

© ФОМИНА Н. В., УТКИНА Е. В.

УДК 616.74-009.54-07

DOI: 10.20333/25000136-2022-5-12-23

Современные методы диагностики саркопении

Н. В. Фомина^{1,2}, Е. В. Уткина^{1,3}

¹ Кемеровский государственный медицинский университет, Кемерово 650056, Российская Федерация

² Кемеровская областная клиническая больница им. С.В. Беляева, Кемерово 650000 Российская Федерация

³ Кемеровская городская клиническая больница №11, Кемерово 650014 Российская Федерация

Резюме. Саркопения – потеря мышечной силы и массы вследствие естественного процесса старения организма (первичная) или сочетание саркопении с различными заболеваниями (вторичная). Несмотря на клиническую значимость, саркопения часто остается нераспознанной, усугубляет течение коморбидных заболеваний. В обзоре представлен анализ научной литературы о методах диагностики саркопении. Использовались базы данных eLIBRARY.RU, Pub Med за период 1998 по 2021 гг. Поиск проведен по ключевым словам: «sarcopenia», «methods for diagnosing sarcopenia». Пациенты с саркопенией имеют схожие симптомы с кахексией, жировой инфильтрацией и воспалительными поражениями мышечной ткани, что усложняет дифференциальную диагностику данного заболевания. К скрининговым методам диагностики саркопении относятся опросники MSRA-7, MSRA-5, метод Shinya Ishii, SARC-F. Диагноз саркопении выставляется на основании инструментальных методов (биоимпедансный анализ, компьютерная и магнитно-резонансная томография, двухэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия).

Ключевые слова: саркопения, мышечная сила, мышечная масса, биоимпедансометрия, магнитно-резонансная томография, компьютерная томография, двухэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Для цитирования: Фомина НВ, Уткина ЕВ. Современные методы диагностики саркопении. *Сибирское медицинское обозрение.* 2022;(5):12-23. DOI: 10.20333/25000136-2022-5-12-23

Modern methods of sarcopenia diagnostics

N.V. Fomina^{1,2}, E.V. Utkina^{1,3}

¹ Kemerovo State Medical University, Kemerovo 650056, Russian Federation

² Kemerovo Regional Clinical Hospital named after S.V. Belyaev, Kemerovo 650000, Russian Federation

³ Kemerovo City Clinical Hospital № 11, Kemerovo 650014, Russian Federation

Abstract. Sarcopenia is the loss of muscle strength and mass due to the natural ageing process of the body (primary) or a combination of sarcopenia with various diseases (secondary). Despite its clinical significance, sarcopenia often remains unrecognised and aggravates the course of comorbid diseases. The review presents analysis of scientific literature on sarcopenia diagnostic methods. Literatures from the E-Library.ru and PubMed databases published within the period of 1998-2021 were used. The search was performed using the “sarcopenia” and “methods for diagnosing sarcopenia” keywords. Patients with sarcopenia have similar symptoms with cachexia, fatty infiltration and inflammatory lesions of muscle tissue, which complicates differential diagnosis of this disease. The screening methods for sarcopenia diagnosis include MSRA-7, MARS-5 questionnaires, Shinya Ishii method, SARC-F. The diagnosis of sarcopenia is established based on instrumental methods (bioelectrical impedance analysis, computer and magnetic resonance imaging, dual-energy X-ray absorptiometry).

Key words: sarcopenia, muscle strength, muscle mass, bioelectrical impedance analysis, magnetic resonance imaging, computed tomography, dual-energy X-ray absorptiometry.

Conflict of interest. The authors declare absence of obvious and potential conflicts of interest associated with publication of this article.

Citation: Fomina NV, Utkina EV. Modern methods of sarcopenia diagnostics. *Siberian Medical Review.* 2022;(5):12-23. DOI: 10.20333/25000136-2022-5-12-23

Введение

Продолжительность жизни в мире увеличивается, что влечет за собой рост числа людей пожилого и старческого возраста. Процесс старения человечества неизбежно приводит к увеличению частоты встречаемости саркопении среди населения. Саркопения является частым гериатрическим мультиэтиологическим синдромом в общей популяции и одной из наиболее актуальных и значимых проблем современной медицины, с которым сталкиваются в клинической практике врачи различных специальностей. По прогнозам, частота встречаемости саркопении к 2045г. может составить около 17,7 % в общей популяции, в сравнении в Европе в 2016г. диагностировалась у 15,6 % населения [1, 2, 3, 4, 5, 6].

Данное направление в мире изучают три сообщества: Европейская рабочая группа по саркопении у пожилых людей (EWGSOP), Европейское общество по клиническому питанию и обмену веществ (ESPEN-SIG) и Международная рабочая группа по саркопении (IWGS) [5].

Европейский консенсус (The European Working Group on Sarcopenia in Older People 2 (EWGSOP2)) в 2018г. под термином саркопения определил прогрессирующее и генерализованное повреждение мышечной массы тела и снижение функции мышц (силы и производительности) [1, 5]. Причины развития саркопении различные. Она может возникнуть вследствие естественного процесса старения организма – это первичная саркопения (age-related sarcopenia). С другой стороны с возрастом люди становятся все более подверженными риску возникновения заболеваний, как острых, так и хрониче-

ских, которые сопровождаются непроизвольной потерей мышечной массы тела. Поэтому саркопения часто наблюдается у больных хронической сердечной недостаточностью (ХСН), хронической болезнью легких (ХОБЛ), при тяжелых поражениях печени (цирроз), при заболеваниях почек с развитием хронической болезни почек (ХБП), при нейродегенеративных нарушениях (болезнях Альцгеймера, Паркинсона, рассеянном склерозе), опухолевых процессах – это вторичная саркопения (disease-related sarcopenia) [1, 5, 7, 8, 9].

Сочетание саркопии с различными соматическими заболеваниями ухудшает прогноз для жизни пациента. Повышается риск падений и переломов, так как мышечная ткань является активной частью опорно-двигательного аппарата, она приводит в движение кости, активно изменяет положение тела в пространстве, удерживает его в вертикальном положении, в равновесии и перемещает его в пространстве. Отмечается ухудшение качества жизни, ограничение функциональных возможностей организма и увеличение роста госпитализаций в специализированные отделения и летальности пациентов [10]. Впервые диагностические критерии были разработаны в 2010г. под эгидой The European Working Group on Sarcopenia in Older People (EWGSOP), согласно которым наличие саркопии основывалось на определении трех параметров: мышечная масса, мышечная сила, мышечная функция [1, 5]. Считалось, что диагноз саркопии можно было выставить только при сочетании вышеперечисленных параметров [5]. Со временем были изучены эпидемиологические аспекты распространения и патофизиологические механизмы развития саркопии, были выявлены ошибки разработанного алгоритма. Все это позволило создать новые диагностические критерии саркопии, разработанные и принятые в 2018 г. под

эгидой The European Working Group on Sarcopenia in Older People 2 (EWGSOP2) [1, 5].

В соответствии с последними рекомендациями EWGSOP2 в 2018г. диагноз саркопии подтверждается на основании следующих критериев: низкая мышечная сила, низкое количество или качество мышц, низкая физическая работоспособность. При обнаружении одного из критериев, определяющих данный гериатрический мультиэтиологический синдром, можно предположить развитие саркопии. При наличии одновременно трех показателей саркопии является тяжелой [1].

Большой проблемой представляется недостаточная осведомленность в отношении существующих методов диагностики саркопии, которая приводит к сложностям выявления данного синдрома и своевременного оказания помощи данной группе пациентов. В настоящее время для диагностики саркопии применяются клинические (скрининговые), лабораторные и инструментальные методы диагностики, которые представлены в новом алгоритме и включают четыре этапа обследования пациентов («Найти» (Find) – «Оценить» (Assess) – «Подтвердить» (Confirm) – «Тяжесть» (Severity)) [1, 5, 7, 11, 12].

Клинические (скрининговые) методы диагностики саркопии

Единой точки зрения относительно диагностики саркопии не существует. По мере изучения синдрома саркопии разрабатывались и внедрялись в клиническую практику новые скрининговые методы. На первом этапе для определения саркопии зарекомендовали следующие опросники: Mini Sarcopenia Risk Assessment-7 (MSRA-7), Mini Sarcopenia Risk Assessment-5 (MSRA-5), метод Shinya Ishii, SARC-F (Strength, Assistance with walking, Rising from chair, Climbing stairs and Falls (рис.) [1, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18].

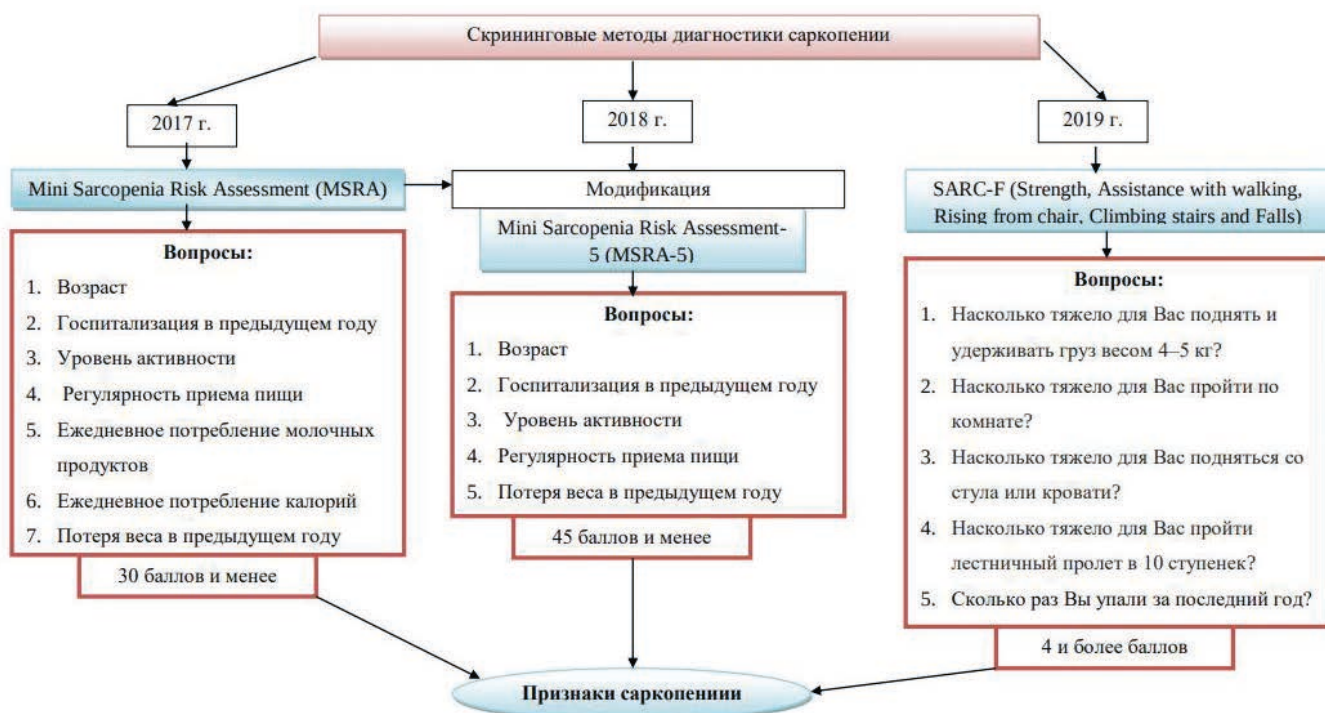


Рисунок. Скрининговые методы диагностики саркопии.
Figure. Screening methods for sarcopenia diagnosis.

Представленные опросники подтвердили надежность и прогностическую значимость в клинических исследованиях за период последнего десятилетия. Данные опросники разрабатывались и модифицировались для скрининга саркопении у амбулаторных больных, оценивая субъективное восприятие [1, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18].

Согласно исследованию в 2017г. A. P. Rossi et al., у 274 пациентов чувствительность метода MSRA-7 составила 80,4 %, при специфичности метода 50,5 %, площадь под ROC-кривой (AUC) не превышала 0,786 (95 % ДИ 0,725-0,847) [13].

Вместе с тем применение модифицированного опросника MSRA-5 в обследовании 384 пациентов, проведенном в 2019г. M. Yang et al., чувствительность метода составила 82,2 %, при специфичности 65,2 %, площадь под ROC-кривой (AUC) не превышала 0,85 (95% ДИ 0,81-0,89) [14]. Таким образом, авторами измененной версии опросника MRSA-5 благодаря сокращению числа вопросов, дублирующих друг друга, и увеличению количества баллов за каждый ответ, позволило улучшить показатели чувствительности и специфичности. Это сделало возможным чаще с его помощью выявлять саркопению, исключая ложноположительные результаты [14].

Следует отметить, что в качестве альтернативного метода скрининга саркопении у пациентов старше 60 лет вместо опросников MSRA-7, MSRA-5 был разработан метод Shinya Ishii, основанный на оценке трех переменных: возраст, сила захвата и окружность голени [15]. Так, в исследовании, проведенном S. Ishii et al., (n=1971) чувствительность метода составила 75,5 %, при специфичности 88,2 % [15]. Следует отметить, что достоинством данного метода является высокая специфичность по сравнению с MRSA-7 и MRSA-5, что позволяет здоровых пациентов не относить к категории больных саркопенией [14, 15, 16].

В 2018 г. во время второго согласительного консенсуса под эгидой The European Working Group on Sarcopenia in Older People 2 (EWGSOP2) с учетом новых научных и клинических доказательств для скрининга саркопении в рутинной клинической практике у пациентов с подозрением на данную патологию в качестве самостоятельно заполненного опросника был предложен метод SARC-F (Strength, Assistance with walking, Rising from chair, Climbing stairs and Falls) [1, 17, 18].

Отдельно стоит отметить крупный метанализ, объединивший результаты 7 исследований African American Health Study, Baltimore Longitudinal Study of Aging, The National Health and Nutrition Examination study (n=12800). В ходе анализа изучалась эффективность метода скрининга SARC-F в клинической практике, объединенная чувствительность метода составила 21 % (95 % ДИ 13-31 %), при специфичности метода 90 % (95 % ДИ 83-94 %), площадь под ROC-кривой (AUC) не превышала 0,89 (95 % ДИ 0,86-0,92) [19, 20, 21, 22].

В настоящее время опросник SARC-F доступен на разных языках мира, что позволяет определять

надежность и прогностическую значимость данного метода на представителях различных рас [1, 5, 11, 12].

Тем не менее, не смотря на уже разработанные скрининговые методы диагностики саркопении, в настоящее время рассматриваются новые возможности внедрения в повседневную клиническую практику простых, не затратных, но чувствительных методов выявления пациентов с возможными факторами риска и/или начальными симптомами саркопении (эпизоды падения, общая слабость, снижение скорости ходьбы, трудности с подъемом со стула или потеря массы тела), которые нуждаются в проведении углубленной диагностики [1, 5, 11, 12].

Согласно второму консенсусу под эгидой The European Working Group on Sarcopenia in Older People 2 (EWGSOP2), при положительном результате опросника следующим этапом проводится оценка мышечной силы: сила сжатия кисти или тест «встань со стула» [1, 5, 12, 13, 14].

Для оценки мышечной силы верхней конечности в обычной врачебной практике рекомендуется использовать кистевую динамометрию. Нормальным показателем для женщин считается сила сжатия динамометра ≥ 20 кг, для мужчин – ≥ 30 кг. Мышечная сила различных групп мышц тела тесно взаимосвязаны друг с другом, поэтому определив, силу кисти ручным динамометром мы можем анализировать мышечную силу всего тела [1, 5, 11, 12, 13]. При всей доступности этого метода он является наименее точным и достаточно субъективным, так как результат (сила кисти) зависит от антропометрических характеристик, чем «длиннее» и «шире» кисть, тем выше ее силовые показатели. Следует отметить, что в качестве оценки силы мышц нижних конечностей и мышц, поддерживающих позвоночник, применяют тест «встань со стула». Диагностическим критерием считают время необходимое пациенту, чтобы встать со стула без помощи рук и обратно (всего 5 раз). Если время выполнения задания длилось >15 секунд или пациент не мог подняться со стула без помощи рук, то мышечная сила мышц оценивалась как сниженная. Данный тест оценивает способность испытуемого поддерживать равновесие во время смены положения и ходьбы [1, 5, 11].

Однако получение точных результатов невозможно у больных, страдающих дегенеративно-дистрофическими изменениями и/или воспалительным процессом в суставах (артритами, артрозами), нарушением церебрального кровообращения (перенесенный инсульт), психосоматическими расстройствами (шизофрения и другие). Считается, что подобные методы у больных в отделении реанимации и интенсивной терапии сложны в выполнении, поэтому они имеют низкую информативность. Более информативными для данной группы пациентов являются лабораторные и инструментальные методы диагностики саркопении [5, 23, 24, 25].

Лабораторные методы диагностики саркопении

Еще в 1935 г. при изучении состава скелетных мышц был обнаружен метаболит креатин, который

подвергается неферментативному расщеплению до креатинина и выводится в неизменном виде с мочой. Поэтому уровень креатинина прямо пропорционален массе скелетных мышц (1 г примерно 20 кг) при анализе мочи, собранной за 24 часа от пациентов, не употребляющих в пищу мясо [25].

С появлением инструментальных методов диагностики впервые удалось определить связь между креатинином в моче и массой скелетных мышц. Согласно исследованию Z. M. Wang et al. в 1996 году использовали компьютерную томографию (КТ) для количественной оценки связи между креатинином в суточной моче и массой скелетных мышц у 12 здоровых мужчин ($r=0,92$, $p<0,001$) [24, 25]. В другом исследовании В. С. Clark и Т. М. Manini, использовали магнитно-резонансную томографию (МРТ) для измерения массы скелетных мышц у пациентов, принимавших внутрь телевые капсулы, наполненные дейтерированным креатином (DCR). Стабильный изотоп DCR обеспечивает измерение общего объема пула креатина в организме с помощью масс-спектропии, используемой для анализа образцов мочи, собранных в течение нескольких дней. Масса скелетных мышц, измеренная с помощью DCR коррелирует с измеренной массой скелетных мышц, которая была определена с помощью МРТ ($r=0,868$, $p<0,001$) [24].

Помимо креатинина в качестве оценки массы скелетных мышц используется мочевого Ntau-метилгистидин (3-метилгистидин). Он образуется при метилировании сократительных белков скелетных мышц (актина и миозина), высвобождается при катаболизме белков и выводится из организма в неизменном виде с мочой. В суточной моче 3-метилгистидин используется для оценки скорости расщепления миофибриллярных белков, поэтому этот лабораторный показатель можно использовать как средство для оценки массы скелетных мышц, но из-за сложного метаболизма и финансовых затрат данный метод редко используется [24, 25].

Преимуществом лабораторных маркеров является доступность методов, минимальная их стоимость, безопасность для пациента. Ограничением в определении креатинина и 3-метилгистидина в моче как маркера массы скелетных мышц является соблюдение диеты (исключение из рациона мяса) и длительность интервала сбора. К недостаткам практического применения лабораторных показателей относят то, что они отражают массу мышечных клеток, а не скелетную мышцу, которая состоит из жировой, соединительной тканей и внеклеточной жидкости [24, 25].

Лучевые методы диагностики саркопении

Благодаря изучению качественного и количественного компонентного состава тела в настоящее время диагностический арсенал возможностей расширился. Применяются высокотехнологические методы (биоимпедансометрия, компьютерная и магнитно-резонансная томография, рентгеновская абсорбциометрия и другие) [1, 4, 5, 12, 25, 24, 25, 26].

Преимущества и недостатки биоимпедансометрии

Биоимпедансный анализ (BIA) – контактный метод измерения электрической проводимости биологических тканей, позволяющий оценивать физиологические и морфологические параметры организма [4, 12, 28]. Биоимпедансный анализ был впервые применен Е. С. Hoffer, J. Nyboer and A. Thomasset в 1950 и 1960гг. [24, 26, 27, 28].

Стоит отметить, что данный анализ основан на определении активного и реактивного электрического сопротивления тела человека и/или его сегментов на разных частотах и дальнейшей компьютерной обработке полученных данных. Сегодня доступны многие конструкции систем, которые варьируются от одной до нескольких частот, используют контактные или гелиевые электроды [12, 24, 26, 27, 28].

На основе этого рассчитывается общий вес тела, рассматривается как совокупность жировой и нежировой (тощей) массы (внеклеточная масса: соединительная ткань, внеклеточная жидкость, и активная клеточная масса: клетки мышц и органов, нервные клетки). Считается, что сигнал проходит быстрее через мышечную ткань, чем через жировую, поскольку в мышцах содержится большое количество электролитов и жидкости (70-75 %), в то время как в жировой ткани воды практически нет [24, 26, 27, 28].

Первым основоположником в развитии этого метода является L. Organ W et al. (1994), который предложил шестиелектродный метод сегментарной BIA, что позволило выделить отдельные электрические свойства каждой конечности и туловища [29].

Несколько лет спустя В. Н. Tan et al. (2009) разработали восьми электродную конструкцию, которая включала в себя контактные электроды для ног и рук человека в вертикальном положении, что позволило измерять электрические пути всего тела [30].

В дополнении к оценке мышечной ткани с помощью BIA определяют фазовый угол, который предоставляет полезную информацию о составе тела, но также отражает функцию клеточных мембран и имеет клиническое прогностическое значение. Фазовый угол оценивают по соотношению между измеренными значениями активного сопротивления (R) и реактивного сопротивления (Xc). Расчет осуществляется по следующей формуле: фазовый угол (°) = арктангенс (Xc/R) × (180/π). Расчет фазового угла представляет собой недорогой гериатрический инструмент для выявления пожилых пациентов с риском развития саркопении [31, 32].

Данные крупномасштабных исследований, проводимые в разных странах и расовых/этнических группах, показывают последовательную закономерность: так пик значения фазового угла достигает в молодом возрасте, затем постепенно снижается и в последующие годы независимо от состава тела [31]. На сегодняшний день четко не определены биологические механизмы снижения фазового угла, предполагают, что возраст, оперативные вмешательства являются основными детерминантами [32, 33].

C. Basile et al. (2014) сообщили о независимом влиянии силы захвата и массы скелетных мышц на фазовый угол, измеренный в когорте пожилых людей, установили, что низкий фазовый угол был связан со снижением силы захвата [34]. Эта же закономерность прослеживалась в работе N. Santana et al. (2018), где в группе пациентов пожилого возраста ($n=207$), средний возраст которых составил $76,2 \pm 6,7$ лет, доказано, что фазовый угол обратно пропорционален силе захвата ($y=3,16+0,08x$; $r=0,49$; $p < 0,001$) и мышечной массы ($y=3,04+0,25x$; $r=0,60$; $p < 0,001$) [35].

В исследовании M. Kolodziej et al. (2022) при обследовании 1567 человек в возрасте 50-87 лет пресаркопении выявлена у 276 (17,6 %) участников. Значение фазового угла у участников с подтвержденной пресаркопенией было ниже на 12-13 %, чем у участников без саркопении. Предполагается, что уменьшение фазового угла в группе пресаркопении может быть связано с меньшим количеством и меньшими размерами мышечных клеток (миоцитов), которые уменьшают фазовый сдвиг между напряжением и током, протекающим через ткани. Уменьшение размеров миоцитов чаще всего обусловлено снижением их гидратации и питания, уменьшением содержания липидов в клеточных мембранах, что в свою очередь приводит к атрофии. Определяются возрастные изменения в значениях активного и реактивного электрического сопротивления BIA и их комбинации на разных частотах [36].

Преимущества биоимпедансометрии перед другими методами оценки компонентного состава тела является неинвазивность и комфортность процедуры обследования для пациента, а также невысокая стоимость обследования. Портативность данного метода позволяет проводить обследование не только в амбулаторных условиях, но и у постели больного [12, 26, 27, 28]. Не рекомендуется выполнять биоимпедансометрию при беременности, при наличии кардиостимулятора, а также в период менструации, при повышении температуры тела или повреждении кожи в местах наложения электродов. К недостаткам практического применения биоимпедансного метода относят нарушения волеического статуса пациента (выраженная гипо- или гипергидратация). Таким образом, показатели содержания мышечной массы тела и тощей массы являются критериями постановки диагноза саркопении и позволяют оценить прогноз [12, 26, 27, 28].

Преимущества и недостатки компьютерной и магнитно-резонансной томографии

Благодаря развитию медицины и открытию лучевых методов диагностики для оценки скелетных мышц при саркопении стали использовать компьютерную томографию (КТ) и магнитно-резонансную томографию (МРТ). Данные методы позволили проводить качественную и количественную оценку следующих показателей: изменение сегментарной и общей мышечной массы, определение висцерального жира в брюшной полости, интенсивность инфильтрации жиром мышечной ткани и внутри мышцы (миостеатоз), так как все это оказывает влияние на мышечную силу

и развитие саркопении [4, 12, 26, 27, 37, 38, 39].

Компьютерная томография (КТ) первоначально являлась стандартным методом для визуализации нервов, поиска онкологической патологии, туберкулеза и сердечно-сосудистых патологии. Данный метод основан на измерении и обработке разности ослабления рентгеновского излучения различными по плотностям тканям в организме, выраженного в единицах Хаунсфилда (НУ). Так, на международном уровне вода определяется как 0 НУ, а воздух – 1000 НУ (легкие, пазухи носа, ЖКТ). В свою очередь жировая ткань в организме человека единственная структура, которая имеет отрицательные значения НУ (в диапазоне от -30 до -190), тогда как скелетные мышцы имеют положительные значения НУ. Эти различия в ослаблении рентгеновского излучения тканей используются в диагностике саркопении и состояний, приводящие к развитию данного синдрома [4, 12, 26, 27].

В связи с доступностью данного метода в клинической практике и возможностью проведения оценки состава тела первоначально был разработан простой количественный показатель исследования мышечной массы (площадь мышц в одном срезе или объем мышц в последовательных срезах, но занимающий мышцу целиком). Минусом данного показателя являлась сложность проведения и разделения изображения из-за низкого контраста мягких тканей в области туловища, так как именно в этой зоне мышцы и окружающие органы обладают одинаковой плотностью в единицах Хаунсфилда (НУ) [4, 12, 26, 27, 37].

Этот подход применим при минимальном количестве срезов, так как уже при увеличении числа срезов специалисту необходимы глубокие знания в анатомии мышц, чтобы не совершить ошибку в поиске мышечных границ. С увеличением количества проводимых срезов необходимо вводить дополнительное специализированное оборудование для увеличения скорости обработки полученного массива [4, 26, 27, 38].

В настоящее время не существует единых критериев (пороговых значений), которые бы использовались для постановки диагноза саркопении при выполнении КТ. Так, для количественного анализа мышечной ткани в организме различными авторами были предложены следующие разнообразные точки определения: средняя треть бедра, голени, предплечья и другие [4, 12, 26, 27, 39, 40].

Так, в работе J. Kim et al. (2017) в качестве опорной точки для оценки всей мышечной массы скелетных мышц использовалась площадь поперечного сечения m. psoas на уровне третьего поясничного позвонка (LIII) с поправкой на квадрат роста ($\text{мм}^2/\text{м}^2$). За 10 лет в исследовании было обследовано 1422 пациента в кабинете первичного медицинского осмотра. В ходе исследования было выявлено, что пороговые значения низкой массы скелетных мышц, определенные с помощью КТ различались у здоровых людей в зависимости от возраста и пола. Так, пороговые значения индекса поясничной мышцы с возрастом человека уменьшаются (в возрасте 20-39 лет для мужчин – $592,3 \text{ мм}^2/\text{м}^2$, а для

женщин – 399,9 мм²/м²; 40-49 лет для мужчин 474,0 мм²/м², а для женщин – 287,7 мм²/м²; 50-59 лет для мужчин 422,2 мм²/м², а для женщин – 242,5 мм²/м²; для 60-69 лет для мужчин 374,4 мм²/м², а для женщин – 220,4 мм²/м²; 70-89 лет для мужчин 331,5 мм²/м², а для женщин – 147,6 мм²/м²). По результатам исследования определили нормативное значение нижней границы мышечного индекса поясничной мышцы, который составил для мужчин – 422 мм²/м², а для женщин – 242 мм²/м², что позволяет применять для определения развития саркопении [4, 39]. В практике нашло применение измерение общей площади брюшных мышц на уровне третьего поясничного позвонка (LIII), представленное «скелетно-мышечным индексом» (СМИ) – отношение полученного показателя площади скелетной мускулатуры на уровне тела LIII позвонка к квадрату показателя роста пациента. В основе расчетов лежит сумма следующих мышц: поясничная мышца, параспинальные мышцы (мышцы, выпрямляющие позвоночник, квадратная мышца поясницы) и мышцы брюшной стенки (поперечная мышца живота, внешние и внутренние косые мышцы живота, а также прямая мышца живота).

Так, в работе E. N. Kim et al. (2021) на основании наблюдения за 11 845 здоровыми (7 314 мужчин, 4 531 женщин), были предложены диагностические пороговые значения для определения саркопении, основанные на референтных значениях площади скелетных мышц (СМИ) с поправкой на рост, вес и индекс массы тела (ИМТ) на уровне третьего поясничного позвонка (LIII) на основе Т-критерия (<-2,0). В результате пороговые значения СМИ, СМИ/рост², СМИ/вес и СМИ/ИМТ составляли 119,3 и 74,2 см², 39,8 и 28,4 см²/м², 1,65 и 1,38 см²/кг и 4,97 и 3,46 у мужчин и женщин соответственно. СМА/ИМТ показала высокую диагностическую частоту встречаемости саркопении (4,2 % у мужчин и 8,7 % у женщин), в то время как соотношение СМА/рост² обеспечило самую низкую вероятность (2,8 % у мужчин, 1,0 % у женщин) [40].

По данным С. М. Prado et al. (2008), в период с 2004-2007 гг. в онкологическом центре было обследовано 2115 пациентов, страдающих опухолями респираторного тракта и ЖКТ, из них у 325 (15%) больных наблюдалось саркопеническое ожирение (ИМТ≤30), КТ-изображения поясничного отдела позвоночника были выполнены у 250 пациентов. При оценивании КТ-изображения поясничного отдела позвоночника и расчете СМИ у пациентов, страдающих саркопеническим ожирением, показатель был ниже, чем у пациентов, не страдающих ожирением. Таким образом, для диагностики саркопении предположили использовать значение ниже порогового показателя СМИ: 52,4 см²/м² для мужчин и 38,5 см²/м² для женщин [41].

Следует отметить, что в ретроспективном анализе N. L. Beetz et al. (2022) среди 103 пациентов (средний возраст 62±11 лет), страдающих аденокарциномой поджелудочной железы, саркопения была выявлена у 65 пациентов (63%). При оценивании КТ-изображения поясничного отдела позвоночника на уровне третьего поясничного позвонка (LIII) и определения СМИ были установлены

следующие пороговые значения для определения саркопении (СМИ≤38,5 см²/м² у женщин и СМИ≤52,4 см²/м² у мужчин). В течение трех лет наблюдения пациенты с аденокарциномой поджелудочной железы, страдающие саркопенией, имели низкую выживаемость (p = 0,006). Саркопения оказывает влияние на 3-летнюю выживаемость в зависимости от используемого метода лечения, так в группе хирургического лечения выживаемость пациентов ниже (p=0,02; OR=2,57), чем в группе консервативного лечения (p=0,04; OR=1,92). Соответственно, более низкое значение СМИ оказывает влияние на 3-летнюю выживаемость у пациентов, перенесших операцию (p = 0,02) [42].

В работе Y. Ko et al. (2022) при проведении КТ у 116 пациентов в качестве точек определения количественного анализа мышечной ткани в организме было предложено использовать: область скелетных мышц в верхней части бедра на уровне нижнего конца седалищного бугра (СМИ UT), на уровне середины бедра (СМИ MT), на уровне третьего поясничного позвонка (СМИ L3). Полученные изображения анализировали два рентгенолога (первый с 11-летним опытом работы, второй с 20-летним) независимо друг от друга. В ходе анализа была выявлена очень сильная положительная корреляционная связь между СМИUT и СМИMT (r1=0,91 и r2=0,92, p < 0,001) и между СМИUT и СМИL3 (r1=0,90 и r2=0,91, p < 0,001), в то время как наблюдалась сильная положительная корреляционная связь между СМИMT и СМИL3 (r1=0,87 и r2=0,87, p < 0,001). Известно, что мышцы верхней части бедра представляют собой осевые мышцы, как и аппендикулярные мышцы, поскольку уровень верхней части бедра является точкой перехода между тазовым поясом (осевым скелетом) и нижними конечностями (аппендикулярным скелетом). В свою очередь, верхний уровень бедра, определяемый как нижняя вершина седалищного бугра, легко идентифицируется на КТ-изображениях, но возникают трудности с определением точного уровня середины бедра на аксиальных КТ-изображениях. Сложность в определении уровня середины бедра (среднее расстояние между дистальным концом шейки бедра и первым срезом, показывающим межмышцелковую ямку), заключается в отсутствии точного анатомического ориентира для выбора уровня середины бедра. Таким образом, эти данные подтверждают, что уровень верхней части бедра на уровне нижнего конца седалищного бугра является отличным ориентиром, позволяющим использовать СМИUT в качестве надежного биомаркера для оценки саркопении [43].

В организме существует два основных депо жира в мышечной ткани. Первое депо представлено адипоцитами, которые расположены между группами поперечнополосатых мышц (перимышечная жировая ткань) и внутри самих мышц в виде скопления жировой ткани, образуя межмышечную жировую ткань (ММЖ). В свою очередь второе депо образовано внутриклеточными липидами миоцитов и составляет от 6 до 14 % от всего объема. В виду анатомических особенностей

мышц (большое количество, наличие фасций и связок в зоне исследования) есть сложность в дифференцировке внутримышечной и перимышечной жировой ткани. Среди недостатков применения данного метода можно считать невозможность проведения дифференциальной диагностики истинного миостеатоза от патологической жировой ткани, которая располагается между мышечными волокнами. В свою очередь женщины как правило имеют высокий показатель миостеатоза по КТ, чем мужчины. Поэтому детальная мышечная сегментация всего массива ткани в зоне исследования невозможна и для этого используется наиболее четко визуализирующая область конкретной мышцы или группы мышц [4, 12, 44, 45, 46].

Также существуют ограничения этого метода в повседневной практике из-за высокой лучевой нагрузки (проведение стандартного КТ брюшной полости и малого таза – 8 мЗв, а радиационный фон вокруг человека составляет 2,5 мЗв) и стоимости [4, 12, 26, 27].

Разрабатывались новые подходы и попытки в использовании КТ, которые позволили бы снизить дозу облучения. Так, в исследовании Р. Н. Wang et al. (2022) в группе пациентов (n=1393) в возрасте 20-60 лет, страдающих хронической обструктивной болезнью легких (ХОБЛ), для определения наличия саркопении проводилось оценивание мышечного индекса первого позвонка (L1MI), используя низкодозную КТ органов грудной клетке. Это позволило определить пороговые значения: L1MI 26,2 см²/м² для мужчин и 20,9 см²/м² для женщин и выявить, чем ниже показатель L1MI, тем ниже объем форсированного выдоха за 1 секунду (0,81±0,17 против 1,30±0,55 л/с, p=0,046) и высокие результаты оценочных шкал (19,5±2,6 против 15,0±4,9, p=0,015), чем у пациентов с нормальным уровнем L1MI. В результате установлено, что саркопения оказывает влияние на течение и тяжесть заболевания ХОБЛ [46]. В свою очередь, L. A. Seabolt et al. (2015) использовали сканирование только одного среза для диагностики состава всего тела, что позволило снизить дозу облучения до <1 мЗв [47].

Уровень лучевой нагрузки при всех вышеописанных методах также был на высоком уровне, поэтому применение этих методов исключительно для оценки саркопении нецелесообразно в клинической практике. В связи с этим использование лучевых методов визуализации для определения саркопении допустимо одновременно для выявления и поиска основной патологии (онкопатологии, сердечно-сосудистой, заболеваний нервов и т.д.) [4, 12, 26, 27].

Магнитно-резонансная томография (МРТ) разработана для оптимального сканирования и визуализации разнообразных тканей в организме, позволяя различать и детально оценивать структуру жировой ткани и массы без жира (мышц, костей) и проводить оценку эффективности проводимого лечения, мониторинг прогрессирования саркопении. Данный метод основан на использовании явления магнитного резонанса протонов водорода и в отличие от КТ не имеет радиационного воздействия. Стоит отметить,

что в связи с хорошим разрешением изображения и высокой чувствительности преимуществом этого метода является определение наличия отека, воспаления, жировой инфильтрации, фиброза и атрофии в различных тканях организма [4, 12, 26, 27, 48, 49]. В то время при миодистрофии Дюшенна метод визуализации МРТ имеет низкую чувствительность из-за происходящей стремительной жировой инфильтрации мышц и мышечной дистрофии [50, 51, 52].

В настоящее время многие исследователи рекомендуют собственные разработанные алгоритмы обработки МРТ-изображений и варианты расчетов показателей. Для диагностики мышечной и жировой морфологии применимы различные последовательности МРТ. Так, согласно исследованию L. A. Seabolt et al. (2015), для наилучшего контраста между мышцами и жиром применимо использовать T1-взвешенных «спин-эхо» последовательности МРТ [4, 12, 47].

Имеются различные диагностические подходы, так в работе А. Kovanlikaya et al. (2005) проводилось сканирование мышц бедра на уровне средней трети бедренной кости в аксиальной плоскости и получилось три среза по 5 мм с промежутком 1-3 см. На основании этих данных рассчитывалась средняя площадь межмышечной жировой ткани (ММЖ) и безжировой мышечной массы, используя программный анализ содержания жира и/или мышечной ткани в каждом пикселе исследуемой области, все это позволяет различать минимальное количество жира, содержащиеся в мышцах [4, 12, 53].

Еще одним диагностическим подходом, описанным в исследовании S. Schlaeger et al. (2019), для количественного и качественного определения мышечной ткани применяли оценку паравертебральных мышц поясничного отдела позвоночника с последующим расчетом площади, определением количества внутримышечного жира и безжировой мышечной массы [54].

Стоит отметить, что количество жировых и фиброзных отложений в мышечной ткани увеличивается по мере старения. Введение МРТ в клинических исследованиях позволило установить, что с появлением жировой инфильтрации в мышечной ткани у пожилых пациентов уменьшается физическая и функциональная активность, адаптационный и восстановительный резерв организма. Все это влечет риск развития неблагоприятных исходов (увеличения числа госпитализаций, падений и переломов и др.), что затрудняет процесс реабилитации и снижает качество жизни, повышая риск инвалидизации [4, 12, 26, 27].

Среди недостатков применения данного метода можно выделить следующие ограничения: высокая стоимость метода, техническая сложность выполнения и получения изображения [4, 12, 26, 27].

Двухэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия (dual-energy X-ray absorptiometry, DEXA)

Метод лучевой диагностики, основанный на регистрации ослабления двух пиков рентгеновских излучений при прохождении через ткани тела разной плотности. Данный метод дает возможность проводить оценку сразу трех компонентов – жировую,

костную и мышечную ткань. Этот метод первоначально разрабатывался для диагностики остеопороза, оценки риска развития переломов и определения эффективности проводимой терапии при заболеваниях суставов [4, 12, 26, 27].

Полное стандартное сканирование этим методом всего организма затруднено и неприемлемо, так как в область интереса попадают паренхиматозные органы. Поэтому при проведении двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии в клинической практике для определения саркопении применение нашел следующий базовый показатель – аппендикулярная мышечная масса тела (суммарная оценка поперечнополосатых мышц всех четырех конечностей) – appendicular skeletal muscle (ASM) [4, 12].

Известно, что существует корреляционная связь между мышечной массой и весом/ростом, поэтому абсолютное применение показателя ASM недопустимо, в связи с этим были предложены следующие разработанные новые индексы для оценки скелетных мышц: ASM/ht² (отношение массы аппендикулярных скелетных мышц к квадрату роста), ASM/wt (отношение массы аппендикулярных скелетных мышц к массе тела) [54, 55, 56].

В 1988г. индекс ASM/ht², впервые предложенный Baumgartner et al. в городе Нью-Мексико, рекомендовал себя для определения саркопении [55]. Так, в ходе разработки рекомендаций Европейской рабочей группы по саркопении у пожилых людей (European Working Group on Sarcopenia on Older People, EWGSOP) данный индекс был принят для оценки скелетных мышц. В проводимых исследованиях было выявлено, что индекс скелетных мышц (ASM/ht²) положительно коррелировал с ИМТ, поэтому имеются ограничения в использовании у пациентов с высоким индексом ИМТ (из-за большого количества жировой ткани пациенты могут быть оценены как не страдающие саркопенией) [54, 55, 56].

В 2002г. I. Janssen et al. предложили индекс мышечной массы с поправкой на вес (ASM/wt). Этот индекс долгое время широко использовался в качестве альтернативного метода вместе с индексом ASM/ht² [56]. В 2021г. в работе A. Joshi et al. определяли наличие саркопении, используя тест «Встань со стула» и оценивая мышечную и жировую ткань методом DEXA среди 141 пациента (69,7±10,0 лет), перенесших аортокоронарное шунтирование. В качестве характеристики мышечной ткани использовали индекс мышечной массы с поправкой на рост (ASM/ht²). Было установлено, что наличие саркопении (снижение индекса ASM/ht² и увеличение времени подъема со стула) является независимым предиктором смертности данной группы пациентов ($p = 0,01$) [57].

Стоит отметить исследование K. Y. Cheng et al. (2021), которое было направлено на сравнение измерений массы скелетных мышц между биоимпедансометрией ($n=1687$) и двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии ($n=540$) для скрининга саркопении среди 2127 пациентов. Значительное за-

вышение мышечной массы было измерено с помощью ВИА по сравнению с DEXA ($p < 0,005$), что ограничивает применение в клинической практике [58]. За последнее время в ходе исследований отмечаются различия в применении индексов для измерения массы скелетных мышц, что влияет на определении распространенности саркопении в популяции. Следует отметить, что для выполнения данного метода необходимо наличие высококвалифицированных кадров, технической базы, что не позволяет использовать в повседневной практике [4, 12, 26, 27].

Недостатком данного метода считают невозможность проведения качественной оценки массы скелетных мышц. Невозможность установить количественное наличие жирового компонента межмышечной жировой ткани (ММЖ) внутри и вокруг мышечной ткани. Другим диагностическим ограничением считается недостаточная оценка быстрого изменения массы скелетных мышц при постоянном контроле по сравнению с методами МРТ и КТ [4, 12, 24, 26, 27].

Заключение

С увеличением доли пожилых людей в популяции наблюдается рост числа заболеваний, ассоциированных с возрастом. Снижение массы, силы и функции скелетной мышцы представляет собой не только закономерный исход физиологического старения (первичная саркопения), но и важная составляющая множества патологических состояний (вторичная саркопения) [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12]. Основной причиной возникновения первичной саркопении является изменение мышечных волокон, α -моторных нейронов из-за низкого уровня стероидных гормонов. Вторичная саркопения развивается вследствие неправильного питания, гиподинамии, приема некоторых лекарственных препаратов, наличия у пациента тяжелых заболеваний, например, сердечной недостаточности, хронической болезни почек, хронической обструктивной болезни легких и др. Саркопения является одним из значимых факторов риска смерти у пожилых [5, 26].

Врач должен владеть методиками первичного скрининга саркопении, используя различные опросники (MSRA-7, MSRA-5, SARC-F). Однако данные опросники в некоторых группах пациентов имеют ряд ограничений, т.к. их результат зависит от условий проведения. Методы для анализа мышечной силы (кистевая динамометрия, тест «встань со стула») не в состоянии достоверно отобразить силу мышц верхних и нижних конечностей, поэтому не могут быть рекомендованы для рутинного использования [59]. Лабораторные методы диагностики должны быть направлены на выявление вторичной саркопении, возникающей при различных заболеваниях. Поиск новых лабораторных биомаркеров потери мышечной массы рассматривается как перспективное направление по изучению и лечению саркопении. Существующие биохимические маркеры повреждения мышечной ткани разрабатывались на протяжении многих лет, но, к сожалению, каждый из них имеет ограничения, которые не позволяют

включать их в рутинную оценку саркопении. Поэтому требуется дальнейшая работа по выявлению биомаркеров-кандидатов, которые можно было бы разделить на четыре основных класса: предшествующие биомаркеры для оценки риска развития саркопении; диагностические биомаркеры для выявления клинических проявлений саркопении; биомаркеры, позволяющие описать категории и тяжесть развития саркопении; прогностические биомаркеры для прогнозирования риска развития неблагоприятных последствий для здоровья, связанных с саркопенией (например, риск переломов, развитие депрессии и другие) [1, 2, 3, 4, 12, 24].

В настоящее время на первый план выдвинута концепция, согласно которой может и не быть одного биологического маркера, который позволил бы отслеживать риск возникновения и оценивать течение саркопении [24, 25]. Вполне возможно, что развитие саркопении может быть результатом различных патогенетических процессов, происходящих параллельно в организме. При сопутствующих заболеваниях (сердечно-сосудистые заболевания, хронические заболевания почек, сахарный диабет, заболевания легких и др.) также могут быть использованы новые специфические биомаркеры для диагностики вторичной саркопении. Кроме того саркопении развивается годами, и патогенетические процессы не обязательно могут быть одинаковыми на протяжении всего периода наблюдения у разных пациентов. Следовательно, оценка биомаркеров может быть актуальна только в течение ограниченного промежутка времени [1, 2, 3, 4, 24, 25].

Стали доступными современные лучевые методы диагностики саркопении: биоимпедансный анализ (BIA), компьютерная томография (КТ), магнитно-резонансная томография (МРТ), двухэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия (DEXA). В разной степени все эти методы оценивают количественные и качественные данные скелетных мышц, поэтому они воспроизводимы и сопоставимы друг с другом [26, 27, 59, 60].

Так, BIA является точным, удобным и неинвазивным методом, альтернативным КТ, МРТ, DEXA, его можно выполнить в течение нескольких минут во время однократного визита в клинику, и данный метод не требует высококвалифицированного медицинского персонала, а результаты доступны сразу. КТ и МРТ считаются золотым стандартом, так как с помощью них возможно не только определить сегментарную и общую мышечную массу, выделяя анатомические границы мышц, но и оценить объем скелетных мышц. Нет единого мнения о критериях, пороговых значениях, индексах, которые следует использовать для оценки скелетных мышц при выполнении КТ и МРТ в диагностике саркопении, именно развитие данного направления позволит в будущем определять мышечную массу и жировую инфильтрацию (миостеатоз). DEXA – точный, воспроизводимый и доступный метод визуализации для оценки состава тела, являющийся наиболее часто используемым рентгенологическим методом диагностики саркопении, так как имеет утвержденные пороговые значения. Лучевые

методы диагностики (КТ, МРТ, DEXA) редко используются для скрининга саркопении в силу их стоимости, избыточной лучевой нагрузки и требуют специальной подготовки врача [4, 5, 12, 26, 27, 59, 60].

Комплексное использование лучевых методов в научных исследованиях для оценки качественного и количественного состава скелетных мышц не всегда применяется в медицинских учреждениях. Следовательно, у врачей-рентгенологов существует потенциал в использовании существующих и внедрении новых методов лучевой диагностики саркопении, они должны участвовать совместно с клиницистами в выборе метода визуализации, наиболее подходящего для конкретного пациента.

Повышение осведомленности пациентов и медицинских работников, проведение раннего скрининга и использование междисциплинарного подхода к лечению саркопении в современной медицинской практике позволило бы минимизировать общее неблагоприятное воздействие данного мультиэтиологического заболевания, профилактировать развитие сердечно-сосудистых катастроф (инсульт, инфаркт миокарда, нарушения ритма и проводимости), снизить число поступающих пациентов в профильные отделения. Все это позволит улучшить качество и продолжительность жизни населения. Следовательно, необходимо продолжить дальнейшие исследования, направленные на разработку полного диагностического руководства по выявлению саркопении на ранних стадиях заболевания, профилактировать развитие и прогрессирование данного патологического состояния [1, 2, 3, 4, 12, 26, 27, 59, 60].

Литература / References

1. Cruz-Jentoft AJ, Bahat G, Bauer J, Boirie Y, Bruyère O, Cederholm T, Cooper C, Landi F, Rolland Y, Sayer AA, Schneider SM, Sieber CC, 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 and Ageing*. 2019; 48(1):16-31. DOI: 10.1093/ageing/afy169
2. Pacifico J, Geerlings MAJ, Reijniers EM, Phassouliotis C, Lim WK, Maier AB. Prevalence of sarcopenia as a comorbid disease: A systematic review and meta-analysis. *Experimental Gerontology*. 2020;(131):110801. DOI: 10.1016/j.exger.2019.110801
3. Ethgen O, Beaudart C, Buckinx F, Bruyère O, Reginster JY. The Future Prevalence of Sarcopenia in Europe: A Claim for Public Health Action. *Calcified Tissue International*. 2017; 100(3):229-234. DOI: 10.1007/s00223-016-0220-9
4. Масенко ВЛ, Коков АН, Григорьева ИИ, Кривошапова КЕ. Лучевые методы диагностики саркопении. Исследования и практика в медицине. 2019; 6(4): 127-137. [Masenko VL, Kokov AN, Grigorieva II, Krivoshapova KE. Radiation methods for the diagnosis of sarcopenia. *Research'n Practical Medicine Journal*. 2019;

- 6(4): 127-137. DOI: 10.17709/2409-2231-2019-6-4-13. (In Russian)]
5. Григорьева ИИ, Раскина ТА, Летаева МВ, Малышенко ОС, Аверкиева ЮВ, Масенко, ВЛ, Кокков АН. Саркопения: особенности патогенеза и диагностики. *Фундаментальная и клиническая медицина*. 2019; 4(4): 105-116. [Grigorieva II, Raskina TA, Letaeva MV, Malysenko OS, Averkieva YuV, Masenko, VL, Kokov AN. Sarcopenia: features of pathogenesis and diagnosis. *Fundamental and Clinical Medicine*. 2019; 4(4): 105-116. DOI: 10.23946/2500-0764-2019-4-4-105-11613. (In Russian)]
 6. Papadopoulou SK. Sarcopenia: A Contemporary Health Problem among Older Adult Populations. *Nutrients*. 2020;12(5):1293. DOI: 10.3390/nu12051293
 7. Cannataro R, Carbone L, Petro JL, Cione E, Vargas S, Angulo H, Forero DA, Odriozola-Martínez A, Kreider RB, Bonilla DA. Sarcopenia: Etiology, Nutritional Approaches, and miRNAs. *International Journal of Molecular Sciences*. 2021; 22(18):9724. DOI: 10.3390/ijms22189724
 8. Zhang Y, Zhang J, Ni W, Yuan X, Zhang H, Li P, Xu J, Zhao Z. Sarcopenia in heart failure: a systematic review and meta-analysis. *European Journal of Heart Failure*. 2021; 8(2):1007-1017. DOI: 10.1002/ehf2.13255
 9. Benz E, Trajanoska K, Lahousse L, Schoufour JD, Terzikhan N, De Roos E, de Jonge GB, Williams R, Franco OH, Brusselle G, Rivadeneira F. Sarcopenia in COPD: a systematic review and meta-analysis. *European Respiratory Review: an Official Journal of the European Respiratory Society*. 2019; 28(154):190049. DOI: 10.1183/16000617.0049-2019
 10. Xia L, Zhao R, Wan Q, Wu Y, Zhou Y, Wang Y, Cui Y, Shen X, Wu X. Sarcopenia and adverse health-related outcomes: An umbrella review of meta-analyses of observational studies. *Cancer Medicine*. 2020; 9(21):7964-7978. DOI: 10.1002/cam4.3428
 11. Petermann-Rocha F, Balntzi V, Gray SR, Lara J, Ho FK, Pell JP, Celis-Morales C. Global prevalence of sarcopenia and severe sarcopenia: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*. 2022; 13(1):86-99. DOI: 10.1002/jcsm.12783
 12. Закревский АИ, Фёдорова АА, Пасечник ИН, Кутепов ДЕ. Саркопения: как её диагностировать? *Клиническое питание и метаболизм*. 2021; 2(1): 13-22. [Zakrevskiy AI, Fedorova AA, Pasechnik IN, Kutevov DE. Sarcopenia: how to diagnose it? *Clinical Nutrition and Metabolism*. 2021;2(1):13-22. DOI: 10.17816/clinutr71107. (In Russian)]
 13. Rossi AP, Fantin F, Micciolo R, Bertocchi M, Bertassello P, Zanandrea V, Zivelonghi A, Bissoli L, Zamboni M. Identifying sarcopenia in acute care setting patients. *Journal of the American Medical Directors Association*. 2014;15(4): 303.e7-12. DOI: 10.1016/j.jamda.2013.11.018
 14. Yang M, Hu X, Xie L, Zhang L, Zhou J, Lin J, Wang Y, Li Y, Han Z, Zhang D, Zuo Y, Li Y, Wu L. Validation of the Chinese version of the Mini Sarcopenia Risk Assessment questionnaire in community-dwelling older adults. *Medicine (Baltimore)*. 2018; 97(37):e12426. DOI: 10.1097/MD.00000000000012426
 15. Ishii S, Tanaka T, Shibasaki K, Ouchi Y, Kikutani T, Higashiguchi T, Obuchi SP, Ishikawa-Takata K, Hirano H, Kawai H, Tsuji T, Iijima K. Development of a simple screening test for sarcopenia in older adults. *Geriatrics and Gerontology International*. 2014;14(S1):93-101. DOI: 10.1111/ggi.12197
 16. Mohd Nawi SN, Khaw KS, Lim WS, Yu SC. Screening Tools for Sarcopenia in Community-Dwellers: A Scoping Review. *Annals of the Academy of Medicine, Singapore*. 2019;48(7):201-216.
 17. Yang M, Hu X, Xie L, Zhang L, Zhou J, Lin J, Wang Y, Li Y, Han Z, Zhang D, Zuo Y, Li Y. Comparing Mini Sarcopenia Risk Assessment With SARC-F for Screening Sarcopenia in Community-Dwelling Older Adults. *Journal of the American Medical Directors Association*. 2019;20(1): 53-57. DOI: 10.1016/j.jamda.2018.04.012
 18. Yang M, Jiang J, Zeng Y, Tang H. Sarcopenia for predicting mortality among elderly nursing home residents: SARC-F versus SARC-CalF. *Medicine (Baltimore)*. 2019;98(7):e14546. DOI: 10.1097/MD.00000000000014546
 19. Rolland Y, Dupuy C, Abellan Van Kan G, Cesari M, Vellas B, Faruch M, Dray C, de Souto Barreto P. Sarcopenia Screened by the SARC-F Questionnaire and Physical Performances of Elderly Women: A Cross-Sectional Study. *Journal of the American Medical Directors Association*. 2017;18(10):848-852. DOI: 10.1016/j.jamda.2017.05.010
 20. Ida S, Kaneko R, Murata K. SARC-F for Screening of Sarcopenia Among Older Adults: A Meta-analysis of Screening Test Accuracy. *Journal of the American Medical Directors Association*. 2018; 19(8):685-689. DOI:10.1016/j.jamda.2018.04.001
 21. Kim S, Kim M, Won CW. Validation of the Korean Version of the SARC-F Questionnaire to Assess Sarcopenia: Korean Frailty and Aging Cohort Study. *Journal of the American Medical Directors Association*. 2018;19(1):40-45. DOI:10.1016/j.jamda.2017.07.006
 22. Ida S, Murata K, Nakadachi D, Ishihara Y, Imataka K, Uchida A, Monguchi K, Kaneko R, Fujiwara R, Takahashi H. Development of a Japanese version of the SARC-F for diabetic patients: an examination of reliability and validity. *Aging Clinical and Experimental Research*. 2017;29(5):935-942. DOI: 10.1007/s40520-016-0668-5
 23. Пасечник ИН, Закревский АИ, Талызин ПА, Мазова МС. Саркопения: взгляд анестезиолога-реаниматолога. *Кремлевская медицина. Клинический вестник*. 2021(1):82-89. DOI: 10.26269/zqkk-j843 [Pasechnik IN, Zakrevsky AI, Talyzin PA, Mazova MS. (2021). Sarcopenia: the view of an anesthesiologist-resuscitator. *Kremlin medicine. Clinical Bulletin*. 2021(1):82-89. DOI: 10.26269/zqkk-j843 (In Russian)]
 24. Tosato M, Marzetti E, Cesari M, Saveria G, Miller RR, Bernabei R, Landi F, Calvani R. Measurement of muscle mass in sarcopenia: from imaging to

- biochemical markers. *Aging Clinical and Experimental Research*. 2017;29(1):19-27. DOI: 10.1007/s40520-016-0717-0
25. Wang ZM, Sun YG, Heymsfield SB. Urinary creatinine-skeletal muscle mass method: a prediction equation based on computerized axial tomography. *Biomedical and Environmental Sciences: BES*. 1996; 9(2-3):185-90.
26. Tagliafico AS, Bignotti B, Torri L, Rossi F. Sarcopenia: how to measure, when and why. *La Radiologia medica*. 2022;127(3):228-237. DOI: 10.1007/s11547-022-01450-3
27. Albano D, Messina C, Vitale J, Sconfienza LM. Imaging of sarcopenia: old evidence and new insights. *European Radiology*. 2020;30(4):2199-2208. DOI: 10.1007/s00330-019-06573-2
28. Гайворонский ИВ, Ничипорук ГИ, Гайворонский ИН, Ничипорук НГ. Биоимпедансометрия как метод оценки компонентного состава тела человека (обзор литературы). *Вестник Санкт-Петербургского университета. Медицина*. 2017;12(4):365-384. [Gaivoronsky IV, Nichiporuk GI, Gaivoronsky IN, Nichiporuk NG. Bioimpedancemetry as a method for assessing the component composition of the human body (literature review). *Bulletin of St. Petersburg University. The medicine*. 2017;12(4):365-384. DOI: 10.21638/11701/spbu11.2017.406. (In Russian)]
29. Organ LW, Bradham GB, Gore DT, Lozier SL. Segmental bioelectrical impedance analysis: theory and application of a new technique. *Journal of Applied Physiology*. 1994;77(1):98-112. DOI: 10.1152/jappl.1994.77.1.98
30. Tan BH, Birdsall LA, Martin L, Baracos VE, Fearon KC. Sarcopenia in an overweight or obese patient is an adverse prognostic factor in pancreatic cancer. *Clinical cancer research : an official journal of the American Association for Cancer Research*. 2009;15(22):6973-9. DOI: 10.1158/1078-0432.CCR-09-1525
31. Fernández-Jiménez R, Dalla-Rovere L, García-Olivares M, Abuín-Fernández J, Sánchez-Torralvo FJ, Doulatram-Gamgaram VK, Hernández-Sánchez AM, García-Almeida JM. Phase Angle and Handgrip Strength as a Predictor of Disease-Related Malnutrition in Admitted Patients: 12-Month Mortality. *Nutrients*. 2022;14(9):1851. DOI: 10.3390/nu14091851
32. Tsaousi G, Panagidi M, Papakostas P, Grosomanidis V, Stavrou G, Kotzampassi K. Phase Angle and Handgrip Strength as Complements to Body Composition Analysis for Refining Prognostic Accuracy in Cardiac Surgical Patients. *Journal of Cardiothoracic Anesthesia*. 2021;35(8):2424-2431. DOI: 10.1053/j.jvca.2020.10.037
33. Do JY, Kim AY, Kang SH. Association Between Phase Angle and Sarcopenia in Patients Undergoing Peritoneal Dialysis. *Frontiers in Nutrition*. 2021;8:742081. DOI: 10.3389/fnut.2021.742081
34. Basile C, Della-Morte D, Cacciatori F, Gargiulo G, Galizia G, Roselli M, Curcio F, Bonaduce D, Abete P. Phase angle as bioelectrical marker to identify elderly patients at risk of sarcopenia. *Experimental Gerontology*. 2014; (58):43-6. DOI: 10.1016/j.exger.2014.07.009
35. Santana NM, Pinho CPS, da Silva CP, Dos Santos NF, Mendes RML. Phase Angle as a Sarcopenia Marker in Hospitalized Elderly Patients. *Nutrition in Clinical Practice: Official Publication of the American Society for Parenteral and Enteral Nutrition*. 2018; 33(2):232-237. DOI: 10.1002/ncp.10016
36. Kołodziej M, Kozieł S, Ignasiak Z. The Use of the Bioelectrical Impedance Phase Angle to Assess the Risk of Sarcopenia in People Aged 50 and above in Poland. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022; 19(8):4687. DOI: 10.3390/ijerph19084687
37. Takahashi N, Sugimoto M, Psutka SP, Chen B, Moynagh MR, Carter RE. Validation study of a new semiautomated software program for CT body composition analysis. *Abdominal Radiology*. 2017; 42(9): 2369-2375. DOI: 10.1007/s00261-017-1123-6
38. Van Vugt JL, Levolger S, Gharbharan A, Koek M, Niessen WJ, Burger JW, Willemsen SP, de Bruin RW, IJzermans JN. A comparative study of software programmes for cross-sectional skeletal muscle and adipose tissue measurements on abdominal computed tomography scans of rectal cancer patients. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*. 2017; 8(2):285-297. DOI: 10.1002/jcsm.12158
39. Kim JS, Kim WY, Park HK, Kim MC, Jung W, Ko BS. Simple age specific cutoff value for sarcopenia evaluated by computed tomography. *Annals of Nutrition and Metabolism*. 2017; 71(3-4):157-163. DOI: 10.1159/00048040
40. Kim EH, Kim KW, Shin Y, Lee J, Ko Y, Kim YJ, Lee MJ, Bae SJ, Park SW, Choe J, Kim HK. Reference Data and T-Scores of Lumbar Skeletal Muscle Area and Its Skeletal Muscle Indices Measured by CT Scan in a Healthy Korean Population. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences*. 2021; 76(2):265-271. DOI: 10.1093/gerona/glaa065
41. Prado CM, Lieffers JR, McCargar LJ, Reiman T, Sawyer MB, Martin L, Baracos VE. Prevalence and clinical implications of sarcopenic obesity in patients with solid tumours of the respiratory and gastrointestinal tracts. A population based study. *The Lancet. Oncology*. 2008; 9(7):629-635. DOI: 10.1016/S1470-2045(08)70153-0
42. Beetz NL, Geisel D, Maier C, Auer TA, Shnayien S, Malinka T, Neumann CCM, Pelzer U, Fehrenbach U. Influence of Baseline CT Body Composition Parameters on Survival in Patients with Pancreatic Adenocarcinoma. *Journal of Clinical Medicine*. 2022; 11(9):2356. DOI: 10.3390/jcm11092356
43. Ko Y, Shin Y, Sung YS, Lee J, Lee JH, Kim JK, Park J, Ko HS, Kim KW, Huh J. A reliable and robust method for the upper thigh muscle quantification on computed tomography: toward a quantitative biomarker for sarcopenia. *BioMed Central Musculoskeletal Disorders Musculoskeletal Disorders*. 2022; 23(1):93. DOI: 10.1186/s12891-022-05032-2

44. Miljkovic I, Vella CA, Allison M. Computed Tomography-Derived Myosteosis and Metabolic Disorders. *Diabetes and Metabolism Journal*. 2021;45(4):482-491. DOI: 10.4093/dmj.2020.0277
45. Correa-de-Araujo R, Addison O, Miljkovic I, Goodpaster BH, Bergman BC, Clark RV, Elena JW, Esser KA, Ferrucci L, Harris-Love MO, Kritchevsky SB, Lobergs A, Shepherd JA, Shulman GI, Rosen CJ. Myosteosis in the Context of Skeletal Muscle Function Deficit: An Interdisciplinary Workshop at the National Institute on Aging. *Frontiers in Physiology*. 2020; (11):963. DOI: 10.3389/fphys.2020.00963
46. Wang PH, Gow CH, Chiu YL, Li TC. Determination of Low Muscle Mass by Muscle Surface Index of the First Lumbar Vertebra Using Low-Dose Computed Tomography. *Journal of Clinical Medicine*. 2022;11(9):2429. DOI: 10.3390/jcm11092429
47. Seabolt LA, Welch EB, Silver HJ. Imaging methods for analyzing body composition in human obesity and cardiometabolic disease. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 2015; (1353):41-59. DOI:10.1111/nyas.12842
48. Yousaf T, Dervenoulas G, Politis M. Advances in MRI Methodology. *International Review of Neurobiology*. 2018;(141):31-76. DOI: 10.1016/bs.irn.2018.08.008
49. Caraianni C, Petrescu B, Dong Y, Dietrich CF. Contraindications and adverse effects in abdominal imaging. *Medical Ultrasonography*. 2019;21(4):456-463. DOI 10.11152/mu-2145
50. Senesac CR, Lott DJ, Willcocks RJ, Duong T, Smith BK. Lower Extremity Functional Outcome Measures in Duchenne Muscular Dystrophy-A Delphi Survey. *Journal of Neuromuscular Diseases*. 2019;6(1):75-83. DOI: 10.3233/JND-180337
51. Alic L, Griffin JF 4th, Eresen A, Kornegay JN, Ji JX. Using MRI to quantify skeletal muscle pathology in Duchenne muscular dystrophy: A systematic mapping review. *Muscle and Nerve*. 2021;64(1):8-22. DOI: 10.1002/mus.27133
52. Brogna C, Cristiano L, Verdolotti T, Norcia G, Ficociello L, Ruiz R, Coratti G, Fanelli L, Forcina N, Petracca G, Chieppa F, Tartaglione T, Colosimo C, Pane M, Mercuri E. Longitudinal Motor Functional Outcomes and Magnetic Resonance Imaging Patterns of Muscle Involvement in Upper Limbs in Duchenne Muscular Dystrophy. *Medicina (Kaunas, Lithuania)*. 2021; 57(11):1267. DOI: 10.3390/medicina57111267
53. Kovanlikaya A, Guclu C, Desai C, Becerra R, Gilsanz V. Fat quantification using three-point dixon technique: in vitro validation. *Academic Radiology*. 2005; 12(5):636-639. DOI:10.1016/j.acra.2005.01.019
54. Schlaeger S, Inhuber S, Rohrmeier A, Dieckmeyer M, Freitag F, Klupp E, Weidlich D, Feuerriegel G, Kreuzpointner F, Schwirtz A, Rummeny EJ, Zimmer C, Kirschke JS, Karampinos DC, Baum T. Association of paraspinal muscle water-fat MRI-based measurements with isometric strength measurements. *European Radiology*. 2019; 29(2): 599-608. DOI: 10.1007/s00330-018-5631-8
55. Baumgartner RN, Koehler KM, Gallagher D, Romero L, Heymsfield SB, Ross RR, Garry PJ, Lindeman RD. Epidemiology of sarcopenia among the elderly in New Mexico. *American Journal of Epidemiology*. 1998;147(8):755-63. DOI: 10.1093/oxfordjournals.aje.a009520
56. Janssen I, Heymsfield SB, Ross R. Low relative skeletal muscle mass (sarcopenia) in older persons is associated with functional impairment and physical disability. *Journal of the American Geriatrics Society*. 2002; 50(5):889-96. DOI: 10.1046/j.1532-5415.2002.50216.x
57. Joshi A, Mancini R, Probst S, Abikhzer G, Langlois Y, Morin JF, Rudski LG, Afilalo J. Sarcopenia in cardiac surgery: Dual X-ray absorptiometry study from the McGill frailty registry. *American Heart Journal*. 2021; (239):52-58. DOI: 10.1016/j.ahj.2021.04.008
58. Cheng KY, Chow SK, Hung VW, Wong CH, Wong RM, Tsang CS, Kwok T, Cheung WH. Diagnosis of sarcopenia by evaluating skeletal muscle mass by adjusted bioimpedance analysis validated with dual-energy X-ray absorptiometry. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*. 2021;12(6):2163-2173. DOI: 10.1002/jcsm.12825
59. Suzan V, Suzan AA. A bibliometric analysis of sarcopenia: top 100 articles. *European Geriatric Medicine*. 2021;12(1):185-191. DOI: 10.1007/s41999-020-00395-y
60. Dent E, Morley JE, Cruz-Jentoft AJ, Arai H, Kritchevsky SB, Guralnik J, Bauer JM, Pahor M, Clark BC, Cesari M, Ruiz J, Sieber CC, Aubertin-Leheudre M, Waters DL, Visvanathan R, Landi F, Villareal DT, Fielding R, Won CW, Theou O, Martin FC, Dong B, Woo J, Flicker L, Ferrucci L, Merchant RA, Cao L, Cederholm T, Ribeiro SML, Rodríguez-Mañas L, Anker SD, Lundy J, Gutiérrez Robledo LM, Bautmans I, Aprahamian I, Schols JMGA, Izquierdo M, Vellas B. International Clinical Practice Guidelines for Sarcopenia (ICFSR): Screening, Diagnosis and Management. *Journal of Nutrition, Health, and Aging*. 2018; 22(10):1148-1161. DOI: 10.1007/s12603-018-1139-9

Сведения об авторах

Фомина Наталья Викторовна, д. м. н., доцент, заведующий кафедрой факультетской терапии, профессиональных болезней и эндокринологии, Кемеровский государственный медицинский университет; адрес: Российская Федерация, 650056, г. Кемерово, ул. Ворошилова, 22а; врач-кардиолог, Кемеровская областная клиническая больница имени С.В. Бельяева, адрес: Российская Федерация, 650000, г. Кемерово, пр. Октябрьский, 22; тел.: +7(905)9606336; e-mail: natafomin@mail.ru, http://orcid.org/0000-0003-2139-5446

Уткина Екатерина Владимировна, старший лаборант кафедры факультетской терапии, профессиональных болезней и эндокринологии, Кемеровский государственный медицинский университет; адрес: Российская Федерация, 650056, г. Кемерово, ул. Ворошилова, 22а; Врач-терапевт, Кемеровская городская клиническая больница №11, адрес: Российская Федерация, 650014, г. Кемерово, ул. Вахрушева, 4А; тел.: +7(904)9632177; e-mail: goll1997.2011@mail.ru, http://orcid.org/0000-0002-2000-3562

Author information

Natalya V. Fomina, Dr.Med.Sci., Associate Professor, Head of the Department of Faculty Therapy, Occupational Diseases and Endocrinology, Kemerovo State Medical University; Address: 22a, Voroshilova Str., Kemerovo, Russian Federation 650056; Cardiologist, S.V. Belyaev Kemerovo Regional Clinical Hospital; Address:22, October Ave., Kemerovo, Russian Federation 650000; Phone: +7(905)9606336; e-mail: natafomin@mail.ru, http://orcid.org/0000-0003-2139-5446

Ekaterina V. Utkina, senior laboratory assistant of the Department of Faculty Therapy, Occupational Diseases and Endocrinology, Kemerovo State Medical University; Address: 22a, Voroshilova Str., Kemerovo, Russian Federation 650056; general practitioner, Kemerovo City Clinical Hospital № 11; Address: 4A, Vakhrusheva Str., Kemerovo, Russian Federation 650014; Phone: +7(904)9632177; e-mail: goll1997.2011@mail.ru, http://orcid.org/0000-0002-2000-3562

Дата поступления 26.05.2022
 Дата рецензирования 30.08.2022
 Принята к печати 30.08.2022
 Received 26 May 2022
 Revision Received 30 August 2022
 Accepted 30 August 2022