

Отличительные параметры ходьбы у пациентов с рассеянным склерозом, зависящие от профиля ее дисфункции

Рябов С.А.¹, Бойко А.Н.^{1,2}

¹Кафедра неврологии, нейрохирургии и медицинской генетики ФГБОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова», Москва; ²отдел нейроиммунологии Института клинической неврологии ФГБУ «Федеральный центр мозга и нейротехнологий» ФМБА России, Москва
¹Россия, 117997, Москва, ул. Островитянова, 1; ²Россия, 117997, Москва, ул. Островитянова, 1, стр. 10

Цель исследования — определить методом видеоанализа отличительные параметры цикла шага у пациентов с рассеянным склерозом (РС), позволяющие с наибольшей достоверностью различить доминирующий профиль нарушения в функциональных системах.
Материал и методы. Обследовано 45 пациентов (женщин — 37, мужчин — 8) с ремиттирующим ($n=38$) и вторично-прогрессирующим ($n=7$) РС до и после курса медицинской реабилитации. Параметры ходьбы изучали на комплексе Physiomed Smart (Physiomed, Германия) по протоколу Davis.

Результаты. Только один показатель позволил достоверно различить атактический и спастико-паретичный паттерны походки при РС в диапазоне EDSS до 5,5 балла — база шага, величина которой больше у пациентов с доминированием атаксии. В «легкой» группе дополнительно выявлена значимая разница асимметрии ходьбы, а именно — большее значение при спастико-паретичном паттерне.

Заключение. Всестороннее профилирование нарушения ходьбы, главным образом, путем объективного анализа локомоторных паттернов, может оказаться полезным в мониторинге терапии и в определении чувствительных конечных точек для будущих исследований при РС.

Ключевые слова: рассеянный склероз; оценка исходов; шкалы; реабилитация; 3D-видеоанализ; ходьба.

Контакты: Сергей Андреевич Рябов; xwpandaxla@gmail.com

Для ссылки: Рябов СА, Бойко АН. Отличительные параметры ходьбы у пациентов с рассеянным склерозом, зависящие от профиля ее дисфункции. Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика. 2023;15(Прил. 1):26–30. DOI: 10.14412/2074-2711-2023-1S-26-30

Distinctive parameters of gait in patients with multiple sclerosis, depending on the profile of its dysfunction

Ryabov S.A.¹, Boyko A.N.^{1,2}

¹Department of Neurology, Neurosurgery, and Medical Genetics, N.I. Pirogov Russian National Research Medical University, Ministry of Health of Russia, Moscow; ²Department of Neuroimmunology, Institute of Clinical Neurology, Federal Center of Brain and Neurotechnologies, FMBA of Russia, Moscow
¹1, Ostrovityanova St., Moscow 117997, Russia; ²1, Ostrovityanova St., Build. 10, Moscow 117997, Russia

Objective: to identify characteristic gait parameters by video analysis in patients with multiple sclerosis (MS) that allow the most reliable discrimination of the dominant profile in functional systems.

Material and methods. We examined 45 patients (37 women, 8 men) with relapsing–remitting ($n=38$) and secondary progressive MS before and after a course of medical rehabilitation. Gait parameters were recorded with the Physiomed Smart video analysis system Physiomed Smart («Physiomed», Germany, Davis protocol).

Results. Only one indicator allowed reliable differentiation between ataxic and spastic–paretic gait patterns in MS in the EDSS range up to 5.5 points — the step width, the value of which is greater in patients with ataxia dominance. A significant difference in gait pattern asymmetry was also found in the mild disability group, namely, a greater value in the spastic–paretic pattern.

Conclusion. Comprehensive profiling of gait impairment, primarily through objective analysis of locomotor patterns, may be helpful in monitoring therapy and may reveal sensitive end points for further study in MS.

Keywords: multiple sclerosis; MS; outcome measures; scales; rehabilitation; 3DGA, gait.

Contact: Sergey Andreevich Ryabov; xwpandaxla@gmail.com

For reference: Ryabov SA, Boyko AN. Distinctive parameters of gait in patients with multiple sclerosis, depending on the profile of its dysfunction. Neurologiya, neiropsikhiatriya, psikhosomatika = Neurology, Neuropsychiatry, Psychosomatics. 2023;15(Suppl. 1):26–30. DOI: 10.14412/2074-2711-2023-1S-26-30

Рассеянный склероз (РС) — одна из главных неврологических причин инвалидизации молодого населения даже при доступности патогенетической и симптоматической терапии, что диктует потребность в реабилитационных вмешательствах [1].

Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика. 2023;15(Прил. 1):26–30

Согласно европейскому опросу клиницистов о постановке целей и о выборе инструментов для оценки исхода медицинских вмешательств в реальной клинической практике для пациентов с РС известно, что более половины специалистов (61,7%) оценивают пространственно-временные

параметры ходьбы [2]. Тем не менее традиционным и общепринятым инструментом оценки в рутинной практике ведения пациентов с РС является Расширенная шкала статуса инвалидизации (Expanded Disability Status Scale, EDSS) [3]. Шкала EDSS является удобным инструментом, однако низкая отзывчивость (чувствительность к изменениям) ограничивает ее применение для оценки эффектов терапии [4]. Оценка инвалидизации пациента по шкале EDSS основана на расчете баллов функциональных систем (ФС) по Куртцке, по которым возможно условное разделение пациентов на группы в соответствии с преобладанием того или иного синдрома. Так, например, ранее предложена дифференцировка пациентов с РС по паттерну походки, на основании преобладания спастико-паретичных или мозжечковых нарушений [5].

Цель исследования – определить методом видеонализа отличительные параметры цикла шага у пациентов с РС, позволяющие с наибольшей достоверностью различить доминирующий профиль нарушения в функциональных системах.

Материал и методы. Обследовано 45 пациентов с РС, разделенных три группы в соответствии с тяжестью нарушения ходьбы по баллу EDSS: группа легких нарушений ($\leq 4,0$ балла; $n=20$), средних нарушений (4,5–5,5 балла; $n=17$), тяжелых нарушений (6 баллов; $n=8$). Все пациенты на момент включения в исследование были в стабильном состоянии и получали оптимальную патогенетическую терапию. Клинико-демографические показатели пациентов представлены в табл. 1.

Критерии включения/невключения были подобраны для нивелирования возможных влияний сопутствующей патологии на биомеханику коленного сустава (табл. 2).

Всем пациентам до и после курса медицинской реабилитации был проведен 3D-видеоанализ ходьбы в специализированной лаборатории SMART (Германия), оснащенной высокоточной цифровой оптико-электронной системой высокого разрешения SMART-D для анализа движения. Светоотражающие пассивные маркеры (22 штуки) размещались на обследуемых согласно протоколу R.V. Davis и соавт. [7] и записывались на камеры с частотой сканирования 100 кадров в секунду. Запись включала пять последовательных циклов походки в комфортном

Таблица 1. *Клинико-демографические показатели пациентов*

Table 1. *Patients' clinical and demographic data*

Показатель	Число пациентов, n (%)
Пол:	
женщины	37 (82,2)
мужчины	8 (17,8)
Течение РС:	
ремиттирующий	38 (84,4)
вторично-прогрессирующий	7 (15,6)
Степень нарушения походки:	
легкая (EDSS $\leq 4,0$)	20 (44,4)
средняя (EDSS = 4,5–5,5)	17 (37,8)
тяжелая (EDSS = 6)	8 (17,8)

темпе без обуви и вспомогательной опоры. Обработка информации осуществлялась в программе Smart-Clinic с вычислением цифровых значений параметров цикла шага. Дополнительно к стандартным пространственно-временным и кинематическим параметрам цикла шага был произведен расчет асимметрии шага как натуральный логарифм абсолютного отношения более короткого среднего значения периода переноса к более длинному. Асимметрия походки определялась по формуле:

$$\text{Асимметрия походки} = |\ln (\text{КПП} / \text{ДПП})|,$$

где КПП и ДПП – короткий и длинный период переноса соответственно.

Дополнительно применен коэффициент масштабирования, равный 100, при котором значение 0,0 отражает идеальную симметрию, а увеличение значения отражает увеличение степени асимметрии.

Для учета двустороннего поражения нижних конечностей при РС применялся способ усреднения цифровых показателей цикла шага более и менее пораженной стороны через вычисление их среднего арифметического значения.

Таблица 2. *Критерии включения/невключения в исследование*

Table 2. *Inclusion/exclusion criteria*

Критерии включения	Критерии неключения
Возраст 25–60 лет	Переменяющаяся и нейрогенная хромота
Диагноз РС согласно критериям McDonald 2017 г. [6]	Последствие травмы опорно-двигательного аппарата, нервной системы
Наличие жалоб на качество ходьбы	Нарушение мозгового кровообращения в анамнезе
Давность последнего обострения >1 мес	Прием фампридина
Способность пройти 100 м самостоятельно или с дополнительной односторонней опорой (EDSS $<6,5$)	Полиневропатия, первичное мышечное заболевание (миопатии), экстрапирамидная патология

Таблица 3. *Количественное соотношение пациентов в подгруппах профилей ФС, n (%)*

Table 3. *Quantitative ratio of patients in subgroups of functional systems profiles, n (%)*

Степень нарушения ходьбы	Группа профиля ФС		
	спастико-паретичная	атактическая	смешанная
Легкая (EDSS $\leq 4,0$)	9 (37,5)	8 (50)	3 (60)
Средняя (EDSS = 4,5–5,5)	9 (37,5)	6 (37,5)	2 (40)
Тяжелая (EDSS = 6)	7 (25)	1 (12,5)	0

При определении балла EDSS применялась шкала ФС по Куртцке, на основании которой выполнено подразделение пациентов на подгруппы доминирующего нарушения (табл. 3): пирамидного пути (спастико-паретичная), координаторной сферы (атактическая) и равнозначности баллов (смешанная).

Статистический анализ проводился в программах StatTech v. 3.0.5 (разработчик – ООО «Статтех», Россия) и Microsoft Excel 2007. Результаты считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты. Выполнен анализ различия параметров цикла шага между группами ФС в пределах легкой степени тяжести нарушения ходьбы (табл. 4).

Таблица 4. Анализ различий между подгруппами ФС в пределах легкой степени тяжести нарушения ходьбы

Table 4. Analysis of differences between functional systems subgroups within mild severity of gait impairment

Показатель, подгруппа ФС	Значение		n	p
	M±SD	95% ДИ		
Средний период опоры, %:				
спастико-паретичная	62,51±1,92	61,03–63,98	9	0,098
атактическая	60,92±1,76	59,45–62,40	8	
Средний период переноса, %:				
спастико-паретичная	37,76±2,24	36,04–39,47	9	0,221
атактическая	39,09±2,04	37,38–40,79	8	
Средняя длина шага, м:				
спастико-паретичная	0,52±0,04	0,49–0,55	9	0,115
атактическая	0,57±0,08	0,51–0,64	8	
Средняя скорость, м/с:				
спастико-паретичная	0,97±0,17	0,84–1,11	9	0,112
атактическая	1,14±0,24	0,94–1,34	8	
База шага, м:				
спастико-паретичная	0,16±0,02	0,15–0,17	9	<0,001*
атактическая	0,19±0,02	0,18–0,21	8	
Средний диапазон движения бедра, град.:				
спастико-паретичная	38,1±3,0	35,8–40,3	9	0,240
атактическая	39,6±2,0	37,9–41,2	8	
Средний диапазон движения колена, град.:				
спастико-паретичная	56,2±6,0	51,5–60,8	9	0,946
атактическая	56,0±3,3	53,3–58,7	8	
Асимметрия, %:				
спастико-паретичная	11,0±5,7	6,6–15,4	9	0,011*
атактическая	4,6±2,5	2,5–6,7	8	
Средний диапазон движения голеностопа, град.:	Me [25-й; 75-й перцентили]		n	p
спастико-паретичная	27,5 [26,0; 28,0]		9	0,629
атактическая	26,0 [24,9; 27,4]		8	

Примечание. Здесь и в табл. 5: M – среднее; SD – стандартное отклонение; ДИ – доверительный интервал; Me – медиана. * – различия статистически значимы ($p < 0,05$).

Выполнен анализ различий параметров цикла шага между группами ФС в пределах средней степени тяжести нарушения ходьбы (табл. 5).

При сравнении показателя асимметрии и базы шага нами были установлены статистически значимые различия между группами по степени тяжести нарушения ходьбы, где по мере увеличения балла EDSS оба показателя увеличиваются (табл. 6).

Дополнительно для сравнения информативности пространственно-временных параметров цикла шага с клинической оценкой по шкалам мы оценили участников по валидизированной Шкале баланса Берг (Berg Balance Scale, BBS) [8].

Обсуждение. Это исследование было выполнено для того, чтобы определить методом видеоанализа отличительные параметры цикла шага у пациентов с РС, позволяющие

Таблица 5. Анализ различий между подгруппами ФС в пределах средней степени тяжести нарушения ходьбы

Table 5. Analysis of differences between functional systems subgroups within moderate severity of gait impairment

Показатель, подгруппа ФС	Значение		n	p
	M±SD	95% ДИ		
Средний период опоры, %:				
спастико-паретичная	64,18±1,81	62,79–65,57	9	0,659
атактическая	64,66±2,27	62,28–67,04	6	
Средняя длина шага, м:				
спастико-паретичная	0,42±0,07	0,37–0,48	9	0,929
атактическая	0,42±0,10	0,31–0,53	6	
Средняя скорость, м/с:				
спастико-паретичная	0,73±0,08	0,67–0,79	9	0,725
атактическая	0,71±0,11	0,59–0,83	6	
База шага, м:				
спастико-паретичная	0,18±0,02	0,16–0,19	9	0,005*
атактическая	0,24±0,06	0,18–0,30	6	
Средний диапазон движения бедра, град.:				
спастико-паретичная	32,0±1,3	31,0–33,0	9	0,591
атактическая	32,4±1,7	30,7–34,2	6	
Средний диапазон движения колена, град.:				
спастико-паретичная	41,7±4,7	38,1–45,3	9	1,000
атактическая	41,7±3,7	37,8–45,5	6	
Средний диапазон движения голеностопа, град.:				
спастико-паретичная	21,7±1,6	20,5–23,0	9	0,734
атактическая	21,4±1,8	19,6–23,3	6	
Асимметрия, %:				
спастико-паретичная	16,3±11,2	7,8–24,9	9	0,590
атактическая	13,6±5,9	7,4–19,7	6	
Средний период переноса, %:	Me [25-й; 75-й перцентили]		n	p
спастико-паретичная	35,00 [34,50; 37,20]		9	0,238
атактическая	35,05 [32,12; 36,18]		6	

Таблица 6. Анализ асимметрии и базы шага при разной степени нарушения ходьбы

Table 6. Analysis of the asymmetry and step width in various severity of gait impairment

Степень нарушения ходьбы	Асимметрия, %, Ме [25-й; 75-й перцентили]	База шага, м, Ме [25-й; 75-й перцентили]
Легкая (EDSS ≤4,0; n=20)	6,1 [3,6; 9,3]	0,17 [0,16; 0,18]
Средняя (EDSS = 4,5–5,5; n=17)	15,5 [9,0; 23,3]	0,20 [0,18; 0,22]
Тяжелая (EDSS = 6; n=8)	16,7 [2,2; 34,2]	0,20 [0,18; 0,23]
p	0,041* P _{ср. ст. – л. ст.} = 0,043	0,015* P _{ср. ст. – л. ст.} = 0,039 P _{л. ст. – ср. ст.} = 0,046

Примечание. P_{ср. ст. – л. ст.} – статистическая значимость различий между средней и легкой степенями нарушения ходьбы; P_{л. ст. – ср. ст.} – статистическая значимость различий между тяжелой и средней степенью нарушения ходьбы.

с наибольшей достоверностью различить доминирующий профиль нарушения в ФС.

Ранее была опубликована работа L. Filli и соавт. [5], где, используя кластерный анализ основных параметров цикла шага, авторы выделили три подгруппы характерных паттернов походки: спастико-паретичная (с выраженным снижением амплитуды движений в колене и голеностопе, а также с увеличением асимметрии), атактическая (повышенная пространственная вариабельность движений ног и туловища), неустойчивая (расширенная база шага и чрезмерные движения туловища во всех направлениях). Первое отличие нашего исследования состоит в том, что мы анализировали ходьбу пациентов не на беговой дорожке с универсально заданной скоростью, а на полу с комфортным темпом. Второе отличие – это исходное определение доминирующего нарушения в ФС, т. е. первоначальная клиническая оценка, а не оценка данных видеонализа.

Среди всех оцифрованных параметров цикла шага в нашем исследовании только один показатель позволил достоверно различить атактический и спастико-паретичный паттерны походки при РС в диапазоне EDSS до 5,5 балла – база шага, величина которой больше у пациентов с доминированием атаксии. В группе легких нарушений дополни-

Таблица 7. Анализ результатов оценки по Шкале баланса Берг при разной степени нарушения ходьбы

Table 7. Analysis of the evaluation results on the Berg Balance Scale in various severity of gait impairment

Степень тяжести нарушения ходьбы	Подгруппа ФС	Значение, баллы M±SD	95% ДИ	n	p
Средняя (EDSS = 4,5–5,5)	Спастико-паретическая	49±2	47–51	9	0,467
	Атактическая	50±2	48–53	6	
Легкая (EDSS ≤4,0)	Спастико-паретическая	52±3	50–54	9	0,584
	Атактическая	51±2	50–52	8	

тельно выявлена достоверная разница асимметрии ходьбы, а именно – большее значение при спастико-паретичном паттерне.

В настоящее время широко применяемыми клиническими инструментами для дифференцировки паттерна нарушения ходьбы при РС являются наблюдение врача за походкой пациента, что оказывается субъективным способом ввиду отсутствия стандартизации, а также оценка шкалы ФС как основополагающей для шкалы EDSS, которая оказывается недостаточно отзывчивой на изменения при медицинских вмешательствах. В то же время 3D-видеоанализ предоставляет множество объективно измеренных параметров цикла шага; так, например, нами определено преимущество данного метода над рутинной клинической оценкой на основании выявленной статистически значимой разницы величины базы шага у пациентов с разными паттернами нарушения ходьбы (спастико-паретическим и атактическим) в широком диапазоне балла EDSS (≤5,0), тогда как Шкала баланса Берг в нашем исследовании не позволила дифференцировать пациентов таким образом.

Ограничение данного исследования состоит в небольшом объеме выборки, и результаты должны быть подтверждены в более крупных когортных исследованиях.

Заключение. Всестороннее профилирование нарушения ходьбы, начиная от индивидуальных характеристик походки и заканчивая объективным анализом локомоторных паттернов, может оказаться полезным в мониторинге терапии и в определении чувствительных конечных точек для будущих исследований при РС.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Amatya B, Khan F, Galea M. Rehabilitation for people with multiple sclerosis: an overview of Cochrane Reviews. *Cochrane Database Syst Rev.* 2019 Jan 14;1(1):CD012732. doi: 10.1002/14651858.CD012732.pub2
- Rasova K, Martinkova P, Soler B, et al. Real-World Goal Setting and Use of Outcome Measures According to the International Classification of Functioning, Disability and Health: A European Survey of Physical Therapy Practice in Multiple Sclerosis. *Int J Environ Res Public Health.* 2020 Jul 2;17(13):4774. doi: 10.3390/ijerph17134774
- 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
- Van Munster CE, Uitdehaag BM. Outcome Measures in Clinical Trials for Multiple Sclerosis. *CNS Drugs.* 2017;31(3):217–36. doi: 10.1007/s40263-017-0412-5
- Filli L, Sutter T, Easthope CS, et al. Profiling walking dysfunction in multiple sclerosis: characterisation, classification and progression over time. *Sci Rep.* 2018 Mar 21;8(1):4984. doi: 10.1038/s41598-018-22676-0

6. Thompson AJ, Banwell BL, Barkhof F, et al. Diagnosis of multiple sclerosis: 2017 revisions of the McDonald criteria. *Lancet Neurol.* 2018;17(2):162-73. doi: 10.1016/S1474-4422(17)30470-2
7. Davis RB, Ounpuu S, Tyburski D, Gage JR. A gait analysis data collection and reduction technique. *Hum Movement Sci.* 1991;10(5):575-87. doi: 10.1016/0167-9457(91)90046-Z
8. Супонева НА, Юсупова ДГ, Зимин АА и др. Валидация Шкалы баланса Берг в России. *Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика.* 2021;13(3):12-8. doi: 10.14412/2074-2711-2021-3-12-18
- [Suponeva NA, Yusupova DG, Zimin AA, et al. Validation of a Russian version of the Berg Balance Scale. *Nevrologiya, neiropsikhiatriya, psikhosomatika = Neurology, Neuropsychiatry, Psychosomatics.* 2021;13(3):12-8. doi: 10.14412/2074-2711-2021-3-12-18 (In Russ.)].

Поступила/отрецензирована/принята к печати
Received/Reviewed/Accepted
12.04.2023/01.07.2023/03.07.2023

Заявление о конфликте интересов/Conflict of Interest Statement

Исследование не имело спонсорской поддержки. Конфликт интересов отсутствует. 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.

The investigation has not been sponsored. There are no conflicts of interest. The authors are solely responsible for submitting the final version of the manuscript for publication. All the authors have participated in developing the concept of the article and in writing the manuscript. The final version of the manuscript has been approved by all the authors.

Рябов С.А. <https://orcid.org/0000-0002-2186-791X>
Бойко А.Н. <https://orcid.org/0000-0002-2975-4151>