

САРКОПЕНИЯ: КЛИНИКА, ДИАГНОСТИКА, ЛЕЧЕНИЕ, ПРОФИЛАКТИКА

Ю. Н. Быков¹✉, Т. Ф. Нурулина²

¹Иркутский государственный медицинский университет,
г. Иркутск, Российская Федерация

²Иркутская областная клиническая больница,
г. Иркутск, Российская Федерация

✉ bykov1971@mail.ru

Аннотация

Стратегической целью системы здравоохранения и социальной помощи в Российской Федерации является увеличение продолжительности жизни человека. В данном аспекте повышается значимость своевременной диагностики и коррекции состояний, одним из которых является саркопения. В статье представлен обзор медицинской научной литературы о саркопении, изложены основные методы диагностики и возможности ее коррекции. Основным проявлением саркопении является снижение мышечной силы и/или массы и, как следствие, функции. Это происходит при естественном процессе старения организма или в условиях патологии. Классифицируется первичная саркопения. В ее основе лежат преимущественно гормональные нарушения (изменения уровня секреции соматотропного гормона и кортизола), а также снижение уровня витамина D. Первичная саркопения имеет более неблагоприятный прогноз и труднее поддается коррекции. Вторичная саркопения возникает при гиподинамии, недостаточности потребления белка, а также при онкопатологии, заболеваниях кишечника, сердечно-сосудистых и эндокринных заболеваниях. В этом случае имеет место коморбидность патологии и созависимость патогенетических механизмов развития атрофического процесса в мышечной ткани.

Саркопения – не редкий синдром, встречающийся в практической работе специалистов разного профиля. Однако в силу малой информированности врачей и настороженности, она крайне редко выделяется в качестве отдельного синдрома. В статье приводятся оценочные шкалы для диагностики саркопении, в том числе в количественном выражении. Недостаточная диагностика саркопении на практике приводит к неправильному лечению и недостаточной медикаментозной коррекции таких пациентов. А это в свою очередь прогностически ухудшает течение как основного заболевания, так и коморбидной патологии.

Особое значение имеет медико-социальный аспект данного состояния. Вследствие значительной распространенности и ассоциации с неблагоприятными исходами пациенты с саркопенией нуждаются в диспансерном наблюдении, своевременном присвоении им паллиативного статуса и медицинской поддержке на протяжении достаточно длительного времени.

Представленная информация представляет интерес для врачей различных специальностей, среднего медицинского персонала, работников социальных служб, родственников больных. Информация о саркопеническом синдроме постоянно дополняется новыми данными исследований в области иммунологии, патофизиологии, клинической медицины, фармакологии и нутрициологии.

Ключевые слова: саркопения, мышцы, диагностика, лечение

Для цитирования: Ю.Н. Быков, Т.Ф. Нурулина. Саркопения: клиника, диагностика, лечение, профилактика. – Вестник СВФУ. 2025,2(39):12-22. <https://doi.org/10.25587/2587-5590-2025-2-12-22>

SARCOPENIA: CLINIC, DIAGNOSIS, TREATMENT, PREVENTION (LITERATURE REVIEW)

Yury N. Bykov¹✉, Tatiana F. Nurulina²

¹Irkutsk State Medical University, Irkutsk, Russian Federation

²Irkutsk Regional Clinical Hospital, Irkutsk, Russian Federation

✉ e-mail: bykov1971@mail.ru

Abstract

The strategic goal of the healthcare and social assistance system in the Russian Federation is increasing of human life expectancy. In this aspect, the importance of timely diagnosis and correction of conditions that occur in older people, one of which is sarcopenia, increases. The article presents an analysis of the current scientific literature on sarcopenia, methods of its diagnosis, treatment and prevention.

Sarcopenia is characterized by a decrease of muscle tissue and strength as a result of the natural aging process of the body or in conditions of pathology. Primary sarcopenia is distinguished, which is mainly based on hormonal disorders (changes in the secretion of somatotrophic hormone and cortisol), as well as a decrease in vitamin D levels. Primary sarcopenia has a more unfavorable prognosis and is more difficult to correct. Secondary sarcopenia occurs with physical inactivity, insufficient protein intake, as well as with oncopathology, intestinal diseases, cardiovascular and endocrine diseases. In this case, there is a comorbidity of pathology and a codependency of the pathogenetic mechanisms of the development of the atrophic process in the muscle tissue.

Sarcopenia is not a rare syndrome that occurs in the practical work of specialists of various profiles. However, due to the low awareness of doctors and alertness, it is extremely rare to distinguish it as a separate syndrome. The article provides evaluation scales for the diagnosis of sarcopenia, including in quantitative terms. Insufficient diagnosis of sarcopenia in practice leads to mismanagement and insufficient drug correction of such patients. And this, in turn, prognostically worsens the course of both the underlying disease and comorbid pathology.

The medical and social aspect of this condition is of particular importance. Due to the significant prevalence and association with adverse outcomes, patients with sarcopenia require dispensary supervision, timely palliative status, and medical support for a long time.

The information provided is of interest to doctors of various specialties, nursing staff, social workers, and relatives of patients. Information about sarcopenic syndrome is constantly updated with new data and research in the fields of immunology, pathophysiology, clinical medicine, pharmacology and nutrition.

Keywords: sarcopenia, muscles, diagnostics, treatment

For citation: Yury N. Bykov, Tatiana F. Nurulina. Sarcopenia: clinic, diagnosis, treatment, prevention (literature review). *Vestnik of North-Eastern Federal University. Medical Sciences*. 2025;2(39):12-22 (in Russian). <https://doi.org/10.25587/2587-5590-2025-2-12-22>

Введение

Концепция «здорового старения», инициированная Всемирной организацией здравоохранения, определила приоритетным направление не только увеличение продолжительности жизни, но и сохранение функциональной независимости и повышение качества жизни пожилых людей [1]. Саркопения является ключевым фактором смертности и инвалидизации и остается малоизученной. Диагностические критерии саркопении разрабатывались международными экспертными – EWGSOP – Европейская рабочая группа, ESPEN-SIG – Европейское общество по клиническому питанию и обмену веществ, IWGS – Международная рабочая группа. Этими группами в 2010 г. впервые было дано определение саркопении [2].

Саркопения – это синдром прогрессирующей потери мышечной массы и силы, ведущей к повышенному риску смерти и ухудшению качества жизни [3, 4].

Опыт ведения пациентов с саркопенией поставил следующие вопросы:

- формирование признанных критериев диагностики саркопении;

- расширение методов лечения;
- обмен опытом ведения пациентов с этим синдромом [5, 6, 7].

Это стимулировало пересмотр критериев. На съезде EWGSOP в 2018 г., мышечная сила была определена как первоочередный маркер [8]. Первостепенным стало понимание, что более достоверным прогностическим фактором неблагоприятных исходов является снижение мышечной силы (например, силы хвата, измеряемого динамометром), нежели потеря мышечной массы [9, 10]. Сила мышц отражает не только объем мышц, но и функции, включая нейромышечную координацию и метаболическую активность. Исследование показало, что снижение силы хвата на 5 кг ассоциировано с 16 % повышением риска смертности. Измерение мышечной массы требует дорогостоящего оборудования (МРТ), что ограничивает его применение. Развитие портативных технологий (например, биоимпедансных анализаторов) может повысить роль этого параметра в будущем [9].

Выделяют первичную и вторичную саркопению. Предиктором для развития первичной саркопении являются гормональные нарушения (большое внимание отводится соматотропному гормону и кортизолу), снижение уровня витамина D, D-гормона. Первичная саркопения носит более неблагоприятный прогноз, труднее поддается коррекции. Вторичная саркопения вызывается гиподинамией, недостаточным потреблением белка, а также онкопатологией, заболеваниями кишечника, сердечно-сосудистыми и эндокринными заболеваниями [11].

Выделяют следующие стадии саркопении: первая стадия – отмечается снижение мышечной массы, вторая стадия – прогрессирование синдрома вызывает снижение мышечной силы или функциональные нарушения, третья стадия – нарушены все три составляющие [12].

Патофизиология развития саркопении. В мышечных клетках различают 4 типа волокон. 1 тип – медленные (красные), эти волокна содержат большое количество митохондрий, миоглобина. Это дает им способность к длительной физической нагрузки. Волокна 2 типа – быстрые (белые) содержат меньшее количество митохондрий и миоглобина, по сравнению с 1 типом сокращаются быстрее, но не выдерживают длительной нагрузки. АТФ образуют при помощи гликолиза. 3 тип – быстрые, с большим содержанием митохондрий, образуют энергию за счет окислительного фосфорилирования. 4 тип – тонические, эти волокна имеют множество окончаний, образованного одним аксоном [13]. С возрастом наблюдается избирательное уменьшение размера мышечных волокон второго, третьего типов. Кроме того, количество нейронов не-возвратно уменьшается, изменяется структура нервных волокон, что приводит к деиннервации мышц, атрофии мышечных волокон, снижению мышечной массы, в итоге развивается саркопенический синдром [14].

С течением времени синтез гормонов снижается, рецепторы становятся менее чувствительными к ним. Инсулиноподобный фактор, андрогены, эстрогены, гормон роста, глюкокортико-стероиды (ГКС), сам инсулин активно участвуют в метаболизме белка в мышечной ткани. Нарушение их метаболизма ведет к увеличению жирового запаса, снижению мышечной массы, минеральной плотности кости. Увеличение уровня кортизола способствует потере мышечной массы [15-19]. К развитию сердечно-сосудистой патологии приводит инсулинорезистентность [20].

Мышечная масса, структура и функции мышц изменяются при дефиците витамина D. Влияние витамина D на мышечное волокно оказывается на генетическом и тканевом уровнях [21, 22, 23].

Состояние гиподинамии характеризуется снижением потребления белка. Это протекает с выработкой миостатина, который запускает катаболические белковые процессы в мышцах, приводя в последующем к ожирению и инсулинорезистентности. В противоположность этому сокращение мышц сопровождается выработкой миокинов. Они обладают выраженными противовоспалительными свойствами: интерлейкин-6 (ИЛ) стимулирует поглощение глюкозы, стимулируется жировой обмен в мышцах, липолиз и глюконеогенез в печени, ИЛ-7 и ИЛ-8 запускают ангиогенез в скелетной мускулатуре, активация ИЛ-15 способствует снижению веса) [24-30].

При физической нагрузке вырабатывается механоростовый фактор (МРФ). Этот фактор запускает рост миогенных клеток, что способствует регенерации и росту мышечной массы. С возрастом синтез МРФ при физической нагрузке снижается [31, 32].

Алкоголь и курение запускают мощные воспалительные реакции, приводят к атрофии мышц и нарушению их функций. Негативные морфофункциональные изменения и апоптоз происходят под воздействием курения. Замедление синтеза белка в мышцах и активация аутофагии происходят под воздействием этанола [33-36].

Нередко саркопения сопровождается деминерализацией костной ткани, и тогда развивается остеосаркопения, если происходит депонированием жировой массы, то может развиваться саркопеническое ожирение. Клинически данный процесс может проявиться гиподинамией, приводящей в конечном итоге к развитию сердечно-сосудистых и церебро-васкулярных нарушений [37-44].

Для диагностики саркопии рекомендован Опросник 8АЯС-Б [4], который оценивает снижение силы мышц, функцию ходьбы, подъем по лестнице, способность вставания со стула (табл. 1). Для полной картины необходимо учитывать количество падений. Если пациент набирает менее 4 баллов, то рекомендована оценка мышечной силы, так как при снижении мышечной силы возрастает процент неблагоприятных исходов у пациентов [10].

Таблица 1

Опросник 8АЯС-Б для скрининга саркопии

Table 1

Questionnaire SARC-F for sarcopenia screening

Составляющая	Вопрос	Баллы
Сила	Насколько тяжело для Вас поднять и удерживать порядка 4-5 кг?	Совсем нетяжело = 0 Немного тяжело = 1 Очень тяжело или не могу поднять = 2
Помощь при ходьбе	Насколько тяжело для вас пройти по комнате?	Совсем нетяжело = 0 Немного тяжело = 1 Очень тяжело, приходится использовать вспомогательные средства или не могу пройти = 2
Подъем со стула	Насколько тяжело для Вас подняться со стула или кровати?	Совсем нетяжело = 0 Немного тяжело = 1 Очень тяжело или не могу встать без посторонней помощи = 2
Подъем по лестнице	Насколько тяжело для Вас пройти лестничный пролет в 10 ступеней?	Совсем нетяжело = 0 Немного тяжело = 1 Очень тяжело или не могу пройти = 2
Падения	Сколько раз Вы упали за последний год?	Ни разу = 0 1-3 падения = 1 4 и более падений = 2

Интерпретация: 0 – 3 баллов – нет саркопии; ≥ 4 баллов – вероятная саркопения.

Антропометрический метод считается более доступным методом диагностики саркопии. Каждый врач может рассчитать площадь мышц плеча, которая рассчитывается из окружности плеча и толщины кожно-жировых складок. Но этот метод не точен, так как мышцы плеча не отражают состояние всей мышечной массы. Дополнительно рассматривают функцию мышц с использованием таких тестов, как оценка скорости ходьбы, тест «Встань и иди», тест ходьбы на 400 метров, тест «Вставание со стула без помощи рук». Однако проведение таких тестов у пациентов с выраженным когнитивным и эмоционально-волевым нарушением и, в особенности, с депрессией является весьма затруднительным [45-53].

Высокотехнологичные методы диагностики позволяют более точно оценить количественный и качественный состав тела человека. Биоимпедансометрия, МСКТ, МРТ позволяют точно оценить состояние организма, включая мышечную массу, жировую ткань, что важно для диагностики саркопении [4, 54-60].

Биоимпедансный анализ оценивает состав тела, основанный на измерении электрической проводимости биологических тканей. Данные обрабатываются с помощью компьютерных технологий [56, 58, 60]. Метод позволяет рассчитать мышечную массу, жировую массу, содержание воды в организме, активную клеточную массу (метаболически активные клетки), а также объем внеклеточной жидкости. Электрический ток через мышечное волокно проходит быстрее, чем через жировую ткань [58, 60, 61]. Метод неинвазивный и делается достаточно просто и быстро. Стоимость диагностики низкая. Компактность устройства позволяет проводить обследование маломобильных пациентов в домашних условиях [62-66]. Метод имеет противопоказания: беременность, наличие кардиостимулятора, лихорадка, воспалительные процессы или повреждения кожи в месте наложения электродов. На точность результата влияние оказывает нарушение водного баланса (гипо- или гипергидратация).

Компьютерная томография и магнитно-резонансная томография применимы для более точной оценки состояния мышечной системы. Методы позволяют провести количественный и качественный анализ мышечной массы, уточнить объем висцерального жира, а также степень жировой инфильтрации мышц (миостеатоз) [54, 58, 61, 63].

Компьютерная томография в современной медицине используется во многих областях. В основе метода лежит различная способность тканей организма поглощать рентгеновские лучи [54, 56, 60, 61]. Для оценки мышечной массы с помощью КТ используется площадь, объем мышц на одном или нескольких срезах. Метод имеет ряд сложностей интерпретации снимков, что требует дополнительного оборудования, высокой квалификации специалиста, что делает метод более затратным [54, 64, 65]. В настоящий момент назрела необходимость унификации критериев диагностики саркопении при выполнении КТ и МСКТ [66, 67].

Магнитно-резонансная томография основана на феномене магнитного резонанса протонов водорода. Степень визуализации органов и систем значительно выше, чем при проведении КТ. Исследованию подлежат самые разные образования, в том числе жир, мышцы, кости. Методики позволяют выявить отек, воспаление, жировую инфильтрацию и фиброз в тканях. Именно при помощи этого метода установили, что жировая инфильтрация мышц приводит к снижению физической активности, снижается адаптационные способности организма. Следовательно, этот метод можно использовать с прогностической целью. К недостаткам относят высокую стоимость исследования, технические трудности при выполнении исследования [68-73].

Лабораторные методы диагностики саркопении. В мышцах выделяется метаболит креатин, который при расщеплении образует креатинин и выводится с мочой. Это позволяет по уровню креатинина в суточном анализе мочи рассчитать массу мускулатуры. При сборе анализа необходимо исключить из рациона потребление мяса.

Для расчета мышечной массы можно использовать 3-метилгистидин. Этот метаболит образуется из сократительных белков – актина и миозина, при их катаболизме выводится в неизменном виде с мочой. В анализе оценивают способность расщепления мышечных белков, что позволяет оценить массу скелетной мускулатуры [58].

Лабораторные методы имеют свои преимущества и недостатки. К преимуществам можно отнести доступность методов, минимальные затраты. Однако этими методами можно рассчитать только общую мышечную массу, а не массу скелетной мускулатуры [59].

Генетика саркопении выделяет 2 группы – гены, ответственные за развитие саркопении (MSTN, HSD11B1, IGF1), и возможные гены-кандидаты саркопении (Gene Ontology GO:0014737, GO:0014732, GO:0014736, GO:0014839). Гены PATJ, APC2, CTNNB1, WNT4, BMP5, BMP6,

TGFB2, GDF5, CCND3B участвуют в регуляции клеточной пролиферации и апоптоза. С массой тела ассоциированы такие гены, как PCSK1, BDNF, FTO, SEC16B, с атрофией мышц – CTNNA1, KCNN2, TRIM63, FOXO3, в дифференцировке мышечных клеток участвует WNT4, в регуляцию сокращения мышц вовлечен PLCE1, мышечную гиперплазию обеспечивает NOS3. Гены, участвующие в развитии саркопении, влияют через такие процессы как адаптация мышц, денервация мышц, воздействие оксидативного стресса, питание. Для нормального функционирования этих генов необходимы витамины и микроэлементы. Особенно уделяется внимание витаминам B6, D, микроэлементам Mg, Mn, Zn, Ca. Дефицит этих элементов может влиять на структуру белка, кодируемого геном. Группа генов-кандидатов саркопении отвечает не только за развитие патологии мышечной системы, но и заболеваний эндокринной, сердечно-сосудистой систем. Это, вероятно, можно объяснить общими патогенетическими факторами развития этих патологических состояний [74].

Согласно российским рекомендациям наблюдению подлежат люди старше 65 лет, находящиеся в гиподинамии из-за частых падений (2 и более), испытывающие трудности при вставании со стула, со снижением массы тела более 35 % от исходной, имеющие соматическую патологию, которая приводит к ограничению физической активности (ХОБЛ, сердечную недостаточность и другие) [75].

Современные методы анализа состава тела меняют подходы к диагностике саркопении, объединяя технологическую точность и клиническую интерпретацию. Интеграция биоимпедансного, КТ и МРТ позволит не только выявлять ранние изменения мышц, но и прогнозировать исходы заболевания, совершенствуя лечение. Необходимы стандартизация протоколов и междисциплинарное взаимодействие.

Лечение и профилактика саркопении. Всемирной организацией здравоохранения разработаны достаточно четкие профилактические мероприятия, препятствующие развитию саркопении. Большая часть профилактики отводится физической нагрузке.

В Российской Федерации рекомендован поэтапный подход [75]:

1. Подготовительный этап (5-10 минут). Начинать физическую нагрузку с упражнений низкой интенсивности (ходьба, суставная гимнастика), что позволяет подготовить организм к более интенсивным физическим нагрузкам.

2. Основной этап (20-60 минут). Умеренные нагрузки с ЧСС 50-70 % от максимума.

3. Завершающий этап. Завершать тренировку необходимо, снижая интенсивность нагрузки. Это важный момент для стабилизации гемодинамики.

К безопасным видам активности относят скандинавскую ходьбу, плавание, танцы, йогу, силовые упражнения с допустимым для пациента весом. Координация движений улучшается следующими приемами: танцевальной ходьбой, ходьбой по прямой линии, подъемом по ступенькам, переносом массы тела с одной ноги на другую, балансированием на одной ноге, подъемом со стула без помощи рук.

Особое значение имеет нутриентная поддержка. Как правило, потребность в белке с возрастом увеличивается. Для лечения и профилактики синдрома важно восполнить дефицит протеина (1,0-1,5 г/кг массы тела в сутки). Уделять внимание нужно источникам белка, отдавая предпочтение мясу, рыбе, кисломолочной продукции; рекомендуется 25-30 гр белка на один прием пищи [76].

Несмотря на изучение различных групп препаратов (блокаторы миостатина, антагонисты к миостатину, селективные модуляторы андрогеновых рецепторов, ингибиторы ангиотензин-превращающего фермента), их клиническая эффективность остается недоказанной [77-81]. Также большое внимание уделяется витамину D [82]. Как показывают исследования Сафоновой Ю.А. [83], восполнение дефицита витамина D помогает увеличить мышечную массу и улучшить функции.

Заключение

Диагноз саркопении не всегда представляется возможным подтвердить. Не все методы исследования доступны в медицинских учреждениях. Основой лечения остается физическая активность. Физические упражнения остаются предпочтительными для лечения саркопении, но выполнить весь спектр упражнений не всегда удастся. Имеют значение преморбидный физический статус больного и наличие коморбидной патологии. Немаловажную роль играет восполнение дефицита витамина D, полноценный белковый рацион. Избыточное потребление простых сахаров, дефицит микроэлементов, курение, алкоголь, гиподинамия, стресс способствуют развитию саркопении. Актуальность проблемы саркопении со временем будет только возрастать. Саркопения требует дальнейших исследований как в диагностике, так и в разработке методов лечения, профилактики и внедрения их в практическую деятельность врача.

Литература/References

1. Всемирный доклад о старении и здоровье. ВОЗ, 2016 http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/186463/10/9789244565049_rus.pdf. [World report on aging and health. WHO, 2016]. Available at: http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/186463/10/9789244565049_rus.pdf. (In Russian)
2. Cruz-Jentoft AJ, Baeyens JP, et al. 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: 10.1093/ageing/afq034
3. Шостак НА, Мурадянц АА, Кондрашов АА. Саркопения и перекрестные синдромы – значение в клинической практике. *Клиницист*. 2016;10(3):10–14. [Shostak NA, Muradyantz AA, Kondrashov AA. Carcopenia and Overlapping Syndromes: Their Value in Clinical Practice]. *Clinician*. 2016;10(3):10–14 (in Russian). DOI: 10.17650/18188338-2016-10-3-10-14
4. Cruz-Jentoft AJ, Bahat G et al. Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. *Age Ageing*. 2019;48(1):16–31. DOI: 10.1093/ageing/afy169
5. Harimoto N, Shirabe K et al. Sarcopenia as a predictor of prognosis in patients following hepatectomy for hepatocellular carcinoma. *Br. J. Surg*. 2013;100(11):1523–1530. DOI: 10.1002/bjs.9258.
6. Liefers JR, Bathe OF et al. Sarcopenia is associated with postoperative infection and delayed recovery from colorectal cancer resection surgery. *Br. J. Cancer*. 2012;107(6):931–936. DOI: 10.1038/bjc.2012.350.
7. Reisinger KW, van Vugt JL et al. Functional compromise reflected by sarcopenia, frailty, and nutritional depletion predicts adverse postoperative outcome after colorectal cancer surgery. *Ann. Surg*. 2015;261(2):345–352. DOI: 10.1097/SLA.0000000000000628.
8. Schaap LA, van Schoor NM et al. Associations of sarcopenia definitions, and their components, with the incidence of recurrent falling and fractures: the longitudinal aging study Amsterdam. *J. Gerontol. A Biol. Sci. Med. Sci*. 2018;73(9):1199–1204. DOI: 10.1093/gerona/glx245
9. Ibrahim K, May C et al. A feasibility study of implementing grip strength measurement into routine hospital practice (GRIMP): study protocol. Pilot and Feasibility Studies, 2016;2:27 DOI: 10.1186/s40814-016-0067-x
10. Leong DP, Teo KK et al. Prognostic value of grip strength: findings from the Prospective Urban Rural Epidemiology (PURE) study. *Lancet*. 2015;386(9990):266–273. DOI: 10.1016/S0140-6736(14)62000-6.
11. Peterson SJ, Braunschweig CA. Prevalence of Sarcopenia and Associated Outcomes in the Clinical Setting. *Nutr Clin Pract*. 2016;31(1):40–48. DOI:10.1177/0884533615622537
12. Kizilarlanoglu MC, Kuyumcu ME et al. Sarcopenia in critically ill patients. *J Anesth*. 2016;30(5):884–90. DOI: 10.1007/s00540-016-2211-4
13. Tae Nyun Kim1, Kyung Mook Choi. Sarcopenia: Definition, Epidemiology, and Pathophysiology. *J Bone Metab*. 2013;20(1):1–10. DOI:10.11005/jbm.2013.20.1.1.
14. Yakabe M, Ogawa S, Akishita M. Clinical manifestations and pathophysiology of sarcopenia. *Biomedical Sciences*. 2015;1(2):10–17. DOI: 10.11648/j.bs.20150102.11
15. Malafarina V, Úriz-Otano F et al. Sarcopenia in the elderly: Diagnosis, physiopathology and treatment. *Maturitas*. 2012;71(2):109–114. DOI:10.1016/j.maturitas.2011.11.012
16. Wang C, Bai L. Sarcopenia in the elderly: basic and clinical issues. *Geriatr. Gerontol. Int*. 2012;12(3):388–396. DOI: 10.1111/j.1447-0594.2012.00851.x

17. Enns DL, Tiidus PM. Estrogen influences satellite cell activation and proliferation following downhill running in rats. *J Appl. Physiol.* 2008;104(2):347–353. DOI:10.1152/japplphysiol.00128.2007
18. La Colla A, Pronsato L et al. 17 β -Estradiol and testosterone in sarcopenia: Role of satellite cells. *Ageing Res Rev.* 2015; 24 (Pt B): 166–177. DOI:10.1016/j.arr.2015.07.011
19. Tieland M, Trouwborst I, Clark BC. Skeletal muscle performance and ageing. *J. Cachexia Sarcopenia Muscle.* 2018;9(1):3–19. DOI: 10.1002/jcsm.12238
20. Kim TN, Park MS et al. Prevalence and determinant factors of sarcopenia in patients with type 2 diabetes: the Korean Sarcopenic Obesity Study (KSOS). *Diabetes Care.* 2010; 33 (7): 1497–1499. DOI: 10.2337/dc09-2310
21. Белая ЖЕ. Саркопения: современные подходы к диагностике и лечению. Эффективная фармакотерапия. 2014;(46):42–49. [Belaya Z.E. Sarcopenia: modern approaches to diagnosis and treatment] *Effective Pharmacotherapy*, 2014;(5):42–49 (in Russian). Available at: https://umedp.ru/articles/sarkopeniya_sovremennye_podkhody_k_diaagnostike_i_lecheniyu.html?sphrase_id=175057
22. Barr R, Macdonald N et al. Association between vitamin D receptor gene polymorphisms, falls, balance and muscle power: results from two independent studies (ApOSS and OpUS). *Osteoporos. Int.* 2010;21(3):457–466. DOI: 10.1007/s00198-009-1019-6
23. Thomas DR. Sarcopenia. *Clin Geriatr Med.* 2010;26(2):331–346. DOI: 10.1016/j.cger.2010.02.012
24. Curtis E, Litwic A et al. Determinants of muscle and Bone Aging. *J Cell Physiol.* 2015;230(11):2618–2625. DOI: 10.1002/jcp.25001
25. Haran PH, Rivas DA, Fielding RA. Role and potential mechanisms of anabolic resistance in sarcopenia. *J Cachexia Sarcopenia Muscle.* 2012;3(3):157–162. DOI: 10.1007/s13539-012-0068-4
26. Okamura T, Miki A et al. Shortage of energy intake rather than protein intake is associated with sarcopenia in elderly patients with type 2 diabetes: a cross-sectional study of the KAMOGAWA-DM cohort. *J Diabetes.* 2019;11(6):477–483. DOI:10.1111/1753-0407.12874
27. Verlaan S, Aspray TJ et al. Nutritional status, body composition, and quality of life in community-dwelling sarcopenic and nonsarcopenic older adults: a case-control study. *Clin Nutr.* 2017;36(1):267–274. DOI: 10.1016/j.clnu.2015.11.013
28. Gianoudis J, Bailey CA, Daly RM. Associations between sedentary behaviour and body composition, muscle function and sarcopenia in community-dwelling older adults. *Osteoporosis Int.* 2015;26(2):571–579. DOI: 10.1007/s00198-014-2895-y
29. Yang H, Hang J et al. Treadmill exercise promotes interleukin 15 expression in skeletal muscle and interleukin 15 receptor alpha expression in adipose tissue of high-fat diet rats. *Endocrine.* 2013;43(3):579–585. DOI: 10.1007/s12020-012-9809-6
30. Benny Klimek ME, Aydogdu T et al. Acute inhibition of myostatin family proteins preserves skeletal muscle in mouse models of cancer cachexia. *Biochem Biophys Res Commun.* 2010;391(3):1548–1554. DOI: 10.1016/j.bbrc.2009.12.123
31. Matheny RWJ, Nindl BC, Adamo ML. Minireview: Mechano-growth factor: a putative product of IGF-I gene expression involved in tissue repair and regeneration. *Endocrinology.* 2010;151(3):865–875. DOI: 10.1210/en.2009-1217
32. Vassilakos G, Barton ER. Insulin-Like Growth Factor I Regulation and Its Actions in Skeletal Muscle. *Comprehensive Physiology.* 2019;9(1):413–438. DOI: 10.1002/cphy.c180010
33. Thoma A, Lightfoot AP. NF- κ B and Inflammatory Cytokine Signalling: Role in Skeletal Muscle Atrophy. *Advances in Experimental Medicine and Biology.* 2018;1088:267–279. DOI: 10.1007/978-981-13-1435-3_12
34. Alway SE, Mohamed JS, Myers MJ. Mitochondria initiate and regulate sarcopenia. *Exercise and Sport Sciences Reviews.* 2017;45(2):58–69. DOI: 10.1249/JES.0000000000000101.
35. Steiner JL, Lang CH. Alcohol impairs skeletal muscle protein synthesis and mTOR signaling in a time-dependent manner following electrically stimulated muscle contraction. *Journal of applied physiology.* 2014;117(10):1170–1179. DOI: 10.1152/japplphysiol.00180.2014
36. Thapaliya S, Runkana A et al. Alcohol-induced autophagy contributes to loss in skeletal muscle mass. *Autophagy.* 2014;10(4):677–690. DOI: 10.4161/auto.27918.
37. Kawao N, Kaji H. Interactions between muscle tissues and bone metabolism. *J Cell Biochem.* 2015;116(5):687–695. DOI: 10.1002/jcb.25040.
38. Thomas DR. Sarcopenia. *Clin Geriatr Med.* 2010;26:331–346. DOI: 10.1016/j.cger.2010.02.012.
39. Buford TW, Anton SD et al. Models of accelerated sarcopenia: critical pieces for solving the puzzle of age-related muscle atrophy. *Ageing Res Rev.* 2010; 9 (4): 369–383. DOI: 10.1016/j.arr.2010.04.004

40. Choi KM. Sarcopenia and sarcopenic obesity. *Korean J Intern Med.* 2016;31(6):1054–1060. DOI: 10.3904/kjim.2016.193
41. Wannamethee SG, Atkins JL. Muscle loss and obesity: the health implications of sarcopenia and sarcopenic obesity. *Proc Nutr Soc.* 2015;74(4):405–412. DOI: 10.1017/S002966511500169X
42. Huo YR, Suriyaarachchi P et al. Phenotype of osteosarcopenia in older individuals with a history of falling. *J Am Med Dir Assoc.* 2015;16(4):290–295. DOI: 10.1016/j.jamda.2014.10.018
43. Perna S, Spadaccini D et al. Osteosarcopenic Visceral Obesity and Osteosarcopenic Subcutaneous Obesity, Two New Phenotypes of Sarcopenia: Prevalence, Metabolic Profile, and Risk Factors. *Journal of Aging Research.* 2018;11:1–8. DOI: 10.1155/2018/6147426
44. Мокрышева НГ, Крупинова ЮА и др. Саркопения глазами эндокринолога. Ожирение и метаболизм, 2018;15(3):21–27. [Mokrysheva NG, Krupinova JA et al. A view at sarcopenia by endocrinologist]. *Obesity and metabolism.* 2018;15(3):21–27 (in Russian). DOI: 10.14341/omet9792
45. Клинические рекомендации Министерства здравоохранения Российской Федерации «Хроническая боль у пациентов пожилого и старческого возраста», 2020. [Clinical recommendations «On chronic pain in elderly and senile patients». 2020; Ministry of Health of the Russian Federation (in Russian)]. Available at: https://cr.minzdrav.gov.ru/preview-cr/616_1
46. Sousa A, Guera RS et al. Sarcopenia among hospitalized patients – a cross-sectional study. *Clin. Nutr.* 2015;34(6):1239–44. DOI: 10.1016/j.clnu.2014.12.015.
47. Ethgen O, Beaudart C et al. The Future Prevalence of Sarcopenia in Europe: A Claim for Public Health Action. *Calcif. Tissue Int.* 2017;100(3):229–234. DOI: 10.1007/s00223-016-0220-9.
48. Vaughan L, Corbin AL, Goveas JS. Depression and frailty in later life: a systematic review. *Clin. Interv. Aging.* 2015;10:1947–1958. DOI: 10.2147/CIA.S69632.
49. Soysal P, Veronese N et al. Relationship between depression and frailty in older adults: a systematic review and meta-analysis. *Ageing Res. Rev.* 2017;36:78–87. DOI: 10.1016/j.arr.2017.03.005.
50. Aprahamian I, Borges MK et al. The frail depressed patient: a narrative review on treatment challenges. *Clin. Interv. Aging.* 2022;17:979–990. DOI: 10.2147/CIA.S328432.
51. Wang X, Shen K. The Reciprocal relationship between frailty and depressive symptoms among older adults in rural China: a cross-lag analysis. *Healthcare (Basel).* 2021;9(5):593. DOI: 10.3390/healthcare9050593.
52. Figueira Da Mata FA, Forte Gomez MM et al. Depression and frailty in older adults: a population-based cohort study. *PLoS One.* 2021;16(3):0247766. DOI: 10.1371/journal.pone.0247766.
53. Cao L, Zhou Y et al. Bidirectional longitudinal study of frailty and depressive symptoms among older Chinese adult. *Front. Aging Neurosci.* 2022;14:791971. DOI: 10.3389/fnagi.2022.791971.
54. Масенко ВЛ, Коков АН и соавт. Лучевые методы диагностики саркопении. Исследования и практика в медицине. 2019;6(4):127–137. [Masenko VL, Kokov AN et al. Radiology methods of the sarcopenia diagnosis]. *Research and Practical Medicine Journal.* 2019;6(4):127–137 (in Russian). DOI: 10.17709/2409-2231-2019-6-4-13.
55. Григорьева ИИ, Раскина ТА и соавт. Саркопения: особенности патогенеза и диагностики. Фундаментальная и клиническая медицина. 2019;4(4):105–116. [Grigorieva II, Raskina TA et al. Sarcopenia: features of pathogenesis and diagnosis]. *Fundamental and Clinical Medicine.* 2019;4(4):105–116 (in Russian). DOI: 10.23946/2500-0764-2019-4-4-105-116.
56. Закревский АИ, Фёдорова АА и соавт. Саркопения: как её диагностировать? Клиническое питание и метаболизм. 2021;2(1):13–22. [Zakrevskiy AI, Fedorova AA et al. Sarcopenia: how to diagnose it?] *Clinical Nutrition and Metabolism.* 2021;2(1):13–22 (in Russian). DOI: 10.17816/clinutr71107.
57. Пасечник ИН, Закревский АИ и соавт. Саркопения: взгляд анестезиолога-реаниматолога. Кремлевская медицина. Клинический вестник. 2021(1):82–89. [Pasechnik IN, Zakrevsky AI et al. Sarcopenia: the view of an anesthesiologist-resuscitator]. *Kremlin medicine. Clinical Bulletin,* 2021(1):82–89 (in Russian). DOI: 10.26269/zqkk-j843.
58. Tosato M, Marzetti E et al. 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.
59. Wang ZM, Sun YG, Heymsfield SB. Urinary creatinine-skeletal muscle mass method: a prediction equation based on computerized axial tomography. *Biomed Environ Sci.* 1996; 9(2-3):185–90.
60. Tagliafico AS, Bignotti B, et al. Sarcopenia: how to measure, when and why. *Radiol Med.* 2022;127(3):228–237. DOI: 10.1007/s11547-022-01450-3.

61. Albano D, Messina C et al. Imaging of sarcopenia: old evidence and new insights. *European Radiology*. 2020;30(4):2199-2208. DOI: 10.1007/s00330-019-06573-2.
62. Гайворонский ИВ, Ничипорук ГИ и соавт. Биоимпедансометрия как метод оценки компонентного состава тела человека (обзор литературы). Вестник Санкт-Петербургского университета. Медицина. 2017;12(4):365-384. [Gaivoronsky IV, Nichiporuk GI, et al. Bioimpedancemetry as a method for assessing the component composition of the human body (literature review)]. *Bulletin of St. Petersburg University. Medicine*. 2017;12(4):365–384 (in Russian). DOI: 10.21638/11701/spbu11.2017.406.
63. Kołodziej M, Koziel 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. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19(8):4687. DOI: 10.3390/ijerph19084687.
64. Takahashi N, Sugimoto M, et al. Validation study of a new semi-automated software program for CT body composition analysis. *Abdominal Radiology*. 2017;42(9):2369-75. DOI: 10.1007/s00261-017-1123-6
65. Van Vugt JLA, Levolger S, et al. A comparative study of software programs 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.
66. Kim JS, Kim WY, et al. Simple age specific cutoff value for sarcopenia evaluated by computed tomography. *Annals of Nutrition and Metabolism*. 2017;71(3-4):157–163. DOI: 10.1159/000480407.
67. Kim EH, Kim KW, et al. 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
68. Yousaf T, Dervenoulas G, Politis M. Advances in MRI Methodology. *International Review of Neurobiology*. 2018;(141):31–76. DOI: 10.1016/bs.irm.2018.08.008
69. Caraianni C, Petrescu B et al. Contraindications and adverse effects in abdominal imaging. *Medical Ultrasonography*. 2019;21(4):456–463. DOI 10.11152/mu-2145
70. Senesac CR, Lott DJ et al. 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.
71. Alic L, Griffin JF 4th et al. 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.
72. Brogna C, Cristiano L et al. Longitudinal Motor Functional Outcomes and Magnetic Resonance Imaging Patterns of Muscle Involvement in Upper Limbs in Duchenne Muscular Dystrophy. *Medicina* (Kaunas). 2021;57(11):1267. DOI: 10.3390/medicina57111267
73. Schlaeger S, Inhuber S, et al. 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
74. Кучер А.Н. Молекулярно-генетические маркеры саркопении. Молекулярная медицина. 2021;19(1):17–29. [Kucher A.N. Molecular and genetic markers of sarcopenia]. *Molekulyarnaya meditsina*. 2021;19(1):17–29 (in Russian). DOI: 10.29296/24999490-2021-01-03.
75. Глобальные рекомендации по физической активности для здоровья. Всемирная организация здравоохранения. 2010. [Global recommendations on physical activity for health. World Health Organization. Geneva. 2010]. Available at: <https://whodc.mednet.ru/en/main-publications/ukreplenie-zdorovya/2066.html>
76. Cermak NM, Res PT, et al. Protein supplementation augments the adaptive response of skeletal muscle to resistance-type exercise training: a meta-analysis. *Am J Clin Nutr*. 2012;96(6):1454-64. DOI: 10.3945/ajcn.112.037556.
77. Hirschfeld HP, Kinsella R, Duque G. Osteosarcopenia: where bone, muscle, and fat collide. *Osteoporos Int*. 2017;28(10):2781-90. DOI: 10.1007/s00198-017-4151-8
78. Ткачева ОН, Котовская ЮВ и др. Клинические рекомендации «Старческая астения». Российский журнал гериатрической медицины. 2020;(1):11-46. [Tkacheva ON, Kotovskaya YV, et al. Clinical guidelines frailty]. *Russian Journal of Geriatric Medicine*. 2020;1:11–46 (in Russian). DOI: 10.37586/2686-8636-1-2020-11-46.
79. Iolascon G, Moretti A, et al. Pharmacological therapy of sarcopenia: past, present and future. *Clin Cases Miner Bone Metab*. 2018;15(3):407–415.
80. Sakumo K, Yamaguchi A. Sarcopenia and age-related endocrine function. *Int J Endocrinol*. 2012; 2012: 127362. DOI: 10.1155/2012/127362.
81. Brotto M, Abreu EL. Sarcopenia: pharmacology of today and tomorrow. *J Pharmacol Exp Ther*. 2012;343(3):540–546. DOI: 10.1124/jpet.112.191759

82. Болдырева Ю.В., Лебедев ИА, Гаджиумарова ЕА. Клинический профиль пациента с дефицитом витамина D. Фармация. 2022;71(7):49-56. [Boldyreva YV, Lebedev IA, Hajiumarova EA. Clinical Profile of a patient with vitamin D deficiency in the blood]. *Farmatsiya*. 2022;71(7):49–56 (in Russian). Available at: <https://doi.org/10/29296/25419218-2022-07-07>.

83. Сафонова ЮА, Зоткин ЕГ и соавт. Анализ обеспеченности витамином D людей пожилого и старческого возраста. Успехи геронтол. 2018;31(2):184-190. [Safonova JA, Zotkin EG, et al. An analysis of vitamin D sufficiency in elderly people]. *Adv. geront.* 2018;31(2):184–190 (in Russian).

Об авторах

БЫКОВ Юрий Николаевич – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой нервных болезней ФГБОУ ВО ИГМУ Минздрава России. ORCID: 0000-0002-7836-5179, ResearcherID: S-6938-2016, Scopus Author ID: 57200671414, SPIN: 8393-4911, e-mail: bykov1971@mail.ru

НУРУЛИНА Татьяна Фаиловна – врач-невролог неврологического отделения ГБУЗ Иркутской области «Знак Почета» областной клинической больницы, ORCID: 0009-0007-2868-6752, e-mail: nurulina-tanya@mail.ru

About the authors

BYKOV Yuriy Nilolaevich – Dr. Sci (Medicine), Professor, Head of Neurology Diseases, Irkutsk State Medical University, ORCID: 0000-0002-7836-5179, ResearcherID: S-6938-2016, Scopus Author ID: 57200671414, SPIN: 8393-4911, e-mail: bykov1971@mail.ru

NURULINA Tatiana Failovna – neurologist, Neurology Department, Irkutsk Regional Clinical Hospital, ORCID: 0009-0007-2868-6752, e-mail: nurulina-tanya@mail.ru

Вклад авторов

Быков Ю. Н. – разработка концепции, определение вектора сбора данных литературы, методологии описания, верификация данных, верификация списка литературы, общее администрирование при написании рукописи.

Нурulina Т. Ф. – непосредственный сбор данных из источников литературы, проведение обзорного исследования, создание черновика рукописи, визуализация, литературная обработка данных описываемых исследований других авторов.

Authors' contribution

Yury N. Bykov – development of the concept, definition of the vector of collection of literature data, methodology of description, data verification, verification of the list of references, general administration when writing a manuscript.

Tatiana F. Nurulina – direct collection of data from literature sources, conducting a review study, creating a draft of a manuscript, visualization, and literary processing of data from described studies by other authors.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interest.

Декларация конфликта интересов

Авторы заявляют об отсутствии конкурирующих финансовых интересов или личных отношений, которые могли повлиять на исследование, о котором сообщается в этой статье.

Один из авторов является членом редколлегии/главным редактором/заместителем редактора журнала «Вестник СВФУ им. М.К. Аммосова» и не участвовал в редакционной рецензии этой статьи.

Авторы заявляют о следующих финансовых интересах/личных отношениях, которые могут рассматриваться как потенциальные конкурирующие интересы:

Поступила в редакцию / Submitted 5.03.2025

Принята к публикации / Accepted 31.05.2025