

К. Ю. Антюх¹, Е. А. Григоренко^{1,2}, Н. А. Васильева³,
Н. В. Семенова¹, М. Г. Колядко¹, Т. В. Курушко¹,
А. Ф. Шептулина⁴, О. М. Драпкина⁴, Н. П. Митьковская^{1,2}

УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ МЫШЕЧНОЙ МАССЫ В ДИАГНОСТИКЕ САРКОПЕНИИ У ПАЦИЕНТОВ С АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИЕЙ И НЕАЛКОГОЛЬНОЙ ЖИРОВОЙ БОЛЕЗНЬЮ ПЕЧЕНИ

Республиканский научно-практический центр «Кардиология»,
Минск, Республика Беларусь,¹

УО «Белорусский государственный медицинский университет» Минск,
Республика Беларусь,²

Республиканский центр медицинской реабилитации и бальнеолечения,
Минск, Республика Беларусь,³

Национальный медицинский исследовательский центр терапии
и профилактической медицины Министерства здравоохранения
Российской Федерации, Москва, Россия⁴

Цель исследования. Изучить возможности ультразвукового метода для оценки мышечной массы и ранней диагностики саркопении у пациентов молодого и среднего возраста с артериальной гипертензией (АГ) и неалкогольной жировой болезнью печени (НАЖБП).

Материалы и методы. Проведено поперечное (сравнительное), одноцентровое исследование, включавшее 92 пациента обоего пола с АГ I–II степени и НАЖБП в возрасте от 31 до 59 лет, средний возраст на момент включения в исследование составил $47,9 \pm 8,21$ лет. Мышечная масса определялась 3 способами: 1 – антропометрическими методами с помощью измерения окружности мышц плеча и окружности голени, 2 – ультразвуковой визуализацией мышечной ткани бедра, 3 – двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрией (ДРА) с определением мышечных индексов. Статистический анализ полученных данных осуществлялся с помощью пакета статистической программы SPSS 27.0 (IBM, USA). Полученные данные интерпретировали как достоверные, а различия между показателями считали значимыми при $p < 0,05$.

Результаты. Антропометрические методы оценки мышечной ткани не выявили значимых различий между исследуемыми группами. Определение мышечной массы с помощью ультразвукового метода у пациентов с АГ и НАЖБП продемонстрировало снижение размеров мышц, а также увеличение толщины подкожного жира у пациентов с саркопенией. Установлены многочисленные корреляционные связи между увеличением жировой массы и уменьшением мышечной массы.

Заключение. В отличие от антропометрических методов исследования, верификация снижения мышечной массы у пациентов с АГ и НАЖБП с помощью ультразвуковой визуализации мышц бедра может быть использована в качестве альтернативы ДРА для выявления саркопении на ранних стадиях ее развития.

Ключевые слова: саркопения, артериальная гипертензия, неалкогольная жировая болезнь печени, ожирение, мышцы, мышечная масса.

K. Yu. Antyukh, E. A. Grigorenko, N. A. Vasilyeva,
N. V. Semenova, M. G. Kolyadko, T. V. Kurushko, A. F. Sheptulina,
O. M. Drapkina, N. P. Mitkovskaya

ULTRASOUND VISUALIZATION OF MUSCLE MASS IN THE DIAGNOSIS OF SARCOPENIA IN PATIENTS WITH ARTERIAL HYPERTENSION AND NON-ALCOHOLIC FATTY LIVER DISEASE

Objective. To study the advantages of assessing muscle mass using ultrasound for diagnosing sarcopenia in young and middle-aged patients with arterial hypertension (AH) and non-alcoholic fatty liver disease (NAFLD).

Materials and methods. A cross-sectional (comparative), single-center study was conducted, including 92 patients of both sexes with AH grade I–II and NAFLD aged 31 to 59 years, the average age at inclusion was 47.9 ± 8.21 years. Muscle mass was determined in 3 ways: 1 – anthropometric methods by measuring the circumference of the shoulder muscles and calf circumference, 2 – ultrasound visualization of the thigh muscle tissue, 3 – dual-energy X-ray absorptiometry (DXA) with the determination of muscle indices. Statistical analysis of the obtained data was performed using the SPSS 27.0 statistical software package (IBM, USA). The obtained data were interpreted as reliable, and the differences between the indicators were considered significant at $p < 0.05$.

Results. Anthropometric methods for assessing muscle tissue did not reveal significant differences between the study groups. Determination of muscle mass using the ultrasound method in patients with AH and NAFLD demonstrated a decrease in muscle size, as well as an increase in the thickness of subcutaneous fat in patients with sarcopenia. Numerous correlations were established between an increase in fat mass and a decrease in muscle mass.

Conclusion. In comparison with anthropometric methods, verification of muscle mass reduction using ultrasound imaging of the thigh muscles can contribute to the diagnosis of sarcopenia at earlier stages, and be an alternative method to DXA for determining muscle mass in patients with sarcopenia and comorbid pathology.

Key words: sarcopenia, arterial hypertension, non-alcoholic fatty liver disease, obesity, muscle, muscle mass.

Определение саркопении и критерии ее диагностики разрабатывались Европейской рабочей группой по изучению саркопении у пожилых пациентов (European Working Group on Sarcopenia in Older People – EWGSOP) при участии других медицинских сообществ, в частности Европейского общества геронтологической медицины (European Geriatric Medicine Society – EUGMS) и Европейского общества по клиническому питанию и обмену веществ (European Society for Clinical Nutrition and Metabolism – ESPEN). В 2010 г. был принят первый согласительный консенсус, определивший саркопению, как «синдром, характеризующийся прогрессирующей и генерализованной потерей скелетной мышечной массы и силы, приводящий к повышению риска развития таких неблагоприятных событий, как инвалидизация, снижение качества жизни и смерть» [1]. Для диагностики саркопении

было рекомендовано использовать 3 параметра скрининга: 1 – определение мышечной массы, 2 – мышечной силы, 3 – мышечной функции, при этом обязательным критерием для верификации диагноза являлось снижение мышечной массы.

В 2019 году в обновленном консенсусе EWGSOP2 [2] были пересмотрены рекомендации, опубликованные в 2010 году, в частности была изменена формулировка определения саркопении и критерии постановки диагноза. На первый план было выдвинуто положение, уменьшающее диагностическую ценность факта потери мышечной массы и увеличивающее значимость утраты мышечной силы, поскольку она точнее позволяет предсказать развитие неблагоприятного исхода. Но тем не менее, для подтверждения диагноза саркопении необходимо диагностировать снижение мышечной массы [3].

Согласно рекомендациям EWGSOP2 по определению и диагностике саркопении для измерения мышечной массы рекомендовано использовать такие методы исследования, как биоимпедансный анализ тела (БИА), двухэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия (ДРА), компьютерная томография (КТ), магнитно-резонансная томография (МРТ)), при этом каждая методика имеет свои положительные и отрицательные стороны. Использование ДРА, КТ, МРТ в качестве скрининга снижения мышечной массы имеет ряд ограничений: лучевая нагрузка, крупногабаритные размеры, отсутствие возможности перемещения, необходимость высококвалифицированного персонала, значительные финансовые затраты, что делает их не всегда доступными врачам первичного звена. В свою очередь БИА, являющийся альтернативой лучевым методам, имеет некоторые ограничения у пациентов кардиологического профиля. К примеру, наличие отеков у пациентов с хронической сердечной недостаточностью может влиять на результаты измерения композиционного состава тела и мышечной массы [5].

В рутинной клинической практике чаще используются антропометрические методы исследования: индекс массы тела (ИМТ), окружность талии (ОТ), окружность бедер (ОБ), отношение ОТ к ОБ. Для измерения мышечной массы оценивают такие показатели, как окружность голени (ОГ) и окружность мышц плеча (ОМП). Важно отметить, что у пациентов с ранней стадией саркопении (пресаркопении) данные характеристики могут длительное время оставаться в пределах пороговых значений, в связи с чем снижение мышечной массы проходит незаметно.

Экспертами EWGSOP2 в качестве альтернативы было предложено использование ультразвукового метода [2] для определения мышечной массы и выявления мышечной атрофии. УЗ-визуализация была охарактеризована экспертами, как надежный и недорогой метод, который может быть использован как в стационарных, так и в амбулаторных условиях, а также у пациентов с сопутствующей патологией [4], что делает его более достоверным и точным в сравнении с антропометрическими методами, а также в большей степени доступным, чем ДРА, БИА, КТ и МРТ, для использования в рутинной клинической практике.

Эти данные подтверждают важность разработки и внедрения в работу первичного звена точного, удобного и доступного метода исследования мышечной массы для диагностики саркопении, т. к. это позволит разработать комплекс профилактических и лечебных мероприятий, направленных на улучшение качества жизни данной категории пациентов и предотвращение инвалидизации.

Важно отметить, что большинство проведенных исследований по оценке мышечной массы и взаимосвязи саркопении и АГ, а также саркопении и НАЖБП преимущественно включали пациентов пожилого возраста. Изначально саркопения считалась заболеванием, которое возникает по мере старения организма, при этом исследований, посвященных изучению данной проблемы у пациентов молодого и среднего возраста, опубликовано недостаточно.

Цель исследования – изучить возможности ультразвукового метода для оценки мышечной массы и ранней диагностики саркопении у пациентов молодого и среднего возраста с АГ и НАЖБП.

Материалы и методы

Исследование являлось одномоментным, сравнительным, сплошным. Критерии включения: мужчины и женщины трудоспособного возраста, наличие АГ I–II степени (АД 140–159 и 90–99 мм рт. ст. и АД 160–179 и 100–109 мм рт. ст. соответственно), наличие признаков стеатоза печени при ультразвуковом исследовании органов брюшной полости (повышение эхогенности печени и/или обеднение сосудистого рисунка и/или затухание эхо-сигнала по периферии органа), подписанное информированное согласие на участие в исследовании. Критерии невключения: злоупотребление алкоголем (количество баллов по шкале AUDIT ≥ 8), прием наркотических препаратов, хронические заболевания печени другой этиологии в анамнезе (хронические вирусные гепатиты, аутоиммунный гепатит, первичные холестатические заболевания печени, болезнь Вильсона), отказ пациента подписать информированное согласие на участие в исследовании, психические заболевания, ограничивающие адекватное сотрудничество, острые инфекционные заболевания, обострение хронических неинфекционных заболеваний в течение 4-х недель до включения, онкологиче-

ское заболевание без радикального излечения, диффузные болезни соединительной ткани, морбидное или вторичное ожирение, тяжелые нарушения ритма сердца, неконтролируемая артериальная гипертензия или ее кризовое течение, симптоматическая артериальная гипертензия, наличие ишемической болезни сердца, стенозирующего атеросклеротического поражения других сосудистых бассейнов, перенесенные ранее инсульт, транзиторная ишемическая атака, сахарный диабет 1 типа, сахарный диабет 2 типа в случае инсулинотерапии, первичный и вторичный гиперпаратиреоз, хронические заболевания сердечно-сосудистой системы, почек, печени в стадии декомпенсации.

В исследовании приняли участие 92 пациента, подписавшие информированное согласие. Диагноз саркопении устанавливали в соответствии с обновленными критериями Европейской рабочей группы по саркопении (European Working Group on Sarcopenia in Older People, EWGSOP2, 2019 год) [2] и рекомендациям по определению и диагностике саркопенического ожирения общества по клиническому питанию и обмену веществ (European Society for Clinical Nutrition and Metabolism, ESPEN) и Европейской ассоциации по изучению ожирения (European Association for the Study of Obesity, EASO), опубликованные в 2022 году [6].

Всем пациентам измеряли антропометрические характеристики: рост, вес, ИМТ, ОГ доминантной и недоминантной ноги, окружность средней трети плеча (ОП) недоминантной руки, толщина кожно-жировой складки над трицепсом, величина ОМП [2]. Антропометрические данные определяли с помощью медицинских весов, ростомера и сантиметровой ленты. Измерение мышечной массы с помощью антропометрии проводилось с использованием показателей ОГ и ОМП. ОГ измерялась в точке ее наибольшей окружности в положении пациента сидя с согнутыми коленными и голеностопными суставами под углом 90° [5]. ОМП определялась путем измерения ОП в средней трети плеча (середина между плечевым суставом и локтевым сгибом) и толщины кожно-жировой складки трицепса. Расчет производился по формуле: $ОМП, см = ОП - толщина КЖСТ (см) \times 3,14$ [9].

Определение мышечной массы с помощью ультразвука проводилось путем измерения прямой и широкой промежуточной мышц бедра

в продольном и поперечном срезе на аппарате ультразвуковой диагностики экспертного класса EPIQ с принадлежностями Philips Ultrasound Inc (США). Ультразвуковое сканирование проводили линейным датчиком (частота от 3 до 12 МГц), расположенным перпендикулярно большой оси конечности на половине расстояния между передней верхней подвздошной остью и верхней границей надколенника. Пациент находился в положении лежа на спине в пассивном разгибании обеих ног после 10 минутного отдыха [4]. УЗ-изображения получали без компрессии, используя избыточное количество контактного геля. Все исследования проводил один оператор с многолетним опытом работы в области ультразвуковой диагностики. На экране в В-режиме визуализировалась поверхность кожи, подкожно-жировая клетчатка, прямая мышца бедра, широкая промежуточная мышца бедра, граница между широкой промежуточной мышцей бедра и бедренной костью.

Для исследования состава тела и оценки качественных характеристик мышечной ткани всем участникам проводилась ДРА на аппарате Lunar Prodigy GE (core Version 8.80, США) с оценкой следующих показателей: общей массы тела, содержания общей жировой массы, процента общей жировой массы, индекса жировой массы, жировой массы по сегментам (правая и левая рука, туловище, правая и левая нога), содержания общей тощей массы, мышечной массы по сегментам (правая и левая рука, туловище, правая и левая нога), индекса тощей (безжировой) мышечной массы, массы скелетной мускулатуры, индекса аппендикулярной скелетной массы, отношение аппендикулярной скелетной массы к массе тела пациентов. Для проверки наличия сниженной скелетной мышечной массы проводился расчет 2-х индексов:

1) индекс аппендикулярной скелетной мускулатуры – это отношение суммы тощей мышечной массы верхних и нижних конечностей к параметру роста в квадратных метрах. Для диагностики сниженной скелетной мышечной массы использовались пороговые значения: $\leq 7,26 \text{ кг/м}^2$ для мужчин и $\leq 5,50 \text{ кг/м}^2$ для женщин (EWGSOP2) [2].

2) отношение аппендикулярной скелетной массы конечностей к массе тела (%). Пороговые значения: $< 28,27 \%$ для мужчин и $< 23,47 \%$ для женщин (ESPEN/EASO) [6].

Низкая мышечная масса регистрировалась у пациентов согласно рекомендациям экспертов ESPEN/EASO по определению и диагностике саркопенического ожирения, так как все пациенты, включенные в исследование, имели ожирение.

Для определения силы скелетной мускулатуры использовались: тест с подъемом со стула и силы сжатия кисти, которую определяли с помощью медицинского электронного ручного динамометра (ДМ-120, АО «Телиновский приборостроительный завод «ТВЕС», Россия). Пациентам предлагалось сжимать динамометр с максимальной силой в течение 3–5 секунд в 3-х испытаниях с использованием обеих рук, за результат принимались средние значения. При выполнении рука отводилась от туловища до получения с ним прямого угла, вторая рука размещалась вдоль туловища [7]. Перед каждым испытанием давался шестидесятисекундный интервал отдыха. Пороговые значения диагностики снижения мышечной силы у мужчин и женщин в зависимости от значений ИМТ представлены в таблице 1 [1].

Таблица 1. Критерии низкой силы пожатия в зависимости от пола и индекса массы тела [1]

Пол	Индекс массы тела, кг/м ²	Сила пожатия, кг
Мужчины	≤ 24	≤ 29
	24,1–26	≤ 30
	26,1–28	≤ 30
	> 28	≤ 32
Женщины	≤ 23	≤ 17
	23,1–26	≤ 17,3
	26,1–29	≤ 18
	> 29	≤ 21

Функциональная возможность мышечной ткани оценивалась с помощью анализа физической активности: краткая батарея тестов физического функционирования (Short Physical Performance Battery, SPPB) [2, 8], включающая измерение времени, затраченного на прохождение 4 метров, в качестве регистрируемой скорости применяли средний результат не менее 2 попыток с использованием ручного секундомера, теста вставание со стула (в качестве диагностического параметра выступало время, необходимое пациенту, чтобы встать со стула 5 раз без помощи рук, скрестив их на груди) и определение возможностей пациента удержать равновесие в течение 10 се-

кунд [7]. Результат от 10 до 12 баллов интерпретировался, как «отсутствие астении», от 8 до 9 баллов – преастения, 7 и менее баллов – астения.

Структурное состояние печени определяли при помощи аппарата ультразвуковой диагностики экспертного класса EPIQ с принадлежностями Philips Ultrasound Inc (США) с оценкой эхогенности печеночной паренхимы, сосудистого рисунка, степени затухания эхо-сигнала. Наличие признаков стеатоза печени подтверждалось при повышении эхогенности печени и/или обеднении сосудистого рисунка и/или затухании эхо-сигнала по периферии органа.

Диагноз АГ устанавливался на основании истории болезни пациента и предоставленной медицинской документации (включая данные об исключении вторичной АГ). АГ классифицировалась следующим образом: АГ 1 степени – со значениями систолического артериального давления (САД) 140–159 мм рт. ст. и/или диастолического артериального давления (ДАД) 90–99 мм рт. ст.; степень 2 – САД 160–179 мм рт. ст. и/или ДАД 100–109 мм рт. ст. Пациенты с 3 степенью АГ (САД ≥ 180 мм рт. ст. и/или ДАД ≥ 110 мм рт. ст.) исключались из исследования. Суточное мониторирование АД проводилось с помощью системы мониторинга «Кардиан-МД» производства УП «Кардиан» (Республика Беларусь) по стандартной методике в условиях свободного двигательного режима на фоне плановой антигипертензивной терапии.

Статистическая обработка проводилась с использованием параметрических и непараметрических методов в зависимости от характера распределения вариационных рядов с помощью программ Microsoft Excel, SPSS (версия 27.0, IBM, USA), Statistica (версия 10.0, StatSoft, Inc., USA). Все группы переменных проверялись на соответствие закону нормального распределения при помощи критерия Шапиро-Уилка. При определении у переменных соответствия нормальности распределения данные были представлены как $M \pm SD$, где M – среднее арифметическое, SD – стандартное отклонение; при несоответствии признака нормальному закону распределения – как $Me (IQR)$, где Me – медиана, IQR – интерквартильный размах (25 процентиль – 75 процентиль). При сравнении количественных данных использовался t -критерий Стьюдента для не-

связанных групп и U-критерий Манна-Уитни (Mann-Whitney U test) при распределении, отличном от нормального. Для определения обоюдного влияния двух признаков в зависимости от вида представленных данных был выполнен корреляционный анализ с использованием методов Пирсона (при нормальном типе распределения) и Спирмена (при отличном от нормального типе распределения). Оценивались значимость, направление связи и сила корреляционных взаимодействий: при коэффициенте корреляции $r < 0,3$ – слабая, $0,3-0,69$ – умеренная, $0,7$ и более – сильная связь. Полученные данные интерпретировались как достоверные, а различия между показателями считались значимыми при величине безошибочного прогноза, равной или больше 95 % ($p < 0,05$).

Исследование проведено в соответствии со стандартами надлежащей клинической практики (Good Clinical Practice) и принципами Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации (World Medical Association Declaration of Helsinki, 2000) на базе государственного учреждения «Республиканский научно-практический центр «Кардиология» Министерства здравоохранения Республики Беларусь. Протокол исследования был одобрен этическим комитетом центра (заключение № 24 от 22.12.2022), каждым пациентом дано добровольное информированное согласие на участие в исследовании, обработку персональных данных и публикацию полученных результатов.

Результаты и обсуждение

На основании алгоритма первичного скрининга на выявление саркопении пациенты были разделены на 3 группы: 1-я группа ($n = 21$) – пациенты с АГ, НАЖБП и саркопенией (снижение мышечной массы и силы), средний возраст $49,4 \pm 8,82$ лет; 2-я группа ($n = 23$) – пациенты с АГ, НАЖБП и пресаркопенией (снижение мышечной силы), средний возраст $49,3 \pm 8,82$ лет; 3-я ($n = 48$) – группа сравнения с АГ и НАЖБП без снижения мышечной силы и массы, средний возраст $46,7 \pm 7,89$ лет. Все пациенты, включенные в исследование, принимали антигипертензивные препараты. Медикаментозная терапия между группами достоверно не различалась.

В таблице 2 представлена сравнительная характеристика пациентов с АГ и НАЖБП в зависимости от отсутствия (3 группа) или наличия пре-/саркопении (2 и 1 группа соответственно). При оценке основных показателей сформированные группы были сопоставимы по возрасту, гендерному признаку, длительности АГ.

У пациентов с АГ и НАЖБП не отмечено значимых различий по таким показателям, как ОМП и ОГ ($p > 0,05$), что подтверждает мнение ряда исследователей о том, что антропометрические методы не учитывают распределение жира и мышечной массы, а значит могут быть недостаточно чувствительны для выявления изменений в составе тела, связанных с саркопенией и ожирением (таблица 3).

Таблица 2. Характеристика групп

Показатель, ед. изм.	Группа с саркопенией ($n = 21$)	Группа с пресаркопенией ($n = 23$)	Группа сравнения ($n = 48$)	p
Возраст, годы	$49,4 \pm 8,82$	$49,3 \pm 8,82$	$46,7 \pm 7,89$	0,190
Пол, Ж/М, n (%)	14/7 (66,7/33,3)	15/8 (65,2/34,8)	20/28 (41,6/58,4)	0,126
Длительность артериальной гипертензии, лет	$12,97 \pm 9,65$	$9,85 \pm 7,53$	$8,63 \pm 7,20$	0,258
Индекс массы тела, $\text{кг}/\text{м}^2$	$34,7 \pm 2,62$	$32,9 \pm 4,75$	$32,5 \pm 3,11$	0,055
Рост, м	1,68 (1,60; 1,74)	1,67 (1,61; 1,77)	1,78 (1,72; 1,82)	$< 0,001^{***}$ $p_{1-3} < 0,001^{***}$ $p_{2-3} < 0,001^{***}$ $p_{1-2} = 0,852$
Вес, кг	$98,1 \pm 12,7$	$93,06 \pm 18,0$	$103,2 \pm 12,3$	0,023* $p_{1-3} = 0,359$ $p_{2-3} = 0,032^*$ $p_{1-2} = 0,546$

Примечания: данные представлены в виде медианы, верхнего и нижнего квартилей – Ме (Q25; Q75), среднего и стандартного отклонения; * – статистически значимое различие показателей между группами, $p < 0,05$; ** – статистически значимое различие показателей между группами, $p < 0,01$; *** – статистически значимое различие показателей между группами, $p < 0,001$.

Таблица 3. Показатели мышечной массы (антропометрические методы), силы и функции у пациентов исследуемых групп

Показатель, ед. изм.	Группа с саркопенией (n = 21)	Группа с пресаркопенией (n = 23)	Группа сравнения (n = 48)	p
Окружность мышц плеча, см	26,1 (25,3; 26,7)	24,5 (21,3; 26,5)	25,3 (23,9; 27,2)	0,118
Кожно-жировая складка над трицепсом	36,0 (30,0; 42,0)	37,5 (28,0; 48,0)	32,5 (30,0; 38,0)	0,727
Окружность голени доминантной ноги, см	42,7 ± 2,35	42,8 ± 3,61	43,3 ± 2,69	0,617
Окружность голени недоминантной ноги, см	43,5 ± 3,05	42,4 ± 3,97	43,1 ± 2,73	0,607
Сила кистевого жима доминантной руки, кг	27,5 (23,0; 40,0)	21,0 (19,0; 29,0)	50,0 (43,0; 56,0)	< 0,001*** $p_{1-3} < 0,001^{***}$ $p_{2-3} < 0,001^{***}$ $p_{1-2} = 0,445$
Сила кистевого жима недоминантной руки, кг	27,0 (20,0; 41,0)	21,0 (20,0; 31,0)	47,0 (43,0; 53,0)	< 0,001*** $p_{1-3} < 0,001^{***}$ $p_{2-3} < 0,001^{***}$ $p_{1-2} = 0,691$
Пятикратное вставание со стула, сек	11,5 ± 1,56	11,7 ± 1,67	8,87 ± 1,06	< 0,001*** $p_{1-3} < 0,001^{***}$ $p_{2-3} < 0,001^{***}$ $p_{1-2} = 0,536$
Скорость ходьбы на 4 м, сек	4,08 ± 0,68	4,15 ± 0,69	3,34 ± 0,56	< 0,001*** $p_{1-3} < 0,001^{***}$ $p_{2-3} < 0,001^{***}$ $p_{1-2} = 0,147$
Краткая батарея тестов физического функционирования, баллы	10,7 ± 0,91	11,3 ± 0,72	11,9 ± 0,19	< 0,001*** $p_{1-3} < 0,001^{***}$ $p_{2-3} < 0,001^{***}$ $p_{1-2} = 0,069$

Примечания: данные представлены в виде медианы, верхнего и нижнего квартилей – Me (Q25; Q75), среднего и стандартного отклонения; * – статистически значимое различие показателей между группами, $p < 0,05$; ** – статистически значимое различие показателей между группами, $p < 0,01$; *** – статистически значимое различие показателей между группами, $p < 0,001$.

В таблице 4 представлены данные ДРА о композиционном составе тела пациентов с АГ и НАЖБП.

По данным ДРА в группах пациентов с пре-/саркопенией отмечались более высокие показатели содержания общей жировой массы, процента общей жировой массы, индекса жировой массы, жировой массы по сегментам (правая и левая рука, туловище, правая и левая нога) в отличие от данных лиц из группы сравнения, а так же более низкие цифры содержания общей тощей мышечной массы, мышечной массы по сегментам (правая и левая рука, туловище, правая и левая нога), индекса тощей мышечной массы, массы скелетной мускулатуры.

Выявлено, что у пациентов с АГ и НАЖБП наблюдались обратные сильные и умеренные корреляционные связи между индексом соотношения аппендикулярной скелетной мышеч-

ной массы к массе тела и жировой массой ($r = -0,624$; $p < 0,001$), индексом жировой ткани ($r = -0,773$; $p < 0,001$), процентом жировой массы ($r = -0,893$; $p < 0,001$), содержанием жировой массы верхних конечностей ($r = -0,542$; $p < 0,001$), жировой массы нижних конечностей ($r = -0,635$; $p < 0,001$), жировой массы тела ($r = -0,890$; $p < 0,001$), а также между индексом аппендикулярной скелетной мышечной массой и индексом жировой ткани ($r = -0,310$; $p = 0,002$), процентом жировой массы ($r = -0,572$; $p < 0,001$), содержанием жировой массы нижних конечностей ($r = -0,289$; $p = 0,004$).

При исследовании саркопении различной степени тяжести с определением мышечной массы с помощью ультразвуковой визуализации установлено, что у пациентов с саркопенией отмечались более высокие цифры подкожно-жировой клетчатки и более низкие цифры

Таблица 4. Композиционный состав тела пациентов с АГ и НАЖБП

Показатель, ед. изм.	Группа с саркопенией (n = 21)	Группа с пресаркопенией (n = 23)	Группа сравнения (n = 48)	p
Общее содержание жировой массы, кг	43,8 (41,6; 47,8)	39,4 (36,7; 44,2)	36,8 (30,2; 41,2)	<0,001*** $p_{1-3} < 0,001***$ $p_{2-3} = 0,076$ $p_{1-2} = 0,046^*$
Индекс жировой массы, кг/м ²	15,6 (14,6; 17,4)	14,9 (11,6; 17,1)	11,4 (9,81; 12,5)	<0,001*** $p_{1-3} < 0,001***$ $p_{2-3} = 0,002^{**}$ $p_{1-2} = 0,154$
Процент содержания жировой массы, %	45,8 ± 6,59	43,7 ± 4,49	35,4 ± 5,83	<0,001*** $p_{1-3} < 0,001***$ $p_{2-3} < 0,001***$ $p_{1-2} = 0,559$
Жировая масса верхних конечностей, кг	4,47 ± 0,80	3,92 ± 1,33	3,44 ± 1,09	0,001** $p_{1-3} = 0,001^{**}$ $p_{2-3} = 0,254$ $p_{1-2} = 0,291$
Жировая масса нижних конечностей, кг	13,8 ± 3,92	13,1 ± 3,79	9,52 ± 2,73	<0,001*** $p_{1-3} < 0,001***$ $p_{2-3} = 0,001^{**}$ $p_{1-2} = 0,820$
Жировая масса тела, кг	26,3 ± 4,63	22,2 ± 5,03	21,9 ± 4,78	0,002* $p_{1-3} = 0,002^{**}$ $p_{2-3} = 0,974$ $p_{1-2} = 0,021^*$
Общее содержание тощей мышечной массы, кг	52,3 ± 10,9	51,5 ± 10,5	65,0 ± 8,84	<0,001*** $p_{1-3} < 0,001***$ $p_{2-3} < 0,001***$ $p_{1-2} = 0,964$
Индекс тощей массы, кг/м ²	18,3 (16,9; 20,2)	17,9 (16,8; 20,1)	20,5 (18,9; 22,5)	<0,001*** $p_{1-3} = 0,001^{**}$ $p_{2-3} < 0,001***$ $p_{1-2} = 0,953$
Тощая масса верхних конечностей, кг	5,45 (4,65; 6,70)	5,33 (4,19; 7,07)	8,79 (7,61; 9,73)	<0,001*** $p_{1-3} < 0,001***$ $p_{2-3} < 0,001***$ $p_{1-2} = 0,584$
Тощая масса нижних конечностей, кг	17,0 ± 3,81	17,9 ± 4,19	22,0 ± 3,30	<0,001*** $p_{1-3} < 0,001***$ $p_{2-3} < 0,001***$ $p_{1-2} = 0,764$
Тощая масса тела, кг	25,9 ± 5,69	24,7 ± 4,61	30,8 ± 4,34	<0,001*** $p_{1-3} < 0,001***$ $p_{2-3} < 0,001***$ $p_{1-2} = 0,459$
Аппендикулярная мышечная масса, кг	22,9 ± 5,22	23,5 ± 5,69	30,4 ± 4,83	<0,001*** $p_{1-3} < 0,001***$ $p_{2-3} < 0,001***$ $p_{1-2} = 0,948$
Индекс аппендикулярной скелетной мускулатуры, кг/м ²	8,05 ± 1,14	8,29 ± 1,42	9,63 ± 1,15	<0,001*** $p_{1-3} < 0,001***$ $p_{2-3} < 0,001***$ $p_{1-2} = 0,825$
Отношение аппендикулярной мышечной массы к массе тела, %	22,6 ± 3,18	25,1 ± 2,20	29,9 ± 3,38	<0,001*** $p_{1-3} < 0,001***$ $p_{2-3} < 0,001***$ $p_{1-2} = 0,068$

Примечание: данные представлены в виде медианы, верхнего и нижнего квартилей – Me (Q25; Q75), среднего и стандартного отклонения. * – статистически значимое различие показателей между группами, $p < 0,05$; ** – статистически значимое различие показателей между группами, $p < 0,01$; *** – статистически значимое различие показателей между группами, $p < 0,001$.

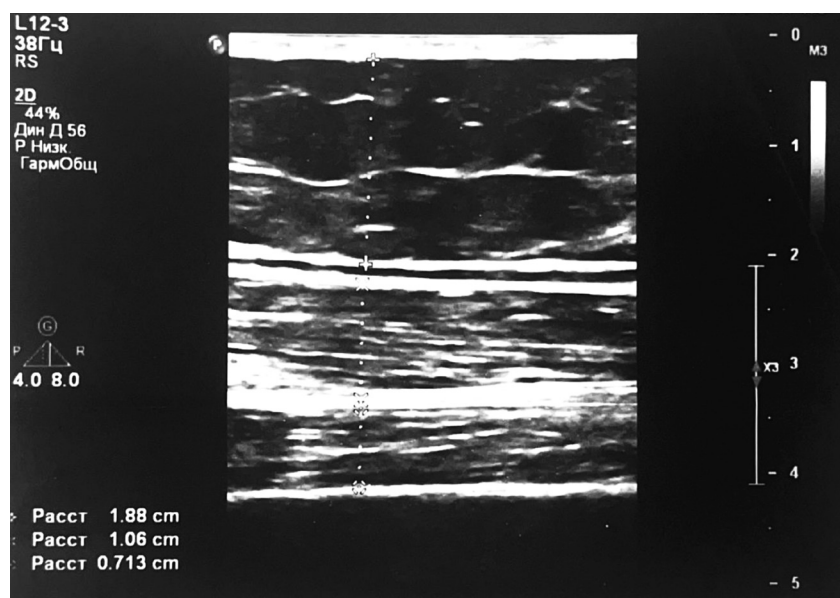


Рисунок 1. Ультразвуковое изображение мышц бедра у пациента с АГ и НАЖБП

размеров прямой и широкой промежуточной мышц бедра с обеих сторон (таблица 5).

Установлено, что у пациентов с АГ и НАЖБП наблюдались обратные сильные и умеренные корреляционные связи между индексом соотношения аппендикулярной скелетной мышечной массы к массе тела и толщины подкожного жира правого ($r = -0,773$; $p < 0,001$) и левого бедра ($r = -0,727$; $p < 0,001$), опреде-

ленной с помощью УЗ-исследования, индексом аппендикулярной скелетной мускулатуры и толщины подкожного жира правого ($r = -0,504$; $p < 0,001$) и левого бедра ($r = -0,461$; $p < 0,001$).

В литературе можно встретить данные доклинических исследований, указывающие на то, что жировая ткань повреждает мышечный гомеостаз, что приводит к атрофии мышц и сни-

Таблица 5. Параметры ультразвуковой визуализации мышц бедра

Показатель, ед. изм.	Группа с саркопенией (n = 21)	Группа с пресаркопенией (n = 23)	Группа сравнения (n = 48)	p
Подкожно-жировая клетчатка бедра справа, мм	18,0 (12,7; 19,5)	14,0 (12,0; 18,0)	8,0 (6,8; 11,0)	$< 0,001^{***}$ $p_{1-3} < 0,001^{***}$ $p_{2-3} < 0,001^{***}$ $p_{1-2} = 0,445$
Правая прямая мышца бедра поперечно, мм	$14,8 \pm 2,82$	$16,2 \pm 2,89$	$17,4 \pm 3,21$	$0,004^{**}$ $p_{1-3} = 0,001^{**}$ $p_{2-3} = 0,177$ $p_{1-2} = 0,287$
Правая прямая мышца бедра продольно, мм	$14,0 \pm 3,51$	$15,7 \pm 3,28$	$16,8 \pm 3,36$	$0,012^*$ $p_{1-3} = 0,004^{**}$ $p_{2-3} = 0,232$ $p_{1-2} = 0,310$
Правая широкая промежуточная мышца бедра поперечно, мм	$14,3 \pm 2,98$	$15,8 \pm 3,21$	$17,8 \pm 4,37$	$0,011^*$ $p_{1-3} < 0,005^*$ $p_{2-3} = 0,094$ $p_{1-2} = 0,449^*$
Правая широкая промежуточная мышца бедра продольно, мм	$14,6 \pm 3,71$	$15,9 \pm 4,11$	$17,7 \pm 4,13$	$0,009^{**}$ $p_{1-3} = 0,004^*$ $p_{2-3} = 0,112$ $p_{1-2} = 0,527$
Подкожно-жировая клетчатка бедра слева, мм	12,5 (16,0; 20,5)	11,0 (15,0; 19,0)	8,0 (7,0; 12,0)	$< 0,001^{***}$ $p_{1-3} < 0,001^{***}$ $p_{2-3} < 0,001^{***}$ $p_{1-2} = 0,432$

Показатель, ед. изм.	Группа с саркопенией (n = 21)	Группа с пресаркопенией (n = 23)	Группа сравнения (n = 48)	p
Левая прямая мышца бедра поперечно, мм	14,8 ± 3,64	15,5 ± 3,28	17,1 ± 3,51	0,029* $p_{1-3} = 0,013^*$ $p_{2-3} = 0,134$ $p_{1-2} = 0,689$
Левая прямая мышца бедра продольно, мм	14,4 ± 3,93	15,2 ± 3,22	16,7 ± 3,21	0,037* $p_{1-3} = 0,021^*$ $p_{2-3} = 0,118$ $p_{1-2} = 0,787$
Левая широкая промежуточная мышца бедра поперечно, мм	15,0 ± 3,81	16,2 ± 2,99	19,1 ± 4,69	<0,001*** $p_{1-3} < 0,001^{***}$ $p_{2-3} = 0,040^*$ $p_{1-2} = 0,487$
Левая широкая промежуточная мышца бедра продольно, мм	15,1 ± 4,32	16,5 ± 3,18	18,5 ± 4,37	0,004** $p_{1-3} < 0,001^{**}$ $p_{2-3} = 0,040^*$ $p_{1-2} = 0,287$

Примечание: данные представлены в виде медианы, верхнего и нижнего квартилей – Ме (Q25; Q75), среднего и стандартного отклонения. * – статистически значимое различие показателей между группами, $p < 0,05$; ** – статистически значимое различие показателей между группами, $p < 0,01$; *** – статистически значимое различие показателей между группами, $p < 0,001$.

Таблица 6. Анализ взаимосвязи между показателями мышечной массы (ДРА) и данными УЗ-визуализации мышц бедра у пациентов, включенных в исследование

Показатель	Индекс аппендикулярной скелетной мускулатуры	Отношение аппендикулярной мышечной массы к массе тела	Общее содержание тощей мышечной массы	Аппендикулярная мышечная масса
Правая прямая мышца бедра поперечно	0,545** $p < 0,001$	0,448** $p < 0,001$	0,549** $p < 0,001$	0,584** $p < 0,001$
Правая прямая мышца бедра продольно	0,539** $p < 0,001$	0,409** $p < 0,001$	0,529** $p < 0,001$	0,531** $p < 0,001$
Правая широкая промежуточная мышца бедра поперечно	0,489** $p < 0,001$	0,372** $p < 0,001$	0,475** $p < 0,001$	0,506** $p < 0,001$
Правая широкая промежуточная мышца бедра продольно	0,485** $p < 0,001$	0,325** $p < 0,001$	0,462** $p < 0,001$	0,501** $p < 0,001$
Левая прямая мышца бедра поперечно	0,511** $p < 0,001$	0,377** $p < 0,001$	0,454** $p < 0,001$	0,506** $p < 0,001$
Левая прямая мышца бедра продольно	0,473** $p < 0,001$	0,360** $p < 0,001$	0,453** $p < 0,001$	0,482** $p < 0,001$
Левая широкая промежуточная мышца бедра поперечно	0,587** $p < 0,001$	0,482** $p < 0,001$	0,575** $p < 0,001$	0,587** $p < 0,001$
Левая широкая промежуточная мышца бедра продольно	0,540** $p < 0,001$	0,393** $p < 0,001$	0,538** $p < 0,001$	0,541** $p < 0,001$

Примечание: * – статистически значимое различие показателей между группами, $p < 0,05$; ** – статистически значимое различие показателей между группами, $p < 0,01$; *** – статистически значимое различие показателей между группами, $p < 0,001$.

жению способности к регенерации, что было расценено как патогенный механизм развития саркопенического ожирения (СО). СО является сложным метаболическим синдромом, обусловленным синергическим сочетанием, взаимным усилением и отягощением патологических механизмов саркопении и ожирения. Данное состояние связано с низким функциональ-

ным статусом и более высокой смертностью при сравнении с пациентами, страдающими только саркопенией или ожирением [10, 11].

Результаты анализа взаимосвязи между показателями мышечной массы и данными ультразвуковой визуализации мышц бедра у пациентов, включенных в исследование, представлен в таблице 6.

Выводы

Антропометрические методы оценки мышечной ткани (мышечная окружность плеча и окружность голени) не выявили значимых различий между исследуемыми группами. Определение мышечной массы с помощью ультразвукового метода у пациентов с АГ и НАЖБП продемонстрировало снижение размеров мышц, а также увеличение толщины подкожного жира у лиц с саркопенией. Установлены многочисленные корреляционные связи между показателями увеличения жировой массы и уменьшения мышечной массы. В отличие от антропометрических методов исследования, верификация снижения мышечной массы у пациентов с АГ и НАЖБП с помощью ультразвуковой визуализации мышц бедра может быть использована в качестве альтернативы двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии для выявления саркопении на ранних стадиях ее развития. Это позволит у пациентов молодого и среднего возраста с АГ и НАЖБП своевременно начать лечебно-профилактические мероприятия, замедлить прогрессирование саркопении, сохранить и улучшить качество жизни.

Литература/References

1. Cruz-Jentoft, A. J., Baeyens J. P., Bauer J. M. et al. Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis: report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People // *Age Ageing*. – 2010. – № 39. – P. 412–23. doi: 10.1093/ageing/afq034.
2. Cruz-Jentoft, A. J., Bahat G., Bauer J., Boirie Y., Bruyère O., Cederholm T., Cooper C., Landi F., Rolland Y., Sayer A. A., Schneider S. M., Sieber C. C., Topinkova E., Vandewoude M., Visser M., Zamboni M. Writing Group for the European Working Group on Sarcopenia in Older People 2 (EWGSOP2), and the Extended Group for EWGSOP2. Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis // *Age Ageing*. – 2019. – № 48(1). – P. 16–31. doi: 10.1093/ageing/afy169.
3. Topolyanskaya, S. V. Sarcopenia, obesity, osteoporosis and old age // *Sechenov Medical Journal*. – 2020. – № 11(4). – P. 23–35. doi: 10.47093/2218-7332.2020.11.4.23-35 (in Russian).
4. Sheptulina, A. F., Yafarova A. A., Mamutova E. M., Drapkina O. M. Sonographic Features of Rectus Femoris Muscle in Patients with Metabolic Dysfunction-Associated Fatty Liver Disease and Their Correlation with Body Compo-

sition Parameters and Muscle Strength: Results of a Single-Center Cross-Sectional Study // *Biomedicines*. – 2024. – № 12. – P. 1684. URL: <https://doi.org/10.3390/biomedicines12081684>.

5. Erokhina, A. S., Golovanova E. D., Miloserdov M. A. Ultra- sound assessment of muscle mass in the diagnosis of sarcopenia in cardiovascular patients // *Cardiovascular Therapy and Prevention*. – 2021. – № 20(3). – P. 2699 (in Russian). doi: 10.15829/1728-8800-2021-2699.

6. Donini, L. M., Busetto L., Bischoff S. C., Cederholm T., Ballesteros-Pomar M. D., Batsis J. A., Bauer J. M., Boirie Y., Cruz-Jentoft A. J., Dicker D., Frara S., Frühbeck G., Genton L., Gepner Y., Giustina A., Gonzalez M. C., Han H. S., Heymsfield S. B., Higashiguchi T., Laviano A., Lenzi A., Nyulasi I., Parrinello E., Poggiogalle E., Prado C. M., Salvador J., Rolland Y., Santini F., Serlie M. J., Shi H., Sieber C. C., Siervo M., Vettor R., Villareal D. T., Volkert D., Yu J., Zamboni M., Barazzoni R. Definition and Diagnostic Criteria for Sarcopenic Obesity: ESPEN and EASO Consensus Statement // *Obes Facts*. – 2022. – № 15(3). – P. 321–335. doi: 10.1159/000521241.

7. Antyukh, K., Grigorenko E., Sheptulina A., Drapkina O., Mitkovskaya N. Osteosarcopenia and arterial hypertension: current approaches to the problem // *Neotlozhnaya kardiologiya i kardiovaskulyarnye riski* [Emergency cardiology and cardiovascular risks]. – 2023. – № 7(1). – P. 1868–1875. doi: 10.51922/2616-633X.2023.7.1.1868 (in Russian).

8. de Fátima, Ribeiro Silva C., Ohara D. G., Matos A. P., Pinto A. C. P. N., Pegorari M. S. Short Physical Performance Battery as a Measure of Physical Performance and Mortality Predictor in Older Adults: A Comprehensive Literature Review // *Int J Environ Res Public Health*. – 2021. – № 18(20). – P. 10612. doi: 10.3390/ijerph182010612.

9. Akın, S., Mucuk S., Öztürk A., Mazicioğlu M., Göçer Ş., Arguvanlı S., Şafak E. D. Muscle function-dependent sarcopenia and cut-off values of possible predictors in community-dwelling Turkish elderly: calf circumference, midarm muscle circumference and walking speed // *Eur J Clin Nutr*. – 2015. – № 69(10). – P. 1087–90. doi: 10.1038/ejcn.2015.42.

10. Samoilova, Iu. G., Matveeva M. V., Khoroshunova E. A., Kudlay D. A., Tolmachev I. V., Spirina L. V., Mosienko I. V., Yun V. E., Trifonova E. I., Zakharchuk P. I., Vachadze T. D., Shuliko L. M., Galiukova D. E., Mutalimi V. E. Body composition in sarcopenia in middle-aged individuals // *Terapevticheskii Arkhiv* (Ter. Arkh.). – 2022. – № 94(10). – P. 1149–1154. doi: 10.26442/00403660.2022.10.201878 (in Russian).

11. da Costa, Teixeira L. A., Soares L. A., da Fonseca S. F. et al. Analysis of body composition, functionality and muscle-specific strength of older women with obesity, sarcopenia and sarcopenic obesity: a cross-sectional study // *Sci Rep*. – 2024. – № 14. – P. 24802. doi: 10.1038/s41598-024-76417-7.

Поступила 11.02.2025 г.