

СНИЖЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ МЫШЦ КАК КЛЮЧЕВОЙ МАРКЕР ВОЗРАСТ-АССОЦИИРОВАННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ

DOI: 10.37586/2686-8636-2-2026-157-163

УДК: 612.744 + 612.67

Урунова Г. Р. *, Деменок Д. В. , Шарашкина Н. В. , Наумов А. В. , Ховасова Н. О. 

ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н. И. Пирогова Минздрава России (Пироговский Университет), Москва, Россия

*Автор, ответственный за переписку, Урунова Гозель Рустамовна.
E-mail: urunova_gr@rgnkc.ru

Аннотация

Возраст-ассоциированные изменения мышечной системы традиционно оцениваются через показатели силы (динапения) и массы (саркопения). Однако наш опыт свидетельствует о том, что наиболее значимым фактором для качества жизни гериатрических пациентов является снижение функциональной способности мышц. В данной статье предложено определение «эргопения» — снижение функциональной способности мышц при сохранной силе и/или массе мышечной ткани; представлен анализ патофизиологических механизмов, лежащих в основе снижения мышечной функции; рассмотрено их клиническое значение; а также описаны диагностические подходы. Эти подходы сопоставлены со стандартизированными методами оценки мышечной силы и мышечной массы.

Ключевые слова: эргопения; саркопения; динапения; миопения; гериатрические синдромы.

Для цитирования: Урунова Г. Р., Деменок Д. В., Шарашкина Н. В., Наумов А. В., Ховасова Н. О. Снижение функциональной способности мышц как ключевой маркер возраст-ассоциированных изменений мышечной ткани. *Российский журнал гериатрической медицины*. 2026 ; 2 (26) : 157-163. DOI: 10.37586/2686-8636-2-2026-157-163

Поступила: 12.02.2026. Принята к печати: 16.02.2026. Дата онлайн-публикации: 30.04.2026.

LOSS OF MUSCLE FUNCTION AS THE MAIN INDICATOR OF AGE-RELATED ALTERATIONS IN MUSCLE TISSUE

Urunova G. R. *, Demenok D. V. , Sharashkina N. V. , Naumov A. V. , Khovasova N. O. 

Pirogov Russian National Research Medical University (Pirogov Medical University), Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia

* Corresponding author: Urunova Gozel Rustamovna. E-mail: urunova_gr@rgnkc.ru

Abstract

Age-associated changes in the muscular system are traditionally assessed through indicators of strength (dynapenia) and mass (sarcopenia). However, clinical experience suggests that the most significant factor for the quality of life of geriatric patients is the decline in muscle functional capacity. This article proposes defining this condition as ergopenia, i.e., a reduction in muscle functional capacity in the presence of preserved muscle strength and/or mass. It presents an analysis of the pathophysiological mechanisms underlying the decline in muscle function, examines their clinical significance, and describes diagnostic approaches. These approaches are compared with standardized methods for assessing muscle strength and muscle mass.

Keywords: ergopenia; sarcopenia; dynapenia; myopenia; geriatric syndromes.

For citation: Urunova G. R., Demenok D. V., Sharashkina N. V., Naumov A. V., Khovasova N. O., Loss of muscle function as the main indicator of age-related alterations in muscle tissue. *Russian Journal of Geriatric Medicine*. 2026 ; 2 (26) : 157–163. DOI: 10.37586/2686-8636-2-2026-157-163

Received: 12.02.2026. Accepted: 16.02.2026. Published online: 30.04.2026.

ВВЕДЕНИЕ

Саркопения и динапения признаны ведущими компонентами синдрома старческой астении и важными предикторами инвалидизации [1, 2]. Как правило, саркопения рассматривается как возраст-ассоциированное прогрессирующее состояние, характеризующееся нарушением силы и уменьшением мышечной массы, сопровождающееся повышенным риском падений, переломов, госпитализации и смертности. Впервые саркопения была описана как компонент старения исключительно у людей пожилого возраста, M. Critchley в 1931 г. Термин «саркопения» был предложен американским профессором И. Розенбергом в 1989 г. (греч. *sarx* — тело, плоть и *penia* — недостаток) [3]. В 2010 г. Европейская рабочая группа по саркопении у пожилых людей (European Working Group on Sarcopenia in Older People, EWGSOP) предложила первое определение саркопении. Под этим термином понимают состояние, характеризующееся прогрессирующей и генерализованной утратой мышечной массы и силы с повышением риска неблагоприятных событий, таких как ухудшение качества жизни, инвалидизация и смерть [4]. Однако за короткий промежуток времени в представлениях специалистов саркопения преобразовалась из гериатрического синдрома в заболевание, которое увеличивает риски падений и переломов не только у возрастных пациентов, в том числе ухудшая качество жизни, усугубляя сопутствующие хронические состояния и увеличивая социально-экономические затраты [5]. По оценкам экспертов, к 2045 г. саркопения станет общемировой проблемой, что связывают с увеличением продолжительности жизни [6]. Учитывая основные компоненты мышечной ткани: массу, силу и функцию, мы считаем рациональным раздельное использование этих характеристик, в том числе в отношении саркопении: как мышечная масса (количественное нарушение), сила мышц и их функция (качественные нарушения), поскольку сила мышц зависит не только от их массы [7]. Для определения снижения мышечной силы используется термин «динапения» [8], в то время как термин «саркопения» является более широким понятием [9]. Некоторые ученые предлагают использовать термин «динапения» только в отношении лиц пожилого и старческого возраста [10]. Однако Фонд Национального института здоровья (the Foundation for the National Institute of Health, FNIH), учрежденный Конгрессом США, предлагает использовать термин «динапения» для пациентов любого возраста [8]. Высокий интерес к изучению силы и массы мышечной ткани

привел к тому, что тема функционального компонента остается второстепенной.

Тем не менее клиническое наблюдение показывает, что у значительной части пожилых пациентов снижение качества жизни и функциональной независимости происходит при сохранной мышечной массе и даже относительно сохранной силе, но с выраженным ухудшением функциональной производительности мышечной ткани [11–13].

В данной статье предложено определение для такого состояния — «эргопения», т. е. снижение функциональной способности мышц при сохранной силе и/или массе мышечной ткани. Часто снижение функциональной способности мышц предшествует манифестной саркопении и сопровождает развитие старческой астении [11]. Игнорирование снижения функциональной способности мышц (эргопении) приводит к недооценке ранних стадий мышечной дисфункции и упущенным возможностям профилактики инвалидизации.

Цель данного обзора — определить влияние функционального статуса мышечной ткани на снижение качества жизни при сохранной силе и массе мышечной ткани.

ПАТОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ СНИЖЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ МЫШЦ

Данное состояние может как выступать изолированно, так и комбинироваться с другими компонентами мышечной недостаточности — миопенией (потерей мышечной массы) и динапенией (снижением мышечной силы и мощности). Комбинация этих компонентов формирует спектр клинически значимых синдромов, представленных в табл. 1.

Снижение мышечной силы и массы, определяемое как «динамиопения» (от «динапения» и «миопения»), — патологическое состояние, известное в клинической практике как саркопения. При сочетанном снижении всех компонентов мышечной ткани формируется состояние, которое соответствует тяжелой саркопении и старческой астении (рис. 1).

Это состояние является результатом конвергенции нарушений на нейромышечном, метаболическом, микрососудистом и системном уровнях, которые проявляются как другие гериатрические синдромы и влекут их за собой.

Формирование сниженной мышечной функции включает такие ключевые патофизиологические звенья, как:

1. Дисфункция нейромышечного аппарата. Наблюдается снижение эффективности передачи в нервно-мышечных синапсах, а также

замедление скорости включения и синхронизации работы двигательных единиц [14]. Это ведет к десинхронизации и нерациональному порядку включения мышечных волокон, что, в свою очередь, вызывает задержку в генерации максимального мышечного усилия [15].

1. Метаболические и митохондриальные нарушения. Критическую роль играет ухудшение окислительного метаболизма в скелетных мышцах, обусловленное митохондриальной дисфункцией [18]. Последняя характеризуется снижением дыхательной активности электрон-транспортной цепи, увеличением продукции активных форм кислорода и нарушением окислительного фосфорилирования [16]. Данные процессы усугубляются снижением биогенеза митохондрий, что ограничивает энергообеспечение длительных и интенсивных мышечных сокращений [17].

2. Нарушения микроциркуляции и эндотелиальной функции. Адекватный мышечный метаболизм зависит от оптимальной доставки кислорода и субстратов [19]. При ее снижении отмечается ухудшение функции эндотелия микрососудов, капиллярной плотности и нарушение регуляции мышечного кровотока, что способствует развитию относительной гипоксии и накоплению метаболитов [20].

3. Системное хроническое воспаление (инфламэйджинг). Персистирующий низкоуровневый воспалительный процесс, ассоциированный со старением и многими хроническими заболеваниями, вносит значительный вклад в патогенез снижения мышечной функции [21, 22]. Провоспалительные цитокины (такие как IL-6, TNF- α) опосредованно подавляют анаболические пути, усугубляют митохондриальную дисфункцию, способствуют резистентности к инсулину и негативно влияют на нейромышечную передачу [23, 24].

4. Нарушение центральной нервной регуляции. Проявляется снижением нейропластичности в моторных отделах коры головного мозга и подкорковых структурах, что ухудшает формирование и адаптацию двигательных программ, координацию и постуральный контроль [26–28].

Таким образом, снижение мышечной функции формируется как результат взаимодействия указанных механизмов, создающих порочный круг нарушения энергообеспечения и функциональной дезадаптации [25]. Это подтверждает статус такого снижения как многофакторного патологического состояния, патогенез которого не может быть сведен исключительно к морфометрическим изменениям мышечной ткани.

КЛИНИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ И ПРОГНОСТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ СНИЖЕНИЯ МЫШЕЧНОЙ ФУНКЦИИ

Клинические проявления сниженной мышечной функции имеют серьезные медико-социальные последствия. Данное состояние ассоциировано с неблагоприятными исходами, включая:

- высокий риск падений и связанных с ними переломов вследствие ухудшения постуральной устойчивости и снижения скорости ходьбы;
- снижение способности к самообслуживанию и прогрессирующую утрату функциональной независимости;
- увеличение частоты госпитализаций и осложнений в период острых заболеваний;
- повышение показателей общей смертности независимо от наличия саркопении или сохранности мышечной массы, оцененной антропометрически.

Важно отметить, что интегральные функциональные показатели, такие как скорость ходьбы, время выполнения стандартных двигательных тестов (например, теста «Встань и иди») или объективно измеренная выносливость, демонстрируют более высокую прогностическую ценность в отношении выживаемости и риска инвалидизации по сравнению с изолированными измерениями мышечной силы или массы [29]. Это подчеркивает необходимость комплексной оценки физического состояния, учитывающей не только структурные, но, в первую очередь, функциональные резервы организма [30].

Выявление и оценка сниженной мышечной функции, основанная на анализе физического функционирования, клинически значимы для стратификации риска неблагоприятных исходов и должны учитываться в рамках комплексных гериатрических и реабилитационных подходов.

ДИАГНОСТИКА

Материалы о методах диагностики снижения мышечной силы и массы широко представлены большим кругом авторов. В данной статье мы не будем их повторять, а сосредоточимся на методах оценки функциональных возможностей мышц.

Оценка мышечной функции направлена на интегральную характеристику способности скелетной мускулатуры выполнять полезную работу во времени. Эта способность включает такие ключевые компоненты, как скорость, силовая и аэробная выносливость, а также координация движений. Диагностика снижения

Рис. 1. Формирование состояний снижения показателей мышечной ткани

Fig. 1. Development of conditions associated with reduced muscle tissue parameters

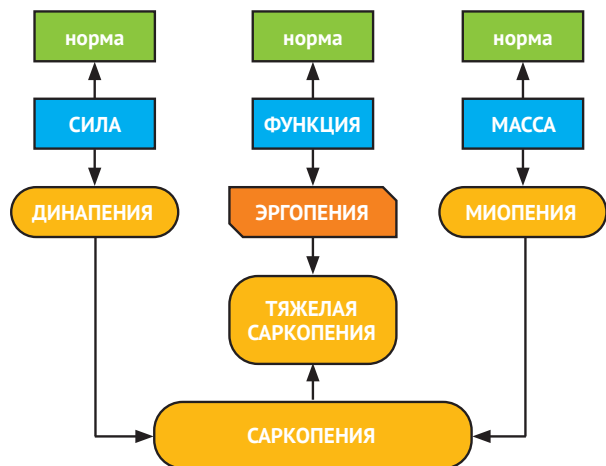


Рисунок подготовлен авторами по собственным данным / The figure was prepared by the authors based on their own data

мышечной функции базируется именно на выявлении стойкого снижения этих интегративных показателей, которое может наблюдаться изолированно при формально сохранных значениях мышечной массы и силы.

Для объективной оценки используются валидизированные функциональные тесты, каждый из которых исследует разные аспекты физической работоспособности и обладает высокой прогностической ценностью:

1. Тест скорости ходьбы на 4–6 метров. Является одним из наиболее простых и одновременно мощных прогностических инструментов в гериатрии. Снижение привычной скорости ходьбы (чаще при пороге <0,8 м/с)

независимо ассоциировано с повышенным риском общей смертности, госпитализаций и утраты функциональной независимости, что подчеркивает его роль как маркера системного биологического старения и жизнеспособности [30].

2. Краткая батарея тестов физического функционирования (Short Physical Performance Battery, SPPB). Представляет собой комплексную стандартизованную оценку, включающую три компонента: тесты на статический баланс (разные позиции стоп), скорость ходьбы на короткую дистанцию и время пятикратного вставания со стула. SPPB обеспечивает глобальную оценку функциональных резервов нижних конечностей и является валидным предиктором наступления инвалидности, падений и госпитализаций [31, 35].

3. Шестиминутный тест ходьбы (6MWT). Данный тест служит золотым стандартом для оценки аэробной выносливости и физической работоспособности. Он отражает интегральную функцию не только мышечного аппарата, но и сердечно-сосудистой и дыхательной систем, а также волевого контроля [34]. Пройденная за 6 минут дистанция является прямым маркером функциональной способности к выполнению повседневных активностей, требующих субмаксимальных усилий.

4. Тест «Встань и иди» (Timed Up and Go, TUG). Оценивает динамическое равновесие, мобильность, скорость и координацию [32]. Время выполнения более 12–20 секунд (в зависимости от возрастной группы) четко коррелирует с повышенным риском падений, когнитивными нарушениями и нуждаемостью в посторонней помощи [33].

Таблица 1. Методы оценки функции мышц
Table 1. Methods for assessing muscle function

Тест	Референсные значения	Прогностическое значение
Скорость ходьбы (4–6 м)	≥0,8 м/с	Скорость <0,8 м/с используется как маркер повышенного риска неблагоприятных исходов (падения, когнитивные нарушения, смертность)
SPPB (Short Physical Performance Battery)	10–12 баллов — нет старческой астении; 8–9 баллов — преастения; ≤7 баллов — старческая астения	Комплексная оценка баланса, скорости ходьбы и подъема со стула. SPPB >8 баллов связан со значимым снижением риска смерти
6-минутный тест ходьбы	Мужчины: ≈ 600 м Женщины: ≈ 500 м	Выносливость, аэробная производительность. Пройденная дистанция является независимым предиктором неблагоприятных исходов
Тест «Встань и иди» (TUG)	В норме здоровые пожилые — ≤10 с	Показатель мобильности и риска падений. Результат >14 с у пациентов пожилого и старческого возраста с синдромом СА свидетельствует о наличии риска падений

Таблица составлена авторами по собственным данным / The table was compiled by the authors based on their own data

Функция отражает способность выполнять работу во времени, включая скорость, выносливость и координацию.

Признак снижения функциональной способности мышц — низкие показатели функциональных тестов при сохранной силе и массе.

ОБСУЖДЕНИЕ

Наиболее значимым для качества жизни пациентов пожилого и старческого возраста является снижение функциональной способности мышц. Данное состояние в рамках настоящей статьи обозначается нами термином «эргопения» (от греч. ergon — действие, penia — недостаток).

Эргопения отражает комплексный биологический процесс, в котором:

1) мышечная сила (Dynamis) понимается как фундаментальное физиологическое свойство — способность к генерации максимального произвольного усилия за минимальное время;

2) мышечная масса (Sarcos) представляет собой морфологический и метаболический резерв организма — структурный субстрат, содержащий сократительные белки, энергетические депо и пул аминокислот;

3) мышечная функция (Ergon) является высшим интегральным показателем, отражающим реальную способность мускулатуры обеспечивать жизнедеятельность и целенаправленную двигательную активность в условиях повседневных нагрузок.

Диссонанс между структурной сохранностью мышц и их функциональной несостоятельностью подчеркивает патофизиологическую уникальность эргопении, в основе которой лежат нарушения метаболической эффективности, нейромышечного контроля и системной регуляции. Следовательно, функциональное тестирование является обязательным компонентом комплексной оценки состояния скелетных мышц и гериатрических синдромов.

Таблица 2. Классификация патологических состояний мышечной недостаточности
Table 2. Classification of pathological states of muscle insufficiency

Клиническое соответствие	Снижение мышечной массы (Мио-)	Снижение мышечной силы (Дина-)	Снижение мышечной функции (Эрго-)	Термин
Пре-саркопения	Да	Нет	Нет	Миопения
Вероятная саркопения (по критериям EWGSOP2)	Нет	Да	Нет	Динапения
Патологическое состояние	Нет	Нет	Да	Эргопения — снижение мышечной функции
Саркопения (в общепринятом определении)	Да	Да	Нет	Динамиопения
Функциональный дефицит с сохранной массой	Нет	Да	Да	Эргодинапения
Редкий вариант, нами не диагностируется	Да	Нет	Да	Эргомиопения
Тяжелая форма, соответствующая тяжелой саркопении и старческой астении (хрупкости)	Да	Да	Да	Эргодинамиопения

Таблица составлена авторами по собственным данным / The table was compiled by the authors based on their own data

Таким образом, концепция эргопении смещает диагностический и терапевтический фокус с показателей массы и силы мышц на функциональную состоятельность и работоспособность мышечной системы как целого. Функциональная деградация появляется раньше и является более информативным биомаркером старения, чем снижение массы или силы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Снижение функциональной производительности мышечной системы — эргопению — следует

рассматривать как самостоятельный гериатрический фенотип и ключевой предиктор качества жизни пожилых людей. Включение функциональных тестов в рутинную практику — необходимый шаг для раннего выявления возраст-ассоциированных мышечных нарушений и профилактики инвалидизации.

В 2018 г. по итогам заседания EWGSOP 2 был пересмотрен консенсус по саркопении EWGSOP от 2010 г. На первое место по значимости для определения саркопении было вынесено снижение мышечной силы, а считающееся ранее

наиболее важным снижением мышечной массы отошло на второй план. На данном этапе изучения проблематики саркопении нам становится очевидно, что с клинической точки зрения снижение функциональных возможностей мышц (эргопения) выходит на первое место, смещая динапению. Считаем необходимым поставить вопрос об изучении влияния на качество жизни выделенных нами состояний (гериатрических синдромов): эргопения, эргодинапения, эргомиопения. Вероятно, их влияние на активное долголетие в целом и самообслуживание в частности недооценивается и требует дополнительного пристального внимания.

ПЕРСПЕКТИВЫ

- Стандартизация и разработка формализованных критериев эргопении.
- Интеграция функциональных тестов в стандартные алгоритмы и протоколы верификации саркопении.
- Технологизация мониторинга с использованием датчиков цифровой ходьбометрии и носимых датчиков для объективного динамического наблюдения за двигательной активностью в условиях реальной жизни.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ / ADDITIONAL INFORMATION

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Funding Sources: This study had no external funding sources.

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

Conflict of Interests. The authors declare no conflicts of interest.

Вклад авторов. Все авторы в равной степени участвовали в разработке концепции статьи, получении и анализе фактических данных, написании и редактировании текста статьи, проверке и утверждении текста статьи.

Authors' contribution. All authors according to the ICMJE criteria participated in the development of the concept of the article, obtaining and analyzing factual data, writing and editing the text of the article, checking and approving the text of the article.

ORCID АВТОРОВ:

Урунова Г. Р. / Urunova G. R. — 0000-0002-0789-1673
Деменок Д. В. / Demenok D. V. — 0000-0002-9837-4224
Шарашкина Н. В. / Sharashkina N. V. — 0000-0002-6465-4842
Наумов А. В. / Naumov A. V. — 0000-0002-6253-621x
Ховасова Н. О. / Khovasova N. O. — 0000-0002-3066-4866

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Geriatrics: National Guidelines. Ed. by Tkacheva O. N., Frolova E. V., Yakhno N. N. Moscow: GEOTAR-Media, 2019. 608 p. (Series «National Guidelines»). P. 237–245. ISBN 978-5-9704-5093-2.
2. Morley J. E. Frailty and Sarcopenia: The New Geriatric Giants. *Rev. Invest. Clin.* 2016 ; 68 (2) : 59–67.
3. Makizako H. Frailty and Sarcopenia as a Geriatric Syndrome in Community-Dwelling Older Adults. *Int J Environ Res Public Health.* 2019 ; 16 (20) : 4013. DOI: 10.3390/ijerph16204013.
4. Cruz-Jentoft A. J., Baeyens J. P., Bauer J. M., et al. Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis: report of the European Working Group on sarcopenia in older people. *Age Ageing.* 2010 ; 39 (4) : 412–423. DOI: 10.1093/ageing/afq034.
5. Falcon L. J., Harris-Love M. O. Sarcopenia and the New ICD-10-CM Code: Screening, Staging, and Diagnosis Considerations. *Fed Pract.* 2017 ; 34 (7) : 24–32.
6. Ethgen O., Beaudart C., Buckinx F., 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.
7. Brandt C., Pedersen B. K. The role of exercise-induced myokines in muscle homeostasis and the defense against chronic diseases. *J Biomed Biotechnol.* 2010 ; 2010 : 520258. DOI: 10.1155/2010/520258.
8. Seene T., Kaasik P. Muscle weakness in the elderly: role of sarcopenia, dynapenia, and possibilities for rehabilitation. *Eur Rev Aging Phys Act.* 2012 ; 9 : 109–117. DOI: 10.1007/s11556-012-0102-8.
9. Studenski S. A., Peters K. W., Alley D. E., et al. The FNIH sarcopenia project: rationale, study description, conference recommendations and final estimates. *J Gerontol A Biol Sci Medical Sci.* 2014 ; 69 (5) : 547–558. DOI: 10.1093/geronol/glu010.
10. Aryana S. Clinical relations of sarcopenia [Internet]. In: Cseri J., ed. Background and management of muscular atrophy. 2020. DOI: 10.5772/intechopen.93408.
11. Khovasova N. O., Naumov A. V., Tkacheva O. N., Moroz V. I. Falls in older patients: characteristics depending on functional status. *Osteoporosis and Bone Diseases.* 2022 ; 25 (1) : 4–13. (In Russ.). DOI: 10.14341/osteo12936.
12. Dzamikhov K. K., Kochetkov A. I., Ostromova O. D., et al. Factors affecting the functional status of polymorbid patients of elderly and senile age with essential arterial hypertension. *Bulletin of the North-Western State Medical University named after I. I. Mechnikov.* 2025 ; 17 (1) : 63–75. (In Russ.). DOI: 10.17816/mechnikov633650.
13. Naumov A. V., Moroz V. I., Khoasova N. O., et al. Chronic pain in old age: focus on sarcopenia. *Medical Council.* 2019 ; (12) : 106–114. (In Russ.). DOI: 10.21518/2079-701X-2019-12-106-114.
14. Clark B. C. Neuromuscular changes with aging and sarcopenia. *J Frailty Aging.* 2019 ; 8 (1) : 7–9. DOI: 10.14283/jfa.2018.35.
15. Piasecki M., Ireland A., Jones D. A., McPhee J. S. Age-dependent motor unit remodelling in human limb muscles. *Biogerontology.* 2016 ; 17 (3) : 485–496. DOI: 10.1007/s10522-015-9627-3.
16. Leduc-Gaudet J. P., Hussain S. N. A., Barreiro E., Gouspillou G. Mitochondrial Dynamics and Mitophagy in Skeletal Muscle Health and Aging. *Int J Mol Sci.* 2021 ; 22 (15) : 8179. DOI: 10.3390/ijms22158179.
17. Alway S. E., Mohamed J. S., Myers M. J. Mitochondria Initiate and Regulate Sarcopenia. *Exerc Sport Sci Rev.* 2017 ; 45 (2) : 58–69. DOI: 10.1249/JES.000000000000101.

18. Vezza T., Díaz-Pozo P., Canet F., et al. The Role of Mitochondrial Dynamic Dysfunction in Age-Associated Type 2 Diabetes. *World J Mens Health*. 2022 ; 40 (3) : 399–411. DOI: 10.5534/wjmh.210146.
19. Khoo S. B., Lin Y. L., Ho G. J., Lee M. S., Xu B. G. Association of endothelial dysfunction with sarcopenia and muscle function in a relatively young group of kidney transplant recipients. *PeerJ*. 2021 ; 9 : e12521. DOI: 10.7717/peerj.12521.
20. Grevendonk L., Connell N. J., McCrum C., et al. Impact of aging and exercise on skeletal muscle mitochondrial capacity, energy metabolism, and physical function. *Nat Commun*. 2021 ; 12 (1) : 4773. DOI: 10.1038/s41467-021-24956-2.
21. Crescioli C. Targeting Age-Dependent Functional and Metabolic Decline of Human Skeletal Muscle: The Geroprotective Role of Exercise, Myokine IL-6, and Vitamin D. *Int J Mol Sci*. 2020 ; 21 (3) : 1010. DOI: 10.3390/ijms21031010.
22. Franceschi C., Garagnani P., Parini P., et al. Inflammaging: a new immune-metabolic viewpoint for age-related diseases. *Nat Rev Endocrinol*. 2018 ; 14 (10) : 576–590. DOI: 10.1038/s41574-018-0059-4.
23. Lim C., Nunes E. A., Currier B. S., et al. An Evidence-Based Narrative Review of Mechanisms of Resistance Exercise-Induced Human Skeletal Muscle Hypertrophy. *Med Sci Sports Exerc*. 2022 ; 54 (9) : 1546–1559. DOI: 10.1249/MSS.0000000000002929
24. Reid M. B., Li Y. P. Tumor necrosis factor-alpha and muscle wasting: a cellular perspective. *Respir Res*. 2001 ; 2 (5) : 269–272. DOI: 10.1186/tr67.
25. Bano G., Trevisan C., Carraro S., et al. Inflammation and sarcopenia: A systematic review and meta-analysis. *Maturitas*. 2017 ; 96 : 10–15. DOI: 10.1016/j.maturitas.2016.11.006.
26. Manini T. M., Hong S. L., Clark B. C. Aging and muscle: a neuron's perspective. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 2013 ; 16 (1) : 21–26. DOI: 10.1097/MCO.0b013e32835b5880.
27. King B. R., Fogel S. M., Albouy G., Doyon J. Neural correlates of the age-related changes in motor sequence learning and motor adaptation in older adults. *Front Hum Neurosci*. 2013 ; 7 : 142. DOI: 10.3389/fnhum.2013.00142.
28. Arleo A., Bareš M., Bernard J. A., et al. Consensus Paper: Cerebellum and Ageing. *Cerebellum*. 2024 ; 23 (2) : 802–832. DOI: 10.1007/s12311-023-01577-7.
29. Cesari M., Onder G., Zamboni V., et al. Physical function and self-rated health status as predictors of mortality: results from longitudinal analysis in the iLSIRENTE study. *BMC Geriatr*. 2008 ; 8 : 34. DOI: 10.1186/1471-2318-8-34.
30. Studenski S., Perera S., Patel K., et al. Gait speed and survival in older adults. *JAMA*. 2011 ; 305 (1) : 50–58. DOI: 10.1001/jama.2010.1923.
31. de Fátima Ribeiro Silva C., Ohara D. G., Matos A. P., et al. Short Physical Performance Battery as a Measure of Physical Performance and Mortality Predictor in Older Adults: A Comprehensive Literature Review. *Int J Environ Res Public Health*. 2021 ; 18 (20) : 10612. DOI: 10.3390/ijerph182010612.
32. Podsiadlo D., Richardson S. The timed «Up & Go»: a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *J Am Geriatr Soc*. 1991 ; 39 (2) : 142–148. DOI: 10.1111/j.1532-5415.1991.tb01616.x.
33. Shumway-Cook A., Brauer S., Woollacott M. Predicting the probability for falls in community-dwelling older adults using the Timed Up & Go Test. *Physical Therapy*. 2000 ; 80 (9) : 896–903. DOI: 10.1093/ptj/80.9.896.
34. Morio Y., Izawa K. P., Omori Y., et al. The Relationship between Walking Speed and Step Length in Older Aged Patients. *Diseases*. 2019 ; 7 (1) : 17. DOI: 10.3390/diseases7010017.
35. Bhasin S., Travison T. G., Manini T. M., et al. Sarcopenia Definition: The Position Statements of the Sarcopenia Definition and Outcomes Consortium. *J Am Geriatr Soc*. 2020 ; 68 (7) : 1410–1418. DOI: 10.1111/jgs.16372.