

ВОЗМОЖНОСТИ ДИАГНОСТИКИ САРКОПЕНИИ: КЛИНИЧЕСКИЕ, ЛАБОРАТОРНЫЕ, ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ



© А.С. Жданова^{1*}, Ж.Е. Белая¹, К.А. Омельченко², Г.А. Айрапетов^{2,3}

¹ГНЦ РФ ФГБУ «НМИЦ эндокринологии им. академика И.И. Дедова» Минздрава России, Москва, Россия

²ГБУЗ «Городская клиническая больница №31 им. академика Г.М. Савельевой» Департамента здравоохранения города Москвы, Москва, Россия

³ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы», Москва, Россия

Саркопения представляет собой ассоциированную с возрастом прогрессирующую потерю мышечной массы и мышечной силы, что приводит к снижению функциональной активности, повышению риска падений, переломов, госпитализаций и вносит существенный вклад в инвалидизацию и смертность населения старшей возрастной группы. Универсального объяснения пути развития саркопии не существует. Среди механизмов снижения мышечной массы выделяют влияние внешних (хронические заболевания, гиподинамия, прием ряда лекарственных препаратов, недостаточное употребление белка с пищей) и внутренних факторов (возрастная нейромускулярная дегенерация, изменение уровня анаболических гормонов, хроническое воспаление и оксидативный стресс). Многофакторный патогенез развития саркопии объясняет отсутствие общепринятых инструментов диагностики данного состояния. Цель данного обзора — обобщить актуальную информацию по алгоритмам оценки состояния мышечной силы, мышечной массы, физической работоспособности, диагностическим критериям саркопии различных исследовательских групп. В обзоре описаны варианты лабораторных маркеров, перспективных и представляющих интерес в отношении диагностики и определения эффективности проведения терапевтических и профилактических вмешательств.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: саркопения; мышечная масса; мышечная сила; физическая работоспособность; диагностика; алгоритм; маркеры.

CLINICAL, LABORATORY AND INSTRUMENTAL ASPECTS OF SARCOPENIA DIAGNOSTICS

© Anastasia S. Zhdanova^{1*}, Zhanna E. Belaya¹, Konstantin A. Omelchenko², Georgiy A. Airapetov^{2,3}

¹Endocrinology Research Center, Moscow, Russia

²City Clinical Hospital No. 31 named after Academician G.M. Savelyeva, Moscow, Russia

³Lumumba Peoples Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, Moscow, Russia

Sarcopenia is an age-associated progressive loss of muscle mass and strength that leads to decreased functional activity, increased risk of falls, fractures, hospitalizations, and significantly contributes to disability and mortality in the elderly. There is no universal explanation for the development of sarcopenia. The mechanisms of muscle mass reduction include the influence of external (chronic diseases, physical inactivity, intake of certain medications, insufficient protein intake with food) and internal factors (age-related neuromuscular degeneration, changes in the level of anabolic hormones, chronic inflammation, and oxidative stress). The multifactorial pathogenesis of sarcopenia explains the lack of generally accepted diagnostic tools for this condition. The purpose of this review is to summarize current information on algorithms for assessing muscle strength, muscle mass, physical performance, and diagnostic criteria for sarcopenia by various research groups. The review describes options for laboratory markers that are promising and of interest in relation to diagnostics and determining the effectiveness of therapeutic and preventive interventions.

KEYWORDS: sarcopenia; muscle mass; muscle strength; physical performance; diagnostics; algorithm; markers.

Термин саркопения произошел от греческого выражения, означающего «бедность плоти», и впервые был описан Rosenberg в 1989 г. на конференции по вопросам старения как возрастное снижение мышечной массы [1].

Согласно тенденции к увеличению продолжительности жизни в развитых странах мира к 2050 г. число людей старше 60 лет достигнет более 2 млрд человек [2]. Распространенность тяжелой саркопии составляет

от 2 до 9% населения [3], и по прогнозам увеличится до 200 млн человек в течение следующих 40 лет [4].

Результаты работы глобальной инициативы по лидерству в области саркопии от 2025 г. (Global Leadership Initiative in Sarcopenia = GLIS) продемонстрировали широкие последствия саркопии от повышения рисков падений, переломов и госпитализаций до снижения качества жизни и повышения смертности [5].

*Автор, ответственный за переписку / Corresponding author.

По данным литературы, пиковый набор костной и мышечной массы у мужчин и женщин происходит к 25 годам. С 30 лет отмечается снижение общей массы скелетных мышц на 0,5–1% в год с увеличением до 1–2% в год после 50 лет, достигая к возрасту 90 лет 50% от исходной мышечной массы [6].

Существуют гендерные различия в предрасположенности к развитию саркопении. Женщины имеют более высокий риск, поскольку мужчины исходно набирают более высокий пик как костной (на 25%), так и мышечной (на 40%) массы, при этом мышечная сила мужчин на 60% больше по сравнению с женщинами [7].

В норме зрелые мышечные волокна состоят из многоядерных клеток и не способны к делению, в связи с чем пролиферация клеток-сателлитов на их поверхности обеспечивает регенерацию и рост мышечной ткани [8]. При повреждении миоцита клетка-сателлит полностью проходит путь эмбрионального развития мышцы: делится и трансформируется в миобласт, миобласты сливаются друг с другом и образуют новые мышечные волокна [9]. В состоянии саркопении происходит снижение числа клеток-сателлитов, приводя к потере мышечной массы и развитию мышечной слабости [10].

В настоящее время саркопению классифицируют как первичную, связанную только с процессами старения, и вторичную саркопению, связанную с образом жизни, питанием и влиянием хронических заболеваний (онкологической патологии, сахарного диабета 2 типа (СД2), хронической сердечной недостаточности, гиподинамии, вследствие приема некоторых лекарственных препаратов) [11].

Выделяют ряд внешних и внутренних факторов, потенциально способных изменять состояние поперечно-полосатой мускулатуры. Среди внутренних факторов ведущую роль отводят возрастной нейро-мышечной де-

генерации, снижению уровня анаболических гормонов, развитию хронического воспаления и оксидативного стресса. Среди внешних факторов наибольшее влияние на мышечную ткань оказывают дефицит потребления белков и углеводов с пищей, а также снижение физической активности вследствие наличия острых или хронических заболеваний [6].

Существующие способы диагностики и оценки степени тяжести саркопении претерпевали изменения за последние 20 лет и имели различия в разных популяциях. Выделяют три основных алгоритма обследования пациента на предмет саркопении: Европейские, Азиатские и Американские рекомендации.

В 2010 г. Европейская рабочая группа по саркопении у пожилых людей (European Working Group on Sarcopenia for Older People, EWGSOP) предложила три диагностических критерия саркопении, основанных на мышечной массе, мышечной силе и физической работоспособности [12].

Авторы предполагали наличие саркопении у пациентов, которые не могут самостоятельно передвигаться или встать со стула. Активным пациентам первично рекомендовалось проводить тест на оценку скорости ходьбы на дистанцию 4 метров, при снижении скорости которой менее 0,8 м/с рекомендовалось направить пациента на количественное измерение состава тела; при сохранении нормальной скорости ходьбы рекомендовалось провести измерение мышечной силы и в случае ее снижения оценить мышечную массу [12].

Для констатации диагноза саркопении согласно EWGSOP необходима была регистрация изменений минимум двух показателей при обязательном условии снижения мышечной массы на два стандартных отклонения ниже среднего молодых мужчин и женщин того же пола и расы в сочетании с низкой мышечной силой и/или нарушением мышечной функции [13] (рис. 1).

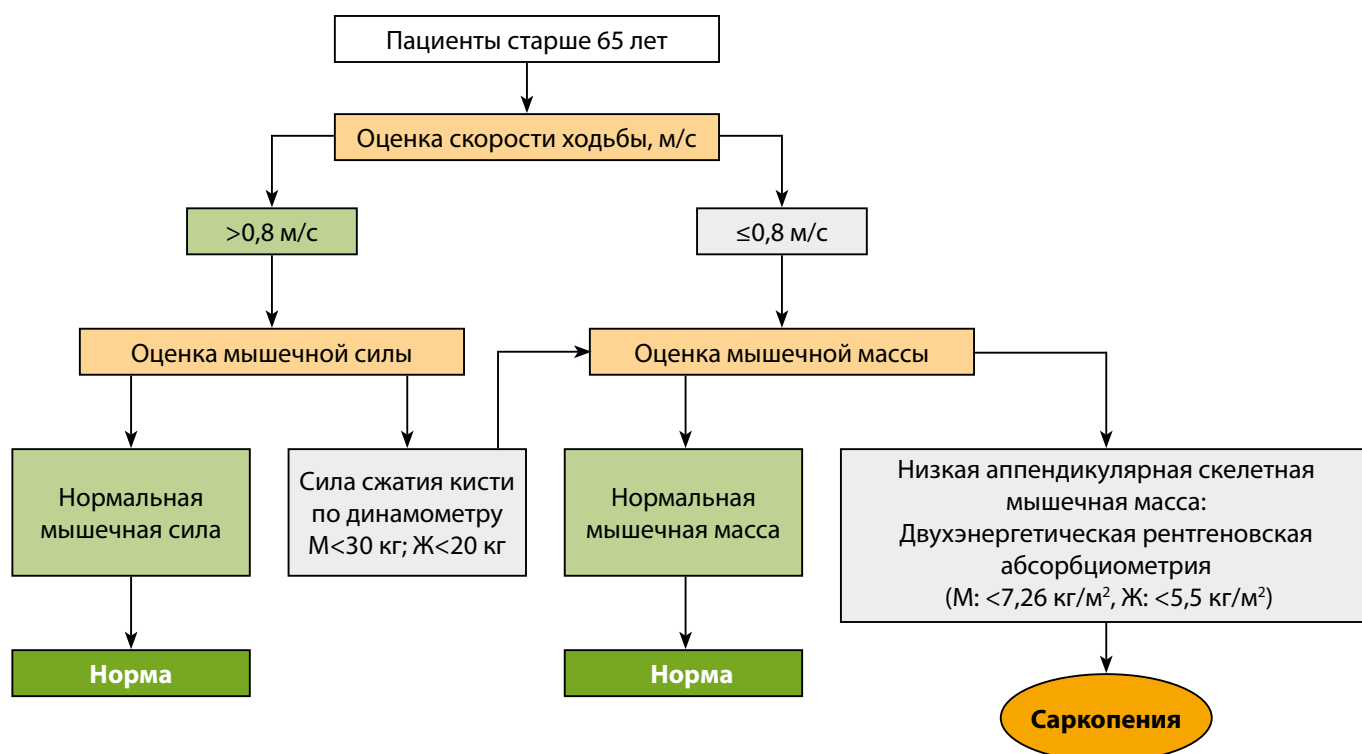


Рисунок 1. EWGSOP1 Критерии диагностики саркопении.

Согласно EWGSOP было выделено три категории саркопении: пресаркопения, саркопения и тяжелая саркопения на основе наличия снижения мышечной массы и наличия или отсутствия функциональных нарушений. В случае уменьшения мышечной массы без влияния на мышечную силу или физическую работоспособность диагностировалась пресаркопения, при уменьшении объема и силы скелетной мускулатуры диагностировалась саркопения, а присоединением к указанным выше проявлениям низкой физической работоспособности характеризовало тяжелую саркопению [12].

В 2019 г. EWGSOP2 пересмотрела свои инструменты и рекомендовала рассмотреть мышечную силу в качестве основного параметра для диагностики саркопении, как наиболее надежный прогностический показатель мышечной функции [14].

Для скринингового выявления пациентов с вероятной саркопенией EWGSOP2 рекомендовала использовать опросник SARC-F (Strength, Assistance with walking, Rise from a chair, Climb stairs and Falls — сила, помощь при ходьбе, подъем со стула, подъем по лестнице и падения), включающий 5 вопросов по субъективной оценке пациентом собственной силы, помощи при ходьбе, подъемах со стула, подъемах по лестнице и частоту падений. Саркопения считается вероятной при наборе более 4 баллов и требует проведения дообследования [14].

Оценку мышечной силы рекомендуется определять при помощи определения силы хвата с помощью динамометра, учитывая пол и возраст пациента, или при оценке силы мышц нижних конечностей в ходе теста подъема со стула в количестве 5 раз. Количество мышц может быть определено с помощью индекса аппендикулярной массы скелетной мускулатуры конечностей и/или индекса аппендикулярной скелетной мускулатуры (отношение аппендикулярной массы скелетной мускулатуры в килограммах к квадрату роста в метрах) на основе результатов проведения двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии (dual-energy X-ray absorptiometry, DXA) или биоимпедансного анализа; а также определение

мышечной массы возможно с помощью оценки площади поперечного сечения определенных групп мышц или участков тела (3-й поясничный позвонок или площадь поперечного сечения середины бедра) с использованием компьютерной томографии или магнитно-резонансной томографии [14].

Физическую работоспособность можно измерить различными способами: оценка скорости ходьбы на дистанцию 4 метров (пороговая точка 0,8 м/с), короткая батарея физических показателей (Short physical performance battery, SPPB) и тест «Встань и иди» (Timed-Up and Go, TUG).

Краткая физическая батарея является комплексным показателем, который включает оценку скорости ходьбы на расстояние 4 метров, оценку равновесия в течение 10 секунд, проведение теста подъема со стула в количестве 5 раз. Значение менее 8 баллов указывает на снижение физической работоспособности. Для теста «Встань и иди» пациента просят встать со стандартного стула, пройти до точки на расстоянии 3 метров, повернуться, вернуться и снова сесть. Точкой разделения считается более 20 сек [14].

Для диагностики вероятной саркопении EWGSOP2 рекомендовал использовать критерии низкой мышечной силы по оценке силы хвата кисти по динамометрии (мужчины <27 кг; женщины <16 кг) или по тесту 5-кратного подъема со стула (>15 с) (рис. 2).

Критерии диагностики саркопении EWGSOP2: низкая мышечная сила в сочетании с низкой мышечной массой [14] (рис. 3) (табл. 1).

Отдельное внимание было уделено антропометрическим показателям в рамках скрининга саркопении у стационарных пациентов. Окружность голени позволяет прогнозировать работоспособность и выживаемость у пожилых людей (пороговое значение <31 см) [15], однако не отражает истинное состояние мышечной массы. В случае отсутствия других методов диагностики оценка окружности голени может быть использована в качестве вспомогательного способа.



Рисунок 2. EWGSOP2 2019. Алгоритм выявления возможной саркопении.

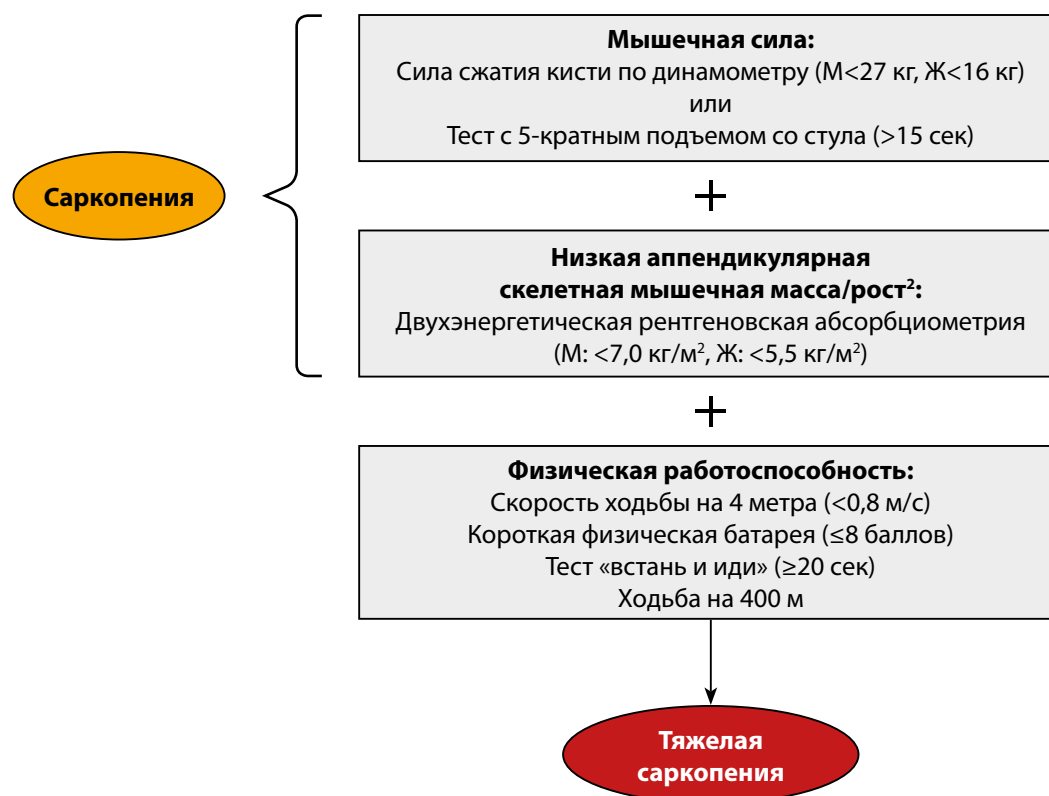


Рисунок 3. EWGSOP2 2019. Критерии диагностики саркопии.

Основным отличием EWGSOP2 от EWGSOP1 стало изменение алгоритма действий для выявления саркопии и появление скринингового опросника SACR-F. EWGSOP1 рекомендовали инициировать обследование с оценки скорости ходьбы с последующим проведением обследования мышечной массы. Согласно новым рекомендациям от 2019 г. «FACS» в начале рекомендуется «Найти (Find) или предположить наличие саркопии по оценке мышечной силы, далее оценить (Assess) состояние мышечной массы и при выявлении ее снижения подтвердить (Confirm) саркопию, после чего по оценке тестов на работоспособность определить тяжесть (Severity) саркопии». Новый алгоритм не требует наличия трех составляющих для диагностики саркопии, подчеркивая важность и достаточность наличия снижения мышечной силы и массы [14].

EWGSOP2 по-новому определил подкатегории саркопии как острую и хроническую. Точкой разделения выделено 6 месяцев (для острой менее 6 месяцев, для хронической ≥ 6 месяцев). Острая саркопия может быть связана с острым заболеванием или травмой, тогда как хроническая саркопия, вероятнее всего, будет связана с хроническими и прогрессирующими состояниями и увеличивает риск смертности [13].

В 2014 г. Азиатская рабочая группа по саркопии (Asian Working Group for Sarcopenia, AWGS) предложила алгоритм выявления и диагностики саркопии на основе азиатских данных, который руководствовался EWGSOP1, но четко определял пороговые значения для отдельных диагностических компонентов с учетом особенностей азиатской популяции [16]. Критерии диагностики саркопии AWGS были сохранены согласно EWGSOP1 и включали сочетание низкой мышечной массы, низкой мышечной силы и снижения физической

работоспособности [16]. Показатели мышечной массы и мышечной силы по рекомендациям AWGS были ниже для азиатской популяции.

На консенсусном совещании, состоявшемся в Гонконге в мае 2019 г., AWGS2 пересмотрела алгоритм выявления и диагностики саркопии [17].

AWGS2 в отличие от EWGSOP2 рекомендовала в качестве альтернативы в случаях ограничения оценки мышечной массы проводить обследование только мышечной силы по данным хвата кисти или по данным теста подъема со стула для диагностики саркопии [17]. Обновление AWGS2 2019 г. предложило отдельный алгоритм обследования в рамках стационара, включающий проверку окружности голени (пороговые значения <34 см у мужчин, <33 см у женщин) или заполнение опросника SARC-F или SARC-CalF (состоит из индекса SARC-F + окружность икроножной мышцы, точка разделения для саркопии ≥ 11 баллов) для раннего выявления пациентов из группы риска по саркопии [18]. Во второй версии AWGS2 сохранила исходные значения для оценки мышечной массы, как и в AWGS1.

Для определения вероятной саркопии AWGS2 рекомендовали использовать критерии низкой мышечной силы или снижение физической работоспособности (сила сжатия кисти: мужчины <28 кг; женщины <18 кг; тест 5-кратного подъема со стула >12 с) (рис. 4).

Критерии диагностики саркопии согласно AWGS2 состоят из низкой мышечной силы в сочетании с низкой аппендикулярной мышечной массой или низкой физической работоспособностью (рис. 5). При сочетании низкой физической работоспособности со снижением мышечной массы и снижением силы саркопию классифицируют как тяжелую.

В 2020 г. был опубликован Американский консорциум по саркопении Sarcopenia Definition and Outcomes Consortium (SDOC) [19].

Основными критериями диагностики саркопении SDOC выделил снижение мышечной силы, определяемой по силе сжатия кисти (для мужчин <35,5 кг, для женщин <20 кг), в сочетании со снижением скорости ходьбы (<0,8 м/с) (табл. 1).

Однако участники консорциума указали на зависимость уровней обоих факторов от пола, возраста, расы, сопутствующих заболеваний людей.

По результатам консорциума SDOC рекомендовано не включать в алгоритм диагностики саркопении оценку мышечной массы по данным измерения DXA, поскольку метод не прогнозирует такие исходы у пожилых людей, как ограничение мобильности, падения, переломы бедра, смертность [19].

В 2016 г. саркопении был присвоен код M62.84 для ее обозначения как заболевания мышц в МКБ-10 [20]. В новой версии МКБ-11 заболевание рекомендуется кодировать FB32.Y — другие уточненные поражения мышц [21].

Таблица 1. Диагностические критерии саркопении различных исследовательских групп

	EWGSOP 2	AWGS2	SDOC
Мышечная сила	мужчины <27 кг женщины <16 кг	мужчины <28 кг женщины <18 кг	мужчины <35,5 кг женщины <20 кг
Мышечная масса	мужчины <7,0 кг/м ² женщины <5,5 кг/м ² (DXA)	мужчины <7,0 кг/м ² женщины <5,4 кг/м ² (DXA) мужчины <7,0 кг/м ² женщины <5,7 кг/м ² (БИА)	-
Скорость ходьбы	Мужчины и женщины <0,8 м/с	Мужчины и женщины <1,0 м/с	Мужчины и женщины <0,8 м/с
Критерии саркопении	Низкая мышечная сила в сочетании с низкой мышечной массой: 1) аппендикулярная мышечная масса: мужчины <20 кг; женщины <15 кг; 2) аппендикулярная мышечная масса/рост ² (DXA) мужчины <7,0 кг/м ² женщины <5,5 кг/м ²	Низкая мышечная сила в сочетании с низкой аппендикулярной мышечной массой: 1) снижение мышечной силы: сила сжатия кисти: мужчины <28 кг женщины <18 кг 2) аппендикулярная мышечная масса/рост м ² : мужчины <7,0 кг/м ² женщины <5,4 кг/м ² (DXA) мужчины <7,0 кг/м ² женщины <5,7 кг/м ² (БИА) ИЛИ 3) низкая физическая работоспособность: 1) тест с 6-минутной ходьбой <1,0 м/с; 2) тест 5-кратного подъема со стула ≥12 с; 3) SPPB ≤9 баллов	Снижение мышечной силы в сочетании со снижением скорости ходьбы: мужчины <35,5 кг, женщины <20 кг снижение скорости ходьбы мужчины и женщины <0,8 м/с)
Критерии тяжелой саркопении	Сочетание низкой мышечной силы, низкой мышечной массы с низкой физической работоспособностью. Низкая физическая работоспособность: 1) скорость ходьбы <0,8 м/с; 2) SPPB ≤8 баллов 3) TUG тест ≥20 с 4) тест ходьбы на 400 м: ≥6 мин	Сочетание низкой мышечной силы, низкой мышечной массы с низкой физической работоспособностью	-



Рисунок 4. AWGS2 2019. Алгоритм выявления возможной саркопии.

В Российской Федерации на этапе общественного обсуждения представлены клинические рекомендации «Саркопения у пациентов пожилого и старческого возраста», в которых в качестве диагностических критериев саркопии выделены снижение мышечной силы, снижение мышечной функции, снижение мышечной массы. При этом главным критерием саркопии считается снижение мышечной силы, а снижение мышечной массы выступает в качестве дополнительного критерия [22].

У пациентов 60 лет и старше рекомендуется оценивать количество жалоб, характерных для саркопии, на каждом осмотре. Антропометрические измерения роста, веса с расчетом индекса массы тела, измерение окружности плеча и голени рекомендуется проводить на каждом осмотре пациентам пожилого и старческого возраста с фиксацией непреднамеренной потери веса на 5 кг и более за последние 6 месяцев. Признаком снижения мышечной массы считается снижение объема плеча у мужчин <26 см, у женщин <25 см, объема голени <31 см для мужчин и женщин.

Для оценки мышечной силы в России рекомендовано проведение кистевой динамометрии. Снижение силы хвата <27 кг у мужчин и <16 кг у женщин свидетельствует о снижении мышечной силы.

Определение мышечной массы рекомендовано проводить при наличии жалоб, характерных для саркопии, и не измененной мышечной силе методами двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии с программным обеспечением «Все тело» (Whole body), биоимпедансометрии, а также при измерении поперечного размера поясничной мышцы на уровне 3 поясничного позвонка по данным КТ/МРТ.

В рекомендациях отдельно выделяют 2 типа саркопии в зависимости от соотношения жировой и мышечной массы: саркопия 1 типа с большим количе-

ством жировой клетчатки (более 27% у мужчин и более 38% у женщин) при снижении мышечной массы и саркопия 2 типа при снижении мышечной массы и сниженном или нормальном количестве жировой клетчатки в организме.

При отсутствии возможности проведения инструментальных методов оценки массы мышечной ткани возможно использование термина «вероятная саркопия» при наличии характерных жалоб и выявлении снижения мышечной силы.

С целью оценки мышечной функции в России рекомендуется проводить краткую батарею тестов физического функционирования (SPPB, пороговое значение ≤8 баллов) [22].

Перспективным направлением становится применение инструментальной технологии радиочастотной эхографической мультиспектрометрии (REMS) в качестве оценки состояния мышечной ткани в рамках диагностики саркопии.

В исследовании 2023 г. Paola Pisani и соавт. продемонстрировали корреляцию между мышечной силой по результатам теста силы хвата кисти и показателем ультразвукового сканирования мышц предплечья.

Было проведено обследование 58 добровольцев (30 здоровых и 28 пациентов с саркопией) в возрасте от 34 до 48 лет. Саркопия была диагностирована при помощи анкетирования, КТ, МРТ, биоимпедансного анализа. Всем пациентам при помощи динамометра проводилась оценка силы сжатия доминантной кисти, учитывалось максимальное значение из трех попыток. Также всем пациентам было проведено ультразвуковое сканирование проксимальной части предплечья при помощи REMS. Были получены результаты статистически значимой корреляции в обеих группах с большей силой в группе здоровых добровольцев ($p < 0,0001$, $r = 0,90$ и $r = 0,83$ соответственно) [4].

В дополнение к визуализирующим методам оценки мышечной массы проводится поиск лабораторных маркеров саркопении.

Валидный биомаркер саркопении должен характеризоваться высокой чувствительностью, специфичностью и воспроизводимостью. Однако, учитывая многофакторный патогенез состояния, выделить единственный показатель приводит к трудностям диагностического поиска, в связи с чем наиболее оптимальным решением становится разработка панели биомаркеров для диагностики и оценки эффективности лечения саркопении.

С возрастом у человека отмечается снижение выработки ряда гормонов, оказывающих влияние на миоциты, таких как тестостерон, гормон роста, инсулиноподобный фактор роста — 1 (ИФР-1) и механический фактор роста [23].

Предполагается, что возрастное изменение уровня ИФР-1 может изменять митохондриальную активность миоцитов путем снижения активности фермента АТФ-цитрат-лиазы. Митохондриальная дисфункция с развитием оксидативного стресса, увеличения соотношения АМФ-АТФ через активацию катаболизма приводит к атрофии мышечной ткани и развитию саркопении [24].

Механический фактор роста представляет собой один из подтипов ИФР-1, который отвечает за восстановление мышц после их повреждения путем аутокринной активации клеток-сателлитов (стволовых клеток мышечной ткани) [23].

По данным исследований, уровень ИФР-1 ниже среди пациентов с саркопенией и коррелирует с мышечной массой, силой хвата кисти и скоростью походки, кроме того, показатель увеличивается при длительных силовых нагрузках [25].

Ailin Bian и соавт. в 2020 г. представили результаты исследования о влиянии уровня ИФР-1 на развитие саркопении у пожилых людей.

В исследовании приняли участие 3276 пациентов в возрасте от 60 до 78 лет (951 женщин, 2325 мужчин). Наличие саркопении устанавливали согласно критериям AWGS. У 12,8% из обследованных пациентов была диагностирована саркопении. Показатели гормона роста, ИФР-1 и механического фактора роста были ниже в группе с саркопенией по сравнению с группой без саркопении ($p < 0,05$), однако гендерных различий выявлено не было. Также отношение аппендикулярной мышечной массы к росту в m^2 положительно коррелировало с уровнем гормонов, полом, индексом массы тела [23].

В исследовании Тау Л. и соавт. уровень ИФР-1 в сыворотке крови был значительно ниже у женщин с саркопенией, при этом в моделях множественной регрессии наблюдалась явная тенденция к защитному эффекту от саркопении. Таким образом, каждое увеличение уровня ИФР-1 на 1 нг/мл было связано с 1% снижением вероятности развития саркопении у женщин [26].

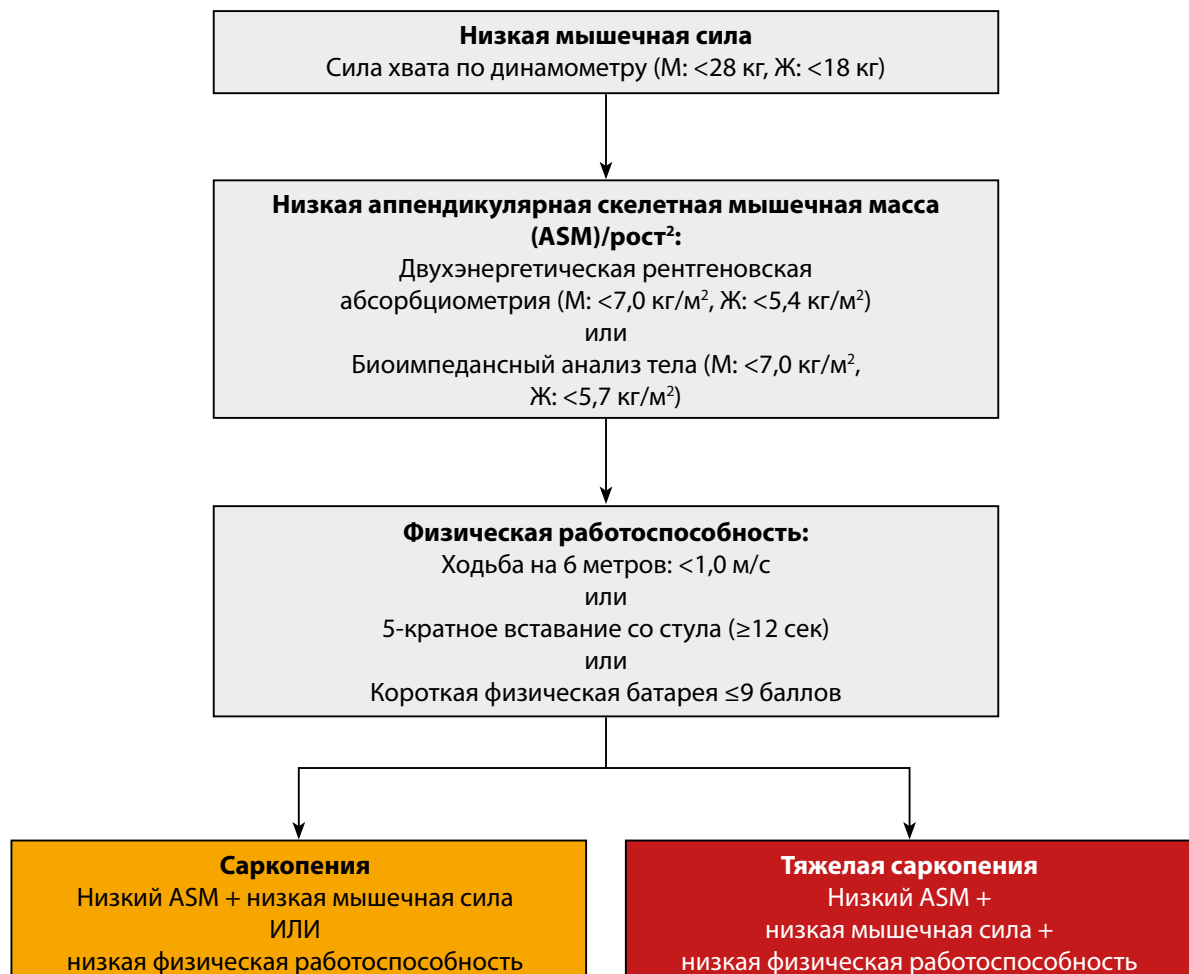


Рисунок 5. AWGS2 2019. Критерии диагностики саркопении.

На сегодняшний день отсутствует единое мнение о влиянии уровня андрогенов на мышечную массу в развитии саркопении. В литературе представлены противоположные данные исследований от положительной корреляции между уровнем тестостерона и количеством аппендикулярной мышечной массы до отсутствия связи между показателями как у мужчин, так и у женщин [23, 27].

Результаты по изучению влияния уровня тестостерона на развитие и компоненты саркопении были опубликованы в корейском исследовании KFACS 2021 г. [27].

В общей сложности было обследовано 1879 пациентов мужского и женского пола в возрасте 70–84 лет исходно и в динамическом наблюдении через 2 года. Оценку саркопении проводили по критериям AWGS.

По результатам исследования уровень свободного тестостерона статистически значимо коррелировал с распространенностью саркопении у мужчин и женщин после поправки на множество сопутствующих факторов.

У мужчин более высокий уровень свободного тестостерона был связан со значительным снижением времени прохождения TUG-теста. У женщин самый низкий квартиль свободного тестостерона был связан с большим снижением силы хвата кисти по динамометрии, хотя уровни гормона не были связаны непосредственно с силой сжатия динамометра.

В течение 2 лет наблюдения уровень тестостерона не был связан с изменением частоты саркопении в исследуемой выборке. По мнению авторов, недостаточная продолжительность периода наблюдения явилась причиной отсутствия значимых изменений в развитии саркопении. По результатам исследования низкий уровень свободного тестостерона исходно был предиктором снижения мышечной силы у пожилых женщин и снижения физической работоспособности у пожилых мужчин после 2-летнего наблюдения.

Влияние тестостерона на состояние мышечной ткани описано как за счет прямого пути через рецепторы тестостерона, так и опосредованно за счет ароматизации его до эстрадиола у женщин [27].

Анаболическое действие тестостерона реализуется за счет повышения синтеза белка, а также активирования бета-катенина в миоцитах с последующим усилением миогенеза [7].

Однако его роль в патогенезе саркопении у пожилых женщин остается неопределенной из-за недостаточных клинических данных [27].

Рабочая группа Европейского общества клинических и экономических аспектов остеопороза, остеоартрита и заболеваний опорно-двигательного аппарата (ESCEO) по результатам консенсуса 2023 г. предложила классифицировать биохимические маркеры саркопении на 2 группы: биохимические маркеры, оценивающие состояние опорно-двигательного аппарата, и биохимические маркеры, оценивающие причинные факторы.

К первой группе отнесли 4 параметра: миостатин-фоллистатин, нейротрофический фактор головного мозга, N-концевой проколлаген III типа (PIIINP) и отношение сывороточного креатинина к сывороточному цистатину С или «индекс саркопении». Для второй группы выделили 6 биохимических маркеров: инсулиноподобный фактор

роста-1, дегидроэпиандростерона сульфат, кортизол, С-реактивный белок, интерлейкин-6 (ИЛ-6), фактор некроза опухоли- α [25].

Для количественной оценки мышечной массы описан тест на разбавление креатинина меченым дейтерием. Метод основан на приеме пациентом раствора, меченого дейтерием, с последующим измерением как общего, так и меченого креатинина в моче до и через 4 дня после приема раствора методом жидкостной хроматографии в сочетании с тандемной масс-спектрометрией. Однако тест доступен лишь в некоторых узкоспециализированных лабораториях и требует стандартизированной процедуры приема раствора и сбора мочи, в связи с чем не был рекомендован ESCEO для широкомасштабного применения [25].

Миостатин является специфичным для скелетной мускулатуры белком, опосредованно подавляя синтез белка через мишень рапамицина у млекопитающих (mTOR).

Ввиду его высокого содержания в скелетных мышцах и его функции как миокина, миостатин позиционируется как потенциальный биомаркер мышечной атрофии и терапевтической возможности лечения саркопении.

В литературе представлены противоречивые данные о корреляции уровня миостатина с состоянием мышечной массы [28].

L. Тау и соавт. выделили миостатин фактором риска развития саркопении у пациентов старше 50 лет, но исключительно в мужской популяции. В исследовании 2015 г. приняли участие функционально-независимые 200 пациентов мужского и женского пола в возрасте от 50 до 99 лет, обследование на предмет саркопении проводилось согласно критериям AWGS, и диагноз был выявлен у 25% пациентов. Среди женщин не было зафиксировано разницы между уровнем миостатина при наличии саркопении и без саркопении [26].

Marlene Hofmann и соавт. опубликовали австрийское исследование уровня миостатина в группе молодых 20–28 лет ($n=17$) и пожилых женщин в возрасте 65–92 лет ($n=81$). Диагностика саркопении у пациентов осуществлялась при помощи критериев EWGSOP. По результатам работы не было выявлено статистически значимой разницы между показателями здоровых женщин и женщин с саркопенией [29].

Подобные наблюдения сподвигли H. Robert Bergen и соавт. к оценке уровня миостатина при помощи метода жидкостной хроматографии с тандемным масс-спектрометрическим анализом. В исследовании были проанализированы данные 240 пациентов (120 женщин и 120 мужчин), которые были разделены на три группы: группа молодых (20–40 лет), группа пожилых людей (старше 65 лет) и группа пациентов с саркопенией. Определение саркопении проводилось по оценке массы скелетной мускулатуры при помощи двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии.

По результатам работы концентрация миостатина в крови у пожилых женщин и женщин с саркопенией была на 33% выше, чем у молодых. Напротив, у молодых мужчин уровень миостатина был значительно выше, чем у пожилых мужчин и мужчин с саркопенией. Между концентрацией миостатина и мышечной массой тела у женщин и мужчин наблюдались положительные, хотя и слабые корреляции [30].

В ряде исследований отмечено влияние физической нагрузки на повышение уровня миостатина у пациентов: острый подъем уровня миостатина происходил сразу после тренировки и возвращался к исходному уровню примерно через 24 часа, однако в долгосрочной перспективе при регулярных занятиях концентрация миостатина снижалась [28].

Миостатин обладает низкой специфичностью как самостоятельный показатель, поскольку его концентрация подвержена влиянию множества факторов: физической нагрузки, приема лекарственных препаратов, функции почек, хронической сердечной недостаточности, метаболического синдрома, в связи с чем обсуждается возможность его определения в совокупности с фоллистатином [28].

Фоллистатин в качестве антагониста TGF-бета-лиганды воздействует на миогенные факторы транскрипции. Фоллистатин коррелировал с мышечной массой и мышечной функцией у женщин в небольшом количестве исследований [31], но эта связь не была подтверждена у мужчин [32]. Однако в средне- и долгосрочных испытаниях с использованием силовых тренировок фоллистатин и/или соотношение фоллистатин/миостатин были увеличены [33].

В 2021 г. Yanping Du и соавт. опубликовали результаты поперечного исследования 478 женщин в возрасте от 50 до 90 лет. Среди обследуемых саркопения была диагностирована в 10,6% случаев (AWGS). Фоллистатин продемонстрировал отрицательную корреляцию с мышечной массой у женщин в постменопаузе ($\beta = -0,28$, $p = 0,01$) и был значимо выше в группе пациенток с саркопенией [31].

Однако в исследовании Elizaveta Fife и соавт. не была подтверждена связь уровня фоллистатина с мышечной массой у мужчин. Авторы провели обследование 56 женщин и 45 мужчин в возрасте от 61 до 89 лет. Миостатин и фоллистатин в плазме крови отрицательно были связаны с мышечной функцией у пожилых женщин. У мужчин уровень фоллистатина был выше, чем у женщин, но не показал статистически значимой корреляции с мышечной массой и физической работоспособностью [32].

Систему миостатина и фоллистатина ESCEO рекомендует рассматривать в качестве оценки эффективности терапии саркопении [25].

N-концевой проколлаген III типа (PIIINP) является побочным продуктом синтеза коллагена типа III. Коллаген типа III экспрессируется в гладких мышцах и в эндомизии скелетных мышц для улучшения свойств растяжения тканей [34].

В корейском когортном исследовании KFACS 2021 г. опубликованы результаты обследования 4 групп мужчин ($n = 79$): «норма», «низкая мышечная масса», «саркопения (AWGS2)», «снижение работоспособности». При развитии саркопении PIIINP был связан с индексом аппендикулярной мышечной массы и в меньшей степени с физической работоспособностью, но не с мышечной силой [35].

Соотношение сывороточного креатинина к сывороточному цистатину С, или «индекс саркопении» (SI) — новый показатель, созданный для оценки мышечной массы [34]. Рекомендуется оценивать уровень креатинина по отношению к цистатину С для нивелирования влияния функции почек на полученный результат. SI показал умеренную корреляцию с площадью поперечного сече-

ния мышц по данным КТ, окружностью голени и силой сжатия кисти [25, 36].

Kashani K.B. и соавт. представили ретроспективное когортное исследование 226 пациентов, находящихся в отделении интенсивной терапии в период с 2008 по 2010 гг. В качестве оценки мышечной массы использовалась площадь поверхности мышц в области 4 поясничного позвонка по данным компьютерной томографии (проведена 46% пациентам). Корреляция (r) между индексом саркопении и мышечной массой составила 0,62 у исследуемых пациентов [36].

В литературе описано катаболическое влияние кортизола на состояние мышечной ткани, в частности при гиперкортицизме, что приводит к мышечной атрофии и появлению мышечной слабости. В ряде исследований продемонстрировано увеличение экспрессии миостатина под действием дексаметазона, а также активация протеолиза и снижение синтеза мышечных белков [37].

Katsuhara S. и соавт. опубликовали результаты исследования по оценке влияния уровня кортизола на состояние мышечной ткани. Были проанализированы данные метаанализа 12 597 человек (средний возраст — 53,5 года; 59,2% женщин) консорциума CORTisol NETwork (CORNET), состоящего из 11 западноевропейских популяционных когорт.

Одно повышение уровня кортизола на стандартное отклонение (Standard deviation, SD) было связано со снижением силы хвата по данным динамометрии на SD, мышечной массы всего тела и аппендикулярной мышечной массы по данным биоимпедансного анализа состава тела. Связь кортизола с силой захвата и мышечной массой наблюдалась у женщин, но не у мужчин [38].

По результатам опубликованных исследований продемонстрировано изменение уровней ДГЭАС и кортизола под воздействием интервенционных вмешательств в области питания или питания и физических упражнений, что может выступать в качестве маркера эффективности профилактических и лечебных мероприятий в отношении саркопении [39].

В японском исследовании Yamada M. и соавт. приняли участие 277 пациентов старше 65 лет, которые в течение 6 месяцев выполняли физическую нагрузку и принимали пищевые добавки. В группе пациентов, которые имели регулярную физическую нагрузку в сочетании с приемом добавок, была зафиксирована положительная динамика показателей индекса скелетной мускулатуры и повышение ДГЭАС при сравнении с контрольной группой.

Laura A. Schaap и соавт. в эпидемиологическом исследовании, включавшем 986 мужчин и женщин со средним возрастом 74,6 года, продемонстрировали влияние уровня воспалительных маркеров ИЛ6 и СРБ на риск снижения мышечной силы при динамическом наблюдении в течение 3 лет. Всем пациентам измеряли силу сжатия кисти и проводили оценку мышечной массы при помощи двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии. Потеря мышечной силы определялась как снижение силы сжатия кисти более чем на 40%, а саркопения определялась как потеря мышечной массы более чем на 3% (выявлена у 15% участников исследования). По результатам исследования высокий уровень ИЛ-6 (более 5 пг/мл) и высокий уровень С-реактивного белка (более 6,1 мг/мл) были связаны с 2–3-кратным повышением риска потери более 40% мышечной силы [40].

В 2018 г. С.-Н. Park и соавт. было опубликовано обсервационное исследование на основе корейской популяции из 238 тысяч человек по оценке взаимосвязи концентрации СРБ и саркопении. Авторами была выявлена положительная корреляция значения СРБ с развитием саркопении [41].

По данным рандомизированного контролируемого исследования Ke-Vin Chang и соавт., было продемонстрировано влияние физической нагрузки и нутритивной поддержки (прием аминокислот, кальция, витамина D) в течение 12 недель на уровни воспалительных цитокинов у пациентов с саркопенией. В данной когорте пациентов ($n=57$ человек с саркопенией) наблюдались повышенные уровни TNF- α ($p=0,007$), IL-1 β ($p<0,001$) и IL-6 ($p<0,001$). После окончания лечебных вмешательств у пациентов отмечалось увеличение показателей силы хвата и индекса массы скелетных мышц, которое сопровождалось снижением маркеров воспаления, что делает их актуальным способом оценки эффективности проводимой терапии [42].

Потенциальным биомаркером оценки состояния мышечной ткани выступает адипокин — Липокалин 2 (LCN2). Помимо своей роли в гомеостазе иммунной системы и обмена железа, липокалин оказывает влияние на скорость активации клеток-сателлитов мышечной ткани [43].

В исследовании Irena A Rebalka и соавт. описали повышение экспрессии маркера в поврежденных мышцах и снижение регенерации скелетных мышц при удалении гена LCN2 у мышей [44].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На сегодняшний день не существует единого оптимального алгоритма диагностики саркопении. В кли-

нической практике для раннего выявления пациентов из группы риска по саркопении возможно использование опросника SARC-F и определение мышечной силы по данным динамометрии. В случае диагностики «вероятной саркопении» рекомендуется оценка мышечной массы пациента с проверкой уровня физической работоспособности. Учитывая распространенность саркопении и ее влияние на качество и продолжительность жизни населения, перспективным направлением становится поиск потенциальных биомаркеров саркопении (миокины, адипокины, гормоны, воспалительные маркеры) с высокой чувствительностью, специфичностью и воспроизводимостью с целью создания набора показателей, которые позволят в краткие сроки эффективно оценить состояние мышечной ткани. Проактивная диагностика и верификация показателей скелетной мускулатуры позволит оптимизировать качество оказания медицинской помощи с улучшением прогностических показателей пациентов.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Источники финансирования. Работа выполнена в рамках государственного задания №124020700097-8.

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

Участие авторов. Все авторы одобрили финальную версию статьи перед публикацией, выразили согласие нести ответственность за все аспекты работы, подразумевающую надлежащее изучение и решение вопросов, связанных с точностью или добросовестностью любой части работы.

Жданова А.С. — анализ литературы, написание статьи; Белая Ж.Е. — концепция и дизайн статьи; Омельченко К.А. — сбор и обработка данных; Айрапетов Г.А. — внесение правок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

1. Cho MR, Lee S, Song SK. A Review of Sarcopenia Pathophysiology, Diagnosis, Treatment and Future Direction. *Journal of Korean medical science*. 2022; 9;37(18):e146. doi: <https://doi.org/10.3346/jkms.2022.37.e146>
2. Kurmaev DP, Bulgakova SV, Trenaeva EV, et al. The Triple Burden of Osteoporosis, Sarcopenia, and Aging in Geriatrics (review). *Russian Journal of Geriatric Medicine*. 2024;3(19):225–239. doi: <https://doi.org/10.37586/2686-8636-3-2024-225-239>
3. Petermann-Rocha F, Balntzi V, Gray SR, et al. 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: <https://doi.org/10.1002/jcsm.12783>
4. Paola Pisani, Alessandra Natale, Fiorella Anna Lombardi et al. *International Journal of Bone Fragility*. 2023; 3(1):41–46 doi: <https://doi.org/10.57582/IJBF.230301.041>
5. Charlotte Beaudart, Julian Alcazar, Ivan Aprahamian, et al. Health outcomes of sarcopenia: a consensus report by the outcome working group of the Global Leadership Initiative in Sarcopenia (GLIS). *Aging Clin Exp Res*. 2025;37(1):100. doi: <https://doi.org/10.1007/s40520-025-02995-9>
6. Григорьева И.И., Раскина Т.А., Летаева М.В., и др. Саркопения: особенности патогенеза и диагностики. // *Фундаментальная и клиническая медицина*. — 2019. — №4. — С.105–116. [Grigorieva II, Raskina TA, Letaeva MV et al. Sarcopenia: pathogenesis and diagnosis. *Fundamental and Clinical Medicine*. 2019;4(4):105–116. (in Russ.)] doi: <https://doi.org/10.23946/2500-0764-2019-4-4-105-116>
7. Гребенникова Т.А., Цориев Т.Т., Воробьева Ю.Р. и др. Остеосаркопения: патогенез, диагностика и возможности терапии. // *Вестник РАМН*. — 2020. — Т.75. — №3. — С.240–249. [Grebennikova TA, Tsoriev TT, Vorobyeva YuR et al. Osteosarcopenia: Pathogenesis, Diagnosis and Therapeutic Approaches. *Annals of the Russian Academy of Medical Sciences*. 2020;75(3):240–249. (in Russ.)] doi: <https://doi.org/10.15690/vramn1243>
8. Sayer AA, Robinson SM, Patel HP, et al. New horizons in the pathogenesis, diagnosis and management of sarcopenia. *Age Ageing*. 2013;42(2):145–150. doi: <https://doi.org/10.1093/ageing/afs191>
9. Ryall JG, Schertzer JD, Lynch GS. Cellular and molecular mechanisms underlying age-related skeletal muscle wasting and weakness. *Biogerontology*. 2008;9(4):213–228. doi: <https://doi.org/10.1007/s10522-008-9131>
10. Мокрышева Н.Г., Крупинова Ю.А., Володичева В.Л. и др. Саркопения глазами эндокринолога // *Ожирение и метаболизм*. 2018;15(3):21–27 [Mokrysheva NG, Krupinova YA, Volodicheva VL, et al. A view at sarcopenia by endocrinologist. *Obesity and metabolism*. 2018;15(3):21–27. (in Russ.)] doi: <https://doi.org/10.14341/OMET9792>
11. Торопцова Н.В., Феклистов А.Ю. Патология костно-мышечной системы: фокус на саркопению и остеосаркопению. // *Медицинский совет*. — 2019. — №4. — С. 78–86. [Toroptsova NV, Feklistov AYU. Musculoskeletal system pathology: focus on sarcopenia and osteosarcopenia. *Meditsinsky Sovet*. 2019;(4):78–86. (in Russ.)] doi: <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2019-4-78-86>

12. Cruz-Jentoft AJ, Baeyens JP, Bauer JM, et al. European Working Group on Sarcopenia in Older People. Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis: Report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People. *Age Ageing*. 2010;39(4):412-23. doi: <https://doi.org/10.1093/ageing/afq034>.
13. Голоунина О.О., Фадеев В.В., Белая Ж.Е. Современные рекомендации по диагностике саркопении. *Клиническая медицина*. 2023;101(4-5):198-207. [Golounina OO, Fadeev VV, Belaya Zh.E. Modern guidelines for the diagnosis of sarcopenia. *Klinicheskaya meditsina*. 2023;101(4-5):198-207 (in Russ.)] doi: <https://doi.org/10.30629/0023-2149-2023-101-4-5-198-207>
14. Cruz-Jentoft AJ, Bahat G, Bauer J, et al. 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):16-31. doi: <https://doi.org/10.1093/ageing/afy169>
15. Landi F, Onder G, Russo A, et al. Calf circumference, frailty and physical performance among older adults living in the community. *Clinical Nutrition*. 2014;33(3):539-44. doi: <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2013.07.013>
16. Chen LK, Liu LK, Woo J, et al. Sarcopenia in Asia: consensus report of the Asian Working Group for Sarcopenia. *Journal of the American Medical Directors Association*. 2014;15(2):95-101. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2013.11.025>
17. Cho MR, Lee S, Song SK. A Review of Sarcopenia Pathophysiology, Diagnosis, Treatment and Future Direction. *Journal of Korean Medical Science*. 2022;9;37(18):e146. doi: <https://doi.org/10.3346/jkms.2022.37.e146>
18. Chen LK, Woo J, Assantachai P, et al. Asian Working Group for Sarcopenia: 2019 Consensus Update on Sarcopenia Diagnosis and Treatment. *Journal of the American Medical Directors Association*. 2020;21(3):300-307.e2. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2019.12.012>
19. Bhasin S, Travison TG, Manini TM, et al. Sarcopenia Definition: The Position Statements of the Sarcopenia Definition and Outcomes Consortium. *Journal of the American Geriatrics Society*. 2020;68(7):1410-1418. doi: <https://doi.org/10.1111/jgs.16372>
20. Anker SD, Morley JE, von Haehling S. Welcome to the ICD-10 code for sarcopenia. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*. 2016;7(5):512-514. doi: <https://doi.org/10.1002/jcsm.12147>
21. Sayer AA, Cruz-Jentoft A. Sarcopenia definition, diagnosis and treatment: consensus is growing. *Age Ageing*. 2022;6;51(10). doi: <https://doi.org/10.1093/ageing/afac220>
22. Клинические рекомендации по саркопении у пациентов пожилого и старческого возраста. 1-95 [Clinical practice guidelines for sarcopenia in elderly and senile patients. 1-95 (In Russ.)]
23. Bian A, Ma Y, Zhou X et al. Association between sarcopenia and levels of growth hormone and insulin-like growth factor-1 in the elderly. *BMC Musculoskeletal Disorders*. 2020;7;21(1):214. doi: <https://doi.org/10.1186/s12891-020-03236-y>
24. Picca A, Calvani R, Bossola M et al. Update on mitochondria and muscle aging: all wrong roads lead to sarcopenia. *The Journal of Biological Chemistry*. 2018;399(5):421-436. doi: <https://doi.org/10.1515/hsz-2017-0331>
25. Aurélie Ladang, Charlotte Beaudart, JeanYves Reginster, et al. Calcified Tissue International. 2023; 112:197-217. doi: <https://doi.org/10.1007/s00223-022-01054-z>
26. Tay L, Ding YY, Leung BP et al. Sex-specific differences in risk factors for sarcopenia amongst community-dwelling older adults. *GeroScience Official Journal of the American Aging Association*. 2015;37(6):121. doi: <https://doi.org/10.1007/s11357-015-9860-3m>
27. Shin HE, Walston JD, Kim M, et al. Sex-Specific Differences in the Effect of Free Testosterone on Sarcopenia Components in Older Adults. *Frontiers in Endocrinology (Lausanne)*. 2021;22;12:695614. doi: <https://doi.org/10.3389/fendo.2021.695614>
28. Baczek J, Silkiewicz M, Wojszel ZB. Myostatin as a Biomarker of Muscle Wasting and other Pathologies-State of the Art and Knowledge Gaps. *Nutrients*. 2020;11;12(8):2401. doi: <https://doi.org/10.3390/nu112082401>
29. Hofmann M, Halper B, Oesen S, et al. Serum concentrations of insulin-like growth factor-1, members of the TGF-beta superfamily and follistatin do not reflect different stages of dynapenia and sarcopenia in elderly women. *Experimental Gerontology*. 2015;64:35-45. doi: <https://doi.org/10.1016/j.exger.2015.02.008>
30. Bergen HR 3rd, Farr JN, Vanderboom PM, et al. Myostatin as a mediator of sarcopenia versus homeostatic regulator of muscle mass: insights using a new mass spectrometry-based assay. *Skeletal Muscle*. 2015;15;5:21. doi: <https://doi.org/10.1186/s13395-015-0047-5>
31. Du Y, Xu C, Shi H, et al. Serum concentrations of oxytocin, DHEA and follistatin are associated with osteoporosis or sarcopenia in community-dwelling postmenopausal women. *BMC Geriatrics*. 2021;12;21(1):542. doi: <https://doi.org/10.1186/s12877-021-02481-7>
32. Fife E, Kostka J, Kroc L, et al. Relationship of muscle function to circulating myostatin, follistatin and GDF11 in older women and men. *BMC Geriatrics*. 2018;18(1):200. doi: <https://doi.org/10.1186/s12877-018-0888-y>
33. Bagheri R, Moghadam BH, Church DD, et al. The effects of concurrent training order on body composition and serum concentrations of follistatin, myostatin and GDF11 in sarcopenic elderly men. *Experimental Gerontology*. 2020;133:110869. doi: <https://doi.org/10.1016/j.exger.2020.110869>
34. Kuivaniemi H, Tromp G. Type III collagen (COL3A1): Gene and protein structure, tissue distribution, and associated diseases. *Gene*. 2019;30;707:151-171. doi: <https://doi.org/10.1016/j.gene.2019.05.003>
35. Shin HE, Kim M, Won CW. Association between plasma procollagen type III N-terminal peptide (P3NP) levels and physical performance in elderly men: The Korean Frailty and Aging Cohort Study (KFACS). *Experimental Gerontology*. 2021;15;154:111523. doi: <https://doi.org/10.1016/j.exger.2021.111523>
36. Kashani KB, Frazee EN, Kukrálová L, et al. Evaluating Muscle Mass by Using Markers of Kidney Function: Development of the Sarcopenia Index. *Critical Care Medicine*. 2017;45(1): e23-e29. doi: <https://doi.org/10.1097/CCM.0000000000002013>
37. Драгунова Н.В., Белая Ж.Е., Рожинская Л.Я. Состояние костно-мышечной системы при эндогенном гиперкортицизме. // *Остеопороз и остеопатии*. — 2012. — Т.15. — №3. — С.18-24. [Dragunova NV, Belaya ZhE, Rozhinskaya LYa. Musculoskeletal system in the endogenous hypercortisolism. *Osteoporosis and Bone Diseases*. 2012;15(3):18-24. (In Russ.)] doi: <https://doi.org/10.14341/osteo2012318-24>
38. Katsuhara S, Yokomoto-Umakoshi M, Umakoshi H, et al. Impact of Cortisol on Reduction in Muscle Strength and Mass: A Mendelian Randomization Study. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*. 2022;24;107(4):1477-1487. doi: <https://doi.org/10.1210/clinem/dgab862>
39. Yamada M, Nishiguchi S, Fukutani N, et al. Mail-Based Intervention for Sarcopenia Prevention Increased Anabolic Hormone and Skeletal Muscle Mass in Community-Dwelling Japanese Older Adults: The INE (Intervention by Nutrition and Exercise) Study. *Journal of the American Medical Directors Association*. 2015;1;16(8):654-60. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2015.02.017>
40. Schaap LA, Pluijm SM, Deeg DJ, et al. Inflammatory markers and loss of muscle mass (sarcopenia) and strength. *The American Journal of Medicine*. 2006;119(6): 526.e9-17. doi: <https://doi.org/10.1016/j.amjmed.2005.10.049>
41. Park CH, Do JG, Lee YT, et al. Sarcopenic obesity associated with high-sensitivity C-reactive protein in age and sex comparison: a two-center study in South Korea. *BMJ Open*. 2018;19;8(9):e021232. doi: <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2017-021232>
42. Hang KV, Wu WT, Chen YH, et al. Enhanced serum levels of tumor necrosis factor- α , interleukin-1 β , and -6 in sarcopenia: alleviation through exercise and nutrition intervention. *Aging*. 2023;15(22):13471-13485. doi: <https://doi.org/10.18632/aging.205254>
43. Lu, Wenhao Feng, Wenjie, et al. Role of adipokines in sarcopenia. *Chinese Medical Journal*. 2023;136(15):1794-1804. doi: <https://doi.org/10.1097/CM9.0000000000002255>
44. Rebalka IA, Monaco CMF, Varah NE, et al. Loss of the adipokine lipocalin-2 impairs satellite cell activation and skeletal muscle regeneration. *Am J Physiol Cell Physiol*. 2018;315(5):C714-C721. doi: <https://doi.org/10.1152/ajpcell.00195.2017>

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ [AUTHORS INFO]

***Жданова Анастасия Станиславовна**, аспирант [**Anastasiia S. Zhdanova**, PhD student]; адрес: 117036, г. Москва, ул. Дм. Ульянова, д. 11 [address: 117036, Russia, Moscow, Dmitria Uljanova street, 11]; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2948-5019>; eLibrary SPIN: 1996-5308; e-mail: zhdanova.a.doc@mail.ru

Белая Жанна Евгеньевна, д.м.н., профессор [Zhanna E. Belaya, MD, PhD]; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6674-6441>; eLibrary SPIN: 4746-7173; e-mail: jannabelaya@gmail.com

Омельченко Константин Анатольевич, к.м.н. [Konstantin A. Omelchenko, PhD]; ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-1702-924X>; eLibrary SPIN: 2337-4550

Айрапетов Георгий Александрович, д.м.н., доцент [Georgii A. Airapetov, MD, PhD]; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7507-7772>; e-mail: AirapetovGA@yandex.ru

ИНФОРМАЦИЯ

Рукопись получена: 21.05.2025. Одобрена к публикации: 18.07.2025.

ЦИТИРОВАТЬ:

Жданова А.С., Белая Ж.Е., Омельченко К.А., Айрапетов Г.А. Возможности диагностики саркопении: клинические, лабораторные, инструментальные // *Остеопороз и остеопатии*. — 2025. — Т. 28. — №3. — С.12-23. doi: <https://doi.org/10.14341/osteo13206>

TO CITE THIS ARTICLE:

Zhdanova AS, Belaya ZE, Omelchenko KA, Airapetov GA. Clinical, laboratory and instrumental aspects of sarcopenia diagnostics. *Osteoporosis and bone diseases*. 2025;28(3):12-23. doi: <https://doi.org/10.14341/osteo13206>