

Петров А.М.¹, Столяров И.Д.¹, Шкильнюк Г.Г.¹, Ильвес А.Г.¹, Минеев К.К.¹, Лебедев В.В.², Цветкова Т.Л.²

¹ФГБНУ «Институт мозга человека им. Н.П. Бехтеревой» РАН, Санкт-Петербург, Россия;

²ООО «Новел СПб», Санкт-Петербург, Россия

¹197376, Санкт-Петербург, ул. Академика Павлова, 9;

²199178, Санкт-Петербург, Малый проспект В.О., 54, корп. 2

Динамика нарушений ходьбы при рассеянном склерозе

Цель исследования – оценка динамики биомеханической функции стоп по мере прогрессирования заболевания у больных рассеянным склерозом (РС) с различной степенью инвалидизации в сопоставлении с данными группы контроля.

Пациенты и методы. Для оценки динамики нарушений ходьбы при РС проведено исследование изменений биомеханической функции стоп у 30 больных ремиттирующим РС. Неврологический статус оценивали с помощью расширенной шкалы инвалидизации (EDSS), педографическое исследование проводили с помощью системы измерения распределения плантарного давления, все пациенты прошли двукратное обследование. При первом обследовании больные были разделены на две группы: с минимальными (EDSS < 3,0 баллов) и умеренными (EDSS ≥ 3,0 баллов) неврологическими нарушениями.

Результаты и обсуждение. Показано, что у пациентов с легким неврологическим дефицитом увеличивается нагрузка на пятку, происходит нарастание латерализации нагрузки путем повышения давления на головки IV и V плюсневых костей, о чем свидетельствует значимое повышение среднего давления, максимальной силы и интеграла сила-время. Данные изменения происходят на фоне отсутствия жалоб пациентов на изменения движений.

У пациентов с умеренным неврологическим дефицитом, несмотря на отсутствие дальнейшей видимой отрицательной динамики двигательного процесса и углубления неврологического дефицита, педографически выявлены изменения, указывающие на углубление образования поперечной арки в переднем отделе, а также снижение роли большого пальца в переносе массы тела.

Педографическое исследование позволяет количественно определить степень нарушений ходьбы, вызванных пирамидными и/или мозжечковыми нарушениями, и выделить ведущую роль патологии той или иной функциональной системы в их генезе. Влияние пирамидной дисфункции сказывается на нагружении головок II и III плюсневых костей. С помощью компьютерной педографии можно идентифицировать тонкие, не проявляющиеся клинически, изменения движений, а также оценить динамику двигательных нарушений у больных РС, в том числе для определения эффективности терапии и реабилитационных мероприятий.

Ключевые слова: рассеянный склероз; неврологический дефицит; педографическое исследование.

Контакты: Игорь Дмитриевич Столяров; sid@ihb.spb.ru

Для ссылки: Петров АМ, Столяров ИД, Шкильнюк ГГ и др. Динамика нарушений ходьбы при рассеянном склерозе. Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика. 2015;(1):27–32.

Time course of changes in the development of gait disorders in multiple sclerosis

Petrov A.M.¹, Stolyarov I.D.¹, Shkilnyuk G.G.¹, Ilves A.G.¹, Mineev K.K.¹, Lebedev V.V.², Tsvetkova T.L.²

¹N.P. Bekhtereva Institute of Human Brain, Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia;

²Novel SPb, Saint Petersburg, Russia

¹9, Academician Pavlov St., Saint Petersburg 197376;

²54, Malyy Prospekt V.O., Build. 2, Saint Petersburg 199178

Objective: to estimate the time course of changes in foot biomechanical function as multiple sclerosis (MS) progresses in patients with different degrees of disability compared to a control group.

Patients and methods. To estimate the time course of changes in gait disorders in MS, changes in foot biomechanical function were explored in 30 patients with relapsing-remitting MS. Their neurological status was evaluated using the expanded disability status scale (EDSS); pedographic examination was made applying a plantar pressure distribution system; all the patients were examined twice. During the first examination, the patients were divided into two groups: 1) minimal neurological disorders (EDSS scores of < 3.0) and 2) moderate ones (EDSS scores of ≥ 3.0).

Results and discussion. The patients with a mild neurological deficit showed increases in foot load and its lateralization by elevating pressure on the heads of the fourth and fifth metatarsal bones, as evidenced by a significant rise in mean pressure, maximum force, and force-time integral. These changes occurred in the absence of the patients' complaints of changes in movements.

Pedographic examination revealed the changes indicating an enlarged anterior transverse arch and the lower role of the hallux in body weight transfer in the patients with a moderate neurological deficit despite the fact that there were no further visible negative changes in a motor process or progression in neurological deficit.

The pedographic examination makes it possible to estimate the degree of gait disorders caused by pyramidal and/or cerebellar lesions and to identify a leading role of this or that functional system in their genesis. Pyramidal dysfunction has impact on the pressurization of the heads of the second and third metatarsal bones. Computed pedography can identify clinically subtle movement changes and estimate the time course of changes in movement disorders in MS patients, including those to evaluate the efficiency of therapy and rehabilitation measures.

Key words: multiple sclerosis; neurological deficit; pedographic examination.

Contact: Igor Dmitrievich Stolyarov; sid@ihb.spb.ru

For reference: Petrov AM, Stolyarov ID, Shkilnyuk GG, et al. Trends in the development of gait disorders in multiple sclerosis. *Neurology, Neuropsychiatry, Psychosomatics*. 2015;(1):27–32.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14412/2074-2711-2015-1-27-32>

Рассеянный склероз (РС) — наиболее часто встречающееся иммунологически опосредованное демиелинизирующее заболевание нервной системы, характеризующееся образованием множественных очагов демиелинизации в ЦНС, неуклонно прогрессирующими неврологическими симптомами, психологическими особенностями, рядом патологических, в том числе болевых, синдромов и быстрой инвалидизацией [1–3].

Одной из основных причин, ведущих к развитию нетрудоспособности при РС, являются нарушения ходьбы. Походка больных РС отличается от походки здоровых людей уменьшением скорости, длины шага и числа шагов в минуту, увеличением ширины шага [4, 5]. Нарушения ходьбы при РС чаще всего связаны с поражением пирамидной, мозжечковой систем, расстройствами чувствительности и более чем у 80% больных вызваны развитием нижнего спастического парапареза [6]. Спастический парез приводит к ограничению объема движений в пораженной конечности, вторичным изменениям в мышцах, суставах и сухожилиях и как следствие — к контрактурам. В связи с этим изучение нарушений походки с помощью современных диагностических методик — актуальная, но до конца не решенная задача. Одной из базовых проблем в изучении патогенеза двигательных нарушений при РС является объективизация изменений. Для оценки нарушений ходьбы используются общепринятые стандартизированные шкалы: расширенная шкала инвалидизации (EDSS) и шкала функциональных систем (FS), позволяющие оценить имеющийся дефект в баллах [7]. Основным недостатком этих шкал является неполная характеристика нарушений ходьбы, вследствие чего нельзя объективно оценить незначительные изменения, что важно, в частности, для определения эффективности лечения и реабилитационных мероприятий. К настоящему времени разработано несколько инструментальных методов оценки нарушений ходьбы при РС [8–11]. В нашем исследовании для объективизации нарушений ходьбы была использована компьютерная педография, которая позволила оценить не только качественные, но и количественные характеристики существующего дефекта [10]. Педография (син. подография, греч. *pus, podos* стопа, нога + *graphein* писать, изображать) — метод регистрации длительности отдельных периодов шага [12]. Обычно используют методику регистрации нескольких независимых параметров, характеризующих ходьбу: время начала пяточного контакта правой ноги, время начала

носочного контакта правой ноги, время окончания пяточного контакта правой ноги, время окончания носочного контакта правой ноги, время переноса правой ноги (нога не касается опоры). Для левой ноги определяют аналогичные величины. Также регистрируют время, характеризующее разницу между аналогичными моментами контакта стоп правой и левой ноги. Если цикл шага незначительно меняется в течение обследования, определяют цикл шага, период переноса, двупорный период, цикл шага, частоту шага.

Для выполнения педографии необходимы дорожка с металлическим покрытием и обувь с металлическими пластинами — электрическими контактами. Обычно используют две контактные пластины — пяточную и носочную. С целью получения более детальной информации о временной структуре шага увеличивают количество пластин в пяточной и носочной частях обуви. Педография не является самостоятельным диагностическим методом, она дает лишь уточняющую информацию, которая дополняет клиническую картину. Педография с компьютерной обработкой информации может применяться в амбулаторных условиях (например, в диагностических центрах) для объективной оценки опорной и локомоторной функции нижних конечностей при различных заболеваниях и повреждениях опорно-двигательного аппарата и определения эффективности лечебных мероприятий. Она используется при различных заболеваниях, чаще при патологии опорно-двигательной системы. В неврологии педографию также применяют для ранней диагностики изменения распределения плантарного давления у больных сахарным диабетом.

Цель исследования — оценка динамики изменений биомеханической функции стоп по мере прогрессирования заболевания у больных РС с различной степенью инвалидизации в сопоставлении с данными группы сравнения.

Пациенты и методы. Биомеханическую функцию стоп оценивали у 30 больных с достоверным диагнозом «РС, ремиттирующее течение», находящихся в стадии клинической ремиссии. Средний возраст пациентов составил 39±9 лет. Все пациенты прошли неврологическое обследование, которое включало в себя оценку неврологического статуса и тяжести инвалидизации по общепринятым шкалам оценки функциональных систем (FS) и расширенной шкале инвалидизации (EDSS). Средний балл по шкале EDSS — 2,4±1,2; оценка степени нарушения пирамидной

Таблица 1. Данные неврологического обследования больных

Показатель	1-я группа (EDSS<3, n=16)		p	2-я группа (EDSS≥3, n=14)		p
	визит 1	визит 2		визит 1	визит 2	
Возраст, годы	38±10	41±10		40±6	43±6	
EDSS	1,7±0,5	2,8±1,2	0,002	3,6±0,6	4,4±1,3	0,05
Пирамидные функции	1,2±0,4	1,4±0,8	0,28	2,4±0,9	2,2±0,8	0,5
Мозжечковые функции	1,0±0,4	1,6±0,7	0,004	2,5±0,5	2,6±0,9	0,6

системы — $1,8 \pm 0,8$; мозжечковых функций — $1,8 \pm 0,9$. Всем пациентам педографическое исследование было выполнено 2 раза с интервалом в 12 мес.

При первом визите больные были разделены на 2 группы в зависимости от степени инвалидизации по шкале EDSS. 1-ю группу составили 16 пациентов с EDSS < 3, т. е. с минимальными нарушениями в функциональных системах; 2-ю — 14 больных с умеренными нарушениями и оценкой по шкале EDSS ≥ 3 балла. Клиническая характеристика пациентов обеих групп представлена в табл. 1.

Из данных табл. 1 видно, что пациенты обеих групп были сопоставимы по возрасту. Оценка неврологического статуса выявила, что у больных 1-й группы за период наблюдения достоверно увеличилась степень инвалидизации. При этом отмечено также значимое возрастание степени нарушения мозжечковых функций при отсутствии динамики со стороны пирамидной системы. Достоверных отличий при оценке неврологического статуса у пациентов из 2-й группы не получено.

Контрольную группу составили 32 здоровых добровольца аналогичного возраста без неврологических и ортопедических нарушений.

Педографическое исследование проводили с помощью системы измерения распределения плантарного давления EMED-AT 25 (Novel GmbH, Германия), частота — 25 Гц, плотность датчиков — 2 датчика/см², любезно предоставленной компанией-производителем вместе с программным обеспечением. Проводили 5 измерений при прохождении по платформе каждой ногой по протоколу «первого шага». Для хранения данных неврологического обследования, осмотра стоп и измеренных показателей использовали базу данных Novel database medical, для анализа данных — программное обеспечение Novel-projects.

Анализировали следующие основные параметры распределения плантарного давления: пиковое и среднее давление, максимальную силу и интеграл сила-время, нормализованные к массе тела, интеграл давление-время, время и площадь контакта под всей стопой и анатомическими областями стопы. Разделение стопы на основные анатомические области: пятка (П), средний отдел (СО), головки плюсневых костей (ПГ1-ПГ5), большой палец (П1), П палец (П2) и латеральные пальцы (П3, 4, 5) стопы осуществляли с помощью программы Automask. Значимость различия параметров при двух измерениях оценивали с помощью однофакторного анализа ANOVA.

Результаты и обсуждение. При существенных различиях в состоянии пирамидной и мозжечковой функциональных систем и выраженности инвалидизации у пациентов педографическое исследование выявило ряд особенностей, присущих пациентам разных групп.

Все результаты, полученные в ходе динамического наблюдения, при проведении двух педографических исследований, сравнивали как между собой, так и со значениями, зарегистрированными в контрольной группе.

В табл. 2 приведены статистически достоверно различающиеся параметры ($p < 0,001$), полученные при первом и втором исследовании у больных 1-й группы.

Значимых различий во времени контакта не найдено: 1082 ± 189 и 1112 ± 273 мс при первом и втором исследовании соответственно.

Проведенный анализ выявил следующие особенности. У пациентов 1-й группы при динамическом наблюдении

отмечалось увеличение нагрузки на пятку, т. е. улучшение нагружения области стопы, ответственной за первичный толчок. Об этом свидетельствовало значимое повышение среднего давления, максимальной силы и интеграла сила-время. В то же время результаты неврологического обследования свидетельствовали об отсутствии достоверного ухудшения показателей пирамидных функций и как следствие — отсутствии нарастания спастичности, что убедительно соотносится с повышением нагрузки на головки II и III плюсневых костей.

Увеличение нагрузки на головки IV и V плюсневых костей т. е. латеральный сдвиг нагрузки, вероятно, объясняется изменениями в положении стопы (дуговое движение и инверсия стопы) при развивающемся неврологическом дефиците, преимущественно за счет вовлечения в процесс мозжечковой системы, что согласуется с данными литературы [4, 13, 14]. На это указывают следующие достоверно измененные параметры в соответствующих областях: пиковое и среднее давление, максимальная сила, интегралы сила-время и давление-время.

Неожиданным оказалось увеличение нагрузки в среднем отделе стопы, что подтверждается значимыми различиями в следующих параметрах: пиковое давление, интегралы сила-время и давление-время при двух измерениях. Возможно, это объясняется тем, что больные РС имеют ограниченный (явно не проявляющийся) диапазон движений в голеностопном суставе. Эти ограничения могут быть вызваны напряженностью мягкой ткани, гипомобильностью самого сустава или комбинацией этих причин. Поперечный предплюсневый сустав среднего отдела состоит из сочленений, образованных таранно-ладьевидным и пяточно-кубовидным суставами. При переносе массы тела ладьевидная и кубовидная кости относительно сильнее фиксированы, чем таранная и пяточная, так что движение в этом суставе в основном сводится к тому, что пяточная и таранная кости движутся на неподвижном ладьевидно-кубовидном комплексе [15]. При этом полагают, что таранно-ладьевидный сустав имеет продольную ось движения, а пяточно-кубовидный сустав — косую. В комбинации движение вокруг этих двух осей дает супинацию и пронацию. Для предплюсневых суставов среднего отдела это несвойственно, так как он зависит от положения подтаранного сустава. Пока подтаранный сустав в пронации, две оси среднего отдела расходятся и становятся относительно параллельными, при этом предплюсневый сустав подвижен и не ограничен в движении. Если подтаранный сустав в супинации, оси сходятся и средний отдел неподвижный. Таким образом, подтаранный и предплюсневый суставы являются взаимозависимыми. Неподвижность приводит к повышенной нагрузке в этой области стопы.

Таким образом, в целом за период наблюдения не выявлено значимых ухудшений биомеханической функции стоп у пациентов 1-й группы.

В табл. 3 приведены статистически достоверно различающиеся параметры ($p < 0,001$), полученные при первом и втором исследовании у больных 2-й группы.

Анализируя результаты педографического исследования в динамике, можно выделить основные общие черты для пациентов 2-й группы, с оценкой по EDSS ≥ 3 . Эти больные изначально имели умеренный неврологический дефицит. За период наблюдения не отмечено существенно

ОРИГИНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И МЕТОДИКИ

Таблица 2. Показатели распределения плантарного давления в динамике у пациентов 1-й группы

Показатель	1-я группа		Контрольная группа	p ₁	p ₂
	измерение 1	измерение 2			
Стопа					
Среднее давление, кПа	113±16	124±19	118±11	<0,001	<0,001
Максимальная сила, % к массе тела	116,7±8,4	131,1±12,2	118±10	>0,05	<0,001
Интеграл сила-время, % к массе тела · с	85,9±16,5	99,8±33,2	75±10	<0,001	<0,001
Момент наступления максимальной силы, % к времени опоры	66±17	56±21	66±19	>0,05	<0,001
Пятка					
Среднее давление, кПа	143±35	162±36	159±21	<0,001	>0,05
Максимальная сила, % к массе тела	65±14	76±15	76±11	<0,001	>0,05
Интеграл сила-время, % к массе тела · с	24±8	29±13	23±5	>0,05	<0,001
Средний отдел					
Пиковое давление, кПа	123±51	152±81	115±46	>0,05	<0,001
Интеграл сила-время, % к массе тела · с	8±5	11±10	6±3	<0,001	<0,001
Интеграл давление-время, кПа · с	57±27	72±50	42±18	<0,001	<0,001
ПГ 2					
Максимальная сила, % к массе тела	23 ± 5	26±8	25±6	<0,001	>0,05
ПГ 3					
Среднее давление, кПа	146±37	164±49	167±34	<0,001	>0,05
Максимальная сила, % к массе тела	23±6	28±6	27±5	<0,001	>0,05
Интеграл сила-время, % к массе тела · с	11±3	13±5	11±3	>0,05	<0,001
Момент наступления пикового давления, % к времени опоры	80±6	82±4	81±4	>0,05	>0,05
ПГ 4					
Пиковое давление, кПа	195±78	254±124	261±86	<0,001	>0,05
Среднее давление, кПа	111±42	133±53	131±37	<0,001	>0,05
Максимальная сила, % к массе тела	15±5	19±7	18±5	<0,001	>0,05
Интеграл сила-время, % к массе тела · с	7±3	10±5	7±2	>0,05	<0,001
Интеграл давление-время, кПа · с	94±42	119± 64	100±37	>0,05	<0,001
ПГ 5					
Пиковое давление, кПа	156±100	256±222	230±154	<0,001	>0,05
Среднее давление, кПа	84±41	108±62	98±45	<0,001	>0,05
Максимальная сила, % к массе тела	8±4	11±7	9±5	<0,001	>0,05
Интеграл сила-время, % к массе тела · с	3±2	5±4	3±2	>0,05	<0,001
Интеграл давление-время, кПа · с	69±45	108±88	82±64	>0,05	<0,001
Большой палец					
Максимальная сила, % к массе тела	23±11	19±8	21±9	0,005	>0,05
Площадь контакта, см ²	12±3	14±1	11±2	0,004	>0,05

Примечание. Здесь и в табл. 3: p₁, p₂ – различия параметров двух педографических исследований в 1-й группе по сравнению с показателями контрольной группы.

го изменения двигательных параметров, т. е. у пациентов 2-й группы стереотип ходьбы не изменился.

В то же время выявлено достоверное уменьшение нагрузки под головкой II плюсневой кости, свидетельствующее об углублении образования поперечной арки в переднем отделе, что связано, по всей видимости, с нарастанием спастичности [14]. Это подтверждают изменения следующих параметров: снижение пикового давления, максимальной силы, интегралов сила-время и давление-время. Уменьшение пикового давления под большим пальцем может свидетельствовать о редукции роли большого пальца в переносе массы тела.

При сравнении показателей у больных 2-й группы и обследованных группы контроля отмечалось усугубляющееся отличие в моменте наступления пикового давления и максимальной силы как под стопой, так и под областями стопы.

Таким образом, можно сделать следующие выводы. Педографическое исследование позволяет количественно определить степень нарушений ходьбы, вызванных пирамидными и/или мозжечковыми нарушениями, и выделить ведущую роль патологии той или иной функциональной системы в их генезе. Влияние пирамидной дисфункции сказывается на нагружении областей II и III головок плюсневых костей. У пациентов 1-й группы с легким неврологическим дефицитом (EDSS<3) при динамическом наблюдении выявлены следующие изменения. В первую очередь увеличивается нагрузка на пятку, т. е. на область, ответственную за первичный толчок. При этом происходит нарастание латерализации нагрузки путем повышения давления на головки IV и V плюсневых костей, что свидетельствует о начальных этапах формирования патологического положения стопы – дугового движения и инверсии. Сопутствующее же ограничение движений в голеностопном суставе отражается в виде

Таблица 3. Показатели распределения плантарного давления в динамике у пациентов 2-й группы

Показатель	2-я группа		Контрольная группа	p ₁	p ₂
	измерение 1	измерение 2			
Стопа					
Момент наступления пикового давления, % к времени опоры	77±15	67±24	77±18	>0,05	<0,001
Площадь контакта, см ²	122±21*	115±19*	135±15	<0,001	<0,001
Пятка					
Пиковое давление, кПа	264±92*	297±109*	334±80	<0,001	<0,001
ПГ2					
Пиковое давление, кПа	266±95*	237±90*	365±132	<0,001	<0,001
Максимальная сила, % к массе тела	20±7	17±5	25±6	<0,001	<0,001
Интеграл сила-время, % к массе тела · с	11±4*	9±4*	10±3	<0,001	>0,05
Интеграл давление-время, кПа · с	140±45*	125±41*	130±46	>0,05	>0,05
Момент наступления пикового давления, % к времени опоры	81±6	77±12	83±4	<0,001	<0,001
Момент наступления максимальной силы, % к времени опоры	77±7	72±12	78±6	>0,05	<0,001
ПГ3					
Момент наступления пикового давления, % к времени опоры	81±6	77±11	81±4	>0,05	<0,001
Большой палец					
Пиковое давление, кПа	478±258	383±226	400±236	>0,05	>0,05
Момент наступления пикового давления, % к времени опоры	84±9	78±14	84±7	>0,05	<0,001
Момент наступления максимальной силы, % к времени опоры	85±6	79±13	86±5	>0,05	<0,001

* – различия достоверны (p<0,01).

увеличения нагрузки среднего отдела стопы. При этом данные изменения происходят на фоне полного отсутствия жалоб пациентов на изменения движений. У пациентов 2-й группы с умеренным неврологическим дефицитом (EDSS≥3 балла), несмотря на отсутствие дальнейшей видимой отрицательной динамики двигательного процесса и углубления неврологического дефицита, педографическое исследование выявило изменения, указывающие на углуб-

ление образования поперечной арки в переднем отделе как следствие нарастающей спастичности, а также снижение роли большого пальца в переносе массы тела. С учетом того, что педография позволяет идентифицировать тонкие, не проявляющиеся клинически изменения движений, она может применяться для оценки динамики двигательных нарушений у больных РС, в том числе для оценки эффективности терапии и реабилитационных мероприятий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Столярова ИД, Бойко АН, редакторы. Рассеянный склероз: специалисты, диагностика, лечение. Санкт-Петербург: Элби-СПб; 2008. 320 с. [Stolyarova ID, Boiko AN, editors. *Rasseyannyi skleroz: spetsialisty, diagnostika, lechenie* [Multiple sclerosis: specialists, diagnostics, treatment]. Saint-Petersburg: Elbi-Spb; 2008. 320 p.]
2. Шмидт ТН, Яхно НН. Рассеянный склероз. Руководство для врачей. Москва: МЕДпресс-информ; 2012. 272 с. [Shmidt TN, Yakhno NN. *Rasseyannyi skleroz. Rukovodstvo dlya vrachei* [Multiple sclerosis. A guide for physicians]. Moscow: MEDpress-inform; 2012. 272 p.]
3. Чурюканов МВ, Алексеев ВВ, Кукушкин МЛ, Яхно НН. Психологические особенности пациентов с центральным болевым синдромом при рассеянном склерозе. Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика. 2011;(2):42–6. [Churyukanov MV, Alekseev VV, Kukushkin ML, Yakhno NN. Psychological features of patients with central pain syndrome in multiple sclerosis. *Nevrologiya, Neuropsikhiatriya, Psikhosomatika = Neurology, Neuropsychiatry, Psychosomatics*. 2011;(2):42–6. (In Russ.). doi: <http://dx.doi.org/10.14412/2074-2711-2011-145>
4. Benedetti MG, Piperno R, Simoncini L, et al. Gait abnormalities in minimally impaired multiple sclerosis patients. *Mult Scler*. 1999 Oct;5(5):363–8.
5. Walker AE, Noseworthy JH, Kaufman KR. Gait changes of patients with progressive multiple sclerosis. 23rd Annual Meeting of the ASB. University of Pittsburgh; 1999.
6. Гусев ЕИ, Завалишин ИА, Бойко АН. Рассеянный склероз и другие демиелинизирующие заболевания. Москва: Миклош; 2004. 540 с. [Gusev EI, Zavalishin IA, Boiko AN. *Rasseyannyi skleroz i drugie demieliniziruyushchie zabolevaniya* [Multiple sclerosis and other demyelinating diseases.]. Moscow: Miklosh; 2004. 540 p.]
7. Kurtzke JF. Neurology rating neurologic impairment in multiple sclerosis: an expanded disability status scale (EDSS). *Neurology*. 1983 Nov;33(11):1444–52.
8. Батышева ТТ, Бойко АН, Русина ЛР, Скворцов ДВ. Функциональные изменения походки у больных рассеянным склерозом (по данным биомеханических исследований). Журнал неврологии и психиатрии им. С.С.Корсакова. 2003;(спецвыпуск РС №2):70–2. [Batysheva TT, Boiko AN, Rusina LR, Skvortsov DV. Functional changes of gait in patients with multiple sclerosis (according to biomechanical studies). *Zhurnal neurologii i psikiatrii im. S.S.Korsakova*. 2003;(sRS#2):70–2. (In Russ.).]
9. Fauchard-Renard C, Renard JF, Miret N, et al. Therapeutic efficacy during active phases of multiple sclerosis: gait analysis and comparison with the EDSS score. *Rev Neurol (Paris)*. 2001 Jul;157(6–7):649–54.
10. Hobart J, Riazi A, Thompson AJ, et al.

Getting the measure of spasticity in MS: the Multiple Sclerosis Spasticity Scale. *Mult Scler.* 2005;(11)Suppl.1:104.

11. Tsvetkova T, Lebedev V, Stoliarov I, Ilves A. Patients with multiple sclerosis: how do they walk? *Clin Biomech.* 2003;18(7):36–37.

12. Ежов ИЮ, Рукина НН, Трифонов АМ. Биомеханические методы оценки функционального состояния пациентов при протезировании тазобедренных суставов. Травма-

тология и ортопедия. Медицинский альманах. 2010;11(2):183–6. [Ezhov IYu, Rukina NN, Trifonov AM. Biomechanical methods of assessment of functional status of patients with prosthetic hip joints. *Travmatologiya i ortopediya. Meditsinskii al'manakh.* 2010;11(2):183–6. (In Russ.)].

13. Martin CL, Phillips BA, Kilpatrick TJ, et al. Gait and balance impairment in early multiple sclerosis in the absence of clinical disability. *Mult Scler.* 2006 Oct;12(5):620–8.

14. Meyring S, Diehl RR, Milani TL, et al. Dynamic plantar pressure distribution in hemiparetic patients. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 1997 Jan;12(1):60–65.

15. Karas M, Hoy D. Compensatory midfoot dorsiflexion in the individual with heelcord tightness: implications for orthotic device designs. *J Prosthet Orthotics.* 2002;14(2):82–93.

Исследование не имело спонсорской поддержки. Авторы несут полную ответственность за предоставление окончательной версии рукописи в печать. Все авторы принимали участие в разработке концепции статьи и написании рукописи. Окончательная версия рукописи была одобрена всеми авторами.