера, 2002. 312 с.
21. Бондаренко В.М., Марчук В.П., Пиманов С.И., Михайлова Н.А., Макаренко Е.В. Корреляция содержания висцеральной жировой ткани по данным компьютерной томографии с антропометрическими показателями и результатами ультразвукового исследования // Вестник ВГМУ. 2012. Т. 11. № 1. С. 157–165.
22. Miao C., Chen S., Ding J., Liu K., Li D., Macedo R., Lai S., Vogel-Claussen J., Brown E.R., Lima J.A., Bluemke D.A. The association of pericardial fat with coronary artery plaque index at MR imaging: the Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis (MESA) // Radiology. 2011. V. 261. No. 1. P. 109–115.
23. Jeong J.W., Jeong M.H., Yun K.H., Oh S.K., Park E.M., Kim Y.K., Rhee S.J., Lee E.M., Lee J., Yoo N.J., Kim N.H., Park J.C. Echocardiographic epicardial fat thickness and coronary artery disease // Circ. J. 2007. V. 71. No. 4. P. 536–539.
24. Bachar G.N., Dicker D., Kornowski R., Atar E. Epicardial adipose tissue as a predictor of coronary artery disease in asymptomatic subjects // Am. J. Cardiol. 2012. V. 110. No. 4. P. 534–538.
25. Djaber R., Schuijff J.D., van Werkhoven J.M., Nucifora G., Jukema J.W., Bax J.J. Relation of epicardial adipose tissue to coronary atherosclerosis // Am. J. Cardiol. 2008. V. 102. No. 12. P. 1602–1607.
26. El-Dayem S.M.A., El-Masry S.A., Elghawaby H., Amin F.G., Ibrahim I.A. Total and intra-abdominal fat distribution in obese adolescents using different techniques: anthropometry, BIA and CT // Maced. J. Med. Sci. 2012. V. 5. No. 3. P. 269–274.
27. Shah R.V., Murthy V.L., Abbasi S.A., Blankstein R., Kwong R.Y., Goldfine A.B., Jerosch-Herold M., Lima J.A., Ding J., Allison M.A. Visceral adiposity and the risk of metabolic syndrome across body mass index: the MESA Study // JACC Cardiovasc. Imaging. 2014. V. 7. No. 12. P. 1221–1235.
28. Dixon A.K. Abdominal fat assessed by computed tomography: sex difference in distribution // Clin. Radiol. 1983. V. 34. No. 2. P. 189–191.
29. Lemieux S., Despres J.P., Moorjani S., Nadeau A., Theriault G., Prud'homme D., Tremblay A., Bouchard C., Lupien P.J. Are gender differences in cardiovascular disease risk factors explained by the level of visceral adipose tissue? // Diabetologia. 1994. V. 37. No. 8. P. 757–764.

Ultrasound and Computed Tomography in Visceral Adipose Tissue Assessment

S.I. Pimanov¹, V.M. Bondarenko¹, V.P. Marchuck²,

N.A. Mikhailava², A.L. Sapeha³, E.V. Makarenko¹

¹ *Vitebsk State Medical University, Vitebsk, Belarus*

² *Vitebsk Regional Diagnostic Center, Vitebsk, Belarus*

³ *Vitebsk Regional Clinical Hospital, Vitebsk, Belarus*

S.I. Pimanov – M.D., Ph.D., Professor, Director, Division of Therapy, Vitebsk State Medical University, Vitebsk, Belarus. V.M. Bondarenko – M.D., Associate Professor, Division of Surgery, Vitebsk State Medical University, Vitebsk, Belarus. V.P. Marchuck – M.D., Ph.D., Head of Department of Radiology, Vitebsk Regional Diagnostic Center, Vitebsk, Belarus. N.A. Mikhailava – M.D., Ph.D., Ultrasound and Functional Diagnostics Department, Vitebsk Regional Diagnostic Center, Vitebsk, Belarus. A.L. Sapeha – M.D., Department of Radiology, Vitebsk Regional Clinical Hospital, Vitebsk, Belarus. E.V. Makarenko – M.D., Ph.D., Professor, Division of Therapy, Vitebsk State Medical University, Vitebsk, Belarus.

Aim of the study was visceral adipose tissue quantitative assessment with ultrasound and computed tomography. 101 people (51 men and 50 women) aged from 18 up to 65 years old were included in the study. Correlation between the ultrasound and computed tomography quantitative measures was moderate ($P < 0.05$). The normal value of thickness from abdominal muscle to aorta was ≤ 37 mm (sensitivity – 69.0%, specificity – 88.9%, AUC – 0.853). Cut-off level for inferior part of the perirenal fat area on the right was 11.5 cm² side (sensitivity – 86.2%, specificity – 84.5%, AUC – 0.888), on the left – 10.0 cm² (sensitivity – 80.8%, specificity – 88.2%, AUC – 0.884). The thickness of the epicardial and pericardial fat should be measured at the end of the systole, cut-off levels were 3.5 mm (sensitivity – 82.8%, specificity – 77.8%, AUC – 0.833) and 5.0 mm (sensitivity – 93.1%, specificity – 61.1%, AUC – 0.789) respectively.

Key words: *ultrasound diagnostics, computed tomography, visceral adipose tissue, abdominal fat, peri-renal fat, epicardial fat, pericardial fat.*