

УДК 616.72-007.248-053.9:612.761

DOI: 10.34215/1609-1175-2025-2-11-17



Методы диагностики локомоторного синдрома у лиц пожилого и старческого возрастов

М.М. Иванюк¹, М.А. Кабалык^{1,2}, П.В. Гороховская¹, Н.Г. Плехова², О.Ю. Агеева¹¹ Госпиталь для ветеранов войн, Владивосток, Россия² Тихоокеанский государственный медицинский университет, Владивосток, Россия

Статья посвящена проблеме диагностики нарушений локомоторных функций у пожилых людей. В обзоре представлены методы диагностики локомоторного синдрома, базирующиеся на результатах анкетирования, оценке физических возможностей. Определен круг инструментальных методов, потенциально пригодных для диагностики у лиц пожилого и старческого возраста. Проведен критический анализ диагностической значимости скрининговых опросников, физических методов исследования. В настоящее время отсутствуют общепринятые и валидированные диагностические методы. На основе анализа литературы показано, что, несмотря на наличие различных методов диагностики локомоторного синдрома, существует потребность в комплексном инструменте, который сможет адекватно учесть весь спектр его компонентов.

Ключевые слова: локомоторный синдром, подвижность, старение, функциональная активность, GLFS-25, биоимпедансометрия

Поступила в редакцию: 07.04.2025. Получена после доработки: 09.04.2025, 26.05.2025. Принята к публикации: 03.06.2025

Для цитирования: Иванюк М.М., Кабалык М.А., Гороховская П.В., Плехова Н.Г., Агеева О.Ю. Методы диагностики локомоторного синдрома у лиц пожилого и старческого возрастов. *Тихоокеанский медицинский журнал*. 2025;2:11–17. doi: 10.34215/1609-1175-2025-2-11-17

Для корреспонденции: Кабалык Максим Александрович – канд. мед. наук, ведущий научный сотрудник Тихоокеанского государственного медицинского университета (960002, г. Владивосток, пр-т Острякова, 2); ORCID: 0000-0003-0054-0202; e-mail: maxi_maxim@mail.ru

Diagnostic methods for locomotive syndrome in elderly and senile individuals

М.М. Ivaniuk¹, М.А. Kabalyk^{1,2}, P.V. Gorokhovskaya¹, N.G. Plekhova², O.Y. Ageeva¹¹ Hospital for War Veterans, Vladivostok, Russia² Pacific State Medical University, Vladivostok, Russia

This article is dedicated to the problem of diagnosing locomotor function impairments in elderly people. The review presents diagnostic methods for locomotive syndrome based on questionnaire results and physical tests. A range of instrumental methods potentially suitable for diagnostics in elderly and senile individuals is identified. A critical analysis of the diagnostic value of screening questionnaires and physical examination methods is conducted. Currently, there are no universally accepted and validated diagnostic methods. Based on a literature review, it is shown that although there are various diagnostic methods for locomotive syndrome, there is a need for a comprehensive tool that can adequately account for the full spectrum of its components.

Keywords: locomotive syndrome, mobility, aging, functional ability, GLFS-25, bioimpedance analysis

Received 4 April 2025; Revised 9 April, 26 May 2025; Accepted 3 June 2025

For citation: Ivaniuk M.M., Kabalyk M.A., Gorokhovskaya P.V., Plekhova N.G., Ageeva O.Y. Diagnostic methods for locomotive syndrome in elderly and senile individuals. *Pacific Medical Journal*. 2025;2:11–17. doi: 10.34215/1609-1175-2025-2-11-17

Corresponding author: Maksim A. Kabalyk, Cand. Sci. (Med.), Associate Professor, Leading Research Associate, Interdisciplinary Research Center, Pacific State Medical University (2 Ostryakova Ave., Vladivostok, 690002, Russian Federation); ORCID: 0000-0003-0054-0202; e-mail: maxi_maxim@mail.ru

Старение населения является относительно новой, но ключевой проблемой с точки зрения демографии и здравоохранения. Согласно прогнозам Всемирной организации здравоохранения, к 2050 году 38% населения будет старше 65 лет, пожилых людей в возрасте 60 лет и старше будет больше, чем детей и подростков в возрасте 10–24 лет (2,1 млрд против 2,0 млрд) [1]. В связи с этим ожидается рост потребностей в ресурсах систем здравоохранения большинства стран, связанных с оказанием медицинской помощи, направленной на диагностику и лечение возраст-ассоциированных заболеваний [2].

S.K. Inoue и соавт. (2007) выделили 4 ключевые группы факторов риска, оказывающих наибольшее влияние на качество жизни лиц старших возрастов: пожилой возраст, когнитивные нарушения, функциональные нарушения и нарушение подвижности [3].

Нарушения функций опорно-двигательного аппарата оказывают существенное влияние не только на качество жизни, но и связаны с развитием других гериатрических синдромов, таких как пролежни, падения, утрата автономности, социальная изоляция, деменция, хронический болевой синдром и др. [4].

Для описания фенотипа старческой астении в сочетании с нарушениями со стороны опорно-двигательного аппарата была предложена концепция локомотивного синдрома (ЛС) [5].

Локомотивный синдром – это состояние снижения подвижности вследствие дисфункции опорно-двигательного аппарата, приводящее к ограничению движений, проблемам с равновесием, боли, мышечной слабости и необходимости длительного ухода. Распространенность локомотивного синдрома по разным данным колеблется от 13,9 до 58% [6]. По данным российского исследования, 82,8% пациентов гериатрических отделений имеют локомотивный синдром, причем чаще всего этот показатель встречается у женщин и лиц старше 80 лет [7]. Однако на выявление локомотивного синдрома в значительной степени оказывают влияние применяемые скрининговые, классификационные и диагностические подходы [6]. В настоящее время отсутствуют общепринятые методики для скрининга и диагностики локомотивного синдрома, что в значительной степени осложняет выявление и своевременное начало лечения.

Цель данного обзора – критический анализ существующих подходов к диагностике ЛС, определение векторов дальнейших исследований.

Локомоторные функции человека определяются главным образом состоянием суставов, костей, мышечно-сухожильного и связочного аппаратов [8]. Как следствие, в развитии локомотивного синдрома принимают участие расстройства различных тканей опорно-двигательного аппарата, что необходимо учитывать в разработке диагностических методов.

Старение ассоциировано с мышечной атрофией, характеризующейся специфической трансформацией быстро сокращающихся на медленно сокращающиеся волокна поперечнополосатой мускулатуры [9]. Это приводит к снижению мышечной массы и нарушению силы сокращений, характерных для саркопении. Таким образом, ЛС и саркопении имеют общие проявления: снижение мышечной силы и массы [10]. Высказываются предположения, что локомотивный синдром возникает до наступления саркопении, что позволяет предположить, что он может представлять собой более раннюю стадию в каскаде снижения функциональной активности [11]. Это свидетельствует о том, что раннее выявление локомотивного синдрома может способствовать проведению профилактических мероприятий до развития саркопении.

С возрастом наблюдается увеличение количества неферментативных поперечных связей коллагена и уменьшение его ферментативных поперечных связей, ответственных за поддержание прочности костей [12]. Также происходят изменения в архитектуре самой кости: истончение трабекулярной кости, утрата нормального строения соединительных трабекул путем их удлинения [13]. Такое ремоделирование костной ткани сопряжено с мышечными дисфункциями и является анатомической основой ЛС.

По мере старения дисметаболизм соединительной ткани затрагивает сухожилия. В стареющих сухожилиях обнаруживаются фрагментированные и неорганизованные пучки коллагена, повышенное депонирование гликозаминогликанов [14]. Очевидно, повышенная экспрессия металлопротеиназ в условиях дефицита ингибиторов, приводящая к деградации внеклеточного матрикса, является основой для реализации биохимического паттерна ЛС. Эти процессы приводят к увеличению размеров коллагеновых волокон, уменьшению их прочности [14].

Многофакторная природа локомотивного синдрома, ограничения существующих инструментов и отсутствие единого подхода в диагностике затрудняют разработку комплексного инструмента оценки. Тем не менее широкое разнообразие инструментов скрининга позволяет проводить оценку риска локомотивного синдрома в различных условиях, облегчая раннее вмешательство и разработку профилактических стратегий.

Для диагностики ЛС у лиц пожилого и старческого возраста разработаны различные инструменты, такие как опросники и методы оценки физических возможностей. В англоязычной научной литературе большое внимание уделяется шкале гериатрической двигательной функции, состоящей из 25 вопросов (The 25-question Geriatric Locomotive Function Scale – GLFS-25). GLFS-25 охватывает шесть ключевых сфер: боль в теле, трудности, связанные с движением, уход, социальная активность, когнитивный статус и повседневная деятельность. Такая многофакторная оценка позволяет детально оценить двигательную функцию человека.

GLFS-25 позволяет определять тяжесть ЛС по стадиям: ≥ 7 баллов – 1-я стадия ЛС, ≥ 16 и < 24 баллов – 2-я стадия ЛС, > 24 баллов – 3-я стадия ЛС [15]. Предполагается, что GLFS-25 не только является диагностическим инструментом, но и предиктором будущих потребностей в уходе, что, может быть полезно, для планирования ресурсов здравоохранения [16]. Примечательно, что для этого метода подтверждена надежность повторного тестирования, что свидетельствует об удовлетворительной воспроизводимости результатов с течением времени [17].

Результаты GLFS-25 согласуются с результатами оценки мышечных функций. Так, была выявлена отрицательная корреляционная связь между мышечной дисфункцией и силой захвата руки, что с одной стороны подтверждает взаимосвязь саркопении и ЛС [18]. С другой стороны, может свидетельствовать об ограничении теста в связи с оценкой только мышечных функций.

Имеются и иные ограничения применения GLFS-25. Несмотря на кажущуюся всеобъемлемость теста, для его заполнения может потребоваться много времени. Высокие трудозатраты связаны с низкой частотой полных ответов, которая варьируется, по данным исследований, от 50 до 70% [19]. Это ограничивает применение данного метода в широкой клинической практике.

Опросник Loco-check состоит из 7 вопросов. Упрощенный формат ответов «да» или «нет» позволяет быстро проводить тестирование без специальной

подготовки или оборудования. Количество утвердительных ответов на Loco-check отрицательно коррелирует с качеством жизни, что позволяет предположить, что оно может предсказать как стадию ЛС, так и качество жизни у пожилых людей. Это особенно полезно для выявления лиц с риском снижения качества жизни из-за нарушения функции опорно-двигательного аппарата [20].

Оптимальные пороговые значения для определения ЛС 1, 2 и 3-й стадии составляют соответственно 1, 2 и 3 балла [21]. Выявленное в исследованиях значительное увеличение специфичности для более поздних стадий ЛС указывает на то, что тест более надежен для точного выявления тяжелых случаев ЛС.

При сравнении двух опросников GLFS-25 и «Лосо-check» последний показывал на 10,2% более высокий уровень обнаружения ЛС [22]. Однако повышенная чувствительность может достигаться за счет потери специфичности, поскольку более подробный GLFS-25 потенциально обеспечивает большую точность в различении подлинных нарушений опорно-двигательного аппарата.

Существенным недостатком анкет является то, что они основываются на данных, полученных от самих респондентов, которые могут быть предвзятыми или неточными, особенно среди людей с когнитивными нарушениями. Существенный вклад субъективной составляющей в значительной степени ограничивает применение опросников в качестве единственных методов диагностики ЛС. В качестве важного дополнения в целях диагностики ЛС принято использовать методы физического экзаменирования физических функций.

Одним из способов физической оценки является скорость ходьбы. Скорость ходьбы является важным показателем в оценке локомоторного синдрома. В частности, исследование показало, что скорость ходьбы постепенно снижалась у людей без ЛС (1,3 м/с) до 1-й стадии ЛС (1,2 м/с) и далее до 2-й стадии ЛС (1,1 м/с). Также была определена корреляция между высокими баллами по GLFS-25 и более медленной скоростью походки и меньшей длиной шага [23].

Важность данного метода подтверждается результатами исследования среди пожилых людей в Бразилии, показывающими обратную зависимость между ЛС и скоростью походки, при этом ЛС ассоциировался со скоростью походки менее 0,8 м/с [24].

Тест «встань и иди», являясь одним из самых быстрых тестов для оценки ЛС, измеряет время, в течение которого человек встает со стула, проходит небольшое расстояние, поворачивается, идет обратно и снова садится.

Тест имеет определенные пороговые значения, которые различают контроль, локомоторный синдром и саркопению. Например, порог в 9,47 секунды различает контроль и локомоторный синдром, а порог в 10,27 секунды различает локомоторный синдром и саркопению [25].

Исследования показывают, что тест «встань и иди» служит не только инструментом оценки, но и потенциальным предиктором риска локомоторного синдрома: время выполнения теста являлось одним из нескольких

значимых факторов риска развития или прогрессирования локомоторного синдрома, наряду со временем стояния на одной ноге, силой мышц спины, силой захвата руки и способностью подниматься вверх [11].

Шкала баланса Берга (ШББ) включает 14 пунктов, каждый из которой предназначен для проверки различных задач на равновесие. Эти задания варьируются от простых действий, таких как сидение без поддержки, до более сложных, таких как стояние на одной ноге или поворот на 360 градусов.

Исследование выявило пороговые значения для ШББ, которые помогают различать контрольные группы, локомоторный синдром и саркопению. В частности, оценка в 54 балла была определена как порог между контрольной группой и группой локомоторного синдрома, в то время как оценка в 50 баллов различала группы локомоторного синдрома и саркопении [27]. Однако сочетание выявленных высокой чувствительности (90,87%) и низкой специфичности (24,10%) для оценки наличия локомоторного синдрома позволяет предположить, что этот порог шкалы может быть более подходящим в качестве скринингового инструмента, а не диагностического теста.

Установлено, что ШББ демонстрирует эффект потолка. Получены подтверждения, что способность сохранять равновесие у пожилых людей часто превышает сложность заданий теста ШББ. В настоящее время исследования позволяют предположить, что шкала имеет ограниченную способность определять способность сохранять равновесие и риск падения в этой группе [28].

Также абсолютная надежность шкалы варьируется, и она может не выявить незначительные изменения в равновесии, особенно при таких действиях, как повороты или подъем по лестнице, поскольку больше ориентирована на общие задачи по поддержанию равновесия [29]. Таким образом, ШББ имеет существенные ограничения, а результаты исследований указывают на необходимость применения нескольких методов для диагностики ЛС.

Тест вставания со стула включает в себя вставание из положения сидя со стульев разной высоты (например, 40, 30, 20 и 10 см), используя одну или обе ноги. Неспособность стоять на одной ноге с сиденья высотой 40 см расценивается как 1-я стадия ЛС, стоять на обеих ногах с сиденья высотой 20 см – 2-я стадия ЛС, стоять на обеих ногах с сиденья 30 см – 3-я стадия ЛС [10].

Тест вставания со стула имеет тенденцию переоценивать снижение локомоторной функции у высоких людей и недооценивать ее у людей низкого роста, что ограничивает его чувствительность и специфичность [30]. Еще одним недостатком метода является отсутствие стандартизированных методик и оборудования для медицинского использования, что существенно ограничивает его широкое применение [31].

Тест двух шагов включает измерение максимальной длины шага, которую человек может достичь за два последовательных шага, деленное на рост человека. Значение $< 1,3$ соответствует 1-й стадии ЛС, $\geq 0,9$

и $< 1,1$ – 2-й стадии ЛС, $< 0,9$ – 3-й стадии ЛС [15]. Имеются сведения о том, что помимо диагностики данный тест может использоваться в качестве тренировки и улучшить скорость ходьбы у пожилых людей с ранней стадией локомоторного синдрома [32].

Тест двух шагов и тест вставания со стула показывают значительное снижение локомоторных функций с возрастом. Результаты теста вставания со стула начинают значительно снижаться с 30 лет, и оба теста показывают быстрое снижение показателей у людей старше 60 лет. Эти тесты более чувствительны к старению, так как баллы за них изменяются в зависимости от возраста, что делает их более эффективными в выявлении раннего снижения подвижности по сравнению с опросниками, такими как GLFS-25 [33].

Однако сложность выполнения тестов двух шагов и теста вставания со стула может сделать их затруднительными и небезопасными для пожилых людей, особенно с высоким риском падений, заболеваниями суставов нижних конечностей. Необходимость сохранять баланс в этих тестах может увеличить риск падений во время самой оценки [34].

Тест «стойка на одной ноге» оценивает время, в течение которого субъект стоит на одной ноге как можно дольше до потери равновесия. Тест обычно проводится с открытыми глазами и для обеих ног, при этом рассчитываются усредненные показатели.

Тест «стойка на одной ноге» использовался для установления пороговых значений для различных стадий локомоторного синдрома. Для ЛС 1-й стадии пороговое значение составляет 42 секунды, для ЛС 2-й стадии – 27 секунд, а для ЛС 3-й стадии – 19 секунд [35].

Было установлено общее пороговое значение в 9 секунд с самой высокой суммой чувствительности и специфичности. Однако это значение в значительной степени зависит от возраста: 19 секунд для лиц в возрасте ≤ 70 лет, 10 секунд для лиц в возрасте > 70 и ≤ 75 лет и всего 6 секунд для лиц в возрасте > 75 лет [36]. Необходимость корректировки по возрасту и отсутствие единого порога могут привести к гипо- или гипердиагностике локомоторного синдрома в зависимости от используемых пороговых значений.

Неадекватные условия освещения, неровная поверхность пола могут значительно повлиять на способность человека поддерживать равновесие на одной ноге, что затрудняет стандартизацию в различных клинических условиях.

На вариабельность теста могут влиять критерии окончания теста (установка поднятой ноги на землю, перемещение опорной ноги из исходного положения, использование руки или любой другой части тела для поддержания равновесия или достижение заданного максимального лимита времени), а также инструкции по позиционированию поднятой ноги (высота, угол, положение относительно стоящей ноги) [37]. Эти различия в определении конечных точек могут существенно повлиять на зафиксированное время стояния и последующие диагностические классификации.

Объединение данных анкеты с результатами физического обследования может обеспечить комплексную оценку локомоторного синдрома, охватывающую его субъективные и объективные аспекты, и повысить эффективность скрининга.

Краткая батарея тестов для локомоторного синдрома включает в себя тест двух шагов, тест вставание со стула и GLFS-25. Данные тесты охватывают различные аспекты подвижности, обеспечивая широкую оценку двигательной функции. При этом положительный результат хотя бы одного теста из батареи определяет наличие у человека локомоторного синдрома.

Предполагается, что имеющиеся значимые корреляции между тестами могут улучшать общий уровень оценивания. Тем не менее хоть корреляции между тремя инструментами оценки слабы, они значимы, что свидетельствует о том, что, охватывая различные аспекты, компоненты краткой батареи тестов для локомоторного синдрома могут полностью интегрироваться в единый целостный инструмент [37].

Актуальные проблемы диагностики ЛС связаны с использованием в качестве измерения нижних конечностей, на функциональные возможности которых оказывают влияние не только анатомо-функциональные характеристики мышц и суставов, но и координирующие функции головного мозга. Так, к вмешивающимся в оценку факторам можно отнести когнитивные расстройства, болезнь Паркинсона, вестибулярные и мультисенсорные нарушения. Значительная зависимость результатов исследования от способности поддержания равновесия требует включения в оценку локомоторных функций других зон интереса. Наиболее перспективным в этом плане видится оценка ЛС, основанная на исследовании функций плечевого сустава, который не имеет столь сильной зависимости от координации и устойчивости.

Функциональные возможности плеча напрямую связаны с функцией не только верхней конечности, но и всего организма. Известно, что общий диапазон движений уменьшается у пожилых людей, что затрудняет способность выполнять повседневные задачи и связано с ухудшением функциональности, которое наблюдается при локомоторном синдроме. Так, проспективное когортное исследование с участием 523 человек показало тесную связь между функцией плеча и прогрессированием локомоторного синдрома [38].

Движения рук играют важную роль в поддержании и восстановлении равновесия, при этом верхние конечности служат как противовесами при нормальной походке, так и защитными механизмами при падениях [39]. Ограниченная подвижность плеча или связанное с болью подавление быстрых движений рук могут поставить под угрозу эти защитные функции, потенциально увеличивая риск падения. Кроме того, опора на верхние конечности для таких задач, как вставание со стула или перемещение по лестнице, становится все более важной, поскольку сила нижних конечностей уменьшается с возрастом. Дисфункция плеча, которая ограничивает возможность использовать верхние

конечности для этих поддерживающих функций, может ускорить снижение подвижности.

Для исследования функций плечевого сустава используют метод прямого измерения объема движений – гониометрию. Гониометрия остается одним из наиболее широко используемых ручных методов оценки диапазона движения плеча в клинических условиях. Точность измерений в значительной степени зависит от правильной идентификации анатомических ориентиров, правильного выравнивания рычагов гониометра и адекватного поддержания плоскостей измерения. Максимальная погрешность гониометрического измерения составляет 10,3 градуса в 95% случаев. Однако для скрининговой оценки функциональных особенностей плечевого сустава не требуется высокая точность измерения [40].

Альтернативой гониометрам являются инклинометры, которые измеряют углы относительно фиксированной точки отсчета. Цифровые инклинометры в основном представлены двухмерными и статическими измерениями, что, по мнению отдельных авторов, ограничивает их полезность для комплексной оценки [41]. Однако их относительная доступность и простота использования делают их ценными инструментами в клинической практике

В настоящее время отсутствуют общепринятые методики исследования функций плечевого сустава для диагностики ЛС. Вместе с тем все больше данных указывают на прямую взаимосвязь функций плеча и ЛС. Актуальным представляется характеристика изменений движения в плечевом суставе у пациентов с ЛС, а также их взаимосвязь с анатомическими изменениями.

Изучение взаимосвязи компонентного состава тела с ЛС представляет особый интерес ввиду простоты измерения и исключения субъективной оценки исследователя. Ожирение по центральному типу коррелирует с более высокими баллами по GLFS и повышенной распространенностью ЛС, особенно у пожилых женщин [42].

Соотношение внеклеточной к общему количеству жидкости в организме позволяет выделять лиц с ЛС. При этом увеличение данного соотношения повышает риск ЛС [43].

Tanaka и соавт. (2019) отмечают снижение биоимпедансного фазового угла по мере прогрессирования ЛС [44]. Отсутствие стандартизированных пороговых значений и гендерные различия затрудняют повсеместное внедрение данного метода для оценки ЛС. Таким образом, биоимпеданс является перспективным и доступным инструментальным методом для диагностики локомоторного синдрома, но требует дальнейшего изучения в части стандартизации методики, референсных значений.

Изменения в сухожилиях по мере старения характеризуются морфологическими и функциональными отклонениями. Увеличение жесткости и снижение длины сухожилий мышц сгибателей стопы связано с глобальным снижением локомоторных функций у пожилых людей [45]. Большая длина ахиллова сухожилия связана

с большим диапазоном движений голеностопного сустава и лучшей функциональной подвижностью [46].

С возрастом наблюдается снижение способности к удлинению ахиллова сухожилия, что приводит к нарушению функции поддержания равновесия во время ходьбы [47]. Измерения ширины сухожилия, выраженные как площадь поперечного сечения, не были напрямую связаны с результатами мобильности. Тем не менее, по данным других исследований, большее соотношение площади поперечного сечения сухожилий к объему мышц может способствовать снижению крутящего момента подошвенного сгибания и подвижности [48].

В настоящее время отсутствуют общепринятые подходы к измерению сухожилий и мышц при оценке ЛС. Для измерения их геометрии стандартом является ультразвуковое исследование. При этом данный метод измеряет не только длину, ширину данных анатомических образований, но и жесткость сухожилий, площадь поперечного сечения мышц, последнее имеет важное значение для диагностики саркопении у пожилых. Существенным ограничением является ограниченное поле зрения, налагаемое размером датчика. Это особенно проблематично при измерении длинных сухожилий, таких как сухожилие надколенника, что требует альтернативных подходов.

3D-ультразвуковое исследование показало себя надежным инструментом для измерения морфологии сухожилий и мышц. Исследования продемонстрировали высокую надежность повторных измерений длины сухожилий, объема и площади поперечного сечения. Метод обеспечивает точные измерения объема и формы поверхности, сопоставимые с магнитно-резонансной томографией (МРТ) [49].

Повышенная надежность МРТ обусловлена превосходной контрастностью тканей, меньшей зависимостью от оператора и способностью четко отличать границы сухожилий и мышц от окружающих тканей [49]. Однако метод остается менее доступным из-за более высокой стоимости МРТ и необходимости наличия специализированных помещений.

Заключение

Несмотря на наличие различных методов оценки ЛС, отсутствует единый универсальный инструмент: анкеты могут не выявлять тонкие биомеханические аспекты ЛС, а физические тесты – психосоциальные. Без сомнений, оценка ЛС требует многоуровневого подхода и объединения способов оценки. В настоящий момент существует потребность в комплексном инструменте, который сможет адекватно учесть весь спектр компонентов локомоторного синдрома. Для этого необходимы дальнейшие исследования для решения проблемы многофакторной природы ЛС.

Изучение состояния мышц, сухожилий и костей, а также их взаимосвязь в поддержании подвижности может предоставить более полное понимание локомоторного статуса человека, что в значительной степени повысит точность диагностики локомоторного

синдрома. Будущие достижения в методах визуализации данных структур смогут расширить возможности их детального анализа.

Необходимо совершенствование и валидация инструментов оценки ЛС для повышения их точности и применимости у пожилых. Обеспечение единых подходов к определению понятия локомоторный синдром и методам его оценки позволит проводить эффективную диагностику, стандартизировать лечение и уход с целью улучшения равновесия и подвижности у стареющего населения.

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

Источники финансирования: исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства здравоохранения Российской Федерации согласно государственному заданию №056-00055-24-00 «Структурные и клеточно-молекулярные механизмы возрастного ремоделирования соединительной ткани при заболеваниях опорно-двигательного аппарата».

Участие авторов:

Концепция и дизайн исследования – ИММ, КМА

Сбор и обработка материала – ПНГ, АОЮ

Написание текста – АОЮ, ПНГ, ГПВ, ИММ, КМА

Редактирование – КМА, ИММ

Литература / References

- Rudnicka E, Napierała P, Podfigurna A, Męczekalski B, Smolarczyk R, Grymowicz M. The World Health Organization (WHO) approach to healthy ageing. *Maturitas*. 2020 Sep;139:6–11. doi: 10.1016/j.maturitas.2020.05.018
- Sahoo PM, Rout HS, Jakovljevic M. Consequences of India's population aging to its healthcare financing and provision. *J Med Econ*. 2023 Jan–Dec;26(1):308–315. doi: 10.1080/13696998
- Inouye SK, Studenski S, Tinetti ME, Kuchel GA. Geriatric syndromes: clinical, research, and policy implications of a core geriatric concept. *J Am Geriatr Soc*. 2007 May;55(5):780–91. doi: 10.1111/j.1532-5415.2007.01156.x
- Cornette P, Swine C, Malhomme B, Gillet JB, Meert P, D'Hoore W. Early evaluation of the risk of functional decline following hospitalization of older patients: development of a predictive tool. *Eur J Public Health*. 2006 Apr;16(2):203–8. doi: 10.1093/eurpub/cki054
- Matsumoto H, Hagino H, Wada T, Kobayashi E. Locomotive syndrome presents a risk for falls and fractures in the elderly Japanese population. *Osteoporos Sarcopenia*. 2016 Sep;2(3):156–163. doi: 10.1016/j.afos.2016.06.001
- Silva TCAD, Figueiredo MDLF, Costa ACDSES, Rocha EPD, Borges LMC, Darder JJT. Prevalence and factors associated with locomotive syndrome in community-dwelling older adults. *Texto e Contexto Enfermagem*. 2021;30:84–94. doi: 10.1590/1980-265x-tce-2020-0494
- Тополянская С.В., Романова М.А., Вакуленко О.Н., Бубман Л.И., Елисеева Т.А., Ларина Д.С., Рачина С.А., Дворецкий Л.И. «Локомоторный синдром» в практике гериатрического стационара. *Медицинский алфавит*. 2023;(13):36–41. [Topolyanskaya SV, Romanova MA, Vakulenko ON, Bubman LI, Eliseeva TA, Larina DS, Ratchina SA, Dvoretzki LI. Locomotive syndrome in patients in the geriatric hospital. *Medical Alphabet*. 2023;(13):36–41 (In Russ.)]. doi: 10.33667/10.33667/2078-5631-2023-13-36-41
- Ikemoto T, Arai YC. Locomotive syndrome: clinical perspectives. *Clin Interv Aging*. 2018 Apr 30;13:819–827. doi: 10.2147/cia.s148683
- Lee C, Woods PC, Paluch AE, Miller MS. Effects of age on human skeletal muscle: a systematic review and meta-analysis of myosin heavy chain isoform protein expression, fiber size, and distribution. *Am J Physiol Cell Physiol*. 2024 Dec 1;327(6):C1400–C1415. doi: 10.1152/ajpcell.00347.2024
- Yoshimura N, Muraki S, Iidaka T, Oka H, Horii C, Kawaguchi H, Akune T, Nakamura K, Tanaka S. Prevalence and co-existence of locomotive syndrome, sarcopenia, and frailty: the third survey of Research on Osteoarthritis/Osteoporosis Against Disability (ROAD) study. *J Bone Miner Metab*. 2019 Nov;37(6):1058–1066. doi: 10.1007/s00774-019-01012-0
- Kobayashi T, Morimoto T, Shimanoe C, Ono R, Otani K, Mawatari M. Risk factors for progression of the severity of locomotive syndrome: A two-year longitudinal observational study. *J Orthop Sci*. 2024 Mar;29(2):646–652. doi: 10.1016/j.jos.2023.02.008
- Burr DB. Changes in bone matrix properties with aging. *Bone*. 2019 Mar;120:85–93. doi: 10.1016/j.bone.2018.10.010
- Chen H, Zhou X, Fujita H, Onozuka M, Kubo KY. Age-related changes in trabecular and cortical bone microstructure. *Int J Endocrinol*. 2013;2013:213234. doi: 10.1155/2013/213234
- Ribitsch I, Gueltekin S, Keith ME, Minichmair K, Peham C, Jenner F, Egerbacher M. Age-related changes of tendon fibril micro-morphology and gene expression. *J Anat*. 2020 Apr;236(4):688–700. doi: 10.1111/joa.13125
- Nakahara E, Iidaka T, Chiba A, Kurasawa H, Fujino A, Shiomi N, Maruyama H, Horii C, Muraki S, Oka H, Kawaguchi H, Nakamura K, Akune T, Tanaka S, Yoshimura N. Identifying factors associated with locomotive syndrome using machine learning methods: The third survey of the research on osteoarthritis/osteoporosis against disability study. *Geriatr Gerontol Int*. 2024 Aug;24(8):806–813. doi: 10.1111/ggi.14923
- Ide K, Yamato Y, Hasegawa T, Yoshida G, Yasuda T, Banno T, Arima H, Oe S, Mihara Y, Ushirozako H, Yamada T, Watanabe Y, Nakai K, Hoshino H, Niwa H, Togawa D, Matsuyama Y. Prospective nursing care certification using the 25-question Geriatric Locomotive Function Scale. *Geriatr Gerontol Int*. 2021 Jun;21(6):492–497. doi: 10.1111/ggi.14169
- Seichi A, Hoshino Y, Doi T, Akai M, Tobimatsu Y, Iwaya T. Development of a screening tool for risk of locomotive syndrome in the elderly: the 25-question Geriatric Locomotive Function Scale. *J Orthop Sci*. 2012 Mar;17(2):163–72. doi: 10.1007/s00776-011-0193-5
- Kim MC, Park HS, Kim HI, Paik JK, Chung DK. An analysis study of sarcopenia and locomotive syndrome in the old people using evaluation tool. *J Exerc Rehabil*. 2022 Aug 26;18(4):256–263. doi: 10.12965/jer.2244234.117
- Tanabe Y, Suehara Y, Kim Y, Nojiri S, Okubo T, Ishii M, Kawasaki T, Matsuoka K, Akaike K, Mukaiharu K, Okubo N, Saito T, and Kaneko K. The Development of the Short-Form of '25-Question Geriatric Locomotive Function Scale. *Journal of Advances in Medicine and Medical Research*, 2018 Mar.;25(10):1–13. doi: 10.9734/JAMMR/2018/40196
- Shigematsu H, Tanaka M, Munemoto M, Kawasaki S, Iwata E, Okuda A, Masuda K, Yamamoto Y, Suga Y, Tanaka Y. Affirmative answers on loco-check as a predictor of health-related quality of life and locomotive syndrome progression in the elderly: A cross-sectional study. *Mod Rheumatol*. 2020 May;30(3):580–585. doi: 10.1080/14397595.2019.1621459
- Kobayashi T, Morimoto T, Shimanoe C, Ono R, Otani K, Mawatari M. Development of a tool for screening the severity of locomotive syndrome by the loco-check. *J Orthop Sci*. 2022 May;27(3):701–706. doi: 10.1016/j.jos.2021.03.011
- Kim, Youngji, Yoshiyuki Suehara, Midori Ishii, Takayuki Kawasaki, Kiyoshi Matsuoka, Taketo Okubo, Naoko Okubo, Yu Tanabe, Keisuke Akaike, Kenta Mukaiharu, Daisuke Kubota, Yuichiro Maruyama, Tsuyoshi Saito, and Kazuo Kaneko. A Comparative Study of 2 Screening Tools for Locomotive Syndrome (The 'Loco-check' and the 'GLFS-25'): An Orthopedic Outpatient-Based Survey. *Journal of Advances in Medicine and Medical Research* 2016;17(5):1–13. doi: 10.9734/BJMMR/2016/28194

23. Saito Y, Ishida T, Kataoka Y, Takeda R, Tadano S, Suzuki T, Nakamura K, Nakata A, Osuka S, Yamada S, Samukawa M, Tohyama H. Evaluation of gait characteristics in subjects with locomotive syndrome using wearable gait sensors. *BMC Musculoskelet Disord*. 2022 May 14;23(1):457. doi: 10.1186/s12891-022-05411-9
24. Arbex MCFB, Okazaki JEF, Tavares DRB, Figueiredo Bersani AL, Santos FC. Locomotive Syndrome is associated with chronic pain and poor quality of life in Brazilian oldest old: LOCOMOV Project. *J Orthop Sci*. 2021 Jan;26(1):162–166. doi: 10.1016/j.jos.2020.02.007
25. Kim HI, Kim MC. Physical Therapy Assessment Tool Threshold Values to Identify Sarcopenia and Locomotive Syndrome in the Elderly. *Int J Environ Res Public Health*. 2023 Jun 10;20(12):6098. doi: 10.3390/ijerph20126098
26. Hirano K, Imagama S, Hasegawa Y, Ito Z, Muramoto A, Ishiguro N. Impact of low back pain, knee pain, and timed up-and-go test on quality of life in community-living people. *J Orthop Sci*. 2014 Jan;19(1):164–71. doi: 10.1007/s00776-013-0476-0
27. Kobayashi T, Morimoto T, Shimanoe C, Ono R, Otani K, Mawatari M. Development of a simple screening tool based on the 5-question geriatric locomotive function scale for locomotive syndrome. *J Orthop Sci*. 2022 Jul;27(4):913–920. doi: 10.1016/j.jos.2021.05.001
28. Chen H, Smith SS. Item Distribution in the Berg Balance Scale: A Problem for Use With Community-Living Older Adults. *J Geriatr Phys Ther*. 2019 Oct/Dec;42(4):275–280. doi: 10.1519/JPT.0000000000000208
29. Meseguer-Henarejos AB, Rubio-Aparicio M, López-Pina JA, Carles-Hernández R, Gómez-Conesa A. Characteristics that affect score reliability in the Berg Balance Scale: a meta-analytic reliability generalization study. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2019 Oct;55(5):570–584. doi: 10.23736/S1973-9087.19.05363-2
30. Miyamoto R, Sawada SS, Gando Y, Matsushita M, Kawakami R, Muranaga S, Osawa Y, Ishii K, Oka K. Stand-up test overestimates the decline of locomotor function in taller people: a cross-sectional analysis of data from the Kameda Health Study. *J Phys Ther Sci*. 2019 Feb;31(2):175–184. doi: 10.1589/jpts.31.175
31. Prachuab K, Chanpen A, Alongkorn C, Chalalai W. A study and tests for the age range at risk to Locomotive Syndrome Disease by standing up test: A case study of sample group in Bangkok Metropolitan Region. *Songklanakarin Journal of Science and Technology (SJST)*. 2021;43(2): 478–484. doi: 10.14456/sjst-psu.2021.63
32. Prayogo M, Satyawati R, Sari DI, Tinduh D, Wulan SMM, Mikami Y, Melaniani S. Locomotion training addition to regular aerobic exercise improves walking speed and two-step test of the institutionalized older adult with Locomotive Syndrome stage 1: a randomized controlled trial. *Bali Medical Journal*. 2023;12(1):771–775. doi: 10.15562/bmj.v12i1.4085
33. Yamada K, Ito YM, Akagi M, Chosa E, Fuji T, Hirano K, Ikeda S, Ishibashi H, Ishibashi Y, Ishijima M, Itoi E, Iwasaki N, Izumida R, Kadoya K, Kamimura M, Kanaji A, Kato H, Kishida S, Mashima N, Matsuda S, Matsui Y, Matsunaga T, Miyakoshi N, Mizuta H, Nakamura Y, Nakata K, Omori G, Osuka S, Uchio Y, Ryu K, Sasaki N, Sato K, Senda M, Sudo A, Takahira N, Tsumura H, Yamaguchi S, Yamamoto N, Nakamura K, Takashi Ohe. Reference values for the locomotive syndrome risk test quantifying mobility of 8681 adults aged 20–89 years: A cross-sectional nationwide study in Japan. *J Orthop Sci*. 2020 Nov;25(6):1084–1092. doi: 10.1016/j.jos.2020.01.011
34. Arai T, Fujita H, Maruya K, Morita Y, Asahi R, Ishibashi H. The one-leg portion of the Stand-Up Test predicts fall risk in aged individuals: A prospective cohort study. *J Orthop Sci*. 2020 Jul;25(4):688–692. DOI: 10.1016/j.jos.2019.06.014
35. Kobayashi T, Morimoto T, Shimanoe C, Ono R, Otani K, Mawatari M. A Simplified Screening Tool for the One-Leg Standing Test to Determine the Severity of Locomotive Syndrome. *Life (Basel)*. 2023 May 16;13(5):1190. doi: 10.3390/life13051190
36. Seichi A, Hoshino Y, Doi T, Akai M, Tobimatsu Y, Kita K, Iwaya T. Determination of the optimal cutoff time to use when screening elderly people for locomotive syndrome using the one-leg standing test (with eyes open). *J Orthop Sci*. 2014 Jul;19(4):620–626. doi: 10.1007/s00776-014-0581-8
37. Ogata T, Muranaga S, Ishibashi H, Ohe T, Izumida R, Yoshimura N, Iwaya T, Nakamura K. Development of a screening program to assess motor function in the adult population: a cross-sectional observational study. *J Orthop Sci*. 2015 Sep;20(5):888–895. doi: 10.1007/s00776-015-0737-1
38. Imagama S, Hasegawa Y, Ando K, Kobayashi K, Hida T, Ito K, Tsushima M, Nishida Y, Ishiguro N. Staged decrease of physical ability on the locomotive syndrome risk test is related to neuropathic pain, nociceptive pain, shoulder complaints, and quality of life in middle-aged and elderly people – The utility of the locomotive syndrome risk test. *Mod Rheumatol*. 2017 Nov;27(6):1051–1056. doi: 10.1080/14397595.2017.1285856
39. Alissa N, Akinlosotu RY, Shipper AG, Wheeler LA, Westlake KP. A systematic review of upper extremity responses during reactive balance perturbations in aging. *Gait Posture*. 2020 Oct;82:138–146. doi: 10.1016/j.gaitpost.2020.08.134
40. Mullaney MJ, McHugh MP, Johnson CP, Tyler TF. Reliability of shoulder range of motion comparing a goniometer to a digital level. *Physiother Theory Pract*. 2010 Jul;26(5):327–33. doi: 10.3109/09593980903094230
41. Hannah DC, Scibek JS. Collecting shoulder kinematics with electromagnetic tracking systems and digital inclinometers: A review. *World J Orthop*. 2015 Nov 18;6(10):783–94. doi: 10.5312/wjo.v6.i10.783
42. Muramoto A, Imagama S, Ito Z, Hirano K, Tauchi R, Ishiguro N, Hasegawa Y. Waist circumference is associated with locomotive syndrome in elderly females. *J Orthop Sci*. 2014 Jul;19(4):612–9. doi: 10.1007/s00776-014-0559-6
43. Tanaka S, Ando K, Kobayashi K, Seki T, Hamada T, Machino M, Ota K, Morozumi M, Kanbara S, Ito S, Ishiguro N, Hasegawa Y, Imagama S. The decreasing phase angles of the entire body and trunk during bioelectrical impedance analysis are related to locomotive syndrome. *J Orthop Sci*. 2019 Jul;24(4):720–724. doi: 10.1016/j.jos.2018.12.016
44. Tanaka S, Ando K, Kobayashi K, Seki T, Hamada T, Machino M, Ota K, Morozumi M, Kanbara S, Ito S, Ishiguro N, Hasegawa Y, Imagama S. Low Bioelectrical Impedance Phase Angle Is a Significant Risk Factor for Frailty. *Biomed Res Int*. 2019 Jun 10;2019:6283153. doi: 10.1155/2019/6283153
45. Stenroth L, Sillanpää E, McPhee JS, Narici MV, Gapeyeva H, Pääsuke M, Barnouin Y, Hogrel JY, Butler-Browne G, Bijlsma A, Meskers CG, Maier AB, Finni T, Sipilä S. Plantarflexor Muscle-Tendon Properties are Associated With Mobility in Healthy Older Adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2015 Aug;70(8):996–1002. doi: 10.1093/gerona/glv011
46. Wawrzyński T, Pietrzak BA, Mika A. Does Mobility of the Ankle Joint Depends on Length of the Free Part of the Achilles Tendon? *Symmetry* 2022;14:2313. doi: 10.3390/sym14112313
47. Smith RE, Shelton AD, Sawicki GS, Franz JR. The effects of plantarflexor weakness and reduced tendon stiffness with aging on gait stability. *PLoS One*. 2024 Apr 16;19(4):e0302021. doi: 10.1371/journal.pone.0302021
48. Knaus K, Ebrahimi A, Martin J, Loegering I, Thelen D, & Blemker S. Achilles Tendon Morphology Is Related to Triceps Surae Muscle Size and Peak Plantarflexion Torques During Walking in Young but Not Older Adults. *Frontiers in Sports and Active Living*. 2020;2. doi: 10.3389/fspor.2020.00088
49. Frouin A, Guenanten H, Le Sant G, Lacourpaille L, Liebard M, Sarcher A, McNair PJ, Ellis R, Nordez A. Validity and Reliability of 3-D Ultrasound Imaging to Measure Hamstring Muscle and Tendon Volumes. *Ultrasound Med Biol*. 2023 Jun;49(6):1457–1464. doi: 10.1016/j.ultrasmedbio.2023.02.012