Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры
2024, Т. 101, №4, с. 70–77
https://doi.org/10.17116/kurort202410104170

Problems of balneology, physiotherapy and exercise therapy
2024, Vol. 101. no. 4, pp. 70–77
https://doi.org/10.17116/kurort202410104170

Нейрофизиологическое обоснование и оценка валидности мануального мышечного тестирования в клинической практике. (Обзор литературы)

© М.А. СПИРИНА, Т.И. ВЛАСОВА, А.В. СИТДИКОВА, А.В. СЕРГАЧЕВ, В.В. ЧАТКИН, А.Е. МЕЖНОВ

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва», Саранск, Россия

РЕЗЮМЕ

Актуальность изучения причин и механизмов нервно-мышечной дисфункции не вызывает сомнений, учитывая большое число нозологий, сопровождающихся нарушением нормального функционирования мышц. Без понимания патогенетических механизмов, лежащих в основе данных нарушений, невозможна их адекватная диагностика и коррекция. В настоящее время широкое распространение получила методика мануального мышечного тестирования (ММТ). ММТ представляет собой гибкий диагностический инструмент, используемый физиотерапевтами, врачами спортивной медицины, остеопатами и реабилитологами для оценки функционального состояния мышц. Безусловно, данный метод привлекает своей невысокой стоимостью, что позволит оптимизировать финансовые затраты лечебного учреждения и системы здравоохранения в целом. Вместе с тем нет четкого обоснования объективности и валидности ММТ до настоящего времени. В статье рассмотрены вопросы нейрофизиологических принципов, классификации методов и подходов, критериев оценки повторяемости и точности ММТ. Понимание патофизиологических механизмов эффективности ММТ позволит своевременно скорректировать терапию и улучшить результаты лечения и реабилитации пациентов с нервно-мышечной дисфункцией.

Ключевые слова: *прикладная кинезиология, нервно-мышечные заболевания, мышечное напряжение.*

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:
Спирина М.А. — https://orcid.org/0000-0001-9974-1981
Власова Т.И. — https://orcid.org/0000-0002-2624-6450
Ситдикова А.В. — https://orcid.org/0000-0001-9783-6813
Сергачев А.В. — https://orcid.org/0000-0002-1629-1071
Чаткин В.В. — https://orcid.org/0000-0001-8652-0071
Межнов А.Е. — https://orcid.org/0000-0002-1799-4019
Автор, ответственный за переписку: Спирина М.А. — e-mail: mas.dokuments@yandex.ru

КАК ЦИТИРОВАТЬ:
Спирина М.А., Власова Т.И., Ситдикова А.В., Сергачев А.В., Чаткин В.В., Межнов А.Е. Нейрофизиологическое обоснование и оценка валидности мануального мышечного тестирования в клинической практике. (Обзор литературы). *Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры*. 2024;101(4):70–77. https://doi.org/10.17116/kurort202410104170

Neurophysiological substantiation and validity assessment of manual muscle testing in clinical practice. (A literature review)

© M.A. SPIRINA, T.I. VLASOVA, A.V. SITDIKOVA, A.V. SERGACHEV, V.V. CHATKIN, A.E. MEZHNOV

National Research Ogarev Mordovia State University, Saransk, Russia

ABSTRACT

The relevance of the study of neuromuscular dysfunction's causes and mechanisms is undeniable, considering the large number of nosologies accompanied by malfunction of muscles. Adequate diagnosis and correction of these disorders is impossible without understanding of their pathogenetic mechanisms. Currently, manual muscle testing (MMT) is a widespread technique. MMT is an agile diagnostic tool used by physiatrists, doctors in sports medicine, osteopaths and rehabilitation physicians to assess the functional status of muscles. Unconditionally, this method attracts with its low cost, which will optimize the financial costs of hospital and the healthcare system as a whole. In addition, there is no clear substantiation of the objectivity and validity of the MMT to date. The article considers the issues of neurophysiological principles, classification of methods and approaches, assessment criteria of repeatability and accuracy of MMT. Understanding of the pathophysiological mechanisms of MMT effectiveness will allow to timely correct the therapy and improve the results of treatment and rehabilitation of patients with neuromuscular dysfunction.

Keywords: *applied kinesiology, neuromuscular diseases, muscle tension.*

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Spirina M.A. — https://orcid.org/0000-0001-9974-1981
Vlasova T.I. — https://orcid.org/0000-0002-2624-6450
Sitdikova A.V. — https://orcid.org/0000-0001-9783-6813
Sergachev A.V. — https://orcid.org/0000-0002-1629-1071
Chatkin V.V. — https://orcid.org/0000-0001-8652-0071
Mezhnov A.E. — https://orcid.org/0000-0002-1799-4019
Corresponding author: Spirina M.A. — e-mail: mas.dokuments@yandex.ru

TO CITE THIS ARTICLE:
Spirina MA, Vlasova TI, Sitdikova AV, Sergachev AV, Chatkin VV, Mezhnov AE. Neurophysiological substantiation and validity assessment of manual muscle testing in clinical practice. (A literature review). *Problems of Balneology, Physiotherapy and Exercise Therapy.* 2024;101(4):70–77. (In Russ.). https://doi.org/10.17116/kurort202410104170

Введение

Оценка функции двигательной системы с целью диагностики и контроля эффективности лечения, а также понимание причин скелетно-мышечной дисфункции становится все более важной темой в здравоохранении [1—3].

В настоящее время широкое распространение получила методика мануального мышечного тестирования (ММТ). ММТ представляет собой гибкий диагностический инструмент, используемый физическими терапевтами, врачами спортивной медицины, остеопатами и реабилитологами для оценки функционального состояния мышц [4, 5].

Около 100 лет назад основной задачей было определение степени мышечной слабости, вызванной неврологическими проблемами, такими как ювенильный полиомиелит. ММТ продолжает использоваться с целью диагностики мышечной слабости, но в гораздо более широком диапазоне: при миастении (ММТ может отразить выраженность симптомов миастении и коррелирует с ежедневной активностью пациентов), остром вялом миелите, для оценки функции мышц после тяжелых заболеваний органов дыхания (например, при COVID-19), боковом амиотрофическом склерозе, дерматомиозите [6—10].

ММТ также позволяет косвенно оценить функцию нервной системы и ее контроль над функцией мышц. ММТ широко применяется с целью диагностики и контроля качества мануальной терапии, в том числе как критерий эффективности и скорости проводимой реабилитации после операций [11—13].

ММТ стала инструментом оценки во всех областях реабилитации, особенно при работе с инвалидами [14—16]. Вместе с тем ММТ преимущественно применяется при неврологических заболеваниях, т.к. фактически оценивает способность мышцы реагировать адаптивно, генерировать мышечный ответ за счет рекрутирования двигательных единиц, «отвечать» на сопротивление терапевта и удерживать мобилизованный сегмент в нужном положении [17]. Клиническая практика показала, что между оценками разных специалистов отмечались различия, вызванные либо использованием менее строгих методов, временем, затрачиваемым на контрольный или пробный тест, либо стабилизацией и позиционированием пациентов. В связи с этим при каждой оценке ММТ необходимо использовать и соблюдать строгий протокол [18—21].

При использовании ММТ с исследовательской целью обычно определяют правила выполнения ММТ. Например, процедуры ручного тестирования мышц Национального института наук об окружающей среде (National Institute of Environmental Health Sciences Muscle Strength Testing, Manual Muscle Testing) предписывают проведение ММТ у пациентов с ювенильным миозитом в отношении тестируемой мышцы и положения тестирования, порядка тестирования, классификации мышц и даже точной формулировки команд.

ММТ не требует больших временны́х затрат, но обладает низкой чувствительностью и специфичностью в обнаружении легкой слабости, показывая лишь существенные отклонения [22, 23]. Ручная динамометрия используется реже, чем ММТ, но является объективной мерой мышечной силы, она может преодолеть некоторые ограничения последнего. С помощью ручной динамометрии можно обнаруживать легкие ухудшения или улучшения во время курса лечения [24]. Однако изокинетические машины и динамометры, используемые для более объективных мышечных тестов, все еще слишком дороги или обременительны для клинического использования, хотя эти устройства ценны для исследовательских целей.

Помимо высокой стоимости исследования при применении изокинетических аппаратов недостатком в клинических условиях являются большие затраты времени, необходимые для проведения измерений. Напротив, ММТ можно выполнять очень быстро для большого количества мышц за короткое время. Это сделало его важным инструментом в клинической практике [25]. ММТ рекомендуется применять и в случае невозможности провести кистевую динамометрию (например, у пациентов с перинатальной энцефалопатией, сопровождающейся двигательными нарушениями) [26].

Нейрофизиологические принципы мануального мышечного тестирования

В литературе отсутствует ясность, а среди разных авторов имеется некоторая двусмысленность в отношении того, какой тип двигательной функции тестируется. Было высказано предположение, что ММТ является методом исследования дисфункции позвоночника, а также центральной и периферической нервной системы. С помощью ММТ преимущественно исследуют способность нервно-мышечной системы адаптироваться к внешним изменяющимся силам, поэтому термин «адаптивная сила» кажется наиболее подходящим [27, 28].

Центральные и периферические структуры нервно-мышечной системы должны тесно взаимодействовать, чтобы обеспечить соответствующую адаптацию к внешним факторам. Задействованная сложная сеть управления моторикой включает среди прочего моторную кору, таламус, мозжечок, нижнее ядро олив, базальные ганглии, кору поясной извилины и красное ядро [29—39]. В процессе адаптации к внешним силам нервная система сталкивается с проблемой времени. Для корректировки силы и ее адаптации при изменении внешних условий требуется около 80—100 мс, что соответствует длительности времени прохождения импульса по проводящим путям [40, 41].

Следовательно, в случае изменяющегося внешнего воздействия адаптирующаяся система должна предвидеть предполагаемое изменение. Результаты ряда исследований показывают, что в этот процесс прямого управления вовлечена цепь между мозжечком и нижним ядром олив [35, 42, 43]. Эта схема, по-видимому, имеет особое значение для характеристик силового профиля, применяемого испытателем во время ММТ.

В условиях ММТ испытуемый и пациент взаимодействуют оптимально только в квазиизометрическом равновесии, несмотря на различное приложение силы испытуемым. Испытующий выполняет изометрическое мышечное действие толканием, а пациент выполняет удерживающее изометрическое мышечное действие, при этом он должен просто реагировать и адаптироваться к приложенной силе тестирующего. Если пациент может правильно сопротивляться, взаимодействие остается изометрическим до конца теста. Если пациент не может адекватно адаптироваться, мышца пациента будет удлиняться во время увеличения усилия испытующим; таким образом, оно сольется с эксцентрической работой мышц. Если мышца сдается до того, как будет достигнуто максимальное усилие, значит сенсомоторная система субъекта не смогла адаптироваться. Это может быть связано с временной проблемой нервно-мышечной системы при адаптации к внешним силам. Пациента просят стабилизировать заданное положение конечности, в то время как возрастающая внешняя сила имеет тенденцию смещать конечность из своего положения. Сигналы инициации движения, поступающие по проприоцептивному пути, вызывают длительные латентные ответы со временем выполнения около 100 мс [41]. Если условия меняются, соответствующие двигательные коррекции также следуют с латентностью 80—110. Соответствующая мышца должна увеличить свою силу, чтобы компенсировать отклонения и сохранить положение и длину мышцы. Однако когда примерно через 100 мс приходит корректирующий ответ, внешняя сила уже увеличилась еще больше. Следовательно, во время непрерывного увеличения внешней силы необходим непрерывный механизм прямого управления для реализации корректировок, включая упреждающий рост силы через 100 мс. Задача прямого управления предположительно выполняется оливо-мозжечковой системой [42, 43]. В этом процессе используется способность мозжечка предсказывать связанные двигательные события во взаимодействии с нижним ядром олив (Inferior olivary nucleus, ION). ION обеспечивает ритмичный нейронный временной сигнал для обеспечения временных скоординированных движений. На основании нейрофизиологических соображений предполагается, что ММТ исследует нейронный контроль двигательной функции специфическим адаптивным образом. Интересным представляется определение D.S. Walther, согласно которому большинство мышечных тестов не оценивают мощность, которую может произвести мышца; скорее, они оценивают, как нервная система контролирует мышечную функцию.

Классификации мануального мышечного тестирования

Проблемы со стандартизацией метода также возникают вследствие различных классификаций, используемых при проведении ММТ. На сегодняшний день мышечная сила оценивается с использованием классической системы Райта и Ловетта, разработанной в 1912 г. (включает 6 степеней мышечной силы), или с помощью индивидуальных вариантов, таких как:

— шкала MRC, использующая числовую градацию, аналогичную классической шкале ММТ, но отличающаяся от нее тем, что IV и V степени мышечной силы определяются по-разному [41];
— шкала Кендалла, которая использует процентную градацию мышечной силы и оценивает отдельные мышцы;
— шкала Даниэля и Уортингема, которая использует 5-балльную шкалу, определяемую как нормальная, хорошая, удовлетворительная, плохая, следовая и нулевая, и оценивает мышцы, выполняющие движение в суставах, а не отдельные мышцы;

Классическая система подсчета баллов при ММТ
Classical MMT scoring system

Оценка, баллы	Описание	Критерий
0	Нет сокращения	В мышце не ощущается сокращение
1	След мышечного сокращения	Сокращение мышцы можно ощутить при пальпации, но без движения
2	Плохое сокращение мышц	Сокращение мышц и движение сегмента в положении отбрасывания гравитации (гравитация сведена к минимуму)
3	Сокращение мышц	Полное движение сегмента против силы тяжести
4	Хорошее сокращение мышц	Полное движение сегмента против силы тяжести и с умеренным сопротивлением
5	Нормальное сокращение мышц	Полное движение сегмента против силы тяжести и максимального сопротивления

— шкала L. Noreau и J. Vachon [46], представляющая собой более систематизированный вариант, с помощью которого можно проводить дифференцированное разграничение степеней мышечной силы. Авторы предлагают систему оценок от 0 до 5 с разбиением на 0,5 балла.

Классическая система оценки ММТ, также известная как Оксфордская шкала или шкала MRC, представляет собой систему оценки с 6 баллами, как описано в **таблице**. Ее разработка приписывается Райту и Ловетту (1916). Впервые MRC была использована для оценки нарушений мышечной силы, проявившихся во время вспышки полиомиелита в начале XX века, которые связаны с прогрессирующей мышечной слабостью с последующей мышечной атрофией, фиброзом и ретракцией, болью от дегенеративных изменений суставов и утомляемостью.

Поскольку с помощью 6-балльной шкалы системы ММТ можно учитывать значительные различия, в настоящее время в рекомендациях предлагается использовать символы «+/−» до или после подсчета баллов, чтобы дать более точную оценку мышечной силы [47].

В 1940 г. Kendall и соавт. усовершенствовали методику оценки, установив определенные тестовые позиции и «пробный тест». ММТ, которому обучают сегодня, включает методы антигравитационных испытаний Райта и Ловетта с уточнением Kendall. Kendall отмечает, что навыки экзаменатора имеют первостепенное значение для точной оценки мышечной силы. Следы мышечных сокращений (I степень) оцениваются путем сравнения с отсутствием мышечных сокращений (степень 0) на основании визуального осмотра и навыков пальпации; II степень (слабое сокращение мышц) отличается от III степени положением: при II степени мышца сокращается без противодействия силе тяжести, а при III степени движение выполняется против силы тяжести; обе степени требуют наличия полного движения. Эта шкала, по-видимому, соответствует классификации Janda, который также предположил 6-ступенчатую шкалу оценки, варьирующуюся от градации «отсутствие признаков сократимости» (уровень 0) до «нормальной сократимости» (уровень 5), при этом уровень 5 характеризуется «очень сильной сократимостью» — мышца с полным диапазоном движений, способная преодолевать значительное сопротивление. Оба подхода различают мышечную силу и тест длины мышц, но в отличие от Kendall и соавт., подход Janda, основанный на работах Daniels, Williams и Worthingham, направлен на концентрическое сокращение тестируемой мышцы (частично при внешнем сопротивлении, оказываемом исследователем).

Однако этот распространенный клинический метод оценки мышечной силы имеет ограничения, такие как низкая чувствительность и диагностическая точность (всего 78%) [19] по сравнению с технологическими системами измерения, например динамометрией [10].

Заметная модифицированная шкала оценки ММТ была предложена Noureau и Vachon в 1999 г. при исследовании травм спинного мозга. В зависимости от амплитуды движения, выполняемого субъектом, при их подходе интервалы оценки подразделяются на два, что привело к 4 дополнительным баллам: 1,5; 2,5; 3,5 и 4,5. Тот же протокол оценки был использован для детей с расщеплением позвоночника в 2009 г. Mahony и соавт. Обе модификации показали хорошую надежность и устойчивую корреляцию оценки с динамометрией как объективным методом оценки. Подчеркнем, что при ряде патологий следует использовать именно модифицированную методику ММТ для выявления мышечной дисфункции [48].

Субъективность/объективность мануального мышечного тестирования

Как упоминалось выше, быстрота и гибкость являются преимуществами ММТ в клинической практике. С научной точки зрения ценность диагностического инструмента характеризуется объективностью и воспроизводимостью. Из-за субъективного характера ММТ необходимы оценка и обсуждение этих научных критериев качества [49]. Результаты шкалы ММТ зависят от навыков исследующего оказывать внешнее

сопротивление движению, выполняемому пациентом, особенно в отношении IV и V степени, по крайней мере, в отношении теста Daniel и Worthingham.

Имеются два основных аспекта субъективности во время ММТ в зависимости от исследователя: изменение силы мышцы во времени и оценка реакции пациента. Субъективное суждение испытателя основано на восприятии сопротивления, оказываемого пациентом. Оно варьируется от «полного сопротивления» или своего рода «запирания» до «слабости» или явной «уступчивости». Прикладываемое давление дифференцируется на уровни «незначительное», «умеренное» или «сильное» [50].

K. Conable и соавт. (2006) пришли к выводу, что различия в величине и изменении силы в динамике во время проведения ММТ могут привести к разным результатам у одного и того же пациента при исследовании одной и той же мышцы. Такое утверждение приводит к двум важным выводам. Во-первых, адекватная оценка тестирующего будет необходимым условием для сравнения результатов ММТ по временно́й шкале. Во-вторых, сравнение результатов ММТ между разными исследующими требует согласования методов тестирования в отношении изменения силы во времени.

В дополнение к сопротивлению, оказываемому силой тяжести весу мобилизованного сегмента, терапевт пытается привести сегмент в исходное положение после выполнения движения с полной амплитудой с дополнительным сопротивлением умеренного типа (определяемым как 4-й класс) или с максимальным сопротивлением или испытанием на разрыв (определяется как 5-й класс/«нормальный»/«хороший» в зависимости от используемого варианта). Более того, оценка может колебаться, если при клиническом осмотре или исследовании с разными пациентами работают несколько исследователей. Предыдущие исследования подчеркивают, что из-за вариабельности ММТ результаты значений межэкспертной надежности являются спорными. Наконец, у неопытных врачей (со стажем от 5 до 10 лет) могут возникнуть сложности при разграничении незначительных колебаний мышечной силы.

Результаты исследований показывают широкую неоднородность профилей силы между разными тестирующими в отношении начальной силы, максимальной силы, наклона и продолжительности, что может привести к различным суждениям. Следовательно, профессиональные сообщества должны разобраться, что необходимо считать эталоном. Во время обучения следует стандартизировать профили силы, применяемые при тестировании. Первоначально следует практиковаться, применяя стандартизированный профиль силы против стабильного сопротивления. Как известно, моторное обучение (искусство проверки) требует ряда правильных (и, следовательно, корректированных) повторений. Это должно контролироваться объективными измерениями, например, с помощью портативного устройства, измеряющего силовые характеристики.

Валидность мануального мышечного тестирования

Ценность результата обычно оценивается с точки зрения ее надежности (повторяемости) и достоверности (точности). ММТ на основе приемлемой надежности рекомендуется для тестирования силы у здоровых взрослых и детей, а также лиц с разными заболеваниями. Однако надежность охватывает только один из аспектов показателя результата: его повторяемость. Валидность (точность) меры результата не менее важна, но с ее оценкой возникают сложности [51]. Валидность определяется как надежность и обоснованность измерения или теста.

Прошло немало времени с момента публикации оригинальной работы R.W. Lovett, разработавшего ММТ как метод определения мышечной слабости у больных с полиомиелитом с повреждением клеток передних рогов спинного мозга, до внедрения ММТ неврологами как части своих диагностических навыков. ММТ как метод мануального исследования состояния нервной системы применяется с целью диагностики физической слабости из-за постуральных нарушений, травм и врожденных деформаций. Достоверность оригинальных методов ММТ R.W. Lovett была основана на теоретической конструкции, согласно которой правильно иннервированные мышцы могут генерировать большее напряжение, чем частично иннервированные мышцы, имеющиеся у пациентов с повреждением клеток передних рогов.

G.J. Goodheart предположил, вопреки физиотерапевтическому пониманию того времени, что мышечный спазм не был основным инициатором структурного дисбаланса. Согласно Goodheart, основной причиной структурного дисбаланса является мышечная слабость. Goodheart предположил, что проблема заключается в первичной слабости антагониста спастической мышцы. Под мышечной слабостью (наблюдаемой с помощью ММТ) понимают угнетение мотонейронов, расположенных в пуле мотонейронов передних рогов спинного мозга [52].

R. Lamb утверждает (1985), что ММТ имеет содержательную валидность, поскольку построение теста основано на известных физиологических, анатомических и кинезиологических принципах [53]. Этот специфический аспект ММТ в диагностике пациентов, в частности, описан в работе L.A. Michener (2005). Более подробно описана валидность ММТ в отношении пациентов с болью в пояснице. Корреляция между наличием «заторможенных» или «слабых» мышц, выявленных в результате ММТ, и болью в пояснице хорошо известна в исследовательской литературе.

Показано, что ММТ отличается надежностью и может быть использовано у пациентов с болью в пояснице. Ряд авторов предполагают, что нарушение функции мышц как причина и следствие дисфункции механорецепторов у пациентов является первичным звеном патогенетической цепи, что в конечном итоге приводит к хронической боли в спине.

Параллельная валидность ММТ также была изучена в нескольких исследованиях, сравнивающих силовой профиль, полученный с помощью ММТ, с силовым профилем, полученным с помощью инструментальной диагностики. Параллельная валидность теста относится к способности теста давать аналогичные результаты по сравнению с аналогичным тестом, у которого валидность уже установлена. Параллельная валидность ММТ проверяется, когда ММТ сравнивается с подтверждающим диагнозом с использованием золотого стандарта, например, с результатами электромиографии (ЭМГ) и/или динамометрического тестирования.

Измерение максимальной силы с помощью изокинетической динамометрии обеспечивает высокую объективность и воспроизводимость [54]. M. Marino и соавт. (1982) и C. Wadsworth и соавт. (1987) продемонстрировали хорошую надежность ММТ и выраженную корреляцию между результатами ручной динамометрии и ММТ. Оценки, измеренные с помощью динамометров, соответствовали восприятию исследователем мышечной слабости (p<0,001) в обоих исследованиях [55, 56].

G. Leisman и соавт. (1995) показали, что процедуры тестирования мышц могут быть объективно оценены посредством количественного определения электрических характеристик мышц [57]. Существует большой объем данных, демонстрирующих, что электромиографические сигналы используются в качестве объективного отображения нервно-мышечной активности у пациентов. ЭМГ является достоверным показателем рекрутирования двигательных единиц и отражает степень активности мышц [58].

Вместе с тем использование инструментальной диагностики обладает рядом недостатков. Электромиографы — дорогостоящие аппараты, и проведение комплексного исследования занимает много времени. При использовании динамометрии также возникает ряд проблем, в частности, обеспечение стабилизации, необходимой для контроля переменных и для стандартизации методики тестирования, т.к. даже незначительное наклонение устройства во время тестирования может изменить его результаты. Использование ЭМГ или динамометров в качестве золотого стандарта спорно, поскольку могут существовать ложноположительные или отрицательные результаты, и эти инструменты измеряют разные аспекты мышечной активности. Было обнаружено, что даже магнитно-резонансная томография (МРТ) (еще один диагностический золотой стандарт) не обладает достаточной чувствительностью и специфичностью. МРТ может идентифицировать поражение, но не может детализировать взаимосвязь находки с симптомами пациента. Эти важные факторы следует учитывать при рассмотрении экономической эффективности и клинической полезности других процедур тестирования для оценки мышечной силы.

Заключение

Если травма пациента приводит к боли и дисфункции, эффективное лечение может заключаться не только в устранении боли, но и в улучшении мышечной функции. Применение ММТ может добавить важную меру объективности в клиническую практику и потенциально повысить осведомленность пациента о своем теле и способности его тела к положительным изменениям в результате проводимой терапии. Безусловно, данный метод привлекает своей экономической характеристикой в плане финансовых затрат лечебного учреждения и системы здравоохранения в целом. Неоднозначным до настоящего времени остаются представления о валидности ММТ.

Оценка функциональных возможностей пациентов, страдающих нервно-мышечными расстройствами, особенно нарушениями мышечной силы, является важным вопросом для их диагностики и последующего наблюдения. В рамках естественного течения любого заболевания такая оценка может улучшить знания клинициста о задействованных патофизиологических процессах и может помочь предвидеть, а иногда и предотвращать пагубные последствия по мере прогрессирования заболевания. Это также полезно для выявления корреляции между тяжестью органического поражения и степенью функциональных нарушений. Несмотря на ряд недостатков, присущих ММТ, именно данный метод позволяет ответить на целый ряд вопросов, возникающих у клинициста. Дальнейшее изучение ММТ, его стандартизация и нейрофизиологическое обоснование этой методики позволит шире внедрить ее в клиническую практику, что будет способствовать своевременной и адекватной оценке реабилитационного потенциала пациентов.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare no conflicts of interest.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Rosner AL, Cuthbert SC. Applied kinesiology: distinctions in its definition and interpretation. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. 2012;16(4):464-487. https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2012.04.008
2. Kamali F, Shirazi SA, Ebrahimi S, et al. Comparison of manual therapy and exercise therapy for postural hyperkyphosis: A randomized clinical trial. *Physiotherapy theory and practice*. 2016;32(2):92-97. https://doi.org/10.3109/09593985.2015.1110739
3. Lewinson RT, Ganesh A, Yeung M. The Biomechanics of Manual Muscle Testing in the Neuromuscular Exam. *The Canadian journal of neurological sciences. Le journal canadien des sciences neurologiques*. 2018;45(5):518-521. https://doi.org/10.1017/cjn.2018.53
4. Jensen AM, Stevens RJ, Burls AJ. Estimating the accuracy of muscle response testing: two randomised-order blinded studies. *BMC Complement Altern Med*. 2016;16(1):492. https://doi.org/10.1186/s12906-016-1416-2
5. Еремушкин М.А., Бердюгин К.А., Федулова Д.В. Характеристика мышечной работы у спортсменов-легкоатлетов с нарушением интеллекта, слуха и детским церебральным параличом. *Вестник восстановительной медицины*. 2021;20(2):23-28.
Eremushkin MA, Berdyugin KA, Fedulova DV. Characteristics of muscle work in athletes-athletes with impaired intelligence, hearing and cerebral palsy. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2021;20(2):23-28. (In Russ.).
6. Beecher G, Anderson D, Siddiqi ZA. Subcutaneous immunoglobulin in myasthenia gravis exacerbation: A prospective, open-label trial. *Neurology*. 2017;89(11):1135-1141. https://doi.org/10.1212/WNL.0000000000004365
7. Suresh KV, Karius A, Wang KY, et al. Scoliosis in Pediatric Patients With Acute Flaccid Myelitis. *Top Spinal Cord Inj Rehabil*. 2022;28(1):34-41. https://doi.org/10.46292/sci21-00017
8. Angelini C., Siciliano G. Neuromuscular Diseases and Covid-19: Advices from Scientific Societies and Early Observations in Italy. *Eur J Transl Myol*. 2020;30:9032.
9. Haruyama K, Kawakami M. Clinical Tests for Predicting Fallers Among Ambulatory Patients with Amyotrophic Lateral Sclerosis: A Preliminary Cohort Study. *J Neuromuscul Dis*. 2022;9(2):303-310. https://doi.org/10.3233/JND-210730
10. Ciesla N, Dinglas V, Fan E, et al. Manual muscle testing: A method of measuring extremity muscle strength applied to critically ill patients. *J Vis Exp*. 2011;12:2632. https://doi.org/10.3791/2632
11. Song SY, Nam DC, Moon DK, et al. Surgical decompression timing for patients with foot drop from lumbar degenerative diseases: a meta-analysis. *Eur Spine J*. 2022;31(3):551-560. https://doi.org/10.1007/s00586-021-07045-2
12. Akuthota V, Marshall B, Boimbo S, et al. Clinical Course of Motor Deficits from Lumbosacral Radiculopathy Due to Disk Herniation. *PM R*. 2019;11(8):807-814. https://doi.org/10.1002/pmrj.12082
13. Odate S, Shikata J, Yamamura S, et al. Insufficient Recovery From C5 Palsy Following Anterior Cervical Decompression and Fusion. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2022;47(5):423-429. https://doi.org/10.1097/BRS.0000000000004225
14. Вакуленко С.В., Еремушкин М.А. Влияние упражнений изометрического характера на динамику показателей кондиционных способностей у пациентов с дорсопатиями. *Вестник восстановительной медицины*. 2020;4(98):135-139.
Vakulenko SV, Eremushkin MA. Isometric exercising impact on dynamics of physical condition indicators of dorsopathy patients. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2020;4(98):135-139. (In Russ.).
15. Васильева В.А., Марченкова Л.А., Еремушкин М.А., Колышенков В.А. Влияние комплексной программы реабилитации с включением интерактивной балансотерапии с биологической обратной связью и кинезогидротерапии на функцию равновесия у пациентов с ожирением. *Врач*. 2022;33(8):71-74.
Vasil'eva VA, Marchenkova LA, Eremushkin MA, Kolyshenkov VA. The effect of a comprehensive rehabilitation program with the inclusion of interactive balance therapy with biofeedback and kinesihydrotherapy on the balance function in obese patients. *Doctor*. 2022;33(8):71-74. (In Russ.). https://doi.org/10.29296/25877305-2022-08-15
16. van der Linden ML, Jahed S, Tennant N, et al. The influence of lower limb impairments on Race Running performance in athletes with hypertonia, ataxia or athetosis. *Gait Posture*. 2018;61:362-367. https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2018.02.004
17. Ishimatsu T, Kinoshita K, Nishio J, et al. Motor-Evoked Potential Analysis of Femoral Nerve Status During the Direct Anterior Approach for Total Hip Arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am*. 2018;100(7):572-577. https://doi.org/10.2106/JBJS.17.00679
18. Regula JU, Jestaedt L, Jende F, et al. Clinical Muscle Testing Compared with Whole-Body Magnetic Resonance Imaging in Facio-scapulo-humeral Muscular Dystrophy. *Clinical neuroradiology*. 2016;26(4):445-455. https://doi.org/10.1007/s00062-015-0386-y
19. Bohannon RW. Manual muscle testing: Does it meet the standards of an adequate screening test? *Clin Rehabil*. 2005;19:662-667. https://doi.org/10.1191/0269215505cr873oa
20. Cuthbert SC, Goodheart GJ Jr. On the reliability and validity of manual muscle testing: A literature review. *Chiropr Osteopat*. 2007;15:4. https://doi.org/10.1186/1746-1340-15-4
21. Conable KM, Rosner AL. A narrative review of manual muscle testing and implications for muscle testing research. *J Chiropr Med*. 2011;10:157-165. https://doi.org/10.1016/j.jcm.2011.04.001
22. Rider LG, Werth VP, Huber AM, et al. Measures of adult and juvenile dermatomyositis, polymyositis, and inclusion body myositis: Physician and Patient/Parent Global Activity, Manual Muscle Testing (MMT), Health Assessment Questionnaire (HAQ)/Childhood Health Assessment Questionnaire (C-HAQ), Childhood Myositis Assessment Scale (CMAS), Myositis Disease Activity Assessment Tool (MDAAT), Disease Activity Score (DAS), Short Form 36 (SF-36), Child Health Questionnaire (CHQ), physician global damage, Myositis Damage Index (MDI), Quantitative Muscle Testing (QMT), Myositis Functional Index-2 (FI-2), Myositis Activities Profile (MAP), Inclusion Body Myositis Functional Rating Scale (IBMFRS), Cutaneous Dermatomyositis Disease Area and Severity Index (CDASI), Cutaneous Assessment Tool (CAT), Dermatomyositis Skin Severity Index (DSSI), Skindex, and Dermatology Life Quality Index (DLQI). *Arthritis Care Res (Hoboken)*. 2011;63(11):118-157. https://doi.org/10.1002/acr.20532
23. Sultan SM. The assessment and importance of disease activity versus disease damage in patients with inflammatory myopathy. *Curr Rheumatol Rep*. 2003;5(6):445-450. https://doi.org/10.1007/s11926-003-0055-z
24. Knols RH, Aufdemkampe G, de Bruin ED, et al. Hand-held dynamometry in patients with haematological malignancies: measurement error in the clinical assessment of knee extension strength. *BMC musculoskeletal disorders*. 2009;10:31. https://doi.org/10.1186/1471-2474-10-31
25. Цыкунов М.Б. Оценка нарушений при патологии опорно-двигательной системы с использованием категорий международной классификации функционирования. *Физическая и реабилитационная медицина*. 2019;1(2):37-59.
Tsykunov MB. Evaluation of disorders of the musculoskeletal system pathology using categories of the international classification of functioning. *Physical and rehabilitation medicine*. 2019;1(2):37-59. (In Russ.). https://doi.org/10.26211/2658-4522-2019-1-2-37-59
26. Dekkers KJ, Rameckers EA, Smeets RJ, et al. Upper extremity strength measurement for children with cerebral palsy: a systematic review of available instruments. *Phys Ther*. 2014;94(5):609-622. https://doi.org/10.2522/ptj.20130166
27. Schaefer L, Hoff M, Bittmann F. Measuring System and Method of Determining the Adaptive Force. *Eur J Transl Myol*. 2017;27(3):6479. https://doi.org/10.4081/ejtm.2017.6479
28. Hoff M, Schaefer L, Heinke N, Bittmann F. Report on Adaptive Force, a Specific Neuromuscular Function. *Eur J Transl Myol*. 2015;25:183. https://doi.org/10.4081/ejtm.2015.5183
29. Doya K. Complementary Roles of Basal Ganglia and Cerebellum in Learning and Motor Control. *Curr Opin Neurobiol*. 2000;10:732-739. https://doi.org/10.1016/s0959-4388(00)00153-7
30. Groenewegen HJ. The Basal Ganglia and Motor Control. *Neural Plast*. 2003;10:107-120. https://doi.org/10.1155/NP.2003.107
31. Wise SP, Murray EA, Gerfen CR. The Frontal Cortex-Basal Ganglia System in Primates. *Crit Rev Neurobiol*. 1996;10:317-356. https://doi.org/10.1615/critrevneurobiol.v10.i3-4.30
32. Ivry RB. The Representation of Temporal Information in Perception and Motor Control. *Curr Opin Neurobiol*. 1996;6:851-857. https://doi.org/10.1016/s0959-4388(96)80037-7

33. Caligiore D, Pezzulo G, Baldassarre G, et al. Consensus Paper: Towards a Systems-Level View of Cerebellar Function: The Interplay Between Cerebellum, Basal Ganglia, and Cortex. *Cerebellum*. 2017;16:203-229. https://doi.org/10.1007/s12311-016-0763-3
34. Pelzer EA, Hintzen A, Goldau M, et al. Cerebellar Networks with Basal Ganglia: Feasibility for Tracking Cerebello-Pallidal and Subthalamo-Cerebellar Projections in the Human Brain. *Eur J Neurosci*. 2013;38:3106-3114. https://doi.org/10.1111/ejn.12314
35. Lawrenson C, Bares M, Kamondi A, et al. The Mystery of the Cerebellum: Clues from Experimental and Clinical Observations. *Cerebellum Ataxias*. 2018;5:8. https://doi.org/10.1186/s40673-018-0087-9
36. Lang EJ, Apps R, Bengtsson F, et al. The Roles of the Olivocerebellar Pathway in Motor Learning and Motor Control. A Consensus Paper. *Cerebellum*. 2017;16:230-252. https://doi.org/10.1007/s12311-016-0787-8
37. Welsh JP, Lang EJ, Suglhara I, et al. Dynamic Organization of Motor Control within the Olivocerebellar System. *Nature*. 1995;374:453-457. https://doi.org/10.1038/374453a0
38. Haber SN, Calzavara R. The Cortico-Basal Ganglia Integrative Network: The Role of the Thalamus. *Brain Res Bull*. 2009;78:69-74. https://doi.org/10.1016/j.brainresbull.2008.09.013
39. Sommer MA. The Role of the Thalamus in Motor Control. *Curr Opin Neurobiol*. 2003;13:663-670. https://doi.org/10.1016/j.conb.2003.10.014
40. Manning CD, Tolhurst SA, Bawa P. Proprioceptive Reaction Times and Long-Latency Reflexes in Humans. *Exp Brain Res*. 2012;221:155-166. https://doi.org/10.1007/s00221-012-3157-x
41. Pruszynski JA, Scott SH. Optimal Feedback Control and the Long-Latency Stretch Response. *Exp Brain Res*. 2012;218:341-359. https://doi.org/10.1007/s00221-012-3041-8
42. Lawrenson C, Bares M, Kamondi A, et al. The Mystery of the Cerebellum: Clues from Experimental and Clinical Observations. *Cerebellum Ataxias*. 2018;5:8. https://doi.org/10.1186/s40673-018-0087-9
43. Shadmehr R, Smith MA, Krakauer JW. Error Correction, Sensory Prediction, and Adaptation in Motor Control. *Annu Rev Neurosci*. 2010;33:89-108. https://doi.org/10.1146/annurev-neuro-060909-153135
44. Bengtsson F, Ekerot C-F, Jörntell H. In Vivo Analysis of Inhibitory Synaptic Inputs and Rebounds in Deep Cerebellar Nuclear Neurons. *PLoS ONE*. 2011;6:e18822. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0018822
45. Paternostro-Sluga T, Grim-Stieger M, Posch M, et al. Reliability and validity of the Medical Research Council (MRC) scale and a modified scale for testing muscle strength in patients with radial palsy. *J Rehabil Med*. 2008;40:665-671. https://doi.org/10.2340/16501977-0235
46. Noreau L, Vachon J. Comparison of three methods to assess muscular strength in individuals with spinal cord injury. *Spinal Cord*. 1998;36:716-723. https://doi.org/10.1038/sj.sc.3100646
47. O'Neill S, Jaszczak SLT, et al. Using 4+ to grade near-normal muscle strength does not improve agreement. *Chiropr Man Ther*. 2017;25:28. https://doi.org/10.1186/s12998-017-0159-6
48. Roman NA, Miclaus RS, Nicolau C, et al. Customized Manual Muscle Testing for Post-Stroke Upper Extremity Assessment. *Brain Sci*. 2022;12(4):457. https://doi.org/10.3390/brainsci12040457
49. Bittmann FN, Dech S, Aehle M, et al. Manual Muscle Testing-Force Profiles and Their Reproducibility. *Diagnostics (Basel)*. 2020;10(12):996. https://doi.org/10.3390/diagnostics10120996
50. Conable K, Corneal J, Hambrick T, et al. Electromyogram and Force Patterns in Variably Timed Manual Muscle Testing of the Middle Deltoid Muscle. *J Manipulative Physiol Ther*. 2006;29:305-314. https://doi.org/10.1016/j.jmpt.2006.03.002
51. Manikowska F, Chen BP, Jóźwiak M, et al. Validation of Manual Muscle Testing (MMT) in children and adolescents with cerebral palsy. *Neuro Rehabilitation*. 2018;42(1):1-7. https://doi.org/10.3233/NRE-172179
52. Schmitt WH, Yannuck SF. Expanding the Neurological Examination Using Functional Neurological Assessment Part II: Neurologic Basis of Applied Kinesiology. *Intern J Neuroscience*. 1999;97:77-108. https://doi.org/10.3109/00207459908994304
53. Lamb RI. *Manual Muscle Testing*. In: Rothstein JM. Measurement in physical therapy. New York: Churchill Livingstone; 1985. https://doi.org/10.1016/0268-0033(87)90074-X
54. Baltzopoulos V, Brodie DA. Isokinetic Dynamometry: Applications and Limitations. *Sports Med*. 1989;8:101-116. https://doi.org/10.2165/00007256-198908020-00003
55. Marino M, Nicholas JA, Gleim GW, et al. The efficacy of manual assessment of muscle strength using a new device. *Am J Sports Med*. 1982;10:360-364. https://doi.org/10.1177/036354658201000608
56. Wadsworth CT, Krishnan R, Sear M, et al. Intrarater reliability of manual muscle testing and hand-held dynametric muscle testing. *Phys Ther*. 1987;67:1342-1347. https://doi.org/10.1093/ptj/67.9.1342
57. Leisman G, Zenhausern R, Ferentz A, et al. Electromyographic effects of fatigue and task repetition on the validity of estimates of strong and weak muscles in applied kinesiological muscle-testing procedures. *Percept Mot Skills*. 1995;80:963-977. https://doi.org/10.2466/pms.1995.80.3.963
58. Rosenbaum R. Carpal tunnel syndrome and the myth of El Dorado. *Muscle & Nerve*. 1999;22:1165-1167. https://doi.org/10.1002/(sici)1097-4598(199909)22:9<1165::aid-mus1>3.0.co;2-1

Получена 22.11.2022
Received 22.11.2022
Принята в печать 30.11.2022
Accepted 30.11.2022