



Оригинальная статья

Роботизированная механотерапия: возможность применения экзоскелета для нижних конечностей у пациентов с нарушением функции ходьбы при рассеянном склерозе

Геворкян А.А.¹ • Котов С.В.¹ • Лиждвой В.Ю.¹

Актуальность. Перспективным направлением физической реабилитации больных рассеянным склерозом считается роботизированная механотерапия, поскольку обеспечивает высокую эффективность тренировок. **Цель** – изучение влияния физических тренировок с использованием экзоскелета для нижних конечностей ExoAtlet на функциональное состояние пациентов с рассеянным склерозом. **Материал и методы.** Дизайн – проспективное открытое неконтролируемое одноцентровое исследование. Курс реабилитации с использованием экзоскелета ExoAtlet прошли 43 пациента (14 мужчин и 29 женщин в возрасте от 28 до 59 лет, средний возраст – $43,5 \pm 9,12$ года) с рассеянным склерозом – ремиттирующим в стадии ремиссии ($n=20$) и с вторично-прогрессирующим течением ($n=23$), имеющих уровень неврологического дефицита по шкале EDSS от 3 до 8 баллов. Критерием включения было наличие двигательного дефицита нижних конечностей. Занятия на экзоскелете ExoAtlet проводили 5 дней в неделю в течение 2 недель. Для оценки

выраженности неврологического дефицита и функционального состояния использовали расширенную шкалу инвалидизации Куртцке (Expanded disability status scale – EDSS), тест MSFC (Multiple Sclerosis Functional Composite), включающий оценку ходьбы – Timed 25-Foot Walk, оценку функций верхних конечностей – 9-HPT (9-Hole Peg Test), оценку мыслительных способностей – SDMT (Symbol Digit Modalities Test). О сохранности когнитивных функций судили по результатам Монреальской шкалы оценки когнитивных функций (Montreal Cognitive Assessment – MoCA). **Результаты.** После курса реабилитации статистически значимо снизилась выраженность неврологического дефицита, оцененная по шкале EDSS (на 0,26 балла, 5%; $p < 0,001$). При проверке теста MSFC отмечено улучшение по всем субтестам: SDMT – на 2 балла (4,9%; $p = 0,018$), Timed 25-Foot Walk – на 3,2 с (19,6%; $p < 0,001$), 9-HPT для доминантной руки – на 1,6 с (5%; $p = 0,004$) и для недоминантной руки – на 2,1 с (6,2%; $p = 0,006$). При проведении MoCA теста улучшение

когнитивных функций после курса занятий составило 1,6 балла (6%; $p < 0,001$). **Заключение.** Подтверждено положительное влияние экзоскелета для нижних конечностей на восстановление функции ходьбы у пациентов с рассеянным склерозом. Отмечена положительная тенденция в отношении восстановления моторики рук и когнитивных функций.

Ключевые слова: рассеянный склероз, реабилитация, экзоскелет

Для цитирования: Геворкян АА, Котов СВ, Лиждвой ВЮ. Роботизированная механотерапия: возможность применения экзоскелета для нижних конечностей у пациентов с нарушением функции ходьбы при рассеянном склерозе. Альманах клинической медицины. 2020;48(1):7–12. doi: 10.18786/2072-0505-2020-48-009.

Поступила 11.01.2020; доработана 03.03.2020; принята к публикации 04.03.2020; опубликована онлайн 06.03.2020

В последние десятилетия произошли значительные изменения в понимании проблемы рассеянного склероза (РС). Установлено, что РС представляет собой хроническое аутоиммунно-нейродегенеративное заболевание центральной нервной системы, поражающее людей трудоспособного возраста и приводящее в большинстве случаев к инвалидности. В основе развития неврологического дефицита при РС ведущая роль принадлежит двум параллельно протекающим патологическим процессам: воспалительной демиелинизации белого вещества центральной нервной системы и нейродегенерации, захватывающей как белое, так и серое вещество головного и спинного мозга [1].

РС связан с различными когнитивными и физическими нарушениями. При этом снижение мобильности пациентов считается одним из наиболее распространенных проявлений заболевания [2]. Уменьшение подвижности пациентов сопровождается сокращением физической активности

и возникновением физиологической детренированности, что, в свою очередь, способствует прогрессированию инвалидизации [3].

Благодаря препаратам, изменяющим течение РС (ПИТРС), удалось снизить риск повторных обострений и нарастания инвалидизации, но данный вид терапии не содействует восстановлению неврологического дефекта. Вместе с тем ПИТРС сделали реальным применение нейрореабилитации для коррекции имеющегося неврологического дефицита [4].

Наиболее значимое отрицательное влияние на качество жизни больных РС оказывают нарушения двигательных, чувствительных и когнитивных функций, эмоционально-волевой сферы. Их следствием становится уменьшение физической активности, что еще сильнее усугубляет функциональные расстройства [5–7].

Повышение уровня физической активности, в частности, физические упражнения, рассматривается как метод восстановления нарушенных



функций центральной нервной системы, влияющий не только на оздоровление пациента, но и на увеличение его социальной активности. Физические упражнения, таким образом, могут рассматриваться как способ решения многогранных проблем, стоящих перед пациентом с РС. Тем не менее, несмотря на растущее число доказательств пользы физической реабилитации, большинство таких больных имеют низкий уровень физической активности [8–10].

М. Pearson и соавт. [11] на основании метаанализа 15 рандомизированных исследований влияния аэробных нагрузок, силовых упражнений, йоги и комбинированных тренировок скорости ходьбы и выносливости отметили существенное возрастание показателей после физических тренировок у больных РС. При этом оказалось, что стандартный тест оценки ходьбы Timed 25-Foot Walk из шкалы MSFC (Multiple Sclerosis Functional Composite) был менее показательным, чем тест с ходьбой на 10 метров, а тесты на 2- и 6-минутную ходьбу демонстрировали статистически значимое увеличение выносливости у пациентов. Авторы метаанализа заключили, что общепринятый тест Timed 25-Foot Walk менее информативен по сравнению с ходьбой на большие дистанции. В проанализированных исследованиях число рецидивов РС не различалось в основных и контрольных группах, что позволило высказаться о безопасности физических упражнений для больных с РС [11].

Электромеханические устройства, используемые для реабилитации пациентов, можно разделить на активные, пассивные, активно-вспомогательные, резистивные и интерактивные. Активные устройства обеспечивают пациенту активную помощь в движении; пассивные устройства обеспечивают поддержку верхних и нижних конечностей пациента; активно-вспомогательные устройства завершают движение после того, как пользователь его инициирует; резистивные устройства производят противодействие выполнению движения субъекта, а интерактивные устройства позволяют корректировать движения с помощью комбинации исполнительных механизмов и стратегий управления [12]. Роботизированные устройства для нижних конечностей можно разделить на «статические» и «наземные». С помощью «статических» роботов пациенты могут проводить тренировки в определенном и ограниченном пространстве; примером такого устройства служит система разгрузки массы тела. «Наземные» роботы позволяют пациентам ходить и исследовать окружающую среду; пациенты не ограничены фиксированной областью. В «наземном» экзоскелете можно также

Геворкян Армен Александрович – врач-невролог, неврологическое отделение¹
✉ 129110, г. Москва, ул. Щепкина, 61/2–10, Российская Федерация. Тел.: +7 (916) 876 41 04. E-mail: gevarl@yandex.ru

Котов Сергей Викторович – д-р мед. наук, профессор, руководитель отдела терапии, заведующий кафедрой неврологии факультета усовершенствования врачей¹; ORCID: 0000-0002-8706-7317; ResearcherID: E-4451-2017. E-mail: kotovsv@yandex.ru

Лиждвой Виктория Юрьевна – канд. мед. наук, ст. науч. сотр., неврологическое отделение¹; ORCID: 0000-0003-0367-8282. E-mail: lijdvoy@mail.ru

выделить вспомогательный и реабилитационный типы. Если цель вспомогательных устройств – обеспечение мобильности в социуме, то реабилитационные устройства могут быть использованы для решения проблемы восстановления функции походки у пациентов с неврологическим дефицитом. В этих устройствах приводятся в действие по меньшей мере 2 сустава (тазобедренный и коленный), и 1 сустав (голеностопный) является поддерживающим механическим суставом [13]. В метаанализе 7 клинических исследований Х. Хие и соавт. [14] показали, что робот-ассистированная тренировка ходьбы у пациентов с РС превосходит традиционную терапию в улучшении выносливости при ходьбе при выполнении 6-минутного теста ходьбы. В работе М. Sattelmayer [15] отмечено, что на коротких и длинных дистанциях и у пациентов с более выраженным неврологическим дефицитом по шкале EDSS методика с применением роботов была несколько более эффективна, однако результат не был статистически значим.

В связи с тем, что роботизированная механотерапия с использованием экзоскелета относительно недавно была введена в реабилитационную медицину, данные по эффективности работы с этим устройством на текущий момент недостаточны. Целью нашего исследования стало изучение влияния физических тренировок с использованием экзоскелета ExoAtlet на функциональное состояние пациентов с РС.

Материал и методы

Дизайн – проспективное открытое неконтролируемое одноцентровое исследование. На базе неврологического отделения ГБУЗ МО МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского 43 пациентам (14 мужчин и 29 женщин) с РС проведен курс физической реабилитации с использованием экзоскелета для нижних конечностей ExoAtlet. Критерием включения было наличие двигательного дефицита нижних конечностей с возможным повышением мышечного тонуса до 3 баллов по модифицированной шкале Ashworth [16]. Диагноз РС был установлен на основании диагностических критериев МакДональда (2010) [17]. Средний возраст пациентов составил $43,5 \pm 9,12$ года (от 28 до 59 лет). Пациенты имели уровень неврологического дефицита по шкале EDSS от 3 до 8 баллов, 20 были с ремиттирующим течением в стадии ремиссии не менее 6 месяцев и 23 – с вторично-прогредиентным течением без обострений на протяжении последних 6 месяцев.

Для оценки выраженности неврологического дефицита и функционального состояния наряду

¹ ГБУЗ МО «Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского»; 129110, г. Москва, ул. Щепкина, 61/2, Российская Федерация



со стандартным неврологическим осмотром использовали расширенную шкалу инвалидизации Куртцке (Expanded Disability Status Scale – EDSS) [18], тест MSFC, включающий 3 субтеста: оценку ходьбы – Timed 25-Foot Walk, оценку функций верхних конечностей – 9-луночный тест (9-Hole Peg Test – 9-HPT), оценку мыслительных способностей – Symbol Digit Modalities Test (SDMT) [19]. Оценка проводилась до начала курса реабилитации (визит 1) и после окончания курса реабилитации (визит 2). Для оценки когнитивных функций применяли Монреальскую шкалу оценки когнитивных функций (Montreal Cognitive Assessment – MoCA) [20, 21].

С использованием экзоскелета ExoAtlet проводилось по 1 занятию продолжительностью 30–40 минут ежедневно в общем количестве 9–10 тренировок. Для реабилитации применялась стандартная методика [22]. При этом нагрузка в виде одномоментно пройденной дистанции повышалась ежедневно в зависимости от самочувствия пациента. Минимальный состав команды специалистов, осуществлявших нейрореабилитационную процедуру с использованием экзоскелета ExoAtlet, включал лечащего врача-невролога, мониторирующего витальные функции и неврологический статус, врача лечебной физкультуры, выполнявшего тренировки и управление экзоскелетом ExoAtlet, а также инструктора по лечебной физкультуре (мужчина) для страховки пациента от падения и перенастраивания экзоскелета под конкретного пользователя.

Проведение данного исследования было одобрено независимым этическим комитетом при ГБУЗ МО МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского (протокол № 7 от 15.09.2016). Все пациенты подписали добровольное информированное согласие на участие в исследовании.

Для статистической обработки материала использовали программу Statistica 10 (StatSoft, США). Количественные данные представлены в виде средних значений и стандартного отклонения ($M \pm SD$). Использовали также программу Excel 2007 (Microsoft, США) и в ней функцию для подсчета квартилей для распределений переменных, отличных от нормального, и язык программирования Python (Python Software Foundation, США). При анализе качественных и количественных порядковых данных, распределенных по закону, отличному от нормального закона распределения, применяли непараметрический тест Уилкоксона для сравнения двух зависимых выборок (при размере выборки больше 25 выполняли расчет статистики критерия z). Статистические тесты были

проведены для нулевой гипотезы о равенстве средних, уровень статистической значимости принят равным 0,05.

Результаты

В ходе исследования эффективности применения экзоскелета ExoAtlet в реабилитации пациентов с РС у всех пациентов отмечена хорошая переносимость предложенных нагрузок. При оценке уровня инвалидизации по шкале EDSS обнаружено статистически значимое ($p < 0,001$) улучшение этого показателя в виде снижения среднего арифметического значения выраженности неврологического дефицита с $5,55 \pm 1,18$ до $5,29 \pm 1,22$ балла (на 0,26 балла, 5%). Оценка отдельных функциональных систем подтвердила наиболее значимые положительные изменения пирамидной функции: до начала терапии средние значения составили $3,05 \pm 0,69$ балла и после курса – $2,74 \pm 0,79$ балла ($p = 0,019$). Изменения в других системах (ствол головного мозга, координаторная и чувствительная сфера, функции тазовых органов и высшие психические функции) также имели положительную тенденцию (рис. 1).

При проверке теста MSFC после проведения курса нейрореабилитации отмечены положительные изменения в отношении устного счета по субтесту SDMT: получено статистически значимое ($p = 0,018$) улучшение на 2 балла, или 4,9% (рис. 2).

Статистически значимое улучшение получено и для других субтестов: для Timed 25-Foot Walk ($p < 0,001$), 9-HPT на доминантной ($p = 0,004$) и недоминантной ($p = 0,006$) руках. До курса реабилитации показатель теста Timed 25-Foot Walk составлял 16,3 с, после курса – 13,1 с, улучшение составило 3,2 с (19,6%). Подсчет квартилей для данного теста подтверждает положительную динамику (до начала занятий медиана показателя была 10,9, первый (Q1) и третий (Q3)

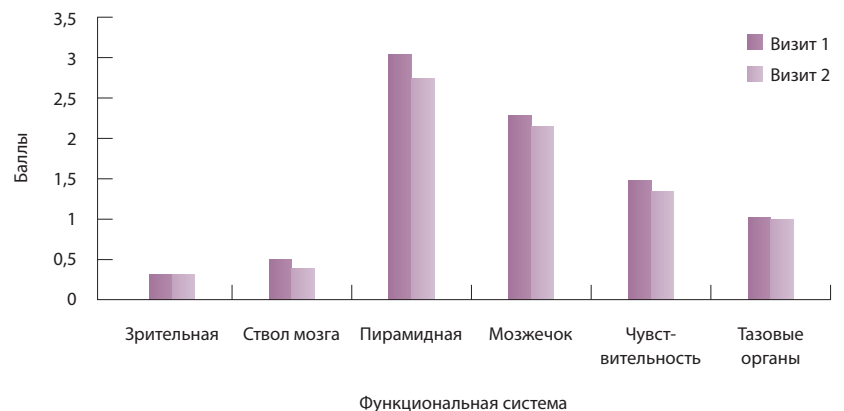


Рис. 1. Динамика оценки отдельных функциональных систем по шкале EDSS у пациентов с рассеянным склерозом до и после курса реабилитации

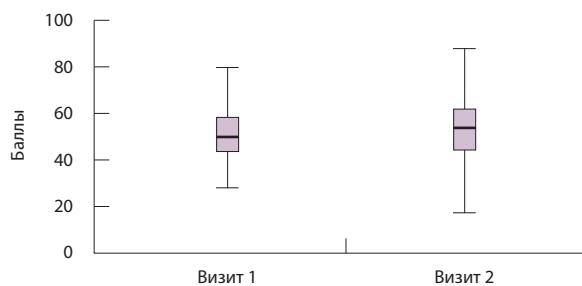


Рис. 2. Динамика когнитивной функции по субтесту SDMT у пациентов с рассеянным склерозом до и после курса реабилитации

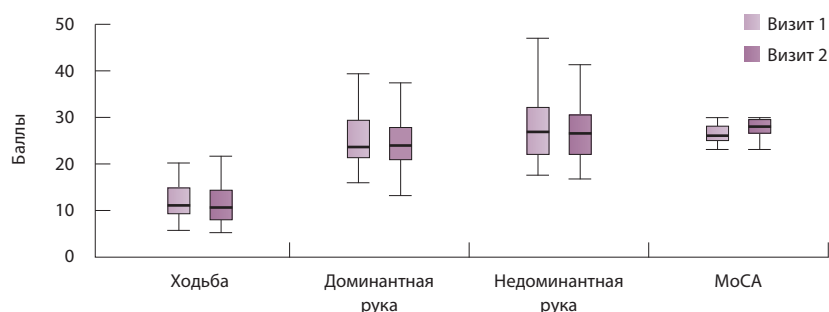


Рис. 3. Динамика функции нижних и верхних конечностей по субтестам шкалы MSFC и когнитивного статуса по тесту MoCA у пациентов с рассеянным склерозом до и после курса реабилитации

квартили – 9,08 и 14,81; после курса реабилитации – 10,15 [7,78; 14,1]). Улучшение показателей теста 9-НРТ составило для доминантной руки 1,6 с (5%; 31,5 и 29,9 с до и после занятий соответственно), для недоминантной руки – 2,1 с (6,2%; 34,3 и 32,2 с соответственно). При проведении MoCA теста зарегистрировано статистически значимое ($p < 0,001$) улучшение когнитивных функций после курса занятий: с 26,1 балла исходно до 27,7 балла, улучшение данного показателя составило 1,6 балла (6%). Результаты количественной оценки функций верхних и нижних конечностей, когнитивной деятельности отражены на рис. 3.

Обсуждение

Рассеянный склероз – тяжелое инвалидизирующее заболевание, основным проявлением которого нередко становятся двигательные нарушения. Реабилитация признана одним из основных направлений в восстановлении пациентов с тяжелыми последствиями РС. Перспективным методом физической реабилитации представляется роботизированная механотерапия благодаря высокой эффективности тренировок.

В ряде исследований показано, как влияют физические тренировки при РС на оксидативную способность и выносливость мышц. При проведении занятий на беговой дорожке у пациентов с умеренно выраженными проявлениями РС повышаются и оксидативная способность, и выносливость мышц даже без улучшения функции ходьбы. Это говорит об увеличении функциональных резервов организма, что позволит со временем давать более высокие нагрузки при проведении реабилитации [23].

Первые исследования в области использования экзоскелета в медицине были проведены в 60–70-х гг. прошлого века, но из-за размера и веса оборудования данная технология была признана

нецелесообразной по сравнению с обычными ортезами [24, 25]. С развитием технологий аппараты стали более компактными, легкими и мобильными, и экзоскелет стали использовать для восстановления двигательных функций вместо их «протезирования».

Данные, полученные в ходе нашего исследования, позволяют заключить: у пациентов с нарушенной функцией ходьбы проведение занятий с использованием экзоскелета дает положительный результат. Клинически это отразилось в улучшении пирамидной функции (увеличение мышечной силы в нижних конечностях) и снижении выраженности общего неврологического дефицита, что привело к частичному восстановлению функции ходьбы. После курса реабилитации улучшение времени ходьбы составило 23,6% по сравнению с исходным значением. При этом улучшились не только силовые характеристики мышечной системы, но и когнитивные функции, координированная работа мышечного аппарата верхних и нижних конечностей. В нашем предыдущем исследовании [21] мы выявили значительное нарушение биомеханики ходьбы у больных РС по сравнению с показателями у здоровых: резкое замедление ходьбы в виде снижения основных параметров (темп, скорость и длина шага), значительная неустойчивость, выраженная асимметрия, снижение опорной и толчковой функций нижних конечностей, высокий коэффициент вариативности ряда параметров, явление цикличности вертикальной составляющей опорной реакции. После курса реабилитации было показано положительное влияние роботизированной механотерапии на биомеханику ходьбы. Если в предыдущем исследовании не было получено статистически значимых результатов в отношении субтестов MSFC и теста MoCA [21], в текущем исследовании увеличение числа пациентов позволило доказать эффективность метода и по этим параметрам. Таким



образом, использование экзоскелета показало свою целесообразность в реабилитации пациентов с РС. Отмечается положительное воздействие данной методики на ряд функций и систем организма, что приводит к улучшению качества жизни пациентов.

Следует отметить и некоторые ограничения исследования, которые могут влиять на выводы из нашей работы. К значимым ограничениям отнесем отсутствие контрольной группы, что не позволяет сделать полноценный вывод об эффективности метода роботизированной механотерапии

с использованием экзоскелета, а также неоднородность выборки по возрасту и полу.

Заключение

Представленные результаты подтвердили положительное влияние экзоскелета для нижних конечностей на восстановление функции ходьбы у пациентов с РС, что способствует расширению реабилитационного потенциала при данной патологии центральной нервной системы. Отмечена положительная тенденция в отношении восстановления моторики рук и когнитивных функций. ©

Дополнительная информация

Финансирование

Работа проведена без привлечения дополнительного финансирования со стороны третьих лиц.

Конфликт интересов

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

Литература / References

1. Cree BA, Gourraud PA, Oksenberg JR, Bevan C, Crabtree-Hartman E, Gelfand JM, Goodin DS, Graves J, Green AJ, Mowry E, Okuda DT, Pelletier D, von Büdingen HC, Zamvil SS, Agrawal A, Caillier S, Ciocca C, Gomez R, Kanner R, Lincoln R, Lizee A, Qualley P, Santaniello A, Suleiman L, Bucci M, Panara V, Papinutto N, Stern WA, Zhu AH, Cutter GR, Baranzini S, Henry RG, Hauser SL. Long-term evolution of multiple sclerosis disability in the treatment era. *Ann Neurol*. 2016;80(4):499–510. doi: 10.1002/ana.24747.
2. Heesen C, Böhm J, Reich C, Kasper J, Goebel M, Gold SM. Patient perception of bodily functions in multiple sclerosis: gait and visual function are the most valuable. *Mult Scler*. 2008;14(7):988–91. doi: 10.1177/1352458508088916.
3. Klaren RE, Motl RW, Dlugonski D, Sandroff BM, Pilutti LA. Objectively quantified physical activity in persons with multiple sclerosis. *Arch Phys Med Rehabil*. 2013;94(12):2342–8. doi: 10.1016/j.apmr.2013.07.011.
4. Ploughman M. A new era of multiple sclerosis rehabilitation: lessons from stroke. *Lancet Neurol*. 2017;16(10):768–9. doi: 10.1016/S1474-4422(17)30301-0.
5. Hughes AJ, Dunn KM, Chaffee T. Sleep Disturbance and Cognitive Dysfunction in Multiple Sclerosis: a Systematic Review. *Curr Neurol Neurosci Rep*. 2018;18(1):2. doi: 10.1007/s11910-018-0809-7.
6. Boeschoten RE, Braamse AMJ, Beekman ATF, Cuijpers P, van Oppen P, Dekker J, Uitdehaag BMJ. Prevalence of depression and anxiety in Multiple Sclerosis: A systematic review and meta-analysis. *J Neurol Sci*. 2017;372:331–41. doi: 10.1016/j.jns.2016.11.067.
7. Razazian N, Yavari Z, Farnia V, Azizi A, Kordavani L, Bahmani DS, Holsboer-Trachsler E, Brand S. Exercising Impacts on Fatigue, Depression, and Paresthesia in Female Patients with Multiple Sclerosis. *Med Sci Sports Exerc*. 2016;48(5):796–803. doi: 10.1249/MSS.0000000000000834.
8. Motl RW, McAuley E, Snook EM. Physical activity and multiple sclerosis: a meta-analysis. *Mult Scler*. 2005;11(4):459–63. doi: 10.1191/1352458505ms1188oa.
9. Lai B, Young HJ, Bickel CS, Motl RW, Rimmer JH. Current Trends in Exercise Intervention Research, Technology, and Behavioral Change Strategies for People With Disabilities: A Scoping Review. *Am J Phys Med Rehabil*. 2017;96(10):748–61. doi: 10.1097/PHM.0000000000000743.
10. Sandroff BM, Klaren RE, Motl RW. Relationships among physical inactivity, deconditioning, and walking impairment in persons with multiple sclerosis. *J Neurol Phys Ther*. 2015;39(2):103–10. doi: 10.1097/NPT.000000000000087.
11. Pearson M, Dieberg G, Smart N. Exercise as a therapy for improvement of walking ability in adults with multiple sclerosis: a meta-analysis. *Arch Phys Med Rehabil*. 2015;96(7):1339–48.e7. doi: 10.1016/j.apmr.2015.02.011.
12. Chang WH, Kim YH. Robot-assisted Therapy in Stroke Rehabilitation. *J Stroke*. 2013;15(3):174–81. doi: 10.5853/jos.2013.15.3.174.
13. Chen G, Chan CK, Guo Z, Yu H. A review of lower extremity assistive robotic exoskeletons in rehabilitation therapy. *Crit Rev Biomed Eng*. 2013;41(4–5):343–63. doi: 10.1615/critrevbiomedeng.2014010453.
14. Xie X, Sun H, Zeng Q, Lu P, Zhao Y, Fan T, Huang G. Do patients with multiple sclerosis derive more benefit from robot-assisted gait training compared with conventional walking therapy on motor function? A meta-analysis. *Front Neurol*. 2017;8:260. doi: 10.3389/fneur.2017.00260.
15. Sattelmayer M, Chevalley O, Steuri R, Hilfiker R. Over-ground walking or robot-assisted gait training in people with multiple sclerosis: does the effect depend on baseline walking speed and disease related disabilities? A systematic review and meta-regression. *BMC Neurol*. 2019;19(1):93. doi: 10.1186/s12883-019-1321-7.
16. Ansari NN, Naghdi S, Arab TK, Jalaie S. The interrater and intrarater reliability of the Modified Ashworth Scale in the assessment of muscle spasticity: limb and muscle group effect. *NeuroRehabilitation*. 2008;23(3):231–7.
17. Polman CH, Reingold SC, Banwell B, Clanet M, Cohen JA, Filippi M, Fujihara K, Havrdova E, Hutchinson M, Kappos L, Lublin FD, Montalban X, O'Connor P, Sandberg-Wollheim M, Thompson AJ, Waubant E, Weinschenker B, Wolinsky JS. Diagnostic criteria for multiple sclerosis: 2010 revisions to the McDonald criteria. *Ann Neurol*. 2011;69(2):292–302. doi: 10.1002/ana.22366.
18. Kurtzke JF. Rating neurologic impairment in multiple sclerosis: an expanded disability status scale (EDSS). *Neurology*. 1983;33(11):1444–52. doi: 10.1212/wnl.33.11.1444.
19. Fischer JS, Rudick RA, Cutter GR, Reingold SC. The Multiple Sclerosis Functional Composite Measure (MSFC): an integrated approach to MS clinical outcome assessment. National MS Society Clinical Outcomes Assessment



- Task Force. *Mult Scler.* 1999;5(4):244–50. doi: 10.1177/135245859900500409.
20. Nasreddine ZS, Phillips NA, Bédirian V, Charbonneau S, Whitehead V, Collin I, Cummings JL, Chertkow H. The Montreal Cognitive Assessment, MoCA: a brief screening tool for mild cognitive impairment. *J Am Geriatr Soc.* 2005;53(4):695–9. doi: 10.1111/j.1532-5415.2005.53221.x.
21. Котов СВ, Лиждвой ВЮ, Секирин АБ, Петрушанская КА, Письменная ЕВ. Эффективность применения экзоскелета ExoAtlet для восстановления функции ходьбы у больных рассеянным склерозом. *Журнал неврологии и психиатрии имени С.С. Корсакова.* 2017;117(10 Вып. 2):41–7. doi: 10.17116/jnevro201711710241-47. [Kotov SV, Lijdvoy VY, Sekirin AB, Petrushanskaya KA, Pismennaya EV. [The efficacy of the exoskeleton ExoAtlet to restore walking in patients with multiple sclerosis]. *Zh Nevrol Psikhiatr Im S S Korsakova.* 2017;117(10 Vyp. 2):41–7. Russian. doi: 10.17116/jnevro201711710241-47.]
22. Шевченко ЮЛ, ред. Применение экзоскелета «ЭкзоАтлет» в клинической нейрореабилитации. М.: НМХЦ им. Н.И. Пирогова; 2016. [Shevchenko YuL, editor. [The use of exoskeleton ExoAtlet in clinical neurorehabilitation]. Moscow: NMHC im. N.I. Pirogova; 2016. Russian.]
23. Willingham TB, Melbourn J, Moldavskiy M, McCully KK, Backus D. Effects of treadmill training on muscle oxidative capacity and endurance in people with multiple sclerosis with significant walking limitations. *Int J MS Care.* 2019;21(4):166–72. doi: 10.7224/1537-2073.2018-021.
24. Vodovnik L, Long C 2nd, Reswick JB, Lippay A, Starbuck D. Myo-electric control of paralyzed muscles. *IEEE Trans Biomed Eng.* 1965;12(3): 169–72. doi: 10.1109/tbme.1965.4502374.
25. Vodovnik L, Rebersek S. Information content of myo-control signals for orthotic and prosthetic systems. *Arch Phys Med Rehabil.* 1974;55(2): 52–6.

Robotic mechanotherapy: the possibility to use an exoskeleton for lower limb rehabilitation in patients with multiple sclerosis and impaired walking function

A.A. Gevorkyan¹ • S.V. Kotov¹ • V.Yu. Lizhdvoy¹

Background: Robotic mechanotherapy is considered as a promising area of physical rehabilitation of multiple sclerosis patients, while it ensures high training efficacy. **Aim:** To study the effect of physical training using with the ExoAtlet exoskeleton for lower extremities the functioning of patients with multiple sclerosis. **Materials and methods:** This was a prospective, open, uncontrolled, single center study. The rehabilitation course with the ExoAtlet exoskeleton included 43 patients (14 male and 29 female, aged from 28 to 59 years, mean age 43.5±9.12 years) with remitting multiple sclerosis in remission (RMS-R) (n=20) and secondary progressive course (VPRS) (n=23), with the EDSS scores from 3 to 8. One of the inclusion criteria was the presence of motor paresis of the lower extremities. Training with the ExoAtlet exoskeleton was performed 5 days a week for two weeks. The neurological deficits and functioning were assessed with the Kurtzke expanded disability status scale (EDSS), the multiple sclerosis functional composite (MSFC) test, including the assessment of walking (Timed 25 Footwalk), of upper limb functions (9-Hole PegTest, 9-HPT), and of mental functioning (Symbol Digit Modalities Test, SDMT) before and after the rehabilitation course. Cognitive functions were assessed by the Montreal Cognitive Assessment (MoCA) scale. **Results:** The rehabilitation course

resulted in a significant decrease of neurological deficiency by EDSS (by 0.26 score, 5%, p<0.001). The MSFC test showed an improvement in all subtests: SDMT by 2 points, or 4.9% (p=0.018), Timed 25-Footwalk by 3.2 seconds, or 19.6% (p<0.001), 9-HPT for the dominant hand by 1.6 seconds, or 5% (p=0.004), and for the non-dominant hand by 2.1 seconds, or 6.2% (p=0.006). The improvement in the MoCA test after the rehabilitation course was 1.6 points, or 6% (p<0.001). **Conclusion:** The study confirmed the positive effect of the exoskeleton in the lower extremities, such as restoration of the walking function in multiple sclerosis patients. There was a positive trend towards restoring of hand motor skills and cognitive functions.

Key words: multiple sclerosis, rehabilitation, exoskeleton

For citation: Gevorkyan AA, Kotov SV, Lizhdvoy VYu. Robotic mechanotherapy: the possibility to use an exoskeleton for lower limb rehabilitation in patients with multiple sclerosis and impaired walking function. *Almanac of Clinical Medicine.* 2020;48(1):7–12. doi: 10.18786/2072-0505-2020-48-009.

Received 11 January 2020; revised 3 March 2020; accepted 4 March 2020; published online 6 March 2020

Armen A. Gevorkyan – MD, Neurologist, Department of Neurology¹
✉ 61/2–10 Shchepkina ul., Moscow, 129110, Russian Federation. Tel.: +7 (916) 876 41 04. E-mail: gevarl@yandex.ru

Sergey V. Kotov – MD, PhD, Professor, Head of the Division of Therapy, Head of the Chair of Neurology, Postgraduate Training Faculty¹; ORCID: 0000-0002-8706-7317; ResearcherID: E-4451-2017. E-mail: kotovsv@yandex.ru

Victoria Yu. Lizhdvoy – MD, PhD, Senior Research Fellow, Department of Neurology¹; ORCID: 0000-0003-0367-8282. E-mail: lijdvoy@mail.ru

Conflict of interests

The authors declare no obvious and potential conflicts of interests related to the publication.

¹ Moscow Regional Research and Clinical Institute (MONIKI); 61/2 Shchepkina ul., Moscow, 129110, Russian Federation