

Респираторная саркопения: патогенетические аспекты, подходы к диагностике

В.А.Сергеева¹ ✉, Н.К.Рунихина²

¹ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный медицинский университет имени В.И.Разумовского» Министерства здравоохранения Российской Федерации: 410012, Россия, Саратов, ул. Большая Казачья, 112

² Обособленное структурное подразделение «Российский геронтологический научно-клинический центр» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И.Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации: 129226, Россия, Москва, ул. 1-я Леонова, 16

Резюме

Тяжелое течение инфекционных и воспалительных заболеваний дыхательной системы, высокие показатели заболеваемости и смертности среди лиц пожилого и старческого возраста могут быть связаны с респираторной саркопенией (РС) – новой нозологической формой, описывающей возрастные изменения силы и структуры дыхательных мышц. **Целью** обзора явилась актуализация данных научных источников открытого доступа о патогенетических механизмах и возможных инструментальных подходах в диагностике РС. Для этого проанализированы зарубежные и отечественные научные публикации по данной тематике с 2019 г. по настоящее время. Проведена оценка звеньев патогенеза РС в свете ее взаимосвязей с саркопенией всего тела, возрастными механизмами старения дыхательной системы в целом, факторами риска и аспектами образа жизни пожилых людей. Подробно рассмотрен предложенный к настоящему времени диагностический алгоритм РС. **Заключение.** Возрастные изменения мышечной ткани затрагивают также дыхательную мускулатуру, при этом саркопения всего тела может сопровождаться РС. Однако требуются дополнительное накопление данных и дальнейшее обсуждение предложенной терминологии и алгоритма диагностики данной патологии.

Ключевые слова: респираторная саркопения, дыхательная система, функция внешнего дыхания, дыхательные мышцы, старение.

Конфликт интересов. Конфликт интересов авторами не заявлен.

Финансирование. Спонсорская поддержка отсутствовала.

© Сергеева В.А., Рунихина Н.К., 2024

Для цитирования: Сергеева В.А., Рунихина Н.К. Респираторная саркопения: патогенетические аспекты, подходы к диагностике. *Пульмонология*. 2024; 34 (6): 869–878. DOI: 10.18093/0869-0189-2024-4271

Respiratory sarcopenia: aspects of pathogenesis, approaches to diagnosis

Victoria A. Sergeeva¹ ✉, Nadezhda K. Runikhina²

¹ Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Saratov State Medical University named after V.I.Razumovsky”, Healthcare Ministry of the Russian Federation: ul. Bol’shaya Kazach’ya 112, Saratov, 410012, Russia

² Separate structural division “Russian Gerontological Scientific and Clinical Center”, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education “N.I.Pirogov Russian National Research Medical University” of the Ministry of Health of the Russian Federation: ul. 1st Leonova, buid. 16, Moscow, 129226, Russia

Abstract

The severe course of infectious and inflammatory diseases of the respiratory system, high rates of morbidity and mortality among the elderly and senile aged people may be associated with respiratory sarcopenia, a new nosological form that describes age-related changes in the strength and structure of the respiratory muscles. **The aim** of the review is to update the data of open access scientific sources on aspects of pathogenesis and diagnostic approaches to respiratory sarcopenia. Foreign and domestic scientific publications on this topic were analyzed from 2019 to the present. The mechanisms of respiratory sarcopenia pathogenesis were assessed in the light of its relationship with whole body sarcopenia, age-related mechanisms of aging of the respiratory system as a whole, risk factors and lifestyle aspects of the elderly. The currently proposed diagnostic algorithm for respiratory sarcopenia is considered in detail. **Conclusion.** Age-related changes in muscle tissue also affect the respiratory muscles. Whole-body sarcopenia, according to some authors, may be accompanied by respiratory sarcopenia. The proposed terminology and algorithm for diagnosing this pathology require additional data accumulation and further discussion.

Key words: respiratory sarcopenia, respiratory system, respiratory function, respiratory muscles, aging.

Conflict of interests. No conflict of interest has been declared by the authors.

Funding. There was no financial support for the study.

© Sergeeva V.A., Runikhina N.K., 2024

For citation: Sergeeva V.A., Runikhina N.K. Respiratory sarcopenia: aspects of pathogenesis, approaches to diagnosis. *Pul'monologiya*. 2024; 34 (6): 869–878 (in Russian). DOI: 10.18093/0869-0189-2024-4271

Проблема саркопии

Старение населения планеты – знаковая социальная трансформация XXI века. Согласно отчету Организации объединенных наций «Мировые демографические перспективы: пересмотренное издание 2019 года», к 2050-му году возраст каждого 6-го человека в мире (16 % населения) будет старше 65 лет [1]. Прогрессирующее снижение функций органов, фертильности и увеличение смертности представляют собой фундаментальные процессы биологического старения, присущие большинству клеточных систем. При рассмотрении с этой позиции саркопии следует признать ее глобальной проблемой человечества, ставящей под угрозу концепцию здорового старения и качество жизни больных пожилых людей.

Появившийся в 1988 г. термин «саркопения» (греч. *sarc* – тело, *penia* – потеря), ставший впоследствии отдельной нозологической единицей, спустя более 30 лет таит в себе множество неразгаданных тайн. После накопления первичных научных данных в 2010 г. под эгидой Европейской рабочей группы по проблемам саркопии у пожилых людей (*European Working Group on Sarcopenia in Older People – EWGSOP*), Европейского общества по клиническому питанию и обмену веществ (*European Society of Clinical Nutrition and Metabolism (ESPEN) Special Interest Groups (SIG)*) и Международной рабочей группы по саркопии (*International Working Group on Sarcopenia – IWGS*) принят консенсус, в котором предложена рабочая формулировка этого состояния и определены диагностические и лечебные подходы по его ведению [2].

Саркопения определена как синдром, характеризующий прогрессирующей и генерализованной утратой мышечной массы и силы с увеличением риска неблагоприятных событий, таких как инвалидизация, ухудшение качества жизни и смерть [2]. В 2016 г. саркопения официально включена в Международную классификацию болезней X пересмотра (МКБ-10) под кодом M62.84. До последнего времени о саркопии говорили в рамках сугубо гериатрической медицины.

Переосмысление терминологии и ключевых подходов к патологии произошло в 2018 г. По итогам заседания EWGSOP2 сформулированы несколько принципиально значимых тезисов:

- во-первых, на примере результатов крупных эпидемиологических исследований показано, что саркопения присуща в первую очередь пожилым людям, однако данное состояние может развиваться также у людей молодого возраста, страдающих рядом хронических и эндокринных заболеваний;
- во-вторых, саркопения признается мышечным заболеванием (мышечной недостаточностью), при котором роль снижения мышечной силы является доминирующей по сравнению со снижением мышечной массы, что в дальнейшем позволит облегчить диагностику саркопии в реальной клинической практике;
- в-третьих, саркопения также связана со снижением мышечной массы и качества мышц, но оценка этих параметров в настоящее время проводится в основ-

ном в научных исследованиях, а не в клинической практике, так как измерить эти параметры довольно сложно;

- в-четвертых, было признано, что саркопения остается недостаточно диагностируемым в реальной клинической практике заболеванием, а больные при этом не получают должного медикаментозного лечения [3].

Изменения в концепции ведения пациентов с саркопией 2018 г. направлены на улучшение текущей ситуации. Основу составил алгоритм четырехшаговой модели «найди-оцени-подтверди-определи тяжесть состояния» (*Find-Assess-Confirm-Severity – F-A-C-S*). На этапе скрининга рекомендован несложный опросник SARC-F для дальнейшего изучения состояния мышечной ткани, широкий набор диагностических методик, среди которых выделена доступная кистевая динамометрия, а также более информативные методы:

- компьютерная (КТ) и магнитно-резонансная томография;
- двуэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия;
- биоимпедансный анализ.

Для уточнения тяжести саркопии предлагается набор тестов для оценки физической работоспособности [3].

Изучение проблемы саркопии и разработка концептуальных подходов для ее диагностики и профилактики параллельно с Европой происходило в азиатском регионе. Консенсусом Азиатской рабочей группы по саркопии (*Asian Working Group for Sarcopenia – AWGS, 2014*) саркопения определена как «возрастная потеря мышечной массы в сочетании с низкой мышечной силой и / или низкой физической работоспособностью» и рекомендованы пороговые значения для каждого диагностического компонента [4]. На основании накопленных данных опубликовано обновление данного документа (AWGS, 2019), в котором сохраняется предыдущее определение саркопии, но расширяется диагностический алгоритм для амбулаторных и больничных условий, которые начинаются со скрининга окружности икр, пересматриваются протоколы и некоторые критерии оценки мышечной силы, физической работоспособности [5].

Таким образом, в настоящее время между европейским и азиатским подходами сохраняется различие в приоритете диагностического поиска саркопии: для EWGSOP2 – это мышечная сила, для AWGS – мышечная масса.

Проблема саркопии приобрела особую актуальность при наступлении пандемии COVID-19 (*CoronaVirus Disease 2019*). С одной стороны, этому способствовали высокие показатели смертности во всем мире от новой коронавирусной инфекции пациентов старше 60 лет, с другой – клинические проявления постковидного синдрома, во многом схожие с манифестацией либо прогрессированием саркопии, особенно среди лиц пожилого и старческого возраста [6].

Несколько лет назад появился термин «респираторная саркопения» (РС), выделяющий соответствующую

шее поражение дыхательной мускулатуры в отдельную форму. Предложены градации тяжести данного патологического процесса и алгоритм диагностического поиска [7]. При этом несмотря на общую концепцию саркопении всего тела и дыхательной мускулатуры, остается много вопросов об их патогенетических взаимоотношениях, неочевидно влияние различных заболеваний на развитие РС в рамках вторичного поражения, ведется активная дискуссия о выборе оптимального алгоритма диагностики.

Целью обзора явилась актуализация данных научных источников открытого доступа о патогенетических механизмах и возможных инструментальных подходах в диагностике РС.

Патогенетические механизмы респираторной саркопении

Под РС в настоящее время понимают состояние атрофии и слабости мышечных волокон, которое возникает в дыхательных мышцах наряду с другими скелетными мышцами при старении [7]. Появление новой нозологической формы «респираторная саркопения» отмечено в публикации японских исследователей во главе с *T.Kera* (2019) [7] и к настоящему времени получило широкое обсуждение в Азии, где проблема старения населения стоит особенно остро. Известно, что при развитии первичной, обусловленной возра-

стом, саркопении происходит снижение силы, массы и качества поперечнополосатой мускулатуры всего тела, эти изменения затрагивают и дыхательные мышцы, основными из которых являются межреберные мышцы и диафрагма. По данным ряда исследований продемонстрированы возрастные структурные и функциональные изменения в этих мышцах. На основании аутопсийных данных выявлены гистопатологические аномалии диафрагмы, включая уменьшение ее размера, формы и потерю цитоплазматической целостности [8]. Трансдиафрагмальное давление — показатель активности диафрагмальных мышц у пожилых людей — снижается на 20–41 % при снижении общей силы дыхательных мышц на 30 % [9]. Потеря мышечной силы диафрагмы, уменьшение размера мышечных волокон Ix и / или IIb типа также были отмечены у старых мышей [10]. Очевидно, что РС можно рассматривать как отдельную составляющую саркопении всего тела с общими звеньями патогенеза, где дополнительное значение имеют возрастные изменения дыхательной системы и геометрии грудной клетки, а также ряд патологических процессов и аспектов образа жизни, которые оказывают существенное влияние на прогрессирование дегенеративных изменений дыхательной мускулатуры (рис. 1).

По мнению некоторых исследователей, одним из базисных механизмов поражения скелетной мускулатуры при саркопении является нейромышечная

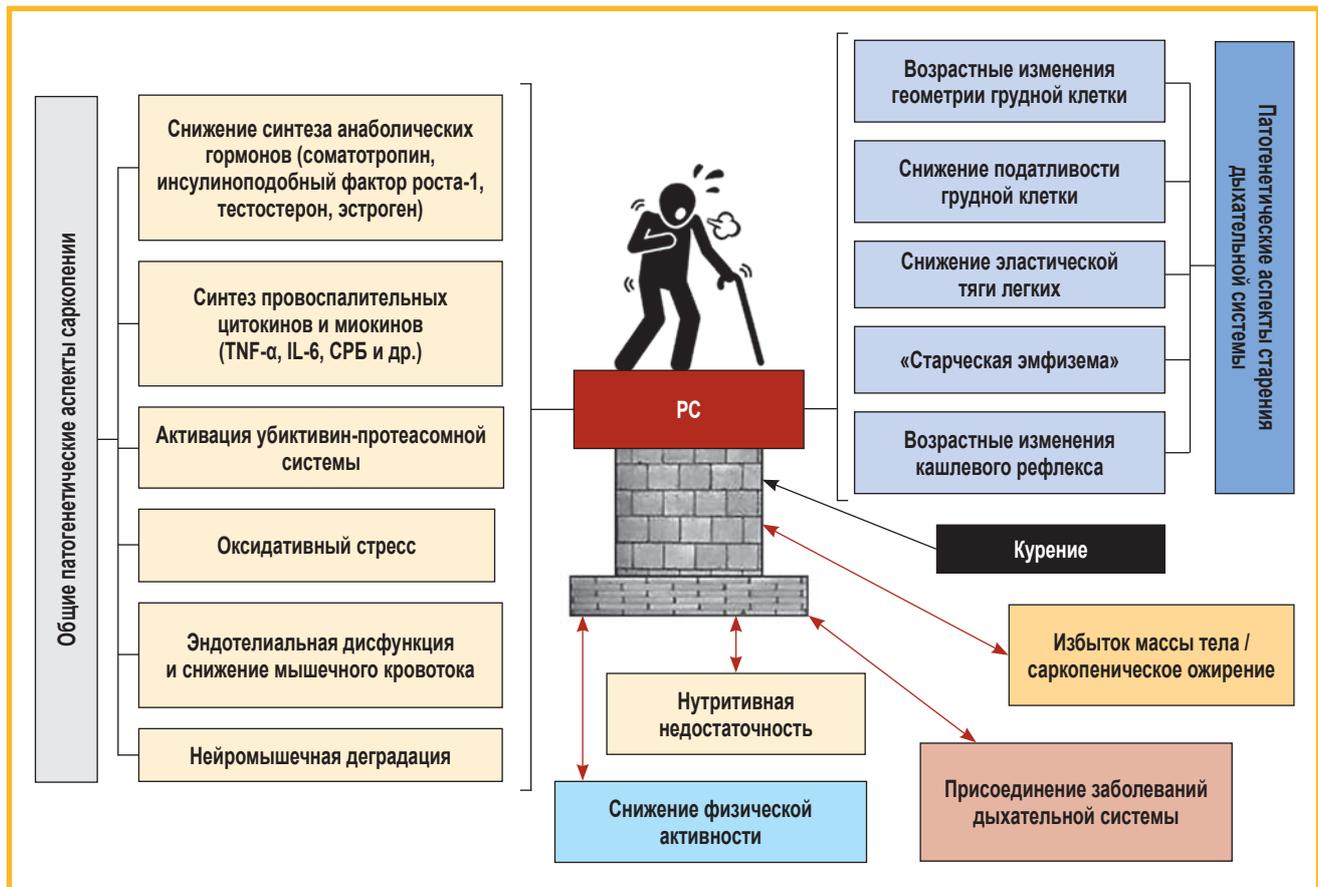


Рис. 1. Патогенетические механизмы и влияния респираторной саркопении

Примечание: IL — интерлейкин; СРБ — С-реактивный белок; TNF-α — фактор некроза опухоли-α; РС — респираторная саркопения

Figure 1. Pathogenetic mechanisms and effects of respiratory sarcopenia

дегенерация [11]. По данным электромиографии скелетных мышц у пожилых больных отмечено снижение числа функционирующих моторных единиц, при этом потери особенно велики среди самых крупных и самых быстрых волокон (II типа) [12]. В спинном мозге у людей старше 60 лет наблюдается снижение количества двигательных нейронов примерно на 50 %. Дегенеративные изменения также описаны и в нейромышечных синапсах: на фоне старения уменьшается как площадь синаптических мембран, так и количество постсинаптических складок, что приводит к снижению мышечного ответа на стимул [13]. Снижение синтеза анаболических гормонов у пожилых людей рассматривается также среди ведущих патогенетических механизмов потери мышечной ткани и ее функциональности. Наибольшее значение придается половым гормонам (эстрогену, тестостерону), соматотропину и инсулиноподобному фактору роста-1, роль которых в метаболизме мышечной ткани наиболее хорошо изучена [14].

Системное воспаление играет важнейшую роль в патогенезе саркопии. Выработка провоспалительных цитокинов и миокинов (фактор некроза опухоли- α , С-реактивный белок (СРБ), интерлейкин (IL)-1, -6, интерферон- γ) является одной из причин активации катаболизма в скелетных мышцах [15]. При этом не только старение, но и целый ряд патологий сопровождаются синтезом значительного числа воспалительных медиаторов, что может являться причиной повреждения мышечной ткани, включая дыхательные мышцы. В числе заболеваний и состояний, которые могут привести к саркопии всего тела, отмечены целый ряд инфекций, хроническая обструктивная болезнь легких (ХОБЛ), аспирационная пневмония, раковая кахексия, искусственная вентиляция легких (ИВЛ) [16–18]. Саркопения, ассоциированная с COVID-19, вызывает значительный интерес в связи с пандемией, однако для ее изучения может потребоваться время [6]. С активной выработкой провоспалительных цитокинов (СРБ, IL-6 и др.) и миокинов (миостатина) неразрывно связаны катаболические процессы в мышечной ткани, обусловленные активацией убиквитин-протеасомной системы [19]. Еще одним активирующим фактором убиквитин-протеасомной системы выступает оксидативный стресс. Теория старения, основанная на оксидативном стрессе, связывает клеточные повреждения с выработкой активных форм кислорода, неуклонно нарастающей митохондриальной дисфункцией мышечной ткани, которая из функциональной превращается в морфологическую. Это, в свою очередь, способствует дальнейшему ухудшению метаболизма и ведет к клиническим проявлениям дефицита количества и качества мышечной ткани. В поперечнополосатых мышцах при митохондриальной дисфункции накапливаются аномально увеличенные митохондрии, что сопровождается ишемией или аноксией мышц [19]. К прогрессированию саркопии также приводят эндотелиальная дисфункция и потенциально связанное с ней ухудшение мышечного кровотока, наблюдаемые как при старении, так и при ряде хронических воспали-

тельных заболеваний [20]. Известно, что при эндотелиальной дисфункции снижается секреция сосудистого эндотелиального фактора роста (СЭФР), что способствует функциональной мышечной ишемии. В исследовании на животных экспрессия этого фактора снижается у пожилых особей. Продемонстрировано нарушение СЭФР-индуцированного ангиогенеза в ишемизированной конечности старых мышей [21]. Этот механизм может привести к уменьшению числа капилляров и последующему уменьшению кровотока. В свою очередь, ишемия мышечной ткани может послужить одной из причин развития и прогрессирования саркопии [21, 22].

На развитие РС оказывают влияние возрастные изменения дыхательной системы в целом (см. рис. 1). Податливость грудной клетки прогрессивно снижается с возрастом, что предположительно связано с обызвествлением реберных хрящей, реберно-позвоноковых сочленений и сужением межпозвоноковых дисковых пространств [23]. Большое значение в изменении геометрии грудной клетки придается сенильному остеопорозу, приводящему к частичным (клиновидным) или полным (размозжение) переломам позвонков, в результате которых увеличивается дорсальный кифоз и ее переднезадний диаметр [23, 24]. Данные патологические изменения сказываются не только на податливости грудной клетки, но и приводят к изменению кривизны диафрагмы, что негативно отражается на ее силовых возможностях.

Эластин и коллаген, входящие в состав соединительнотканного каркаса легких, окружают альвеолы, предотвращают их коллапс при инсультации и дефляции во время акта дыхания, а также поддерживают мелкие дыхательные пути. С возрастом и в силу ряда патологий отмечаются значительные структурные изменения соединительной ткани, при этом эластическая тяга легких уменьшается, что препятствует быстрому и полному выходу альвеолярного газа при выдохе, ухудшается бронхиальная проходимость (более выраженное спадение бронхов отмечается на выдохе) [24]. Увеличение остаточного объема воздуха в альвеолах приводит к гиперинфляции легких, формированию «воздушных ловушек», снижению газообмена. Из-за повышенной коллабируемости мелких дыхательных путей увеличивается несоответствие вентиляции и перфузии при физической нагрузке. Эти характеристики аналогичны характеристикам эмфиземы за исключением отсутствия разрушения альвеолярных стенок, поэтому в литературе можно встретить определение «старческая (сенильная) эмфизема», которая гистологически характеризуется фрагментацией эластических волокон в альвеолярных перегородках [24, 25].

Описанные структурно-функциональные изменения дыхательной системы при старении и некоторых заболеваниях оказывают негативное влияние на дыхательную мускулатуру. Изменение геометрии грудной клетки приводит к хроническому уменьшению зоны аппозиции диафрагмы [26]. Это изменение положения препятствует 3 критическим компонентам инспираторного действия диафрагмы:

- поршнеобразному осевому смещению купола диафрагмы;
- аппозиционному действию расширения нижней части грудной клетки;
- вставочному действию расширения нижней части грудной клетки [27].

Гиперинфляция может не только способствовать изменению нормального функционирования диафрагмы, но, как продемонстрировано на рентгенограммах грудной клетки [28] или при спиральной КТ [26], при этом уменьшается ее длина, что отрицательно сказывается на ее силовых возможностях как основной дыхательной мышцы. Предполагается влияние гиперинфляции и на другие инспираторные мышцы (межреберные, лестничные и грудино-сосцевидные) [27]. С возрастной диафрагмальной саркопенией в некоторых случаях связано снижение возможности очистки дыхательных путей за счет кашлевых маневров и тем самым — возрастание риска инфекций дыхательных путей среди пожилых людей [29]. Определенное значение в развитии бронхолегочной патологии в пожилом возрасте связывается с изменением кашлевого рефлекса. Его повышение, по мнению *S.Ebihara* и *T.Ebihara*, связано с гастроэзофагеальной рефлюксной болезнью, а снижение — с аспирационной пневмонией [30].

Помимо возрастных изменений, происходящих непосредственно в дыхательной системе, следует учитывать целый спектр дополнительных факторов, сопровождающих образ жизни пожилых людей и имеющих значение в развитии и прогрессировании РС (см. рис. 1). Дегенеративные изменения в опорно-двигательном аппарате наряду с увеличением частоты коморбидной (неврологической, соматической и психической) патологии способствуют нарушению функции ходьбы, равновесия, толерантности к физическим нагрузкам и в конечном итоге — резкому снижению двигательной активности пациентов. Именно гиподинамия рассматривается в качестве ведущего механизма развития саркопении всего тела, т. к. физические упражнения напрямую определяют активность метаболических процессов в митохондриях миоцитов [31, 32] и, соответственно, оказывают влияние на силу и работоспособность поперечнополосатой мускулатуры. С другой стороны, гиподинамия является хорошо изученным фактором риска целого ряда заболеваний, характерных для пожилого и старческого возраста, прежде всего — сердечно-сосудистых, респираторных, ревматических и т. п.

Отдельно рассматривается развитие ожирения в пожилом возрасте, которое приводит к серьезным изменениям в дыхательной системе [33, 34]. При сочетании ожирения с саркопенией наблюдается т. н. саркопеническое ожирение, при котором значительно повышается риск развития сердечно-сосудистой патологии, дислипидемии, метаболического синдрома, сахарного диабета 2-го типа и т. д. — наиболее распространенных и значимых соматических заболеваний, которые напрямую или опосредованно дополнительно способствуют развитию саркопении [35]. Накопление негативного воздействия таких вредных привычек,

как курение у пожилых людей, приводит к развитию ряда патологий, включая заболевания дыхательной системы (ХОБЛ, новообразования легкого, легочный фиброз и т. п.), при которых описаны системные эффекты, в т. ч. саркопении [36].

Еще одной проблемой пожилых людей является несбалансированность или недостаточность питания вследствие снижения аппетита, влияния хронического воспаления, когнитивных и психологических расстройств, которая обусловлена, прежде всего, снижением потребления белков [37]. Низкобелковая диета приводит к значительному снижению мышечной силы и мышечной массы, таким образом являясь непосредственной причиной развития саркопении.

Прогрессирование РС вплоть до саркопенической дыхательной немощности [38] сопровождается нарастанием одышки и еще большим снижением физической активности, увеличением массы тела, риска инфекционных и воспалительных заболеваний дыхательной системы, их осложнений, ИВЛ, прогрессированием нутритивной недостаточности, т. е. замыкается порочный патогенетический круг взаимовлияний РС и указанных факторов (см. рис. 1).

Терминология и алгоритм диагностики респираторной саркопении

Концепция и диагностические критерии РС ранее не обсуждались. Японской рабочей группой по РС при Японской ассоциации восстановительного питания (*Japanese Working Group of Respiratory Sarcopenia of the Japanese Association of Rehabilitation Nutrition* (JARN), 2021) предложено свое видение проблемы [38] (табл. 1).

Снижение дыхательной функции начинается примерно с 25 лет: показатель объема форсированного выдоха за 1-ю секунду и форсированной жизненной емкости легких (ФЖЕЛ) снижаются примерно на 30 мл в год у мужчин и на 23 мл в год — у женщин, причем это снижение усиливается в возрасте старше 65 лет [39]. Как показано ранее, в процессе старения происходит множество патофизиологических изменений дыхательной системы, в т. ч. может развиваться РС.

Нормальные возрастные изменения дыхательной мускулатуры сопровождаются незначительными изменениями дыхательной функции, при этом авторами данной концепции для описания этого состояния предлагается использовать термин «пресбипноэ» (греч. «*preybus*» — старческий и «*pnoo*» — дыхание) [38]. В качестве диагностического подхода к пресбипноэ предложено использовать модифицированную шкалу Британского медицинского исследовательского совета для оценки тяжести одышки (*modified Medical Research Council Dyspnea Scale* — mMRC) [40], в которой пресбипноэ соответствует одышка 1-й степени.

В определении саркопении приоритет AWGS отводится возрастному снижению мышечной массы скелетных мышц с потерей мышечной силы и / или снижением физической работоспособности; японскими исследователями этот приоритет подчеркива-

Таблица
Терминология и определения [38]
Table
Terms and definitions [38]

Термин	Определение
Пресбипноз	Снижение дыхательной функции с возрастом Незначительная функциональная дыхательная недостаточность, например, соответствующая 1-й степени одышки по mMRC
РС	Саркопения скелетных мышц всего тела и снижение массы дыхательных мышц с последующим уменьшением их силы и / или ухудшением дыхательной функции В случае, когда другие критерии соблюдены, но измерение массы дыхательных мышц не производилось, диагностируется «вероятная РС». В случае наличия возможных заболеваний, являющихся причиной дыхательных нарушений, устанавливается диагноз «возможная РС»
Саркопеническая дыхательная немощность	Дыхательная немощность, обусловленная ухудшением дыхательной функции вследствие РС Случаи РС без дыхательной немощности диагностируются как «с риском саркопенической дыхательной немощности». Когда дыхательная немощность наблюдается при отсутствии РС, причиной считается другое респираторное заболевание

Примечание: mMRC (*modified Medical Research Council Dyspnea Scale*) – модифицированная шкала Британского медицинского исследовательского совета для оценки тяжести одышки; РС – респираторная саркопения.

ется и в диагностике РС, но не отделяется при этом РС от саркопении всего тела [38]. Таким образом, РС не может быть самостоятельной патологией вне саркопении всего тела, при этом именно наличие снижения массы мышечной мускулатуры определяет точность установленного диагноза (см. таблицу). При выявлении снижения силы дыхательных мышц и дыхательной функции без определения или невозможности выполнения диагностики массы дыхательных мышц, предлагается использовать формулировку «вероятная РС» [38]. Остается неясным также понимание в отношении РС и заболеваний, способных вызвать различные дыхательные нарушения, ведь многие из патологий могут вызвать изменения дыхательных мышц, неотличимые от саркопенического поражения, которые могли бы трактоваться как «вторичная РС». В настоящее время предложено определение «возможная РС» [38].

Тяжелой или терминальной формой РС называется саркопеническая дыхательная немощность, которая рассматривается как исход данного патологического процесса [38] (см. таблицу).

Для установления диагноза РС предлагается диагностический алгоритм, представленный на рис. 2. Первоначально необходимо установить диагноз саркопении всего тела, согласно используемым критериям EWGSOP или AWGS, затем провести инструментальные исследования функции внешнего дыхания для определения силы дыхательных мышц и дыхательной функции. При выявлении снижения этих показателей диагностический поиск дополняется исключением очевидных заболеваний, которые могут стать причиной снижения мышечной массы дыхательных мышц, и, наконец, на последнем этапе проводится измерение массы дыхательных мышц с помощью различных визуализирующих методик (ультразвукового исследования (УЗИ) и КТ) (см. рис. 2).

Следует отметить, что уже на этапе оценки силы и функции дыхательной мускулатуры среди исследователей проблем РС существуют полярные мнения в отношении выбора той или иной диагностической

методики и информативности изучаемых параметров. Еще с середины XIX в. известны такие показатели, как максимальное инспираторное (МИР) и максимальное экспираторное (МЕР) давление, позволяющие оценить силу дыхательной мускулатуры [41]. Эти показатели нашли широкое применение уже в середине XX в. с целью оценки риска вентилиционной дыхательной недостаточности или прогноза отлучения пациентов от ИВЛ, а также диагностики нейромышечных и других патологий, сопровождающихся слабостью дыхательных мышц. Изначально измерение МИР и МЕР производилось с помощью простых механических манометров, в дальнейшем эти параметры стало возможным определять в ходе бодиплетизмографии с дополнительным модулем. *I. Black* и *R. Hyatt* (1969) представлен портативный прибор, позволяющий измерить эти параметры (см вод. ст.) в полости рта [42]. Методика определения МИР и МЕР имеет целый ряд особенностей и недостатков, способных оказать влияние на точность полученных результатов. Отмечаются необходимость правильного выполнения дыхательных маневров, возникновение некоторого дискомфорта при проведении данных исследований, различия в интерпретации данных между этническими группами, пациентами с различной массой тела и другими антропометрическими параметрами, вариабельность в зависимости от целого ряда факторов [41, 43]. Информативность МИР и МЕР для выявления РС также неравнозначна [44, 45]. В некоторых случаях отмечается наибольшая значимость показателя МИР [44], в других – МЕР [45]. По мнению *T. Kera et al.*, при определении данных параметров требуется дополнительное оборудование, этот метод по-прежнему остается сложным и редко выполняется в реальной клинической практике [46]. Однако исследователи настаивают, что на первом этапе диагностики РС можно ограничиться измерением пиковой скорости выдоха (ПСВ), которая определяется с помощью портативного пикфлоуметра, хорошо известного всем клиницистам [46]. Именно этот простой диагностический подход уже предлагался в 2019 г. [7].

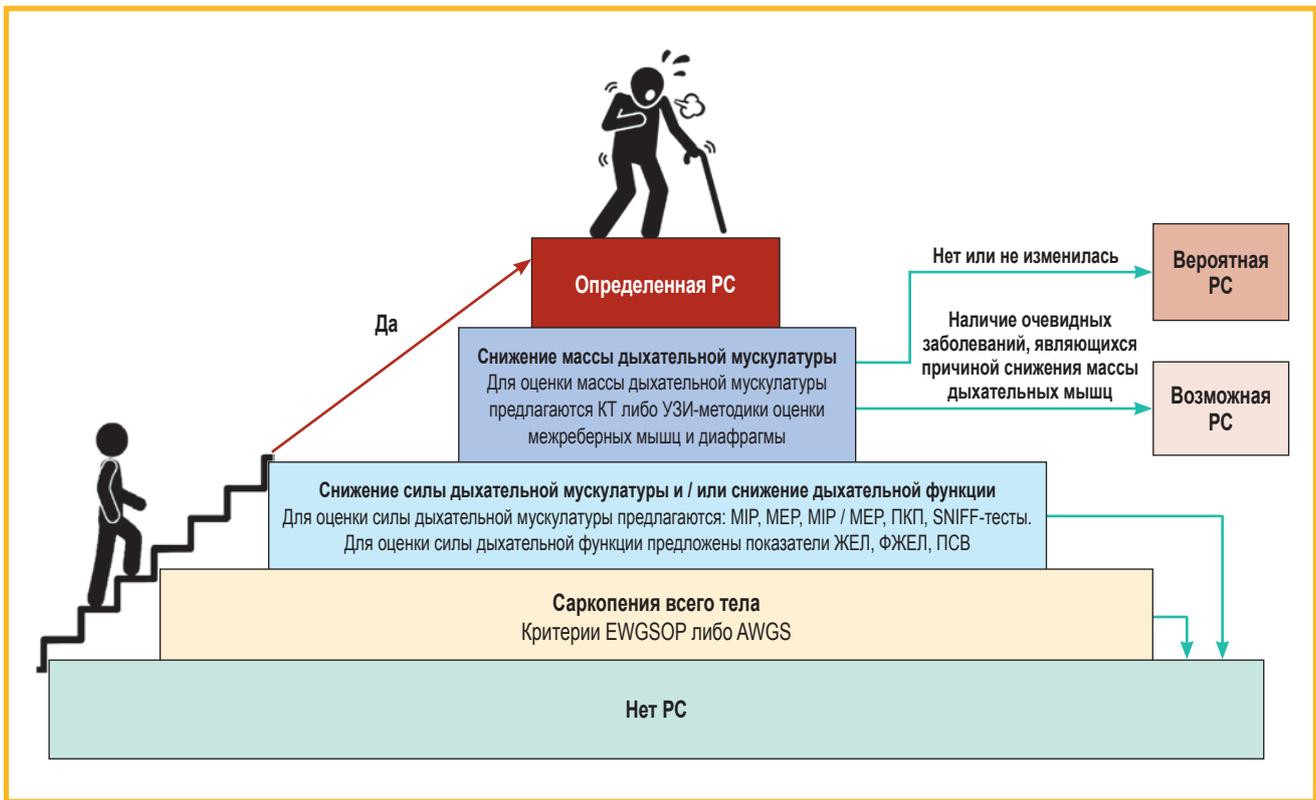


Рис. 2. Алгоритм диагностики респираторной саркопении, предложенный Японской ассоциацией восстановительного питания
Примечание: КТ – компьютерная томография; УЗИ – ультразвуковое исследование; РС – респираторная саркопения; MIP – максимальное инспираторное давление; MEP – максимальное экспираторное давление; ПКП – пиковый кашлевой поток; ЖЕЛ – жизненная емкость легких; ФЖЕЛ – форсированная жизненная емкость легких; ПСВ – пиковая скорость выдоха; EWGSOP (*European Working Group on Sarcopenia in Older People*) – Европейская рабочая группа по проблемам саркопении у пожилых людей; AWGS (*Asian Working Group for Sarcopenia*) – Азиатская рабочая группа по саркопении.

Figure 2. Diagnostic algorithm for respiratory sarcopenia Japanese Working Group of Respiratory Sarcopenia of the Japanese Association of Rehabilitation Nutrition

Дополнительно рекомендуется определять показатель ФЖЕЛ с помощью спирографии, т. к. по результатам недавно проведенного исследования с участием пожилых людей ($n = 554$) продемонстрировано, что ПСВ неприемлема в качестве диагностического критерия РС при наличии у пациентов сопутствующих обструктивных нарушений, а на показатель ФЖЕЛ податливость грудной клетки оказывает большее влияние, чем сила дыхательных мышц [46]. Учитывая высокую корреляцию ФЖЕЛ и ЖЕЛ, полученную в ходе исследования, для облегчения выполнения дыхательного маневра пожилым пациентам в качестве альтернативы можно рекомендовать выполнение маневра ЖЕЛ вместо ФЖЕЛ, при котором не требуются большие усилия [46]. Существуют также предположения о том, что для оценки силы дыхательных мышц также можно использовать показатели пикового кашлевого потока или SNIFF-теста [47, 48].

На последнем диагностическом этапе определения РС, который предложен *A. Nagano et al.*, определяется масса дыхательных мышц [38] (см. рис. 2). Методы УЗИ и КТ широко распространены в клинической практике, однако редко используются с этой целью, а публикаций по данной тематике недостаточно. Предлагается с помощью КТ измерять площадь поперечного сечения межреберных мышц на уровне I ребра [49], есть возможность ультразвуковой оцен-

ки состояния диафрагмы, позволяющей судить о ее функциональности [50]. Однако общепринятые критерии и подходы в этой области диагностики не разработаны.

Заключение

Снижение дыхательной функции на фоне дегенеративных изменений, происходящих во всех анатомических структурах в силу процесса старения, включая мускулатуру, представляет большой интерес с точки зрения негативного вклада в утяжеление течения целого ряда инфекционных и воспалительных заболеваний у пожилых людей. При этом выделить конкретный негативный вклад РС трудно, т. к. возрастные изменения, безусловно, затрагивают не только мышечную ткань. Однако у пациентов преклонного возраста при своевременной диагностике этого состояния возможно более точно оценить прогноз и подобрать адекватную терапию. При этом важно разработать скрининг-протокол для определения РС, который не вызывал бы сложностей и отсрочек у клиницистов.

В настоящее время рациональный выбор инструментальных методов на этапе диагностики РС неочевиден, пока еще отсутствуют стандарты и точные критерии для оценки массы дыхательных мышц. Изучение вопроса продолжается.

Литература

- Population Division. World Population Prospects 2019. Available at: <https://population.un.org/wpp2019/> [Accessed: February 02, 2023].
- 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.
- Cruz-Jentoft A.J., Bahat G., Bauer J. et al. Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. *Age Ageing*. 2019; 48 (1): 16–31. DOI: 10.1093/ageing/afy169.
- Chen L.K., Liu L.K., Woo J. et al. Sarcopenia in Asia: consensus report of the Asian Working Group for sarcopenia. *J. Am. Med. Dir. Assoc.* 2014; 15 (2): 95–101. DOI: 10.1016/j.jamda.2013.11.025.
- Chen L.K., Woo J., Assantachai P. et al. Asian Working Group for sarcopenia: 2019 consensus update on sarcopenia diagnosis and treatment. *J. Am. Med. Dir. Assoc.* 2020; 21 (3): 300–307.e2. DOI: 10.1016/j.jamda.2019.12.012.
- Сергеева В.А., Липатова Т.Е. Саркопения, ассоциированная с COVID-19. *Профилактическая медицина*. 2022; 25 (11): 105–112. DOI: 10.17116/profmed20222511105.
- Kera T., Kawai H., Hirano H. et al. Definition of respiratory sarcopenia with peak expiratory flow rate. *J. Am. Med. Dir. Assoc.* 2019; 20 (8): 1021–1025. DOI: 10.1016/j.jamda.2018.12.013.
- Nucci R.A.B., de Souza R.R., Suemoto C.K. et al. Diaphragm muscle structure in the elderly: Findings from an autopsy study. *Acta Histochemica*. 2020; 122 (2): 151487. DOI: 10.1016/j.acthis.2019.151487.
- Bordoni B., Morabito B., Simonelli M. Ageing of the diaphragm muscle. *Cureus*. 2020; 12 (1): e6645. DOI: 10.7759/cureus.6645.
- Greising S.M., Ottenheijm C.A.C., O'Halloran K.D., Barreiro E. Diaphragm plasticity in aging and disease: therapies for muscle weakness go from strength to strength. *J. Appl. Physiol. (1985)*. 2018; 125 (2): 243–253. DOI: 10.1152/jappphysiol.01059.2017.
- Григорьева И.И., Раскина Т.А., Летаева М.В. и др. Саркопения: особенности патогенеза и диагностики. *Фундаментальная и клиническая медицина*. 2019; 4 (4): 105–116. DOI: 10.23946/2500-0764-2019-4-4-105-116.
- Korhonen M.T., Cristea A., Alén M. et al. Aging, muscle fiber type, and contractile function in sprint-trained athletes. *J. Appl. Physiol. (1985)*. 2006; 101 (3): 906–917. DOI: 10.1152/jappphysiol.00299.2006.
- Gonzalez-Freire M., de Cabo R., Studenski S.A., Ferrucci L. The neuro-muscular junction: aging at the crossroad between nerves and muscle. *Front. Aging Neurosci.* 2014; 6: 208. DOI: 10.3389/fnagi.2014.00208.
- Priego T., Martín A.I., González-Hedström D. et al. Role of hormones in sarcopenia. *Vitam. Horm.* 2021; 115: 535–570. DOI: 10.1016/bs.vh.2020.12.021.
- Di Felice V., Coletti D., Seelaender M. Editorial: myokines, adipokines, cytokines in muscle pathophysiology. *Front. Physiol.* 2020; 11: 592856. DOI: 10.3389/fphys.2020.592856.
- Kim S.H., Shin M.J., Shin Y.B., Kim K.U. Sarcopenia associated with chronic obstructive pulmonary disease. *J. Bone Metab.* 2019; 26 (2): 65–74. DOI: 10.11005/jbm.2019.26.2.65.
- Musumeci G. Sarcopenia and exercise “The state of the art”. *J. Funct. Morphol. Kinesiol.* 2017; 2 (4): 40. DOI: 10.3390/jfmk2040040.
- Okazaki T., Ebihara S., Mori T. et al. Association between sarcopenia and pneumonia in older people. *Geriatr. Gerontol. Int.* 2020; 20 (1): 7–13. DOI: 10.1111/ggi.13839.
- Wiedmer P., Jung T., Castro J.P. et al. Sarcopenia - molecular mechanisms and open questions. *Ageing Res. Rev.* 2021; 65: 101200. DOI: 10.1016/j.arr.2020.101200.
- Amarasekera A.T., Chang D., Schwarz P., Tan T.C. Vascular endothelial dysfunction may be an early predictor of physical frailty and sarcopenia: a meta-analysis of available data from observational studies. *Exp. Gerontol.* 2021; 148: 111260. DOI: 10.1016/j.exger.2021.111260.
- Marzetti E., Calvani R., DuPree J. et al. Late-life enalapril administration induces nitric oxide-dependent and independent metabolic adaptations in the rat skeletal muscle. *Age (Dordr.)*. 2013; 35 (4): 1061–1075. DOI: 10.1007/s11357-012-9428-4.
- Hendrickse P., Degens H. The role of the microcirculation in muscle function and plasticity. *J. Muscle Res. Cell Motil.* 2019; 40 (2): 127–140. DOI: 10.1007/s10974-019-09520-2.
- Skloot G.S. The effects of aging on lung structure and function. *Clin. Geriatr. Med.* 2017; 33 (4): 447–457. DOI: 10.1016/j.cger.2017.06.001.
- Tran D., Rajwani K., Berlin D.A. Pulmonary effects of aging. *Curr. Opin. Anaesthesiol.* 2018; 31 (1): 19–23. DOI: 10.1097/ACO.0000000000000546.
- van Moorsel C.H.M. Trade-offs in aging lung diseases: a review on shared but opposite genetic risk variants in idiopathic pulmonary fibrosis, lung cancer and chronic obstructive pulmonary disease. *Curr. Opin. Pulm. Med.* 2018; 24 (3): 309–317. DOI: 10.1097/MCP.0000000000000476.
- Cassart M., Pettiaux N., Gevenois P.A. et al. Effect of chronic hyperinflation on diaphragm length and surface area. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 1997; 156 (2, Pt 1): 504–508. DOI: 10.1164/ajrccm.156.2.9612089.
- Orozco-Levi M. Structure and function of the respiratory muscles in patients with COPD: impairment or adaptation? *Eur. Respir. J. Suppl.* 2003; 46: 41–51s. DOI: 10.1183/09031936.03.00004607.
- Rochester D.F., Braun N.M., Arora N.S. Respiratory muscle strength in chronic obstructive pulmonary disease. *Am. Rev. Respir. Dis.* 1979; 119 (2, Pt 2): 151–154. DOI: 10.1164/arrd.1979.119.2P2.151.
- Teramoto S., Ishii T., Yamamoto H. et al. Significance of chronic cough as a defence mechanism or a symptom in elderly patients with aspiration and aspiration pneumonia. *Eur. Respir. J.* 2005; 25 (1): 210–211. DOI: 10.1183/09031936.04.00111404.
- Ebihara S., Ebihara T. Cough in the elderly: a novel strategy for preventing aspiration pneumonia. *Pulm. Pharmacol. Ther.* 2011; 24 (3): 318–323. DOI: 10.1016/j.pupt.2010.10.003.
- Watsford M.L., Murphy A.J., Pine M.J., Coutts A.J. The effect of habitual exercise on respiratory-muscle function in older adults. *J. Aging Phys. Act.* 2005; 13 (1): 34–44. DOI: 10.1123/japa.13.1.34.
- Choe E.K., Lee Y., Kang H.Y. et al. Association between CT-Measured abdominal skeletal muscle mass and pulmonary function. *J. Clin. Med.* 2019; 8 (5): 667. DOI: 10.3390/jcm8050667.
- Сергеева В.А. Патогизиология дыхания при ожирении. *Пульмонология*. 2021; 31 (6): 808–815. DOI: 10.18093/0869-0189-2021-31-6-808-815.
- Harrington J., Lee-Chiong T. Obesity and aging. *Clin. Chest Med.* 2009; 30 (3): 609–614. DOI: 10.1016/j.ccm.2009.05.011.
- Nishikawa H., Asai A., Fukunishi S. et al. Metabolic syndrome and sarcopenia. *Nutrients*. 2021; 13 (10): 3519. DOI: 10.3390/nu13103519.
- Lima T.R.L., Almeida V.P., Ferreira A.S. et al. Handgrip strength and pulmonary disease in the elderly: what is the link? *Ageing Dis.* 2019; 10 (5): 1109–1129. DOI: 10.14336/AD.2018.1226.
- Norman K., Haß U., Pirlich M. Malnutrition in older adults-recent advances and remaining challenges. *Nutrients*. 2021; 13 (8): 2764. DOI: 10.3390/nu13082764.
- Nagano A., Wakabayashi H., Maeda K. et al. Respiratory sarcopenia and sarcopenic respiratory disability: concepts, diagnosis, and treatment. *J. Nutr. Health Aging.* 2021; 25 (4): 507–515. DOI: 10.1007/s12603-021-1587-5.
- Brandstetter R.D., Kazemi H. Aging and the respiratory system. *Med. Clin. North Am.* 1983; 67 (2): 419–431. DOI: 10.1016/s0025-7125(16)31212-3.
- Williams N. The MRC breathlessness scale. *Occup. Med. (Lond)*. 2017; 67 (6): 496–497. DOI: 10.1093/occmed/kqx086.
- Авдеев С.Н. Оценка силы дыхательных мышц в клинической практике. *Пульмонология и аллергология*. 2008; (4): 12–17. Доступно на: http://www.atmosphere-ph.ru/modules/Magazines/articles/pulmo/ap_4_2008_12.pdf
- Black L.F., Hyatt R.E. Maximal respiratory pressures: normal values and relationship to age and sex. *Am. Rev. Respir. Dis.* 1969; 99 (5): 696–702. DOI: 10.1164/arrd.1969.99.5.696.
- Сегизбаева М.О., Александрова Н.П. Оценка функционального состояния дыхательных мышц: методические аспекты и интерпретация данных. *Физиология человека*. 2019; 45 (2): 115–127. DOI: 10.1134/S0131164619010120.
- Ro H.J., Kim D.K., Lee S.Y. et al. Relationship between respiratory muscle strength and conventional sarcopenic indices in young adults: a preliminary study. *Ann. Rehabil. Med.* 2015; 39 (6): 880–887. DOI: 10.5535/arm.2015.39.6.880.
- Sawaya Y., Shiba T., Ishizaka M. et al. Sarcopenia is not associated with inspiratory muscle strength but with expiratory muscle strength among older adults requiring long-term care/support. *PeerJ*. 2022; 10: e12958. DOI: 10.7717/peerj.12958.

46. Kera T., Kawai H., Ejiri M. et al. Comparison of characteristics of definition criteria for respiratory sarcopenia—the otassya study. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2022; 19 (14): 8542. DOI: 10.3390/ijerph19148542.
47. Bahat G., Tufan A., Ozkaya H. et al. Relation between hand grip strength, respiratory muscle strength and spirometric measures in male nursing home residents. *Aging Male*. 2014; 17 (3): 136–140. DOI: 10.3109/13685538.2014.936001.
48. Nève V., Edmé J.L., Matran R. Earlier decline in sniff nasal inspiratory pressure than peak expiratory flow in children with Duchenne muscular dystrophy. *Eur. Respir. J.* 2014; 44 (5): 1361–1363. DOI: 10.1183/09031936.00043214.
49. Ju S., Lee S.J., Park M.J. et al. Clinical importance of cross-sectional area of intercostal muscles in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Clin. Respir. J.* 2018; 12 (3): 939–947. DOI: 10.1111/crj.12609.
50. Zambon M., Greco M., Bocchino S. et al. Assessment of diaphragmatic dysfunction in the critically ill patient with ultrasound: a systematic review. *Intensive Care Med*. 2017; 43 (1): 29–38. DOI: 10.1007/s00134-016-4524-z.
51. Kim S.H., Shin M.J., Shin Y.B., Kim K.U. Sarcopenia associated with chronic obstructive pulmonary disease. *J. Bone Metab.* 2019; 26 (2): 65–74. DOI: 10.11005/jbm.2019.26.2.65.
52. Musumeci G. Sarcopenia and exercise “The state of the art”. *J. Funct. Morphol. Kinesiol.* 2017; 2 (4): 40. DOI: 10.3390/jfkm2040040.
53. Okazaki T., Ebihara S., Mori T. et al. Association between sarcopenia and pneumonia in older people. *Geriatr. Gerontol. Int.* 2020; 20 (1): 7–13. DOI: 10.1111/ggi.13839.
54. Wiedmer P., Jung T., Castro J.P. et al. Sarcopenia - molecular mechanisms and open questions. *Ageing Res. Rev.* 2021; 65: 101200. DOI: 10.1016/j.arr.2020.101200.
55. Amarasekera A.T., Chang D., Schwarz P., Tan T.C. Vascular endothelial dysfunction may be an early predictor of physical frailty and sarcopenia: a meta-analysis of available data from observational studies. *Exp. Gerontol.* 2021; 148: 111260. DOI: 10.1016/j.exger.2021.111260.
56. Marzetti E., Calvani R., DuPree J. et al. Late-life enalapril administration induces nitric oxide-dependent and independent metabolic adaptations in the rat skeletal muscle. *Age (Dordr.)*. 2013; 35 (4): 1061–1075. DOI: 10.1007/s11357-012-9428-4.
57. Hendrickse P., Degens H. The role of the microcirculation in muscle function and plasticity. *J. Muscle Res. Cell Motil.* 2019; 40 (2): 127–140. DOI: 10.1007/s10974-019-09520-2.
58. Skloot G.S. The effects of aging on lung structure and function. *Clin. Geriatr. Med.* 2017; 33 (4): 447–457. DOI: 10.1016/j.cger.2017.06.001.
59. Tran D., Rajwani K., Berlin D.A. Pulmonary effects of aging. *Curr. Opin. Anaesthesiol.* 2018; 31 (1): 19–23. DOI: 10.1097/ACO.0000000000000546.
60. van Moorsel C.H.M. Trade-offs in aging lung diseases: a review on shared but opposite genetic risk variants in idiopathic pulmonary fibrosis, lung cancer and chronic obstructive pulmonary disease. *Curr. Opin. Pulm. Med.* 2018; 24 (3): 309–317. DOI: 10.1097/MCP.0000000000000476.
61. Cassart M., Pettiaux N., Gevenois P.A. et al. Effect of chronic hyperinflation on diaphragm length and surface area. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 1997; 156 (2, Pt 1): 504–508. DOI: 10.1164/ajrccm.156.2.9612089.
62. Orozco-Levi M. Structure and function of the respiratory muscles in patients with COPD: impairment or adaptation? *Eur. Respir. J. Suppl.* 2003; 46: 41–51s. DOI: 10.1183/09031936.03.00004607.
63. Rochester D.F., Braun N.M., Arora N.S. Respiratory muscle strength in chronic obstructive pulmonary disease. *Am. Rev. Respir. Dis.* 1979; 119 (2, Pt 2): 151–154. DOI: 10.1164/arrd.1979.119.2P2.151.
64. Teramoto S., Ishii T., Yamamoto H. et al. Significance of chronic cough as a defence mechanism or a symptom in elderly patients with aspiration and aspiration pneumonia. *Eur. Respir. J.* 2005; 25 (1): 210–211. DOI: 10.1183/09031936.04.0011404.
65. Ebihara S., Ebihara T. Cough in the elderly: a novel strategy for preventing aspiration pneumonia. *Pulm. Pharmacol. Ther.* 2011; 24 (3): 318–323. DOI: 10.1016/j.pupt.2010.10.003.
66. Watsford M.L., Murphy A.J., Pine M.J., Coutts A.J. The effect of habitual exercise on respiratory-muscle function in older adults. *J. Aging Phys. Act.* 2005; 13 (1): 34–44. DOI: 10.1123/japa.13.1.34.
67. Choe E.K., Lee Y., Kang H.Y. et al. Association between CT-Measured abdominal skeletal muscle mass and pulmonary function. *J. Clin. Med.* 2019; 8 (5): 667. DOI: 10.3390/jcm8050667.
68. Sergeeva V.A. [Respiratory pathophysiology in obesity]. *Pul'monologiya*. 2021; 31 (6): 808–815. DOI: 10.18093/0869-0189-2021-31-6-808-815 (in Russian).
69. Harrington J., Lee-Chiong T. Obesity and aging. *Clin. Chest Med.* 2009; 30 (3): 609–614. DOI: 10.1016/j.ccm.2009.05.011.
70. Nishikawa H., Asai A., Fukunishi S. et al. Metabolic syndrome and sarcopenia. *Nutrients*. 2021; 13 (10): 3519. DOI: 10.3390/nu13103519.
71. Lima T.R.L., Almeida V.P., Ferreira A.S. et al. Handgrip strength and pulmonary disease in the elderly: what is the link? *Aging Dis.* 2019; 10 (5): 1109–1129. DOI: 10.14336/AD.2018.1226.
72. Norman K., Haß U., Pirlich M. Malnutrition in older adults—recent advances and remaining challenges. *Nutrients*. 2021; 13 (8): 2764. DOI: 10.3390/nu13082764.
73. Nagano A., Wakabayashi H., Maeda K. et al. Respiratory sarcopenia and sarcopenic respiratory disability: concepts, diagnosis, and

Поступила: 14.02.23
Принята к печати: 24.04.24

References

- Population Division. World Population Prospects 2019. Available at: <https://population.un.org/wpp2019/> [Accessed: February 02, 2023].
- 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.
- Cruz-Jentoft A.J., Bahat G., Bauer J. et al. Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. *Age Ageing*. 2019; 48 (1): 16–31. DOI: 10.1093/ageing/afy169.
- Chen L.K., Liu L.K., Woo J. et al. Sarcopenia in Asia: consensus report of the Asian Working Group for sarcopenia. *J. Am. Med. Dir. Assoc.* 2014; 15 (2): 95–101. DOI: 10.1016/j.jamda.2013.11.025.
- Chen L.K., Woo J., Assantachai P. et al. Asian Working Group for sarcopenia: 2019 consensus update on sarcopenia diagnosis and treatment. *J. Am. Med. Dir. Assoc.* 2020; 21 (3): 300–307.e2. DOI: 10.1016/j.jamda.2019.12.012.
- Sergeeva V.A., Lipatova T.E. [Sarcopenia associated with COVID-19]. *Profilakticheskaya Meditsina*. 2022; 25 (11): 105–112. DOI: 10.17116/profmed202225111105 (in Russian).
- Kera T., Kawai H., Hirano H. et al. Definition of respiratory sarcopenia with peak expiratory flow rate. *J. Am. Med. Dir. Assoc.* 2019; 20 (8): 1021–1025. DOI: 10.1016/j.jamda.2018.12.013.
- Nucci R.A.B., de Souza R.R., Suemoto C.K. et al. Diaphragm muscle structure in the elderly: Findings from an autopsy study. *Acta Histochemica*. 2020; 122 (2): 151487. DOI: 10.1016/j.acthis.2019.151487.
- Bordoni B., Morabito B., Simonelli M. Ageing of the diaphragm muscle. *Cureus*. 2020; 12 (1): e6645. DOI: 10.7759/cureus.6645.
- Greising S.M., Ottenheijm C.A.C., O'Halloran K.D., Barreiro E. Diaphragm plasticity in aging and disease: therapies for muscle weakness go from strength to strength. *J. Appl. Physiol. (1985)*. 2018; 125 (2): 243–253. DOI: 10.1152/jappphysiol.01059.2017.
- Grigorieva I.I., Raskina T.A., Letaeva M.V. et al. [Sarcopenia: pathogenesis and diagnosis]. *Fundamental'naya i klinicheskaya meditsina*. 2019; 4 (4): 105–116. DOI: 10.23946/2500-0764-2019-4-4-105-116 (in Russian).
- Korhonen M.T., Cristea A., Alén M. et al. Aging, muscle fiber type, and contractile function in sprint-trained athletes. *J. Appl. Physiol. (1985)*. 2006; 101 (3): 906–917. DOI: 10.1152/jappphysiol.00299.2006.
- Gonzalez-Freire M., de Cabo R., Studenski S.A., Ferrucci L. The neuro-muscular junction: aging at the crossroad between nerves and muscle. *Front. Aging Neurosci.* 2014; 6: 208. DOI: 10.3389/fnagi.2014.00208.
- Priego T., Martín A.I., González-Hedström D. et al. Role of hormones in sarcopenia. *Vitam. Horm.* 2021; 115: 535–570. DOI: 10.1016/bs.vh.2020.12.021.
- Di Felice V., Coletti D., Seelaender M. Editorial: myokines, adipokines, cytokines in muscle pathophysiology. *Front. Physiol.* 2020; 11: 592856. DOI: 10.3389/fphys.2020.592856.

- treatment. *J. Nutr. Health Aging*. 2021; 25 (4): 507–515. DOI: 10.1007/s12603-021-1587-5.
39. Brandstetter R.D., Kazemi H. Aging and the respiratory system. *Med. Clin. North Am.* 1983; 67 (2): 419–431. DOI: 10.1016/s0025-7125(16)31212-3.
 40. Williams N. The MRC breathlessness scale. *Occup. Med. (Lond)*. 2017; 67 (6): 496–497. DOI: 10.1093/occmed/kqx086.
 41. Avdeev S.N. [Assessing respiratory muscle strength in clinical practice]. *Pulmonologiya i allergologiya*. 2008; (4): 12–17. Available at: http://www.atmosphere-ph.ru/modules/Magazines/articles/pulmo/ap_4_2008_12.pdf (in Russian).
 42. Black L.F., Hyatt R.E. Maximal respiratory pressures: normal values and relationship to age and sex. *Am. Rev. Respir. Dis.* 1969; 99 (5): 696–702. DOI: 10.1164/arrd.1969.99.5.696.
 43. Segizbaeva M.O., Aleksandrova N.P. [Assessment of the functional state of respiratory muscles: methodological aspects and data interpretation]. *Fiziologiya cheloveka*. 2019; 45 (2): 213–224. DOI: 10.1134/S0131164619010120 (in Russian).
 44. Ro H.J., Kim D.K., Lee S.Y. et al. Relationship between respiratory muscle strength and conventional sarcopenic indices in young adults: a preliminary study. *Ann. Rehabil. Med.* 2015; 39 (6): 880–887. DOI: 10.5535/arm.2015.39.6.880.
 45. Sawaya Y., Shiba T., Ishizaka M. et al. Sarcopenia is not associated with inspiratory muscle strength but with expiratory muscle strength among older adults requiring long-term care/support. *PeerJ*. 2022; 10: e12958. DOI: 10.7717/peerj.12958.
 46. Kera T., Kawai H., Ejiri M. et al. Comparison of characteristics of definition criteria for respiratory sarcopenia—the otassy study. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2022; 19 (14): 8542. DOI: 10.3390/ijerph19148542.
 47. Bahat G., Tufan A., Ozkaya H. et al. Relation between hand grip strength, respiratory muscle strength and spirometric measures in male nursing home residents. *Aging Male*. 2014; 17 (3): 136–140. DOI: 10.3109/13685538.2014.936001.
 48. Nève V., Edmé J.L., Matran R. Earlier decline in sniff nasal inspiratory pressure than peak expiratory flow in children with Duchenne muscular dystrophy. *Eur. Respir. J.* 2014; 44 (5): 1361–1363. DOI: 10.1183/09031936.00043214.
 49. Ju S., Lee S.J., Park M.J. et al. Clinical importance of cross-sectional area of intercostal muscles in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Clin. Respir. J.* 2018; 12 (3): 939–947. DOI: 10.1111/crj.12609.
 50. Zambon M., Greco M., Bocchino S. et al. Assessment of diaphragmatic dysfunction in the critically ill patient with ultrasound: a systematic review. *Intensive Care Med.* 2017; 43 (1): 29–38. DOI: 10.1007/s00134-016-4524-z.

Received: February 14, 2023

Accepted for publication: April 24, 2024

Информация об авторах / Authors Information

Сергеева Виктория Алексеевна — к. м. н., доцент кафедры терапии с курсами кардиологии, функциональной диагностики и гериатрии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский государственный медицинский университет имени В.И.Разумовского» Министерства здравоохранения Российской Федерации; тел.: (8452) 51-15-34; e-mail: viktoria-sergeeva@mail.ru (ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8737-4264>)

Victoria A. Sergeeva, Candidate of Medicine, Assistant Professor, Department of Therapy with Courses of Cardiology, Functional Diagnostics and Geriatrics, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saratov State Medical University named after V.I.Razumovsky", Healthcare Ministry of the Russian Federation; tel.: (8452) 51-15-34; e-mail: viktoria-sergeeva@mail.ru (ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8737-4264>)

Рунихина Надежда Константиновна — д. м. н., профессор кафедры болезни старения факультета дополнительного профессионального образования, заместитель директора по гериатрической работе Российского геронтологического научно-клинического центра Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И.Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации; тел.: (499) 187-51-88; e-mail: nkrunihina@rgnkc.ru (ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5272-0454>)

Nadezhda K. Runikhina, Doctor of Medicine, Professor, Department of Aging Diseases, Faculty of Continuing Professional Education, Deputy Director for Geriatric Work, Separate structural division "Russian Gerontological Scientific and Clinical Center", Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "N.I.Pirogov Russian National Research Medical University" of the Ministry of Health of the Russian Federation; tel:(499) 187-51-88; e-mail: nkrunihina@rgnkc.ru (ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5272-0454>)

Участие авторов

Сергеева В.А. — литературный обзор, создание рисунков, написание, редактирование статьи

Рунихина Н.К. — концепция статьи, редактирование статьи

Оба автора внесли равный вклад в проведение поисково-аналитической работы и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию до публикации, несут ответственность за целостность всех частей статьи.

Authors Contribution

Sergeeva V.A. — literary review, drawing, text writing and editing

Runikhina N.K. — article concept, text editing

Both authors made equal contributions to the research, analysis, and preparation of the article, read and approved the final version before publication, and are responsible for the integrity of all parts of the article.