

СОВРЕМЕННЫЙ АСПЕКТ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ БОЛЬНЫХ ПОЖИЛОГО ВОЗРАСТА СО СТЕНОЗОМ ПОЗВОНОЧНОГО КАНАЛА В ПОЯСНИЧНОМ ОТДЕЛЕ ПОЗВОНОЧНИКА

Щурова Е.Н.¹, Люлин С.В.¹, Дюльдин В.В.¹, Гвоздев Н.С.¹, Алексеев С.А.¹,
Хушмуродов У.Р.²

¹ФГБУ «Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» имени академика Г.А. Илизарова» Минздрава России, Курган, e-mail: office@rncvto.ru;

²Многопрофильный лечебно-диагностический центр «Перфект-Диагностик», Самарканд, e-mail: perfect-diagnostic@mail.ru

Целью настоящей работы был анализ имеющихся данных в современной литературе о методах инструментальной оценки функционального состояния больных пожилого возраста со стенозом позвоночного канала в поясничном отделе позвоночника до и после хирургического лечения. Результаты анализа литературы показали, что в настоящее время набор используемых методов инструментальной оценки функционального состояния данной категории больных до и после оперативного лечения достаточно широк. Большинство методов традиционно предназначены для количественной оценки ходьбы и представлены как высокотехнологичными и дорогими методами (3D-анализ походки), так и простыми и дешевыми (самостоятельная ходьба). Каждый метод имеет достоинства и недостатки, степень информативности и доступности. Некоторые авторы рекомендуют оценивать длительный период непрерывного мониторинга двигательной активности (4-7 дней), изучая влияние различных форм реабилитации на улучшение послеоперационной физической активности и работоспособности. Другие считают, что ежедневное исследование активности (тест - самостоятельная ходьба) в течение определенного времени может позволить измерять как емкость, так и производительность работы. Хотя объективные методы оценки ходьбы можно использовать в качестве отдельных показателей результата лечения, тем не менее они не превосходят самостоятельно сообщаемую пациентом информацию о способности к ходьбе и не заменяют специфические для заболевания показатели боли и функции. Несмотря на то что результаты высокотехнологичных исследований свидетельствуют о значительном снижении общей функции нижних конечностей и нарушении координации их мышц, силовой компонент инструментальной оценки состояния мышц нижних конечностей недостаточно рассмотрен. Кроме того, во всех описаниях семиотики и патогенеза стеноза позвоночного канала поясничного отдела имеется информация о сенсорных нарушениях в нижних конечностях, тем не менее анализ методов объективной оценки чувствительности у данной категории пациентов в литературе не представлен.

Ключевые слова: стеноз позвоночного канала поясничного отдела позвоночника, пожилой возраст, оценка функционального состояния, ходьба, мышцы.

A MODERN ASPECT OF INSTRUMENTAL ASSESSMENT OF THE FUNCTIONAL CONDITION OF ELDERLY PATIENTS WITH STENOSIS OF THE LUMBAR SPINE (REVIEW OF THE LITERATURE)

Schurova E.N.¹, Lyulin S.V.¹, Dyuldin V.V.¹, Gvozdev N.S.¹, Alekseev S.A.¹,
Khushmurodov U.R.²

¹FSBI Russian Ilizarov Scientific Centre "Restorative Traumatology and Orthopaedics" of the RF Ministry of Health, Kurgan, e-mail: office@rncvto.ru;

²Perfect-Diagnostic Multidisciplinary Treatment and Diagnostic Centre, Samarkand, e-mail: perfect-diagnostic@mail.ru

The purpose of the present work consisted in analyzing the available in modern literature data on methods of instrumental assessment of the functional condition of elderly patients with stenosis of the lumbar spine before and after surgical treatment. The results of the literature analysis demonstrate the set of the methods used for instrumental assessment of the functional condition of such patients before and after surgical treatment to be quite wide at present. Traditionally, most of the methods are intended to quantify walking, and they are presented both as high-tech and expensive (3D-gait analysis), and simple and cheap ones (independent walking). Each method has its advantages and disadvantages, the degree of information and accessibility. Some authors recommend to assess a long period of motor activity continuous monitoring (4-7 days) by studying the effect of various rehabilitation forms on the improvement of postoperative physical activity and working efficiency.

Others believe that daily testing of activity (self-walk test) may allow measuring both work capacity and work performance over a period of time. Although objective methods for walking assessment can be used as individual indicators of the treatment outcome, however, they do not exceed the patient self-reported information about walking ability and do not replace the disease-specific values of pain and function. Despite the fact that the results of high-tech studies evidence of a significant decrease in the overall function of the lower limbs and the impaired coordination of their muscles, the strength component of the instrumental assessment of the lower limb muscle condition has not been examined enough. In addition, all the descriptions of semiotics and pathogenesis of the lumbar vertebral canal contain the information about sensory disorders in the lower limbs, however, the analysis of the methods of sensitivity objective assessment in such patients is not presented in the literature.

Keywords: stenosis of the lumbar vertebral canal, elderly age, assessment of functional condition, walking, muscles.

В настоящее время наблюдается тенденция увеличения доли лиц пожилого возраста в структуре народонаселения России. В данной группе людей отмечаются возрастные дегенеративные изменения костных структур позвоночника, межпозвоночных дисков, связок, фасеточных суставов и мышц [1; 2], что является причиной развития стеноза позвоночного канала, компрессии корешков «конского хвоста» [3; 4].

В популяционных исследованиях у 40% взрослых людей в возрасте старше 60 лет регистрируется стеноз позвоночного канала поясничного отдела позвоночника (СПКПО), который в большинстве случаев в начале заболевания протекает бессимптомно [5; 6]. По данным популяционного когортного исследования, проведенного Y. Ishimoto et al., симптоматический стеноз позвоночного канала поясничного отдела развивается примерно в 9,3% случаев [7]. Было отмечено, что симптоматический стеноз преимущественно наблюдается в шестом или седьмом десятилетии жизни [8].

Североамериканское общество спинальных хирургов сделало вывод о том, что данное заболевание определяется как переменный клинический синдром с болями в спине и/или ногах, ассоциированный с нейрогенной хромотой после переменного периода ходьбы с быстрым облегчением при антефлексии (наклоне вперед) [9; 10]. Неотъемлемым компонентом данного заболевания являются также парестезии в нижних конечностях, сенсорные нарушения, мышечная слабость [2]. Вышеперечисленные явления у пожилых пациентов приводят к нарушениям повседневной деятельности, снижению качества жизни, к социальной и профессиональной изоляции в наиболее тяжелых формах [11; 12].

Набор способов лечения данной категории больных варьирует от консервативных, включающих физиотерапию, физические упражнения, инъекции стероидов, до хирургического при отсутствии эффекта от консервативного лечения, включающего декомпрессию нервно-сосудистых образований и стабилизацию позвоночника при наличии нестабильности [8; 13].

Стеноз позвоночного отдела является основной причиной операций на поясничном отделе позвоночника у пожилых людей [14; 15], и частота оперативных вмешательств в последние годы увеличивается [16; 17].

Симптоматический стеноз поясничного отдела позвоночника не может быть объяснен исключительно сужением позвоночного канала, о чем свидетельствуют высокая распространенность сужения, по данным магнитно-резонансной томографии (МРТ) и компьютерной томографии (КТ) у лиц без симптомов, и плохая корреляция между степенью сужения позвоночного канала, по данным КТ и МРТ, и выраженностью симптомов [3]. Клинические и рентгенологические диагностические критерии поясничного стеноза значительно различаются [18; 19].

Объективные данные, такие как измеренное расстояние ходьбы и мышечная сила, не регистрируются в опроснике реестра PROM (PROM - patients reported outcome measurements) при оценке результатов оперативного лечения [20]. Поэтому в литературе звучат настойчивые рекомендации утвердить в обычной клинической практике объективную оценку (измерение) функциональных результатов как дополнение к вышеупомянутым диагностическим критериям [21; 22].

Цель настоящей работы - анализ имеющихся данных в современной литературе о методах инструментальной оценки функционального состояния больных пожилого возраста со стенозом позвоночного канала в поясничном отделе позвоночника до и после хирургического лечения.

Количественная оценка ходьбы

Поскольку ограниченная ходьба является наиболее важной областью нарушения функции у пациентов с СПКПО, улучшение способности к ходьбе является основной целью большинства видов лечения. Оценка периметра (дистанции) ходьбы, ограниченной нейрогенной хромотой, имеет важное значение для диагностики СПКПО и принятия решения относительно лечения [11]. Как правило, как в клинической практике, так и в научных исследованиях ограничения при ходьбе оцениваются с помощью прямого опроса пациента (пример: «Как долго Вы можете ходить по плоской поверхности без перерыва?») или с помощью опросников по инвалидности для конкретных заболеваний [12]. Хотя самооценка показателей ходьбы, безусловно, имеет большое значение, фактическое количественное измерение способности ходить представляется полезным для анализа нейрогенной хромоты и может помочь при объективной оценке результатов лечения [4].

Моторизованные тесты на беговой дорожке

На сегодняшний день моторизованные тесты на беговой дорожке (treadmill tests - МТТ) являются наиболее часто цитируемыми методами количественной оценки способности ходить у пациентов с нейрогенной хромотой, вследствие стеноза поясничного отдела позвоночника [4; 19; 23-25].

Количественную оценку локомоций на беговой дорожке осуществляют, как правило,

специалисты (врачи), не участвующие в лечении пациентов [24]. В процессе исследования используют стандартизированные фразы для разговора с пациентами, которым предлагают достичь максимальной дистанции ходьбы. Скорость беговой дорожки подбирают индивидуально для каждого пациента. Скорость ходьбы определяют во время тестовой пробы на беговой дорожке, регулируя скорость до тех пор, пока испытуемый не сообщает, что он идет в желаемом темпе. После краткого предварительного теста рекомендуется отдых в положении сидя не менее двух минут, прежде чем начнется настоящий тест. При выполнении данного исследования пациентам не разрешается держаться за поручни. В случае необходимости допускается использовать одну руку для поддержания равновесия. В процессе исследования оценивается расстояние в метрах (м), пройденное за определенное время в секундах (с), и максимальная скорость ходьбы (м/с). Согласно протоколу исследования оценка проводится под наблюдением исследователя и прекращается через 20 минут либо по запросу пациента при появлении симптомов дискомфорта (боль, усталость), заставляющих пациента остановиться в обычной жизненной ситуации [4; 19; 24; 25].

После введения теста МТТ в клиническую практику возникло несколько проблем и вопросов: какова должна быть скорость движения беговой дорожки и ее наклон, а также влияние наклона устройства на поясничный лордоз и переменные для измерения? В нескольких протоколах использовались различные скорости, и был сделан вывод, что нейрогенная хромота лучше всего выявляется на медленной и постоянной скорости. В большинстве работ была принята скорость ходьбы 1,2 км/ч [19; 24].

При проведении теста МТТ исследование выполняли в два этапа: 1) в положении разгибания в поясничном отделе; 2) в положении сгибания в поясничном отделе. Симптомы нейрогенной хромоты появлялись раньше в положении разгибания, длительность ходьбы увеличивалась в положении сгибания [26]. Однако пределы для угла наклона дорожки, которые помогли бы купировать симптомы заболевания, не ясны. Кроме того, было отмечено, что при МТТ скорость ходьбы была более медленной, чем при других методах оценки (например, тест самостоятельной ходьбы), и поэтому расстояния, пройденные в течение аналогичных периодов времени до появления значительных симптомов, были короче [11; 27]. Было сделано предположение, что МТТ может систематически недооценивать расстояние ходьбы при нейрогенной хромоте. Вызывает беспокойство тот факт, что протокол МТТ, который запрещает держаться за поручни обеими руками, лишил права участвовать в этом тесте 10% участников с более выраженными нарушениями [4; 28]. По мнению ряда авторов, ходьба на беговой дорожке недостаточно реалистична и имеет тенденцию к недооценке безостановочного пути у пациентов с СПКПО [11; 27; 28].

Тест с 6-минутной ходьбой (6 minute walking test- 6MWT)

В настоящее время из всех существующих тестов с фиксированной продолжительностью ходьбы 6MWT-тест является наиболее часто используемым для оценки функционального состояния при различных заболеваниях [29]. Это метод часто является основным средством оценки влияния различных терапевтических и хирургических способов лечения на функциональное состояние пациента [11; 15; 30; 31]. Первоначально 6MWT был разработан для оценки работоспособности у пациентов с респираторными заболеваниями [32]. 6MWT-тест представляет собой четко определенную настройку для оценки качества походки в сложных условиях [31]. Тест выполняется в соответствии с рекомендациями Американского торакального общества [32] в хорошо освещенном плоском коридоре шириной 3 м (или крытой пешеходной дорожке) длиной 30 м (50 м), уже знакомой для пациента. После 15-минутного отдыха пациентам предлагают пройти как можно больше назад и вперед по ходу пути движения в течение 6 минут. Для минимизации влияния внешних факторов использовались простые и стандартизированные инструкции. Пациентов информировали о времени ежеминутно. В исследовании были использованы дополнительные метки на дорожках (каждые 3 метра), чтобы оценить расстояние для неполных кругов движения [11; 31]. Измеренный периметр (дистанция) ходьбы был определен как расстояние ходьбы, при котором обычная боль заставляет пациента остановиться во время 6MWT-теста [11; 15; 31; 32]. Если корешковые боли или боли в спине не мешали пациенту ходить, тест останавливали через 6 минут.

Несмотря на довольно широкое использование, этот метод имеет ряд недостатков. Так, существует некоторая двусмысленность и неопределенность в инструкциях для требуемой скорости ходьбы в 6MWT-тесте [33]. По этой причине M. Grelat et al. рекомендовали свободную скорость ходьбы, аналогичную первоначальной инструкции 6MWT, разработанной для пациентов с хронической сердечной недостаточностью. Скорость ходьбы в собственном темпе является наиболее эффективным видом локомоции и поддерживает устойчивое состояние аэробного метаболизма [11].

Следует отметить, что возможным ограничением 6MWT применительно к СПКПО является то, что существует вероятность не зафиксировать нейрогенную хромоту, возникающую после 6 минут ходьбы. Для исключения данной погрешности, если через 6 минут пациент не достигал 500 м, предлагалось продолжить ходьбу до 500 м [11].

Тест - самостоятельная ходьба (Self-Paced Walk Test - SPWT)

В последнее время в нескольких исследованиях сообщалось о тесте с самостоятельной ходьбой (Self-Paced Walking Test - SPWT), при котором пациент непосредственно контролирует время и расстояние ходьбы [4; 12; 27; 34; 35]. SPWT имеет очевидную

обоснованность, поскольку он приближен к реальным жизненным условиям.

Тест - самостоятельная ходьба оценивает емкость ходьбы, измеряя общее расстояние, которое пациент может пройти без остановок по плоской поверхности в выбранном им темпе, пока не возникнут симптомы СПКПО или не будет достигнут предел 30 минут [27]. Как правило, пациенты сидят в кресле на стартовой линии и тест начинают в положении «стоя» с движением по плоскому прямоугольному коридору (или крытой пешеходной дорожке) длиной 30-50 м в произвольно выбранном им темпе. Исследователь двигается примерно на один метр позади участника в течение всего теста, записывает время ходьбы с помощью секундомера и количество кругов с помощью ручного механического счетчика. Расстояние неполных кругов оценивают по предварительно установленным отметкам каждые 10 метров вдоль пути следования [4; 12; 27; 34]. Результаты SPWT были использованы в качестве критерия стандарта для оценки точности других методов количественного определения ограничения ходьбы, вызванного нейрогенной перемежающейся хромотой [27]. SPWT обладает адекватной воспроизводимостью [27] и, таким образом, соответствует второму требованию меры результата для использования в клинических испытаниях. Добавление ежедневного мониторинга активности в течение определенного времени может позволить измерять как емкость, так и производительность работы [36].

Поскольку SPWT имитирует ситуации с ходьбой в реальной среде, то и может выполняться всеми участниками исследования без исключения [4; 35]. Кроме того, тест SPWT является гораздо более дешевой альтернативой МТТ, поскольку стоимость моторизованной беговой дорожки может быть чрезмерно высокой [4].

Очевидным недостатком SPWT является его необходимость в соответствующем месте для курса ходьбы (прямоугольный длинный коридор). Наличие подходящего места для ходьбы может быть существенным препятствием для принятия SPWT в качестве широко используемой меры результата для клинических испытаний, особенно по сравнению с требованиями к пространству для МТТ, где требуется всего несколько квадратных метров пространства [4]. Кроме того, определение безостановочного пути может быть частично связано с мотивацией пациента (стимуляция ходьбы в присутствии исследователя), и не совсем адекватно соответствовать ситуации в реальной жизни [4; 11].

Тест челночной ходьбы (Shuttle Walk test (SWT))

Тест челночной ходьбы (Shuttle Walk test -SWT) - это ходьба на 10-метровом отрезке пути, без каких-либо препятствий. Перед тестированием пациент слушает магнитофон, объясняющий тест, и ему предлагается пройти десять метров в течение указанного времени. Эксперт оценивает количество шаттлов (кругов) и максимальное расстояние. Результат теста

приводится в метрах (количество выполненных кругов, умноженное на 10) [37]. Преимущество этого теста заключается в его простоте, понятности, минимальном оснащении. R.K. Pratt et al. сообщили, что изменение SWT потребует 76 м для 95%-ной уверенности в том, что это изменение не было случайным [38]. Следовательно, использование SWT для мониторинга прогрессирования симптомов у пациентов с СПКПО может быть полезным [12; 38].

Объективная оценка реальной физической (повседневной) активности

M. Smuck et al. [35] предложили исследовать физическую активность у больных пожилого возраста с СПКПО с помощью непрерывного мониторинга активности. Пациентам было предложено носить акселерометр ActiGraph GT3X (ActiGraph, LLC, США) на правом бедре в течение 7 дней подряд от пробуждения до возвращения в постель ночью. ActiGraph содержит трехосный акселерометр, который регистрирует инерцию в трех плоскостях. Эти сигналы сначала фильтруются для устранения артефактов, не вызванных движением человека, а затем суммируются в 1-минутный показатель, описываемый как «счет в минуту». Эти подсчеты активности являются подтвержденным непрерывным показателем интенсивности физической активности, обычно используются в медицинских исследованиях [39]. Начиная с оценки от 0 до > 30000 , эти показатели активности позволяют разделить физическую активность на соответствующие категории, основанные на расходе энергии, включая сидячую активность, легкую активность, умеренную активность и повышенную активность. Для предоставления точных оценок физической активности в реальной жизни необходимы как минимум 4 дня с действительными данными, и только дни с 10 часами или более, действительного времени ношения [40]. Если данные акселерометра участника не соответствовали вышеперечисленным требованиям, они исключались из анализа в этом исследовании.

M. Smuck et al. рекомендуют проводить аналогичные исследования, оценивая более длительный период наблюдения и изучая влияние различных форм реабилитации на улучшение послеоперационной физической активности и работоспособности [35].

Длительный период наблюдения, предложенный данными авторами, позволит исследователям разработать специфический для данного заболевания подход к назначению физической реабилитации после оперативного лечения.

Оценка пространственно-временных параметров походки

В работе S. Loske et al. исследовали пространственно-временные параметры ходьбы у больных со стенозом позвоночного канала поясничного отдела позвоночника [31] с помощью системы RehaGait (Hasomed GmbH, Германия). RehaGait состоит из семи инерционных датчиков, каждый из которых содержит трехосный акселерометр, гироскоп и

магнитометр. Датчики были прикреплены с двух сторон к боковой стороне ботинка, нижней и верхней трети нижней конечности и к тазу, лежащему над уровнем L₅ позвонка. Данные регистрировались при частоте 400 Гц в течение первой половины каждого круга 6MWT-теста, а программное обеспечение производителя использовалось для расчета параметров пространственно-временной походки (продолжительность шага, длина шага, скорость ходьбы, темп и фазы походки для каждой ноги). S. Loske et al., используя данную методику, отметили, что у больных с СПКПО в послеоперационном периоде улучшились показатели ходьбы: увеличилась скорость ходьбы, частота шагов [31].

Таким образом, эта система является надежной и пригодной для оценки пространственно-временных параметров у пожилых людей с СПКПО на до- и послеоперационном этапе [31; 41].

Тест «TimedUpandGo» (TUG) – «Пора вставать и идти»

В некоторых работах для оценки функциональных нарушений у пожилых больных с поясничным стенозом используют тест «TimedUpandGo» (TUG) – «Пора вставать и идти» [42]. Это простой тест, используемый для оценки мобильности человека, который требует статического и динамического баланса [43]. В этом тесте регистрируется время, которое требуется человеку, чтобы подняться со стула, пройти три метра, развернуться (на 180°), вернуться к креслу и сесть [43]. Предполагается, что во время теста человек будет носить обычную обувь и использовать любые вспомогательные средства передвижения, которые ему обычно требуются. TUG часто используется у пожилых людей, так как он легко выполним большинством пожилых людей. Принято считать, что 10 секунд и меньше указывают на нормальную подвижность, 11-20 секунд находятся в пределах нормы для слабых пожилых пациентов и пациентов с ограниченными возможностями, а 20 секунд и более означают, что человек нуждается в помощи извне и указывают на необходимость дальнейшего обследования и лечения [43]. По мнению M.N. Stienen et al., тест TUG является быстрым и легко применимым инструментом, который надежно измеряет объективные функциональные нарушения у пациентов с поясничным стенозом пожилого возраста [42]. Он добавляет ценную информацию к комплексной оценке пациента. Однако нельзя не учитывать, что нейрогенная хромота может не проявляться клинически во время краткого обследования с помощью TUG.

3D-анализ походки (3D gait analysis)

В настоящее время в литературе стали появляться работы, в которых исследование ходьбы у пожилых больных с поясничным стенозом осуществляется с помощью 3D-анализа походки на небольших выборках (6-14 больных) [44-46]. Однозначного отношения к данному методу исследования нет.

По данным авторов, которые использовали 3D-исследования походки у больных СПКПО пожилого возраста, наблюдается уменьшение длины шага и скорости ходьбы, увеличение времени двойной опоры, менее стабильная координация мышц нижних конечностей, наклон туловища вперед и др. [44; 46]. S.A.Jr. Garbelotti et al., анализируя полученные данные, пришли к заключению, что кинематические параметры трехмерного анализа походки не эффективны для оценки функциональных потерь у данной категории больных [44]. Данный метод исследования не может добавить значительную информацию к клиническому диагнозу, и нет необходимости выполнять исследования 3D-анализа походки у больных с СПКПО [44].

Небольшое количество работ и малочисленность выборок исследований, выполненных с помощью метода 3D-анализа походки, не позволяют делать однозначных выводов, но данный метод обладает большим потенциалом, несмотря на дороговизну, в комплексном исследовании больных в послеоперационном периоде при оценке результатов лечения и разработке реабилитационных мероприятий у больных с СПКПО [45].

В заключение по данному разделу можно сделать вывод, что объективные методы оценки ходьбы можно использовать в качестве отдельных показателей результата лечения, тем не менее они не превосходят самостоятельно сообщаемую пациентом информацию о способности к ходьбе и не заменяют специфические для заболевания показатели боли и функции.

Исследование состояния мышц

Оценка силы мышц

В литературе можно найти небольшое количество работ, в которых проводилась объективная инструментальная оценка силы мышц спины и нижних конечностей у больных с поясничным стенозом пожилого возраста [25; 40; 47; 48].

Исследование силы максимального произвольного сокращения мышц спины осуществлялось в изокинетическом (установка LIDO, Loredan Biomedical Inc., США) [25] или изометрическом режиме (установка MedX, Ocala, FL, USA) [47; 48] на дооперационном этапе, как правило, для формирования базового уровня данных силы мышц спины для врачей и специалистов по физическим упражнениям, чтобы помочь в планировании программы реабилитации как на дооперационном этапе, так и после хирургического лечения.

Однако проведение этого исследования имеет довольно жесткий характер ограничений. Критериями исключения являлись: 1) неспособность должным образом следовать протоколу измерения силы из-за сильной боли в спине; 2) ограничения диапазона движений в поясничной области; 3) предшествующая простая декомпрессия без

инструментальной фиксации; 4) предшествующая операция на поясничном отделе позвоночника или спондилодез. Критериями включения были отсутствие ранее проведенной операции на поясничном отделе позвоночника или спондилодеза, полный диапазон движений при поясничном движении, отсутствие сильных болей в спине и согласие на тестирование [47].

Все эти ограничения не позволяют использовать в полном объеме данный метод в оценке функциональных результатов лечения больных с поясничным стенозом пожилого возраста.

Инструментальную оценку силы мышц нижних конечностей у данной категории больных можно найти в единичных работах [25]. Например, сила максимального произвольного сокращения мышц разгибателей колена исследовалась с помощью датчика нагрузки (модель LSB350; Futek Advanced SensorTechnology Inc., США) [25]. Анализ инструментальной оценки силовой компоненты состояния мышц нижних конечностей, в литературе, остается слабо освещенным.

Исследование биоэлектрической активности мышц (электромиография)

Электродиагностическое тестирование (электромиография и исследования нервной проводимости) обычно не рекомендуется для пациентов с подозрением на СПКПО [18], поскольку, например, у больных с СПКПО пожилого возраста отсутствуют нарушения нервной проводимости и симпатической кожной реакции [49]. Тем не менее в случаях с нетипичными нарушениями электромиография может быть полезна в сочетании с полноценным клиническим обследованием [50]. Кроме того, она может дать объективное доказательство повреждения корешка – радикулопатии, частого последствия СПКПО. Электромиографические исследования подтвердили высокую частоту радикулопатий, особенно мультирадикулопатий у данной категории больных [49].

По мнению M.S. Ziegler et al., ЭМГ и МРТ являются дополнительными инструментами для оценки радикулопатии у больных с СПКПО [49].

Таким образом, несмотря на то что ЭМГ не всегда информативна в качестве диагностического инструмента для больных с СПКПО, она может верифицировать радикулопатию даже у пациентов без классических симптомов нарушений в корешке. Будущие исследования могут соотнести показатели ЭМГ и подход к лечению, так как ЭМГ может добавить информацию, определяя, какой корешок поврежден. Это позволит оценить степень тяжести заболевания и определить стратегию хирургического вмешательства, особенно если присутствует диффузная аномалия по данным МРТ.

Заключение

Таким образом, в настоящее время набор используемых методов инструментальной

оценки функционального состояния больных со стенозом позвоночного канала поясничного отдела позвоночника пожилого возраста до и после оперативного лечения достаточно широк. Большинство методов традиционно предназначены для количественной оценки ходьбы, которые представлены как высокотехнологичными и дорогими методами (3D-анализ походки), так и простыми и дешевыми (тест - самостоятельная ходьба). Каждый метод имеет достоинства и недостатки, степень информативности и доступности.

Некоторые авторы рекомендуют оценивать длительный период непрерывного мониторинга двигательной активности (4-7 дней), изучая влияние различных форм реабилитации на улучшение послеоперационной физической активности и работоспособности. Другие считают, что добавление ежедневного мониторинга активности (тест - самостоятельная ходьба) в течение определенного времени может позволить измерять как емкость, так и производительность работы.

Хотя объективные методы оценки ходьбы можно использовать в качестве отдельных показателей результата лечения, тем не менее они не превосходят самостоятельно сообщаемую пациентом информацию о способности к ходьбе и не заменяют специфические для заболевания показатели боли и функции.

Кроме того, несмотря на то что результаты исследования (3D-анализ походки) свидетельствуют о значительном снижении общей функции нижних конечностей, менее стабильной координации мышц нижних конечностей, силовому компоненту инструментальной оценки состояния мышц нижних конечностей не уделено должного внимания.

Во всех описаниях семиотики и патогенеза стеноза позвоночного канала поясничного отдела сообщают о сенсорных нарушениях в нижних конечностях. Однако анализ чувствительности и методы исследования чувствительности у данной категории больных в литературе не представлен.

Список литературы

1. Ploumis A., Transfledt E.E., Denis F. Degenerative lumbar scoliosis associated with spinal stenosis. *Spine J.* 2007. vol. 7. no. 4. P. 428-436. DOI: 10.1016/j.spinee.2006.07.015.
2. Phan K., Rao P.J., Ball J.R., Mobbs R.J. Interspinous process spacers versus traditional decompression for lumbar spinal stenosis: systematic review and meta-analysis. *J Spine Surg.* 2016. vol. 2. no. 1. P. 31-40. DOI: 10.21037/jss.2016.01.07.
3. Amundsen T., Weber H., Lilleas F., Nordal H.J., Abdelnoor M., Magnaes B. Lumbar spinal stenosis. Clinical and radiologic features. *Spine.* 1995. no. 20. P. 1178-1186.

4. Rainville J., Childs L.A., Peña E.B., Suri P., Limke J.C., Jouve C., Hunter D.J. Quantification of walking ability in subjects with neurogenic claudication from lumbar spinal stenosis--a comparative study. *Spine J.* 2012. vol. 12. no. 2. P. 101-109. DOI: 10.1016/j.spinee.2011.12.006.
5. Kalichman L., Cole R., Kim D.H., Li L., Suri P., Guermazi A., Hunter D.J. Spinal stenosis prevalence and association with symptoms: the Framingham Study. *Spine J.* 2009. no. 9. P. 545-550. DOI: 10.1016/j.spinee.2009.03.005.
6. Sobottke R., Aghayev E., Roder C., Eysel P., Delank S.K., Zweig T. Predictors of surgical, general and follow-up complications in lumbar spinal stenosis relative to patient age as emerged from the Spine Tango Registry. *Eur. Spine J.* 2012. vol. 21. no. 3. P. 411-417. DOI: 10.1007/s00586-011-2016-y.
7. Ishimoto Y., Yoshimura N., Muraki S., Yamada H., Nagata K., Hashizume H., Takiguchi N., Minamide A., Oka H., Kawaguchi H., Nakamura K., Akune T., Yoshida M. Prevalence of symptomatic lumbar spinal stenosis and its association with physical performance in a population based cohort in Japan: the Wakayama Spine Study. *Osteoarthritis Cartilage.* 2012. vol. 20. no. 10. P. 1103-1108. DOI: 10.1016/j.joca.2012.06.018.
8. Bagley C., MacAllister M., Dosselman L., Moreno J., Aoun S.G., El Ahmadieh T.Y. Current concepts and recent advances in understanding and managing lumbar spine stenosis [version 1; peer review: 3 approved]. *F1000Research.* 2019. no. 8 (F1000 Faculty Rev). P. 137. DOI: 10.12688/f1000research.16082.1.
9. Kreiner D.S., Shaffer W.O., Baisden J.L., Gilbert T.J., Summers J.T., Toton J.F., Hwang S.W., Mendel R.C., Reitman C.A. An evidence-based clinical guideline for the diagnosis and treatment of degenerative lumbar spinal stenosis (update). *Spine J.* 2013. vol. 13. no. 7. P. 734-743. DOI: 10.1016/j.spinee.2012.11.059.
10. Lurie J., Tomkins-Lane C. Management of lumbar spinal stenosis. *BMJ.* 2016. no. 352. P. h6234. DOI: 10.1136/bmj.h6234.
11. Grelat M., Gouteron A., Casillas J.M., Orliac B., Beaurain J., Fournel I., Laroche D. Walking Speed as an Alternative Measure of Functional Status in Patients with Lumbar Spinal Stenosis. *World Neurosurg.* 2019. no. 122. P. e591-e597. DOI: 10.1016/j.wneu.2018.10.109.
12. Abou-Al-Shaar H., Adogwa O., Mehta A.I. Lumbar Spinal Stenosis: Objective Measurement Scales and Ambulatory Status. *Asian Spine J.* 2018. vol. 12. no. 4. P. 765-774. DOI: 10.31616/asj.2018.12.4.765.
13. Zaina F., Tomkins-Lane C., Carragee E., Negrini S. Surgical Versus Nonsurgical Treatment for Lumbar Spinal Stenosis. *Spine.* 2016. vol. 41. no. 14. P. E857-E868. DOI: 10.1097/BRS.0000000000001635.

14. Asghar F.A., Hilibrand A.S. The impact of the Spine Patient Outcomes Research Trial (SPORT) results on orthopaedic practice. *J. Am. Acad. Orthop. Surg.* 2012. vol. 20. no. 3. P. 160-166. DOI: 10.5435/JAAOS-20-03-160.
15. Försth P., Ólafsson G., Carlsson T., Frost A., Borgström F., Fritzell P., Öhagen P., Michaëlsson K., Sandén B. A Randomized, Controlled Trial of Fusion Surgery for Lumbar Spinal Stenosis. *N. Engl. J. Med.* 2016. vol. 374. no. 15. P. 1413-1423. DOI: 10.1056/NEJMoa1513721.
16. Friedly J., Standaert C., Chan L. Epidemiology of spine care: the back pain dilemma. *Phys. Med. Rehabil. Clin. N. Am.* 2010. vol. 21. no. 4. P. 659-677. DOI: 10.1016/j.pmr.2010.08.002.
17. Deyo R.A., Mirza S.K., Martin B.I., Kreuter W., Goodman D.C., Jarvik J.G. Trends, major medical complications, and charges associated with surgery for lumbar spinal stenosis in older adults. *JAMA.* 2010. vol. 303. P. 1259-1265. DOI: 10.1001/jama.2010.338.
18. Genevay S., Atlas S.J., Katz J.N. Variation in eligibility criteria from studies of radiculopathy due to a herniated disc and of neurogenic claudication due to lumbar spinal stenosis: a structured literature review. *Spine.* 2010. vol. 35. no. 7. P. 803-811. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181bc9454.
19. Oğuz H., Levendoğlu F., Oğün T.C., Tantuş A. Loading is more effective than posture in lumbar spinal stenosis: a study with a treadmill equipment. *Eur. Spine J.* 2007. vol. 16. iss. 7. P. 913-918.
20. Austevoll I.M., Gjestad R., Grotle M., Solberg T., Brox J.I., Hermansen E., Rekeland F., Indrekvam K., Storheim K., Hellum C. Follow-up score, change score or percentage change score for determining clinical important outcome following surgery? An observational study from the Norwegian registry for Spine surgery evaluating patient reported outcome measures in lumbar spinal stenosis and lumbar degenerative spondylolisthesis. *BMC Musculoskelet Disord.* 2019. vol. 20. no. 1. P. 31. DOI: 10.1186/s12891-018-2386-y.
21. Chiarotto A., Deyo R.A., Terwee C.B., Boers M., Buchbinder R., Corbin T.P., Costa L.O., Foster N.E., Grotle M., Koes B.W., Kovacs F.M., Lin C.W., Maher C.G., Pearson A.M., Peul W.C., Schoene M.L., Turk D.C., van Tulder M.W., Ostelo R.W. Core outcome domains for clinical trials in non-specific low back pain. *Eur. Spine J.* 2015. vol. 24. no. 6. P.1127-1142. DOI: 10.1007/s00586-015-3892-3.
22. Toosizadeh N., Yen T.C., Howe C., Dohm M., Mohler J., Najafi B. Gait behaviors as an objective surgical outcome in low back disorders: a systematic review. *Clin. Biomech (Bristol, Avon).* 2015. vol. 30. iss. 6. P. 528-536. DOI: 10.1016/j.clinbiomech.2015.04.005.
23. Barz T., Melloh M., Staub L., Roeder C., Lange J., Smiszek F.G., Theis J.C., Merk H.R. The diagnostic value of a treadmill test in predicting lumbar spinal stenosis. *Eur. Spine J.* 2008. vol. 17. no. 5. P. 686-690. DOI: 10.1007/s00586-008-0593-1.

24. Zeifang F., Schiltenswolf M., Abel R., Moradi B. Gait analysis does not correlate with clinical and MR imaging parameters in patients with symptomatic lumbar spinal stenosis. *BMC Musculoskelet Disord.* 2008. vol. 9. P. 89. DOI: 10.1186/1471-2474-9-89.
25. Marchand A.A., Suitner M., O'Shaughnessy J., Châtillon C.É., Cantin V., Descarreaux M. Effects of a prehabilitation program on patients' recovery following spinal stenosis surgery: study protocol for a randomized controlled trial. *Trials.* 2015. vol. 16. P. 483. DOI: 10.1186/s13063-015-1009-2.
26. Fritz J.M., Erhard R.E., Delitto A., Welch W.C., Nowakowski P.E., Nowakowski P.E. Preliminary results of the use of a two-stage treadmill test as a clinical diagnostic tool in the differential diagnosis of lumbar spinal stenosis. *J. Spinal Disord.* 1997. vol. 10. no. 5. P. 410-416.
27. Tomkins C.C., Battie M.C., Rogers T., Jiang H., Petersen S. A criterion measure of walking capacity in lumbar spinal stenosis and its comparison with a treadmill protocol. *Spine.* 2009. vol. 34. no. 22. P. 2444-2449. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181b03fc8.
28. Moon E.S., Kim H.S., Park J.O., Shin D.E., Ha J.W., Shim D.J., Kwak Y.H., Lee K.I. Comparison of the predictive value of myelography, computed tomography and MRI on the treadmill test in lumbar spinal stenosis. *Yonsei. Med. J.* 2005. vol. 46. no. 6. P. 806-811. DOI: 10.3349/ymj.2005.46.6.806.
29. Kwok B.C., Pua Y.H., Mamun K., Wong W.P. The minimal clinically important difference of six-minute walk in Asian older adults. *BMC Geriatr.* 2013. no. 13. P. 23. DOI: 10.1186/1471-2318-13-23.
30. Bohannon R.W., Crouch R. Minimal clinically important difference for change in 6-minute walk test distance of adults with pathology: a systematic review. *J. Eval. Clin. Pract.* 2017. vol. 23. no. 2. P. 377-381. DOI: 10.1111/jep.12629.
31. Loske S., Nüesch C., Byrnes K.S., Fiebig O., Schären S., Mündermann A., Netzer C. Decompression surgery improves gait quality in patients with symptomatic lumbar spinal stenosis. *Spine J.* 2018. vol. 18. no. 12. P. 2195-2204. DOI: 10.1016/j.spinee.2018.04.016.
32. ATS Committee on Proficiency Standards for Clinical Pulmonary Function Laboratories. ATS statement: guidelines for the six-minute walk test. *Am. J. Respir. Crit. Care. Med.* 2002. vol. 166. no. 1. P. 111-117. DOI: 10.1164/ajrccm.166.1.at1102.
33. Casillas J.M., Hannequin A., Besson D., Benaïm S., Krawcow C., Laurent Y., Gremeaux V. Walking tests during the exercise training: Specific use for the cardiac rehabilitation. *Ann. Phys. Rehabil. Med.* 2013. vol. 56. iss. 7-8. P. 561-575. DOI: 10.1016/j.rehab.2013.09.003.
34. Tong H.C., Haig A.J., Geisser M.E., Yamakawa K.S.J., Miner J.A. Comparing pain severity and functional status of older adults without spinal symptoms, with lumbar spinal stenosis and with axial low back pain. *Gerontology.* 2007. vol. 53. no. 2. P. 111-115. DOI: 10.1159/000096861.

35. Smuck M., Muaremi A., Zheng P., Norden J., Sinha A., Hu R., Tomkins-Lane C. Objective measurement of function following lumbar spinal stenosis decompression reveals improved functional capacity with stagnant real-life physical activity. *Spine J.* 2018. vol. 18. iss. 1. P. 15-21. DOI: 10.1016/j.spinee.2017.08.262.
36. Conway J., Tomkins C.C., Haig A.J. Walking assessment in people with lumbar spinal stenosis: capacity, performance, and self-report measures. *Spine J.* 2011. vol. 11. iss. 9. P. 816-823. DOI: 10.1016/j.spinee.2010.10.019.
37. Keell S.D., Chambers J.S., Francis D.P., Edwards D.F., Stables R.H. Shuttle-walk test to assess chronic heart failure. *Lancet.* 1998. vol. 352. iss. 9129. P. 705. DOI: 10.1016/s0140-6736(05)60821-5.
38. Pratt R.K., Fairbank J.C., Virr A. The reliability of the Shuttle Walking Test, the Swiss Spinal Stenosis Questionnaire, the Oxford Spinal Stenosis Score, and the Oswestry Disability Index in the assessment of patients with lumbar spinal stenosis. *Spine.* 2002. vol. 27. no. 1. P. 84-91.
39. Bassett D.R., Troiano R.P., McClain J.J., Wolff D.L. Accelerometer-based physical activity: total volume per day and standardized measures. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2015. vol. 47. no. 4. P. 833-838. DOI:10.1249/MSS.0000000000000468.
40. Song J., Semanik P., Sharma L., Chang R.W., Hochberg M.C., Mysiw W.J., Bathon J.M., Eaton C.B., Jackson R., Kwok C.K., Nevitt M., Dunlop D.D. Assessing physical activity in persons with knee osteoarthritis using accelerometers: data from the osteoarthritis initiative. *Arthritis Care Res.* 2010. vol. 62. no. 12. P. 1724-1732. DOI: 10.1002/acr.20305.
41. Donath L., Faude O., Lichtenstein E., Nüesch C., Mündermann A. Validity and reliability of a portable gait analysis system for measuring spatiotemporal gait characteristics: comparison to an instrumented treadmill. *J. Neuroeng. Rehabil.* 2016. vol. 13. P. 6. DOI: 10.1186/s12984-016-0115-z.
42. Stienen M.N., Maldaner N., Joswig H., Corniola M.V., Bellut D., Prömmel P., Regli L., Weyerbrock A., Schaller K., Gautschi O.P. Objective functional assessment using the "Timed Up and Go" test in patients with lumbar spinal stenosis. *Neurosurg. Focus.* 2019. vol. 46. no. 5. E4. DOI: 10.3171/2019.2.FOCUS18618.
43. Podsiadlo D., Richardson S. The timed "Up & Go": a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *J. Am. Geriatr. Soc.* 1991. vol. 39. no. 2. P. 142-148. DOI: 10.1111/j.1532-5415.1991.tb01616.x.
44. Garbelotti S.A.Jr., Lucareli P.R., Ramalho A.Jr., de Godoy W., Bernal M., D'Andréa Greve J.M. An investigation of the value of tridimensional kinematic analysis in functional diagnosis of lumbar spinal stenosis. *Gait Posture.* 2014. vol. 40. no 1. P. 150-153. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2014.03.013.

45. Goto T., Sakai T., Enishi T., Sato N., Komatsu K., Sairyō K., Katoh S. Changes of posture and muscle activities in the trunk and legs during walking in patients with lumbar spinal stenosis after decompression surgery. A preliminary report. *Gait Posture*. 2017. vol. 51. P. 149-152. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2016.10.006.
46. Shin S.S., Yoo W.G. Stepping over an obstacle in patients with lumbar spinal stenosis: Trunk and lower extremities of kinematic and muscle activation normalized by double limb support. A preliminary study. *Technol. Health. Care*. 2019. vol. 27. no. 1. P. 1-11. DOI: 10.3233/THC-171082.
47. Park W.H., Lee C.S., Kang K.C., Seo Y.G. Characteristics of Back Muscle Strength in Patients with Scheduled for Lumbar Fusion Surgery due to Symptomatic Lumbar Degenerative Diseases. *Asian Spine J*. 2014. vol. 8. no. 5. P. 659-666. DOI: 10.4184/asj.2014.8.5.659.
48. Seo Y.G., Park W.H., Lee C.S., Kang K.C. Lumbar Extensor Muscle Size and Isometric Muscle Strength in Women with Symptomatic Lumbar Degenerative Diseases. *Asian Spine J*. 2018. vol. 12. no. 5. P. 943-950. DOI: 10.31616/asj.2018.12.5.943.
49. Ziegler M.S., Scalco S., Zardo E.D.A., Becker J., Gomes I. Electromyography and Nerve Conduction Studies in Patients with Lumbar Spinal Stenosis: Is Neurophysiological Examination an Important Tool? *J. Neurol. Neurophysiol*. 2014. vol. 5. P. 1000203. DOI: 10.4172/2155-9562.1000203.
50. Yagci I., Gunduz O.H., Ekinci G., Diracoglu D., Us O., Akyuz G. The utility of lumbar paraspinal mapping in the diagnosis of lumbar spinal stenosis. *Am. J. Phys. Med. Rehabil*. 2009. vol. 88. no. 10. P. 843-851. DOI: 10.1097/PHM.0b013e3181b333a9.