



Ультразвуковые возможности диагностики саркопенического ожирения (обзор литературы)

Цыганков Д. А., Кривошапова К. Е., Цыганкова Д. П.

На фоне увеличения средней продолжительности жизни населения, соответственно растет распространенность саркопенического ожирения (СО). Существующие определения СО основаны на индивидуальных формулировках саркопении и ожирения, но в настоящее время нет единого мнения, определяющего пороговые значения для любого из этих заболеваний, что затрудняет постановку точного диагноза. И в то же время лечение данного состояния важно для предотвращения инвалидизации у пожилых людей. В связи с этим целью настоящего обзора явился анализ особенностей и возможности ультразвуковых методов диагностики СО. Поскольку ультразвуковое исследование дешевле, мобильнее и доступнее, чем другие методы, оно имеет потенциал для широкого использования в качестве инструмента клинического скрининга для выявления людей с СО. Также данный метод можно применять и для диагностики ожирения, нивелируя тем самым погрешности индекса массы тела.

Ключевые слова: саркопеническое ожирение, старость, ультразвуковые критерии диагностики саркопении, ожирение, сила мышц.

Отношения и деятельность. Работа выполнена при поддержке гранта РНФ "Патофизиологические особенности формирования остеосаркопенического ожирения при мультифокальном атеросклерозе как маркера биологического старения", № 22-15-00305.

Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний, Кемерово, Россия.

Цыганков Д. А. — м.н.с. лаборатории лучевых методов диагностики, отдела клинической кардиологии, ORCID: 0000-0003-2516-2869, Кривошапова К. Е. — к.м.н., н.с. лаборатории коморбидности при сердечно-сосудистых заболеваниях, ORCID: 0000-0003-2384-5682, Цыганкова Д. П.* — д.м.н., с.н.с. лаборатории эпидемиологии сердечно-сосудистых заболеваний, ORCID: 0000-0001-6136-0518.

*Автор, ответственный за переписку (Corresponding author):
darjapavlovna2014@mail.ru

ДИ — доверительный интервал, ИМТ — индекс массы тела, КТ — компьютерная томография, МРТ — магнитно-резонансная томография, ОШ — отношение шансов, СО — саркопеническое ожирение, УЗИ — ультразвуковое исследование.

Рукопись получена 26.01.2023

Рецензия получена 14.02.2023

Принята к публикации 08.08.2023



Для цитирования: Цыганков Д. А., Кривошапова К. Е., Цыганкова Д. П. Ультразвуковые возможности диагностики саркопенического ожирения (обзор литературы). *Российский кардиологический журнал*. 2023;28(3S):5345. doi:10.15829/1560-4071-2023-5345. EDN FQAGIP

Ultrasound potential in sarcopenic obesity diagnosis: a literature review

Tsygankov D. A., Krivoshepova K. E., Tsygankova D. P.

With an increase in the average life expectancy of the population, the prevalence of sarcopenic obesity (SO) is correspondingly growing. Existing definitions of SO are based on description of sarcopenia and obesity, but there is currently no consensus defining thresholds for either of these conditions, making an accurate diagnosis difficult. At the same time, its treatment is important to prevent disability in the elderly. In this regard, the purpose of this review was to analyze the ultrasound potential for SO diagnosis. Since ultrasound is cheaper, more portable, and more accessible than other methods, it has the potential to be widely used as a clinical screening tool for identifying people with SO. Also, this method can be used to diagnose obesity, thereby leveling the errors in body mass index.

Keywords: sarcopenic obesity, old age, ultrasound diagnostic criteria for sarcopenia, obesity, muscle strength.

Relationships and Activities. The work was supported by the Russian Science Foundation grant "Pathophysiological features of osteosarcopenic obesity

development in multifocal atherosclerosis as a marker of biological aging", № 22-15-00305.

Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases, Kemerovo, Russia.

Tsygankov D. A. ORCID: 0000-0003-2516-2869, Krivoshepova K. E. ORCID: 0000-0003-2384-5682, Tsygankova D. P.* ORCID: 0000-0001-6136-0518.

*Corresponding author: darjapavlovna2014@mail.ru

Received: 26.01.2023 **Revision Received:** 14.02.2023 **Accepted:** 08.08.2023

For citation: Tsygankov D. A., Krivoshepova K. E., Tsygankova D. P. Ultrasound potential in sarcopenic obesity diagnosis: a literature review. *Russian Journal of Cardiology*. 2023;28(3S):5345. doi:10.15829/1560-4071-2023-5345. EDN FQAGIP

Лица старше 65 лет составляют ~13% населения всего мира и являются самой быстрорастущей демографической группой¹. По прогнозам некоторых ученых, с увеличением средней продолжительности

жизни доля населения старше 60 лет к 2050г достигнет 21% (2,1 млрд человек), а старше 80 лет — >5%².

Процесс старения человечества неизбежно приводит к увеличению частоты встречаемости саркопе-

¹ Nations United, Department of Economic Population Division. World Population Prospects: The 2017 Revision, Key Findings and Advance Tables. Working Paper No. ESA/P/WP/248 (United Nations, 2017).

² United Nations Department of Economic and Social Affairs (DESA)/Population Division (2019). World population prospects. <https://population.un.org/wpp/Download/Standard/Population>. 2019.

Ключевые моменты

- Ультразвуковое исследование обладает рядом преимуществ перед другими методами лучевой диагностики саркопенического ожирения (СО): низкая стоимость, мобильность, доступность.
- Помимо диагностики саркопении, как одного из компонентов СО, данный метод может использоваться и для диагностики ожирения. Что, в свою очередь, поможет снизить материальные и временные затраты, и повысить точность диагностики.
- Необходимы дальнейшие исследования для определения пороговых значений параметров, необходимых для ультразвуковой диагностики и определения роли подкожного и висцерального ожирения в патогенезе СО.

Key messages

- Ultrasound has a following number of advantages over other radiation diagnosis of sarcopenic obesity (SO): low cost, mobility, availability.
- In addition to the diagnosis of sarcopenia, as one of SO components, this method can also be used to diagnose obesity. This, in turn, will help to reduce material and time costs, and improve the accuracy of diagnostics.
- Further research is needed to determine the threshold values required for ultrasound diagnosis and determine the role of subcutaneous and visceral obesity in the pathogenesis of SO.

нии среди населения. Саркопения является частым гериатрическим синдромом в общей популяции и одной из наиболее актуальных и значимых проблем современной медицины, с которым сталкиваются в клинической практике врачи различных специальностей [1]. Среди этой когорты населения также неуклонно растет распространенность ожирения [2]. Например, в Соединенных Штатах 38,5% мужчин и 43,1% женщин старше 65 лет имеют данный диагноз³. В Российской Федерации по данным девятилетнего проспективного исследования "Хрусталь", лишь 19,5% участников старше 65 лет имели нормальный индекс массы тела (ИМТ) [3].

Саркопения усугубляет неблагоприятные последствия ожирения у пожилых людей, что приводит к саркопеническому ожирению (СО) [4]. На фоне увеличения средней продолжительности жизни населения, соответственно растет распространенность СО. Заболеваемость СО у пожилых людей во всем мире составляет ~11,0% [5].

СО сопровождается повышенной потерей мышечной массы и увеличением жировой ткани, с одновременным замещением мышечных волокон жировыми клетками, это влечет за собой сочетанные риски для здоровья, свойственные как саркопении, так и ожирению (слабость, падения, инвалидность, переломы, кардиометаболические и респираторные заболевания, рак и повышенная смертность) [4, 6-8]. Соответственно, важно, чтобы практикующие врачи и исследователи достигли компромисса в отношении определения и диагностики СО и сосредоточились на его раннем выявлении [9].

В связи с этим целью настоящего обзора явился анализ особенностей и возможности ультразвуковых методов диагностики СО.

Материал и методы

Работа не является систематическим обзором, поиск литературы был проведен по базам данных eLibrary, PubMed, с использованием ключевых слов: СО, старость, ультразвуковые критерии диагностики саркопении, ожирение, сила мышц, sarcopenic obesity, old age, ultrasound diagnostic criteria for sarcopenia, obesity, muscle strength. Анализировали статьи до 1 августа 2022г, содержащие данные об особенностях ультразвуковой диагностики СО. Из анализа исключались авторефераты диссертаций, тезисы конгрессов и конференций, а также работы, в которых были представлены неполные данные. На этапе формирования литературного обзора из 763 были отобраны 58 источников, опубликованные преимущественно за последние 10 лет и удовлетворяющие вышеуказанным критериям.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ "Патофизиологические особенности формирования остеосаркопенического ожирения при мультифокальном атеросклерозе как маркера биологического старения", № 22-15-00305.

Результаты

Патогенез СО связан со специфической для пола трансформацией мышечной и жировой ткани, которая частично связана с возрастными изменениями концентрации эстрогена и тестостерона. У женщин в период менопаузы происходит увеличение как общей, так и жировой массы, особенно в висцеральных депо. Ожирение приобретает абдоминальный характер, при этом объем мышечной ткани значительно уменьшается [4]. У мужчин в молодом возрасте тестостерон способствует регенерации мышц посред-

³ Hales CM, Carroll MD, Fryar CD, et al. Prevalence of obesity among adults and youth: United States, 2015-2016. Centers for Disease Control and Prevention. <https://www.cdc.gov/nchs/data/databriefs/db288.pdf>.

ством активации сателлитных клеток. Известно, что уровень тестостерона снижается примерно на 1% в год, что, соответственно, отражается на мышечной массе и распределении жира при старении [4]. Кроме того, имеется ряд механизмов, которые также могут объяснить снижение мышечной массы и силы при СО — атрофия мышечных волокон II типа, уменьшение числа двигательных нейронов, отложение коллагена и некроз мышечных волокон [4].

Основными биологическими факторами, лежащими в основе СО, являются возрастные метаболические изменения, которые с течением времени способствуют отложению жира с провоспалительным каскадом событий, а также наличие сопутствующих соматических заболеваний, которые развиваются по мере старения [9]. Поддержание нормальной массы тела, сбалансированная диета с разумным ограничением калорий и физическая активность могут препятствовать и тормозить эти процессы [4].

Хотя большинство современных работ посвящено пожилым людям, саркопения и СО диагностируются и у лиц младше 65 лет. Имеются данные, что сахарный диабет, рак, хроническая обструктивная болезнь легких, цирроз печени и ревматоидный артрит способствуют потере мышечной массы (с сопутствующим ожирением или без него) [9].

Также доказано, что лица с СО имеют более высокий риск (отношение шансов (ОШ) 3,51, 95% доверительный интервал (ДИ): 2,15-5,75) остеоартрита коленного сустава, чем лица без данного диагноза [10]. Шестилетнее исследование Atkins JL, et al. продемонстрировало, что сочетание ожирения, определяемого по ИМТ, и низкой силы мышц руки ассоциировалось с повышенным риском развития сахарного диабета 2 типа (ОШ 3,57, 95% ДИ: 2,04-6,24) [11]. Также имеются данные, что частота депрессии выше у пациентов с СО, определяемым аналогичным способом (ОШ 1,79, 95% ДИ: 1,10-2,89), по сравнению с лицами без данного диагноза [12]. Эти данные были воспроизведены Ishii S, et al. при использовании мышечной силы и процентного содержания жира в организме как критериев СО [13]. Также в настоящее время ученые установили роль СО в развитии рака [14], что дополнительно демонстрирует его связь с неблагоприятными событиями для здоровья [4]. СО способствует увеличению продолжительности пребывания в больнице и повышенной смертности в стационаре [9].

Однако эпидемиологические исследования, изучающие взаимосвязь между СО и смертностью, дали противоречивые результаты [11, 15-19]. Продольное исследование 2017г продемонстрировало небольшие различия между смертностью от всех причин и сочетанием ожирения, определяемым по ИМТ, и низкой мышечной силой [20]. Но большинство других работ показали, что смертность была значительно выше у лю-

дей с СО, независимо от используемых критериев [4]. Так, Tian S, et al. определили связь между смертностью и СО, определяемым с помощью окружности плеча (ОШ 1,46, 95% ДИ: 1,23-1,73) и мышечной силы с окружностью талии (ОШ 1,23, 95% ДИ: 1,09-1,38) [21], а также с помощью мышечной массы, оцениваемой по биоэлектрическому импедансу и процентному содержанию жира в организме (ОШ 1,29, 95% ДИ: 1,03-1,60) [21].

Крупное проспективное исследование MiniFinland Health Examination Study также показало, что снижение мышечной силы связано с повышенной смертностью (ОШ 1,30, 95% ДИ: 1,09-1,54) [22]. A Rossi AP, et al. продемонстрировали, что снижение изометрической силы ног и увеличение окружности талии связаны с повышенной смертностью (ОШ 2,46, 95% ДИ: 1,34-4,52) [19].

Это в очередной раз доказывает, что двойное бремя саркопии и ожирения может усиливать риск неблагоприятных исходов для здоровья, приводя к значительно большей заболеваемости и инвалидности, чем каждый из них по отдельности [9].

В настоящее время нет единого мнения об определении и диагностических критериях СО. Необходимы дополнительные исследования, чтобы прояснить патогенез СО и точное определение с диагностическими критериями СО и для дальнейшей формулировки оптимальной диеты и физических упражнений, чтобы обеспечить индивидуальное лечение и способствовать здоровому старению. Лечение СО важно для предотвращения инвалидизации у пожилых людей [9].

Существующие определения СО основаны на индивидуальных формулировках саркопии и ожирения, но в настоящее время нет единого мнения, определяющего пороговые значения для любого из этих заболеваний, что затрудняет постановку точного диагноза [4].

Так, например, обзор восьми определений СО выявил 19- и 26-кратную изменчивость показателей в зависимости от пола [23]. Анализ показал, что диагноз сильно зависел от числовых значений пограничных показателей в разных популяциях и способов определений мышечной массы [4]. Исследователи продемонстрировали, что показатели распространенности СО, в зависимости от применяемого критерия диагностики, варьировали от 0-84,5% у женщин до 0-100% у мужчин [24].

Методы диагностической визуализации, включая компьютерную томографию (КТ), магнитно-резонансную томографию (МРТ) и ультразвуковое исследование (УЗИ), широко используются для оценки размера мышечной ткани, в качестве одной из составляющих СО [25]. Поскольку УЗИ дешевле, мобильнее и доступнее, чем другие методы, оно имеет потенциал для широкого использования в качестве

инструмента клинического скрининга для выявления людей с СО (табл. 1). А толщину мышц, измеренную с помощью УЗИ, можно использовать для точного измерения мышечной массы [25]. Работа Neira Álvarez M, et al. (2021) продемонстрировала надежность и хорошую корреляцию между показателями толщины икроножной мышцы и аппендикулярной тощей массой, измеренной с помощью денситометрии ($r=0,546$ и $r=0,689$, соответственно), и между толщиной икроножной мышцы в поперечной и продольной плоскостях и окружностью икр ($r=0,651$ и $r=0,447$, соответственно) [26]. Метаанализ, проведенный Zhao R, et al. (2022), продемонстрировал умеренную диагностическую ценность толщины прямой мышцы бедра и икроножной мышцы, измеренных с помощью УЗИ (SROC = 0,76, 95% ДИ: 0,72-0,79 и SROC = 0,80, 95% ДИ: 0,76-0,83, соответственно). Кроме того, наблюдалась корреляция умеренной силы между мышечной массой при денситометрии или биоэлектрическом импедансе и толщиной мышц при УЗИ ($r=0,56$, 95% ДИ: 0,49-0,62). А также корреляция от низкой до умеренной силы связи между мышечной массой при денситометрии или биоэлектрическом импедансе и площадью поперечного сечения на УЗИ ($r=0,267$ -0,584). Корреляция площади поперечного сечения мышц по УЗИ имела высокую или очень высокую силу связи с данными КТ или МРТ ($r=0,826$) [27]. А также ряд других работ продемонстрировали сравнительную надежность, точность и воспроизводимость, по сравнению с другими методами исследования [28].

УЗИ — это метод визуализации, позволяющий в реальном времени определить наличие деформации ткани скелетных мышц. Доступны несколько методов ультразвуковой диагностики, но наиболее распространенным является компрессионная ультразвуковая эхография, в которой используется компрессия тканей с помощью датчика [29]. Возникающее в результате осевое смещение мышечной ткани (деформация) определяется количественными показателями. Старение и саркопения способствуют изменению качества скелетных мышц (например, фиброзу) и приводят к биомеханическим трансформациям (жесткость и потеря эластичности), которые могут визуализироваться с помощью данного метода исследования [29]. Здоровая мышца является эхопрозрачной или "темной", поскольку звуковые волны проходят через однородную ткань и отражаются обратно только тогда, когда они взаимодействуют с волокнистыми структурами. По мере старения и развития саркопии в скелетных мышцах наблюдается инфильтрация жировой ткани и фиброз, что приводит к появлению новых плоскостей отражения звука. Эти изменения сопровождаются увеличением эхогенности, на что указывают белый цвет мышцы на экране, а количество "белой" и "темной" мышеч-

Таблица 1

Преимущества и недостатки диагностики СО с помощью УЗИ по сравнению с другими лучевыми методами

Критерии	УЗИ	МРТ/КТ	Денситометрия
Стоимость	+	-	-
Доступность для пациента	+	-	-
Точность	+/-	+	+
Лучевая нагрузка	+	-	-
Компонент СО	саркопения + ожирение	саркопения + ожирение	саркопения

Сокращения: КТ — компьютерная томография, МРТ — магнитно-резонансная томография, СО — саркопеническое ожирение, УЗИ — ультразвуковое исследование.

ной ткани на сонографических изображениях можно оценить количественно [29].

При диагностике саркопии с помощью УЗИ возможно использование шести анатомических ориентиров: передняя (1) и задняя поверхность плеча (2) — на передней и задней поверхности на 60% дистальнее между латеральным надмыщелком плечевой кости и акромиальным отростком лопатки; живот (3) — на расстоянии 2-3 см правее пупка; подлопаточная область (4) — на расстоянии 5 см, непосредственно под нижним углом лопатки; передняя (5) и задняя поверхность бедра (6) — на передней и задней поверхности, посередине между латеральным мыщелком бедренной кости и большим вертелом [25].

Однако разнообразие анатомических ориентиров для УЗИ состояния мышц и отсутствие пороговых значений также вносит разногласие в диагностические критерии СО.

Ido A, et al. было проведено исследование, направленное на изучение взаимосвязи между размером мышц в разных анатомических ориентирах и факторами риска метаболического синдрома. Размер мышц в области живота, по сравнению с передней и задней поверхностью бедра, лучше прогнозировал риск метаболического синдрома у пациентов с СО. Кроме того, уровень гликированного гемоглобина и количество факторов риска развития метаболического синдрома в группе СО (диагностированного с использованием толщины мышц живота) были значительно выше, чем в группе с общим ожирением [25]. Это может быть связано с влиянием общего веса на нижние конечности: мышечная масса в нижних конечностях растет по мере увеличения массы тела, в то время как мышечная масса в области живота меньше зависит от неё. Rolland Y, et al. подтвердили данную гипотезу, изучив мышечную массу ног у женщин с ожирением и без него. Женщины с ожирением (ИМТ >29) имели более высокую массу аппендикулярных скелетных мышц и мышечную массу ног по сравнению с женщинами с нормальным и не-

Таблица 2

Особенности диагностики мышечного компонента СО с помощью УЗИ

Мышцы		Положение исследуемого	Авторы и год исследования
Мышцы ног	Прямая мышца бедра	Лежа на спине при полном разгибании ног	Harris-Love MO, et al. (2016) [33]; Minetto MA, et al. (2016) [34]; Mota JA, et al. (2017) [35]; Ticinesi A, et al. (2018) [36]
		Колени под углом 10°	Scanlon TC, et al. (2014) [37]; Mangine GT, et al. (2014) [38]
		Полуфаулеровская поза (на спине с подъемом верхней части туловища на 30°, ноги вытянуты)	Mueller N, et al. (2016) [39]
		Сидя с наклоном бедер и коленей под углом 90°	Berger J, et al. (2015) [40]
		Сидя с бедрами под углом 90° и коленями под углом 60°	Fukumoto Y, et al. (2012) [41]
		Стоя	Nakatani M, et al. (2016) [42]
	Латеральная широкая мышца бедра	Лежа на спине с полным разгибанием	Lixandrão ME, et al. (2016) [43]
		Лежа на спине, колени под углом 10°	Mangine GT, et al. (2014) [38]
		Лежа на спине, ноги под углом 50°	Kleinberg CR, et al. (2016) [44]
		Сидя с бедрами и коленями под углом 90°	Fukutani A, et al. (2015) [45]
	Медиальная широкая мышца бедра	Лежа на спине при полном разгибании ног	Rech A, et al. (2014) [46]
	Промежуточная широкая мышца бедра	Лежа на спине при полном разгибании ног	Rech A, et al. (2014) [46]
		Положение полуфаулера	Cruz-Montecinos C, et al. (2016) [47]
		Сидя с углом наклона бедер 90° и коленей 60°	Fukumoto Y, et al. (2012) [41]
		Стоя	Nakatani M, et al. (2016) [42]
	Четырехглавая мышца	Лежа на спине при полном разгибании	Akazawa N, et al. (2017) [48]
		Сидя, бедра под углом 90°, а колени — под углом 60°	Selva Raj I, et al. (2017) [49]
	Двуглавая мышца бедра	Лежа	Ikezoe T, et al. (2011) [50]
Мышцы голени	Передняя большеберцовая мышца	Лежа на спине при полном разгибании	de Boer MD, et al. (2008) [51]
	Медиальная икроножная мышца	Лежа	Minetto MA, et al. (2016) [34]
		Сидя с бедрами и коленями под углом 90°	Fukutani A, Kurihara T (2015) [45]
Мышцы плеча	Двуглавая мышца плеча	Лежа на спине при полном разгибании	Ido A, et al. 2015 [25]

достаточным весом (ИМТ = 24–29 и ИМТ < 24, соответственно) [30]. Это подтверждает вывод о том, что толщина мышц живота не связана с общей массой тела, даже после поправки на пол и возраст, в то время как между массой тела и толщиной мышц бедер была найдена значимая корреляция. Таким образом, несмотря на то, что возрастная потеря мышц в области бедер очевидна у пожилых людей, избыточный вес, возможно, способствует сохранению мышечной массы бедра, тем самым снижая чувствительность для выявления риска метаболического синдрома. Таким образом, толщина мышц живота, определенная с помощью УЗИ, может быть использована для выявления более высокого риска метаболического синдрома у пациентов с ожирением [25].

Tillquist M, et al. в своем исследовании, наоборот, продемонстрировали превосходную надежность ультразвуковых измерений толщины мышечного слоя четырехглавой мышцы бедра, рекомендуя использование этого метода в условиях стационара для диагностики СО [31].

Попытка определить пороговые значения для площади поперечного сечения мышц конечностей

с помощью УЗИ была предпринята Deniz O, et al. на 89 пациентах гериатрического отделения, старше 65 лет и составляла $\leq 5,22 \text{ см}^2$, с чувствительностью 95,8% и специфичностью 46,7% (площадь под кривой: 0,686) [32]. В таблице 2 представлены основные исследования, посвященные изучению мышечного компонента в диагностике СО.

Несомненно, измерение мышц с помощью УЗИ подвержено техническим ошибкам, вызванным сжимаемостью мышц, выбором надежного места, оптимальным положением датчика, а также состоянием гидратации исследуемого. Однако исследования последних лет убедительно демонстрируют высокую достоверность и воспроизводимость измерений толщины и площади поперечного сечения мышц с помощью УЗИ [33–51].

Кроме того, УЗИ позволяет диагностировать не только наличие саркопении, но и ожирения. Тем самым сводя к минимуму время для диагностики СО, материальные и временные ресурсы. УЗИ играет роль в изучении состава тела на уровне всего тела и тканей органов, обеспечивая прямое измерение толщины висцеральной жировой ткани и подкожной жировой

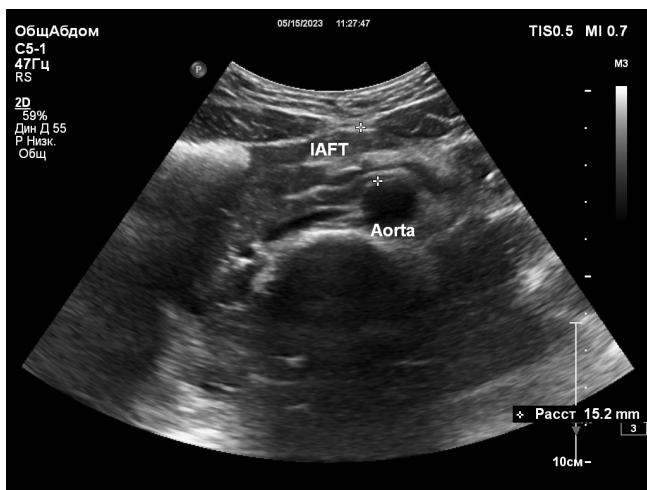


Рис. 1. На рисунке изображено измерение интраабдоминальной толщины жировой ткани (IAFT) — расстояние между передней стенкой аорты (Aorta) и задней поверхностью белой линии живота. Рисунок авторский.

ткани в различных осевых отделах живота; эта функция преодолевает некоторые ограничения антропометрии и лучевых методов диагностики. Благодаря своей точности, воспроизводимости и доступности [52] УЗИ является идеальным методом для оценки изменений жировой ткани [52, 53]. Проведение УЗИ возможно с раннего возраста, что делает эту технику ценным методом оценки возможных факторов риска, связанных с ожирением, на очень ранней стадии, а также у лиц с любой массой тела (в отличие от КТ и МРТ) [54].

Однако для диагностики ожирения с помощью УЗИ также существует несколько анатомических ориентиров. Каждый из которых продемонстрировал свою эффективность как в плане сопоставления данных с "золотым стандартом" — МРТ, так и в плане прогнозирования рисков, связанных с ожирением. Так, чаще всего используются: 1) интраабдоминальная толщина жировой ткани [55, 56] — измеряется от задней стенки прямой мышцы живота к передней стенке аорты (рис. 1); 2) индекс жира брюшной стенки — рассчитывается как отношение двух величин: толщины пребрюшинного жира/минимальной толщины подкожно-жировой клетчатки. Эти параметры оцениваются линейным датчиком в верхней части живота с продольным сканированием по срединной линии, чуть ниже мечевидного отростка, как основное расстояние между передней поверхностью брюшины, покрывающей печень, до задней поверхности белой линии (толщина пребрюшинного жира), а также расстояние между передней поверхностью белой линии и кожно-жировым барьером (минимальная толщина подкожно-жировой клетчатки в брюшной полости). На основании WFI ожирение можно разделить на висцеральный (WFI >1) и подкожный (WFI <1) тип [54, 57]; 3) предперитонеальный жир — оценивают также с помощью линейного датчика

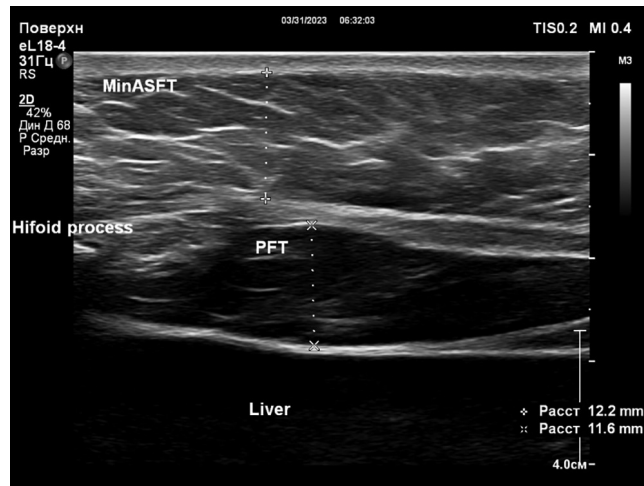


Рис. 2. На рисунке представлено измерение предперитонеального жира (PFT) — оценивается как максимальное расстояние между передней поверхностью брюшины, покрывающей печень (Liver), и задней поверхностью белой линии и минимальной толщины подкожно-жировой клетчатки (SATmin) — расстояние между передней поверхностью белой линии и кожно-жировым барьером. Рисунок авторский.



Рис. 3. На рисунке продемонстрировано измерение максимальной толщины подкожно-жировой клетчатки (SATmax) — расстояние между передней поверхностью белой линии и кожно-жировым барьером (максимальная толщина подкожно-жировой клетчатки в брюшной полости). Рисунок авторский.

(7,5 МГц), установленного продольно на уровне мечевидного отростка, как максимальное расстояние между передней поверхностью брюшины, покрывающей печень, и задней поверхностью белой линии (рис. 2) [32]; 4) подкожно-жировая клетчатка — используют два параметра: максимальная (рис. 3) и минимальная толщина подкожно-жировой клетчатки (рис. 2) [54, 56]. Максимальная толщина измеряется аналогично минимальной, только датчик располагается по средней линии живота, между мечевидным отростком и пупком [54, 56].

Кроме того, недостаточно данных, для определения пороговых значений УЗ маркеров ожирения для диагностики СО. Также не до конца определе-

на роль и подкожно-жировой клетчатки в развитии СО. В настоящее время отсутствуют клинические рекомендации для определения ожирения на основе толщины подкожной жировой клетчатки и висцерального жира, и в то же время работы некоторых ученых демонстрируют необходимость в дальнейших исследованиях для разграничения саркопенического подкожного ожирения и саркопенического висцерального ожирения [13, 58]. Поэтому необходимы полноценные крупномасштабные эпидемиологические исследования для решения вышепоставленных вопросов.

Заключение

СО является актуальной проблемой для здравоохранения ввиду постоянно увеличивающейся распространенности и развития осложнений, связанных с данной патологией. Отсутствие единого подхода к диагностике затрудняет анализ данной проблемы и разработку адекватных и эффективных мер для выявления групп риска и дальнейшее формирование

мер профилактики. УЗИ обладает рядом преимуществ перед другими методами лучевой диагностики СО: низкая стоимость, мобильность, доступность. И в связи с этим имеет потенциал для широкого использования в качестве инструмента клинического скрининга для выявления людей с СО. Помимо диагностики саркопении как одного из компонентов СО данный метод может использоваться и для диагностики ожирения. Что, в свою очередь, поможет снизить материальные и временные затраты, и повысить точность диагностики СО. В связи с этим необходимы дальнейшие исследования для определения пороговых значений параметров, необходимых для УЗИ диагностики и определения роли подкожного и висцерального ожирения в патогенезе СО.

Отношения и деятельность. Работа выполнена при поддержке гранта РНФ "Патофизиологические особенности формирования остеосаркопенического ожирения при мультифокальном атеросклерозе как маркера биологического старения", № 22-15-00305.

Литература/References

- Fomina NV, Utkina EV. Modern methods of sarcopenia diagnostics. *Siberian Medical Review*. 2022;(5):12-23. (In Russ.) Фомина Н. В., Уткина Е. В. Современные методы диагностики саркопении. *Сибирское медицинское обозрение*. 2022;(5):12-23. doi:10.20333/25000136-2022-5-12-23.
- Flegal KM, Kruszon-Moran D, Carroll MD, et al. Trends in obesity among adults in the United States, 2005 to 2014. *JAMA*. 2016;315:2284-2291. doi:10.1001/jama.2016.6458.
- Turushva AV, Frolova EV. Impact of overweight and obesity on mortality in older adults: results of a nine-year prospective the CRYSTAL study. *Russian Journal of Geriatric Medicine*. 2021;(1):44-52. (In Russ.) Турушева А. В., Фролова Е. В. Влияние избыточного веса и ожирения на смертность у пожилых: результаты девятилетнего проспективного исследования Хрусталь. *Российский журнал гериатрической медицины*. 2021;1:44-52. doi:10.37586/2686-8636-1-2021-44-52.
- Batsis JA, Villareal DT. Sarcopenic obesity in older adults: aetiology, epidemiology and treatment strategies. *Nat Rev Endocrinol*. 2018;14(9):513-37. doi:10.1038/s41574-018-0062-9.
- Gao Q, Mei F, Shang Y, et al. Global prevalence of sarcopenic obesity in older adults: A systematic review and meta-analysis. *Clin Nutr*. 2021;40:4633-41. doi:10.1016/j.clnu.2021.06.009.
- Kurmaev DP, Bulgakova SV, Treneva EV. Sarcopenic obesity is an actual problem of modern geriatrics. *Russian journal of geriatric medicine*. 2022;4(12):228-35. (In Russ.) Курмаев Д. П., Булгакова С. В., Тренива Е. В. Саркопеническое ожирение — актуальная проблема современной гериатрии. *Российский журнал гериатрической медицины*. 2022;4(12):228-35. doi:10.37586/2686-8636-4-2022-228-235.
- Wang M, Tan Y, Shi Y, et al. Diabetes and Sarcopenic Obesity: Pathogenesis, Diagnosis, and Treatments. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2020;11:568. doi:10.3389/fendo.2020.00568.
- Atkins JL, Wannamethee SG. Sarcopenic obesity in ageing: cardiovascular outcomes and mortality. *Br J Nutr*. 2020;124:1102-13. doi:10.1017/S0007114520002172.
- Ji T, Li Y, Ma L. Sarcopenic Obesity: An Emerging Public Health Problem. *Aging Dis*. 2022;13(2):379-88. doi:10.14336/AD.2021.1006.
- Scott D, Chandrasekara SD, Laslett LL, et al. Associations of sarcopenic obesity and dynapenic obesity with bone mineral density and incident fractures over 5-10 years in community-dwelling older adults. *Calcif. Tissue Int*. 2016;99:30-42. doi:10.1007/s00223-016-0123-9.
- Atkins JL, Whincup PH, Morris RW, et al. Sarcopenic obesity and risk of cardiovascular disease and mortality: a population-based cohort study of older men. *J. Am. Geriatr*. 2014;62:253-60. doi:10.1111/jgs.12652.
- Hamer M, Batty GD, Kimaki M. Sarcopenic obesity and risk of new onset depressive symptoms in older adults: English Longitudinal Study of Ageing. *Int. J. Obes. (Lond.)*. 2015;39:1717-20.
- Ishii S, Chang C, Tanaka T, et al. The association between sarcopenic obesity and depressive symptoms in older Japanese adults. *PLoS ONE*. 2016;11:e0162898. doi:10.1371/journal.pone.0162898.
- Mei KL, Batsis JA, Mills JB, et al. Sarcopenia and sarcopenic obesity: do they predict inferior oncologic outcomes after gastrointestinal cancer surgery? *Perioper. Med. (Lond.)*. 2016;5:30. doi:10.1186/s13741-016-0052-1.
- Batsis JA, Mackenzie TA, Emeny RT, et al. Low lean mass with and without obesity, and mortality: results from the 1999–2004 National Health and Nutrition Examination Survey. *J. Gerontol. A Biol. Sci. Med. Sci*. 2017;72:1445-51. doi:10.1093/gerona/glx002.
- Hirani V, Naganathan V, Blyth F, et al. Longitudinal associations between body composition, sarcopenic obesity and outcomes of frailty, disability, institutionalisation and mortality in community-dwelling older men: The Concord Health and Ageing in Men Project. *Age Ageing*. 2017;46:413-20. doi:10.1093/ageing/afw214.
- Androga L, Sharma D, Amodu A, et al. Sarcopenia, obesity, and mortality in US adults with and without chronic kidney disease. *Kidney Int*. 2017;2:201-11. doi:10.1016/j.jekir.2016.10.008.
- Malhotra R, Deger SM, Salat H, et al. Sarcopenic obesity definitions by body composition and mortality in the hemodialysis patients. *J. Ren. Nutr*. 2017;27:84-90. doi:10.1053/j.jrn.2016.09.010.
- Rossi AP, Bianchi L, Volpato S, et al. Dynapenic abdominal obesity as a predictor of worsening disability, hospitalization, and mortality in older adults: results from the InCHIANTI Study. *J. Gerontol. A Biol. Sci. Med. Sci*. 2017;72:1098-104. doi:10.1093/gerona/glw203.
- Hamer M, O'Donovan G. Sarcopenic obesity, weight loss, and mortality: the English Longitudinal Study of Ageing. *Am. J. Clin. Nutr*. 2017;106:125-9. doi:10.3945/ajcn.117.152488.
- Tian S, Xu Y. Association of sarcopenic obesity with the risk of all-cause mortality: a meta-analysis of prospective cohort studies. *Geriatr. Gerontol*. 2016;16:155-66. doi:10.1111/ggi.12579.
- Stenholm S, Mehta NK, Elo IT, et al. Obesity and muscle strength as long-term determinants of all-cause mortality — a 33-year follow-up of the Mini-Finland Health Examination Survey. *Int. J. Obes. (Lond.)*. 2014;38:1126-32. doi:10.1038/ijo.2013.214.
- Batsis JA, Barre LK, Mackenzie TA, et al. Variation in the prevalence of sarcopenia and sarcopenic obesity in older adults associated with different research definitions: dual-energy X-ray absorptiometry data from the National Health and Nutrition Examination Survey 1999-2004. *J. Am. Geriatr*. 2013;61:974-80. doi:10.1111/jgs.12260.
- Johnson Stoklossa CA, Sharma AM, Forhan M, et al. Prevalence of sarcopenic obesity in adults with class II/III obesity using different diagnostic criteria. *J. Nutr. Metab*. 2017;2017:7307618. doi:10.1155/2017/7307618.
- Ido A, Nakayama Y, Ishii K, et al. Ultrasound-derived abdominal muscle thickness better detects metabolic syndrome risk in obese patients than skeletal muscle index measured by dual-energy X-Ray absorptiometry. *PLoS One*. 2015;10(12):e0143858. doi:10.1371/journal.pone.0143858.
- Neira Álvarez M, Vázquez Ronda MA, Soler Rangel L, et al. Muscle Assessment by Ultrasonography: Agreement with Dual-Energy X-Ray Absorptiometry (DXA) and

- Relationship with Physical Performance. *J Nutr Health Aging*. 2021;25(8):956-63. doi:10.1007/s12603-021-1669-4.
27. Zhao R, Li X, Jiang Y, et al. Evaluation of Appendicular Muscle Mass in Sarcopenia in Older Adults Using Ultrasonography: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Gerontology*. 2022;68(10):1174-98. doi:10.1159/000525758.
28. Nijholt W, Scafoglieri A, Jager-Wittenaar H, et al. The reliability and validity of ultrasound to quantify muscles in older adults: a systematic review. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*. 2017;8(5):702-12. doi:10.1002/jcsm.12210.
29. Heymsfield SB, Gonzalez MC, Lu J, et al. Skeletal muscle mass and quality: evolution of modern measurement concepts in the context of sarcopenia. *Proc Nutr Soc*. 2015;74(4):355-66. doi:10.1017/S0029665115000129.
30. Rolland Y, Lauwers-Cances V, Pahor M, et al. Muscle strength in obese elderly women: effect of recreational physical activity in a cross-sectional study. *Am J Clin Nutr*. 2004;79(4):552-7. doi:10.1093/ajcn/79.4.552.
31. Tillquist M, Kutsogiannis DJ, Wischmeyer PE, et al. Bedside ultrasound is a practical and reliable measurement tool for assessing quadriceps muscle layer thickness. *JPEN J Parenter Enteral Nutr*. 2014;38(7):886-90. doi:10.1177/0148607113501327.
32. Deniz O, Cruz-Jentoft A, Sengul Aycicek G, et al. Role of Ultrasonography in Estimating Muscle Mass in Sarcopenic Obesity. *JPEN J Parenter Enteral Nutr*. 2020;44(8):1398-406. doi:10.1002/jpen.1830.
33. Harris-Love MO, Seamon BA, Teixeira C, et al. Ultrasound estimates of muscle quality in older adults: reliability and comparison of Photoshop and ImageJ for the grayscale analysis of muscle echogenicity. *PeerJ*. 2016;4:e1721. doi:10.7717/peerj.1721.
34. Minetto MA, Caresio C, Menapace T, et al. Ultrasound-Based Detection of Low Muscle Mass for Diagnosis of Sarcopenia in Older Adults. *PM R*. 2016;8(5):453-62. doi:10.1016/j.pmrj.2015.09.014.
35. Mota JA, Stock MS. Rectus Femoris Echo Intensity Correlates with Muscle Strength, but Not Endurance, in Younger and Older Men. *Ultrasound Med Biol*. 2017;43(8):1651-7. doi:10.1016/j.ultrasmedbio.2017.04.010.
36. Ticinesi A, Narici MV, Lauretani F, et al. Assessing sarcopenia with vastus lateralis muscle ultrasound: an operative protocol. *Aging Clin Exp Res*. 2018;30(12):1437-43. doi:10.1007/s40520-018-0958-1.
37. Scanlon TC, Fragala MS, Stout JR, et al. Muscle architecture and strength: adaptations to short-term resistance training in older adults. *Muscle Nerve*. 2014;49(4):584-92. doi:10.1002/mus.23969.
38. Mangine GT, Hoffman JR, Gonzalez AM, et al. Bilateral differences in muscle architecture and increased rate of injury in national basketball association players. *J Athl Train*. 2014;49(6):794-9. doi:10.4085/1062-6050-49.3.60.
39. Mueller N, Murthy S, Tainter CR, et al. Can Sarcopenia Quantified by Ultrasound of the Rectus Femoris Muscle Predict Adverse Outcome of Surgical Intensive Care Unit Patients as well as Frailty? A Prospective, Observational Cohort Study. *Ann Surg*. 2016;264(6):1116-24. doi:10.1097/SLA.0000000000001546.
40. Berger J, Bunout D, Barrera G, et al. Rectus femoris (RF) ultrasound for the assessment of muscle mass in older people. *Arch Gerontol Geriatr*. 2015;61(1):33-8. doi:10.1016/j.archger.2015.03.006.
41. Fukumoto Y, Ikezoe T, Tateuchi H, et al. Muscle mass and composition of the hip, thigh and abdominal muscles in women with and without hip osteoarthritis. *Ultrasound Med Biol*. 2012;38(9):1540-5. doi:10.1016/j.ultrasmedbio.2012.04.016.
42. Nakatani M, Takai Y, Akagi R, et al. Validity of muscle thickness-based prediction equation for quadriceps femoris volume in middle-aged and older men and women. *Eur J Appl Physiol*. 2016;116(11-12):2125-33. doi:10.1007/s00421-016-3464-1.
43. Lixandru ME, Damas F, Chacon-Mikahil MP, et al. Time Course of Resistance Training-Induced Muscle Hypertrophy in the Elderly. *J Strength Cond Res*. 2016;30(1):159-63. doi:10.1519/JSC.0000000000001019.
44. Kleinberg CR, Ryan ED, Tweedell AJ, et al. Influence of Lower Extremity Muscle Size and Quality on Stair-Climb Performance in Career Firefighters. *J Strength Cond Res*. 2016;30(6):1613-8. doi:10.1519/JSC.0000000000001268.
45. Fukutani A, Kurihara T. Comparison of the muscle fascicle length between resistance-trained and untrained individuals: cross-sectional observation. *Springerplus*. 2015;4:341. doi:10.1186/s40064-015-1133-1.
46. Rech A, Radaelli R, Goltz FR, et al. Echo intensity is negatively associated with functional capacity in older women. *Age (Dordr)*. 2014;36(5):9708. doi:10.1007/s11357-014-9708-2.
47. Cruz-Montecinos C, Cerda M, Sanzana-Cuche R, et al. Ultrasound assessment of fascial connectivity in the lower limb during maximal cervical flexion: technical aspects and practical application of automatic tracking. *BMC Sports Sci Med Rehabil*. 2016;8:18. doi:10.1186/s13102-016-0043-z.
48. Akazawa N, Harada K, Okawa N, et al. Relationships between muscle mass, intramuscular adipose and fibrous tissues of the quadriceps, and gait independence in chronic stroke survivors: a cross-sectional study. *Physiotherapy*. 2018;104(4):438-45. doi:10.1016/j.physio.2017.08.009.
49. Selva Raj I, Bird SR, Shield AJ. Ultrasound Measurements of Skeletal Muscle Architecture Are Associated with Strength and Functional Capacity in Older Adults. *Ultrasound Med Biol*. 2017;43(3):586-94. doi:10.1016/j.ultrasmedbio.2016.11.013.
50. Ikezoe T, Asakawa Y, Fukumoto Y, et al. Associations of muscle stiffness and thickness with muscle strength and muscle power in elderly women. *Geriatr Gerontol Int*. 2012;12(1):86-92. doi:10.1111/j.1447-0594.2011.00735.x.
51. de Boer MD, Seynnes OR, di Prampero PE, et al. Effect of 5 weeks horizontal bed rest on human muscle thickness and architecture of weight bearing and non-weight bearing muscles. *Eur J Appl Physiol*. 2008;104(2):401-7. doi:10.1007/s00421-008-0703-0.
52. Bazzocchi A, Filonzi G, Ponti F, et al. Accuracy, reproducibility and repeatability of ultrasonography in the assessment of abdominal adiposity. *Acad Radiol*. 2011;18:1133-43. doi:10.1016/j.acra.2011.04.014.
53. Bazzocchi A, Diano D, Ponti F, et al. A 360-degree overview of body composition in healthy people: relationships among anthropometry, ultrasonography, and dual-energy x-ray absorptiometry. *Nutrition*. 2014;30(6):696-701. doi:10.1016/j.nut.2013.11.013.
54. Tsygankov DA, Polikutina OM. Obesity as a risk factor for cardiovascular disease: focus on ultrasound. *Russian Journal of Cardiology*. 2021;26(5):4371. (In Russ.) Цыганков Д. А., Поликутина О. М. Ожирение как фактор риска кардиоваскулярной патологии: фокус на ультразвуковые исследования. *Российский кардиологический журнал*. 2021;26(5):4371. doi:10.15829/1560-4071-2021-4371.
55. Kokov AN, Brel NK, Masenko VL, et al. Quantitative assessment of visceral adipose depot in patients with ischemic heart disease by using of modern tomographic methods. *Complex Issues of Cardiovascular Diseases*. 2017;(3):113-9. (In Russ.) Коков А. Н., Брель Н. К., Масенко В. Л. и др. Количественная оценка висцерального жирового депо у больных ишемической болезнью сердца с использованием современных томографических методик. *Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний*. 2017;(3):113-9. doi:10.17802/2306-1278-2017-6-3-113-119.
56. Ponti F, De Cincque A, Fazio N, et al. Ultrasound imaging, a stethoscope for body composition assessment. *Quant Imaging Med Surg*. 2020;10(8):1699-722. doi:10.21037/qims-19-1048.
57. Ponti F, Santoro A, Mercatelli D, et al. Aging and Imaging Assessment of Body Composition: From Fat to Facts. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2020;10:861. doi:10.3389/fendo.2019.00861.
58. Perna S, Spadaccini D, Rondanelli M. Sarcopenic obesity: time to target the phenotypes. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*. 2019;10:710-1. doi:10.1002/jcsm.12425.