

Efecto del ejercicio acuático sobre la cinemática del patrón de marcha en pacientes con enfermedad de Parkinson: un estudio piloto

Paula Rodríguez, José M. Cancela, Carlos Ayán, Carla do Nascimento, Manuel Seijo-Martínez

Objetivo. Determinar los efectos sobre las alteraciones de la marcha en un grupo de personas afectadas de enfermedad de Parkinson (EP) mediante la aplicación de un programa de ejercicio físico desarrollado en el agua.

Pacientes y métodos. Un total de nueve pacientes diagnosticados de EP idiopática, con estadios I-III según la escala de Hoehn y Yahr, participaron en un programa basado en la realización de una sesión de ejercicio acuático por semana durante cinco meses. Se empleó un análisis biomecánico tridimensional para determinar los efectos del programa sobre el comportamiento de los parámetros cinemáticos (velocidad de desplazamiento, cadencia, longitud de zancada, tiempo de paso, tiempo en apoyo simple y tiempo en apoyo doble, y ángulos de la cadera, de la rodilla y del tobillo) evaluados mediante la realización de marcha en tapiz rodante.

Resultados. Tras la finalización del programa, se observó un aumento significativo en la velocidad de la marcha y en la longitud de zancada, así como en la relación apoyo simple/apoyo doble ($p < 0,05$). El incremento encontrado en el rango de movilidad articular no resultó significativo.

Conclusiones. El ejercicio físico desarrollado en el agua parece tener efectos positivos sobre algunas de las variables cinemáticas que caracterizan el patrón biomecánico de la marcha de los pacientes con EP.

Palabras clave. Alteraciones de la marcha. Biomecánica. Ejercicio físico. Fisioterapia. Parkinson. Rehabilitación.

Introducción

Los trastornos de la marcha suponen uno de los principales desafíos terapéuticos en la enfermedad de Parkinson (EP) [1], pues implican un riesgo de caídas, discapacidad y declive físico [2]. Los avances en el tratamiento de las alteraciones de la marcha en EP, especialmente a través de la farmacoterapia, han sido limitados, mientras que las técnicas quirúrgicas (talamotomía y estimulación cerebral profunda) no mejoran los problemas de la marcha y del equilibrio. Permanecen desconocidos los sustratos neuroquímicos que subyacen al trastorno de la marcha parkinsoniana, ya que, salvo que ésta ocurra en la fase *off*, no suele responder de forma significativa al tratamiento con levodopa [3]. Como consecuencia, es importante considerar en la terapia antiparkinsoniana opciones alternativas complementarias, como la terapia física, que han dado resultados funcionales favorables [4,5]. A este respecto, se ha confirmado la efectividad de distintos programas de rehabilitación física en las alteraciones de la marcha en EP [6,7], si bien se dispone de poca información sobre el efecto del ejercicio físico en el agua [8,9]. Sin embargo, la evidencia científica apor-

tada por estas investigaciones presenta ciertas limitaciones metodológicas, y destaca el escaso empleo de técnicas de valoración objetivas, como el análisis biomecánico postural [10]. A este respecto, existe una necesidad de identificar los efectos de los programas de ejercicio en el patrón de la marcha mediante la valoración de ciertas variables cinemáticas, incluyendo los ángulos articulares durante el ciclo de la marcha. Este aspecto se ha estudiado poco a pesar de que aporta información de gran relevancia en la EP [11]. Por estos motivos, el propósito de este pequeño estudio piloto es determinar los efectos sobre las alteraciones de la marcha en un grupo de personas afectadas de EP mediante la aplicación de un programa de ejercicio físico desarrollado en el agua y utilizando un análisis biomecánico diseñado para tal efecto.

Pacientes y métodos

Muestra

Los participantes de este estudio fueron seleccionados a través de una carta de invitación dirigida a to-

Instituto de Biociencias; Universidad de Sao Paulo; Sao Paulo, Brasil (C. do Nascimento). Asociación Parkinson Bueu-Galicia (P. Rodríguez). Facultad de Ciencias de la Educación y el Deporte; Universidad de Vigo (J.M. Cancela, C. Ayán). Neurología; Xestión Integrada Pontevedra-Salnés (M. Seijo-Martínez). Pontevedra, España.

Correspondencia:

Dr. José María Cancela Carral. Grupo de Investigación HealthyFit. Universidad de Vigo. Campus da Xunqueira, s/n. E-36004 Pontevedra.

Fax:

+34 986 801 701.

E-mail:

chemacc@uvigo.es

Agradecimientos:

A los integrantes de la Asociación Parkinson Bueu-Galicia, por su ayuda y buena disposición.

Aceptado tras revisión externa:

13.02.13.

Cómo citar este artículo:

Rodríguez P, Cancela JM, Ayán C, Do Nascimento C, Seijo-Martínez M. Efecto del ejercicio acuático sobre la cinemática del patrón de marcha en pacientes con enfermedad de Parkinson: un estudio piloto. Rev Neurol 2013; 56: 315-20.

© 2013 Revista de Neurología

dos los miembros de la Asociación Parkinson Galicia-Bueu, mediante un convenio de colaboración establecido entre dicha entidad y la Universidad de Vigo. Los criterios de inclusión fueron:

- Diagnóstico de EP idiopática con respuesta favorable a levodopa [12].
- Estadio evolutivo entre I-III de acuerdo con la escala de Hoehn y Yahr [13].
- Clínicamente estables, sin cambios en la terapia antiparkinsoniana en los tres meses previos al inicio del programa.
- Posibilidad de asistir al programa de ejercicio acuático.

Fueron excluidos del estudio aquellos pacientes que no podían desplazarse de manera autónoma o que presentaban alguna otra enfermedad que desaconsejase la práctica de actividad física. Previamente al desarrollo de la investigación, se obtuvo la aprobación del comité ético del Servicio Galego de Saúde-Xunta de Galicia (2011/343) y el consentimiento firmado de todos los participantes.

Intervención

Los pacientes participaron en un programa basado en la realización de una sesión de ejercicio acuático por semana con una duración total de cinco meses. Todas las sesiones fueron organizadas bajo la misma estructura y divididas en tres fases. La primera fase correspondía al calentamiento (duración: 10 minutos), consistente en caminar en distintas direcciones y sentidos a lo largo de la piscina; la segunda correspondía a la fase principal (duración: 25 minutos); y la tercera estaba destinada a la realización de nado suave, flotación pasiva y estiramiento (duración: 15 minutos). Los ejercicios propuestos en la fase principal tenían como objetivo la mejora del equilibrio, la coordinación y la fuerza de los miembros inferiores. Por ello, durante esta fase de la sesión se programó la realización de dos series de 20 repeticiones/pasos de ejercicios calisténicos generales (*jogging* remando con manos hacia adelante/hacia atrás, desplazamientos con elevación de rodillas, elevación y descenso sobre un *step* acuático, desplazamientos en cruce, desequilibrios apoyados contra la pared, media-sentadilla y fondos), permitiéndose un descanso pasivo de 30 segundos entre ambas series. El volumen del programa de entrenamiento permaneció estable, no así la intensidad, que se fue incrementando a medida que el nivel de los pacientes lo permitía, mediante la realización de ejercicios más complejos que requerían una mayor velocidad y coordinación del movimiento, así

como un incremento de la magnitud de la resistencia que se debía vencer (mediante el uso de tablas de flotación o lastres acuáticos). Las sesiones fueron dirigidas por una fisioterapeuta con experiencia en EP, quien demostraba y coordinaba la realización de los ejercicios desde el interior de una piscina de reducidas dimensiones (11,80 × 7,75 m), dotada con una rampa de acceso y de profundidad progresiva (0,75 a 1,50 m). La temperatura del agua se mantuvo en 28 °C.

Análisis biomecánico

Los resultados del programa desarrollado se cuantificaron por medio de un análisis biomecánico de la marcha. Se realizó un análisis control una semana antes y un segundo control una semana después de la intervención. La recogida de datos se llevó a cabo de forma automática a través del *Software Motion System* (Pro Triner DV *software* V.8.1, Sports Motion, Inc, Cardiff, UK), que permite obtener datos relacionados con variables cinemáticas (ángulo de la cadera, de la rodilla y del tobillo, velocidad de desplazamiento, cadencia, longitud de zancada, tiempo de paso, tiempo en apoyo simple y tiempo en apoyo doble) [14]. Con este objetivo, se colocaron sobre los puntos anatómicos específicos de la extremidad inferior derecha de cada paciente 13 referencias esféricas reflectantes, lo que permitió un análisis del ciclo de la marcha tridimensional. Los pacientes caminaron a velocidad libre durante cuatro minutos sobre un tapiz rodante, y se registraron las mediciones entre el segundo y tercer minuto con el fin de reducir las interferencias provocadas por la posible existencia de bloqueos en la marcha, la aceleración inicial y la deceleración final. A través del programa Matlab, se normalizaron los datos obtenidos para definir un ciclo de la marcha completo y se establecieron los puntos máximos de flexión y extensión por articulación (cadera, rodilla, tobillo). Todos los participantes fueron evaluados en fase *on* (entre 60 y 90 minutos después de la última toma de levodopa).

Análisis estadístico

Se calcularon las medias y desviaciones típicas para definir las características de la muestra objeto de estudio. Se comprobó la normalidad de la muestra a través de la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Con el fin de identificar los efectos del programa acuático sobre las variables cinemáticas, se llevó a cabo la prueba *t* de Student para muestras relacionadas. El análisis estadístico se efectuó mediante el programa estadístico SPSS v.19. Todos los datos cumplieron el

Tabla I. Datos demográficos y de afectación clínica de la muestra objeto de estudio.

	Edad (años)	Sexo	Años diagnosticados	Peso (kg)	Altura (cm)	Longitud de la pierna (cm) ^a	Hoehn y Yahr	Medicación
Paciente 1	74	Mujer	2	88,3	147,27	68,61	3	Rotigotina, levodopa
Paciente 2	70	Varón	6	60,6	154,69	73,85	3	Rotigotina, levodopa
Paciente 3	63	Varón	5	78	166,95	77,91	2	Levodopa/benseracida, rasagilina mesilato, ropinirol
Paciente 4	65	Mujer	13	66,5	168	81,64	3	Levodopa/carbidopa, rasagilina mesilato, carbidopa/entacapona/levodopa
Paciente 5	69	Varón	3	62,1	160,24	76,16	3	Rasagilina mesilato, levodopa, carbidopa y entacapona
Paciente 6	56	Varón	7	69,7	161,85	80,90	3	Carbidopa, levodopa
Paciente 7	72	Varón	2	80,1	162	81,22	2	Levodopa, carbidopa y entacapona, rotigotina
Paciente 8	77	Mujer	20	68,5	153,88	74,63	3	Carbidopa, levodopa
Paciente 9	61	Varón	6	89	170,20	88,02	2	Carbidopa/levodopa, rasagilina mesilato, rotigotina
Media ± DE	67,44 ± 6,72	—	7,11 ± 5,88	73,64 ± 10,65	160,56 ± 7,48	78,1 ± 5,61	2,66 ± 0,50	—

DE: desviación estándar. ^a Distancia desde el trocánter mayor al suelo.

criterio de normalidad, por lo que el análisis se desarrolló a través de estadísticos paramétricos. Un valor $p < 0,05$ se consideró estadísticamente significativo.

Resultados

Se incluyeron nueve pacientes en el programa. Todos lo finalizaron, cumpliendo una media de adhesión al programa próxima al 85% (17 de 20 sesiones). Los datos demográficos y de afectación clínica de la muestra se resumen en la tabla I. Los resultados obtenidos una vez finalizada la intervención indican la existencia de una serie de cambios en las variables biomecánicas del patrón de la marcha (Tabla II). En la figura se muestra la comparación del perfil cinemático del miembro inferior derecho de los participantes durante un ciclo completo de la marcha antes y después de la intervención, tomando como referencia los respectivos valores medios de población sana. Con respecto a los parámetros cinemáticos, se aprecia que la longitud de su zancada se incrementó un 30,48% ($p = 0,001$) y la velocidad del paso aumentó un 20,21%, aunque este resultado no fue es-

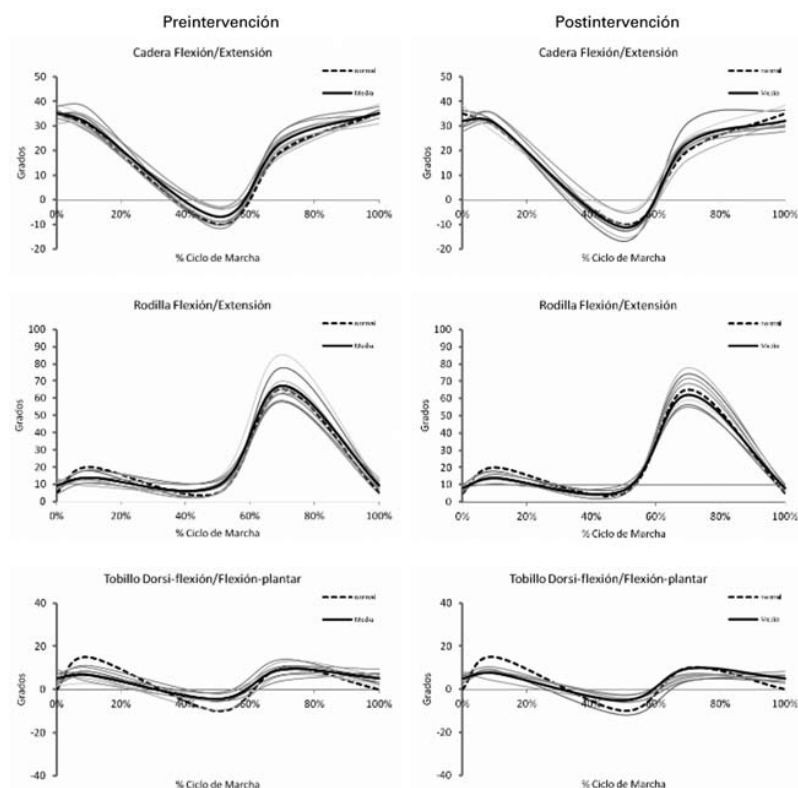
tadísticamente significativo. Se observó un incremento en la relación entre tiempo de apoyo simple y apoyo doble en torno al 35% ($p = 0,031$). También se observó una reducción en la cadencia (6,47%; $p = 0,057$) y un aumento en el tiempo de paso (2,54%; $p = 0,52$). En cuanto al rango de movilidad articular, se observó un ligero aumento del rango de movilidad en las tres articulaciones estudiadas, pero no se alcanzó significación estadística.

De acuerdo con los resultados obtenidos, no se observaron cambios relevantes en el patrón de la marcha, salvo una ligera tendencia hacia la adquisición de cierta normalización durante la fase de apoyo (40-60% del ciclo) en las articulaciones de la rodilla y cadera.

Discusión

Los resultados obtenidos en el análisis biomecánico inicial están en línea con lo indicado por otros autores [15,16] y confirman que el paciente con EP, en comparación con la población sana, presenta una menor velocidad de desplazamiento y una menor

Figura. Representación comparativa del perfil cinemático de los participantes durante un ciclo completo de la marcha antes y después de la intervención.



longitud de zancada, así como un menor rango de movilidad articular en sus miembros inferiores.

La mejora significativa observada en la longitud de zancada y en la relación entre el tiempo de apoyo simple y doble podría ser el resultado de los efectos del ejercicio acuático, basándose en el hecho de que las tareas provocasen una mejora en el equilibrio y en la fuerza de los miembros inferiores [17]. Estas mejoras se traducen en un patrón de marcha más seguro y con un mayor control postural. Las investigaciones centradas en el entrenamiento de la fuerza muscular, del equilibrio y de la estabilidad postural en la EP han encontrado resultados similares a los aquí presentados [18-20]. Por otro lado, hay que tener en cuenta la posible influencia de dos factores determinantes en los efectos que los programas de ejercicio físico tienen sobre la marcha en pacientes con EP. Éstos son el empleo de señales rítmicas y la estimulación del metabolismo aeróbico [7]. En el primer caso, es conocido su efecto positivo sobre la fluidez del movimiento en la persona afectada de

EP, lo que favorece de forma significativa su patrón de marcha [21,22]. Del mismo modo, se ha comentado que la estimulación metabólica aeróbica puede traducirse en ganancias tanto en la longitud del paso como en la velocidad de desplazamiento [23]. En relación con esto, parece oportuno comentar que el programa de ejercicio acuático aplicado en este estudio incluía demostraciones rítmicas de los movimientos que servían de patrón y guía básica para su correcta ejecución. Además, aunque no se valoró objetivamente la intensidad de las sesiones, a juzgar por su duración y la intervención de grandes grupos musculares en la realización de gran parte de las tareas propuestas, no se descarta la existencia de un estímulo aeróbico de magnitud suficiente como para tener el efecto anteriormente mencionado. Conviene señalar que un protocolo fisioterápico desarrollado en el medio acuático con pacientes con EP no encontró cambios significativos en la cinemática de la marcha [24], y mostró diferencias en cuanto a los contenidos del programa de ejercicio y menor duración de éste. Asimismo, la ausencia de un análisis biomecánico específicamente diseñado para el estudio del ciclo de la marcha de los participantes no permite una comparación directa con los resultados aquí presentados.

Es posible que los cambios cinemáticos encontrados en los pacientes con EP tras finalizar la intervención pudieran deberse a una hipotética mejora condicional. Fisher et al [25] comprobaron que la práctica de ejercicio físico produjo una ganancia en el rango de amplitud articular de un grupo de pacientes con EP que se entrenaron a diferentes intensidades, si bien sólo fue significativa en aquéllos que participaron en el programa de mayor exigencia física. En esta línea, se ha observado que, hacia la mitad del ciclo de la marcha, la fuerza muscular generada en la cadera se encuentra reducida en la EP, dificultando la elevación del muslo y, por tanto, la fluidez y la evolución de la pierna de apoyo hacia la fase aérea [26]. Por eso, una hipotética ganancia de fuerza provocada por el programa de ejercicio acuático podría ser la causante de la tendencia hacia la normalización del patrón de movimiento de esta articulación durante la fase de apoyo encontrada tras la intervención.

Desde el conocimiento de los autores, este trabajo constituye el primer abordaje investigador hasta la fecha que propone analizar los efectos de un programa de ejercicio acuático en el patrón de marcha de pacientes con EP por medio de análisis cinemático, si bien no está exento de importantes limitaciones. A este respecto, el reducido tamaño de la muestra y la ausencia de un grupo control constitu-

yen dos factores determinantes que reducen la aplicabilidad y capacidad de generalización de los resultados aquí presentados.

Por otro lado, la reducida frecuencia semanal de entrenamiento, la posibilidad de que el tapiz rodante no refleje fielmente la normalidad de ciclo de la marcha de los participantes y no haber tenido en cuenta la asimetría propia del paciente con EP en el análisis cinemático son factores que también podrían considerarse potencialmente limitantes. Sin embargo, la larga duración de la intervención y la elevada participación lograda durante su desarrollo pueden, en cierto modo, contrarrestar el reducido número de sesiones por semana realizado y garantizar cierto efecto del ejercicio sobre los parámetros analizados. Además, conviene señalar que intervenciones de mucha menor duración, pero con un número similar de sesiones de rehabilitación física a las finalmente realizadas en este estudio, han logrado también efectos significativos en la marcha de personas con EP [27]. Con respecto a la posibilidad de que el patrón de marcha analizado estuviese de algún modo desnaturalizado, es necesario aclarar que esta idea surge de considerar el efecto que tiene en el paciente con EP tener que caminar a un ritmo constante de acuerdo con la velocidad que el tapiz rodante exige, y que limita su libertad de movimiento [28]. Sin embargo, los cambios que sobre la marcha provoca el caminar sobre un tapiz rodante en personas con EP parecen afectar mayormente a quienes se encuentran en estadios más avanzados de la enfermedad [29], superiores a los de los participantes de este estudio. A esto hay que añadir que se ha demostrado que, cuando este tipo de pruebas se realiza en la fase *on*, el patrón de marcha se muestra mucho más normalizado [3]. Por último, en relación con la falta de fiabilidad de los datos obtenidos en el análisis biomecánico, al haberse analizado sólo el miembro inferior derecho de cada paciente, conviene mencionar que la asimetría no parece ser un factor de gran relevancia cuando los pacientes son evaluados bajo el efecto de su medicación [11], como ha sido el caso.

Sobre la base de lo anterior, los resultados muestran indicios de que el ejercicio físico desarrollado en el agua tiene efectos positivos sobre algunas de las variables cinemáticas que caracterizan el patrón biomecánico de la marcha de pacientes con EP. Ésta puede ser una opción rehabilitadora que se debe considerar por el neurólogo siempre que existan los recursos necesarios para su puesta en práctica. Futuros estudios aleatorizados y controlados, y con una mayor potencia muestral, son necesarios para confirmar los hallazgos aquí presentados.

Tabla II. Análisis del efecto del programa de agua sobre los parámetros cinemáticos estudiados.

	Preintervención	Postintervención	<i>p</i>
Velocidad de paso (m/s)	0,94 ± 0,33	1,13 ± 0,31	0,340
Longitud de zancada (cm)	151,02 ± 6,33	191,00 ± 12,19	0,001 ^a
Cadencia (pasos/min)	103,44 ± 13,66	96,75 ± 15,99	0,057
Tiempo de paso (s)	1,18 ± 0,21	1,21 ± 0,24	0,520
Apoyo simple/apoyo doble	1,11 ± 0,23	1,50 ± 0,41	0,030 ^a
Rango de movimiento de la cadera (grados)	42,23 ± 3,01	43,28 ± 4,01	0,176
Rango de movimiento de la rodilla (grados)	53,50 ± 5,67	55,11 ± 12,14	0,422
Rango de movimiento del tobillo (grados)	13,55 ± 2,85	14,74 ± 5,47	0,577

^a *p* < 0,05.

Bibliografía

- Moreau C, Cantiniaux S, Delval A, Defebvre L, Azulay JP. Gait disorders in Parkinson's disease: and pathophysiological approaches. *Rev Neurol (Paris)* 2010; 166: 158-67.
- Shulman LM, Gruber-Baldini AL, Anderson KE, Vaughan CG, Reich SG, Fishman PS, et al. The evolution of disability in Parkinson disease. *Mov Disord* 2008; 23: 790-6.
- Shan DE, Lee SJ, Chao LY, Yeh SI. Gait analysis in advanced Parkinson's disease –effect of levodopa and tolcapone. *Can J Neurol Sci* 2001; 28: 70-5.
- Santos H, García-Antelo MJ, Ivánovic-Barbeito Y, Díaz-Silva JJ, Sobrido MJ. Tratamiento de los trastornos de la marcha en la enfermedad de Parkinson. *Rev Neurol* 2012; 54 (Supl 5): S61-8.
- Goodwin VA, Richards SH, Taylor RS, Taylor AH, Campbell JL. The effectiveness of exercise interventions for people with Parkinson's disease: a systematic review and meta-analysis. *Mov Disord* 2008; 23: 631-40.
- Shulman LM, Katzel LI, Ivey FM, Sorkin JD, Favors K, Anderson KE, et al. Randomized clinical trial of 3 types of physical exercise for patients with Parkinson disease. *Arch Neurol* 2012; 5: 1-8.
- Herman T, Giladi N, Hausdorff JM. Treadmill training for the treatment of gait disturbances in people with Parkinson's disease: a mini-review. *J Neural Transm* 2009; 116: 307-18.
- Ayán C, Cancela JM. Effects of aquatic exercise on persons with Parkinson's disease: a preliminary study. *Sci Sports* 2012; 27: 300-4.
- Sage MD, Johnston RS, Almeida QJ. Comparison of exercise strategies for motor symptom improvement in Parkinson's disease. *Neurodegen Dis Manage* 2011; 1: 387-95.
- Peppe A, Chiavalon C, Pasqualetti P, Crovato D, Caltagirone C. Does gait analysis quantify motor rehabilitation efficacy in Parkinson's disease patients? *Gait Posture* 2007; 26: 452-62.
- Delval A, Salleron J, Bourriez JL, Bleuse S, Moreau C, Krystkowiak P, et al. Kinematic angular parameters in PD: reliability of joint angle curves and comparison with healthy subjects. *Gait Posture* 2008; 28: 495-501.
- Hughes AJ, Daniel SE, Kilford L, Lees AJ. Accuracy of clinical

- diagnosis of idiopathic Parkinson's disease. A clinico-pathological study of 100 cases. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1992; 55: 181-4.
13. Hoehn MM, Yahr MD. Parkinsonism: onset, progression and mortality. *Neurology* 1967; 17: 427-42.
 14. Murray P, Kory C, Clarkston B. Walking patterns of healthy old men. *J Gerontol* 1969; 24: 169-78.
 15. Moreno F, Poza J, Martí F, López de Munáin A. Análisis de la marcha en la enfermedad de Parkinson y su respuesta al tratamiento dopaminérgico. *Med Clin (Barc)* 2005; 124: 50-2.
 16. Morris M, Iansek R, McGinley J, Matyas T, Huxham F. Three-dimensional gait biomechanics in Parkinson's disease: evidence for a centrally mediated amplitude regulation disorder. *Mov Disord* 2005; 20: 40-50.
 17. Ayán C, Cancela J. Feasibility of two different water-based exercise training programs in patients with Parkinson's disease: a pilot study. *Arch Phys Med Rehabil* 2012; 93: 1709-14.
 18. Scandalis TA, Bosak A, Berliner JC, Helman LL, Wells MR. Resistance training and gait function in patients with Parkinson's disease. *Am J Phys Med Rehabil* 2001; 80: 38-43.
 19. Hass CJ, Buckley TA, Pitsikoulis C, Barthelemy EJ. Progressive resistance training improves gait initiation in individuals with Parkinson's disease. *Gait Posture* 2012; 35: 669-73.
 20. Li F, Harmer P, Fitzgerald K, Eckstrom E, Stock R, Galver J, et al. Tai chi and postural stability in patients with Parkinson's disease. *N Engl J Med* 2012; 366: 511-9.
 21. Seco J, Gago I, Cano R, Fernández de las Peñas C. Efectividad de los estímulos sensoriales sobre los trastornos de la marcha en pacientes con enfermedad de Parkinson. Estudio piloto. *Fisioterapia* 2012; 34: 4-10.
 22. Frazzitta G, Maestri R, Uccellini D, Bertotti G, Abelli P. Rehabilitation treatment of gait in patients with Parkinson's disease with freezing: a comparison between two physical therapy protocols using visual and auditory cues with or without treadmill training. *Mov Disord* 2009; 24: 1139-43.
 23. Sage MD, Almeida QJ. Symptom and gait changes after sensory attention focused exercise vs aerobic training in Parkinson's disease. *Mov Disord* 2009; 24: 1132-8.
 24. Vivas J, Arias P, Cudeiro J. Aquatic therapy versus conventional land-based therapy for Parkinson's disease: an open-label pilot study. *Arch Phys Med Rehabil* 2011; 92: 1202-10.
 25. Fisher BE, Wu AD, Salem GJ, Song J, Lin CH, Yip J, et al. The effect of exercise training in improving motor performance and corticomotor excitability in people with early Parkinson's disease. *Arch Phys Med Rehabil* 2008; 89: 1221-9.
 26. Sofuwa O, Nieuwboer A, Desloovere K, Willems AM, Chavret F, Jonkers I. Quantitative gait analysis in Parkinson's disease: comparison with a healthy control group. *Arch Phys Med Rehabil* 2005; 86: 1007-13.
 27. Bricchetto G, Pelosin E, Marchese R, Abbruzzese G. Evaluation of physical therapy in parkinsonian patients with freezing of gait: a pilot study. *Clin Rehabil* 2006; 20: 31-5.
 28. Frenkel-Toledo S, Giladi N, Peretz C, Herman T, Gruendlinger L, Hausdorff JM. Treadmill walking as an external pacemaker to improve gait rhythm and stability in Parkinson's disease. *Mov Disord* 2005; 20: 1109-14.
 29. Bello O, Fernández-Del-Olmo M. How does the treadmill affect gait in Parkinson's disease? *Curr Aging Sci* 2012; 5: 28-34.

Effects of aquatic physical exercise on the kinematic gait pattern in patients with Parkinson's disease: a pilot study

Aim. To determine the effects of an aquatic-based physical exercise program on gait parameters of patients with Parkinson's disease (PD).

Patients and methods. A total of nine patients diagnosed with idiopathic PD (stages I-III according to the Hoehn & Yahr scale) carried out an aquatic physical exercise program which lasted for five months, with one session per week. A three-dimensional biomechanical analysis was used to determine the effects of the program on several kinematic variables (walking speed, cadence, stride length, step time, single and double support time, angles of the hip, knee and ankle joints) which were assessed by a treadmill-walking test.

Results. At the end of the program, significant improvement in walking speed, stride length and on the relationship between single and double support time ($p < 0,05$). Although improvements in all tested ranges of motion were obtained, these did not reach statistical significance.

Conclusions. Aquatic-based physical exercise seems to have positive effects in some aspects of the gait kinematics parameters present in the typical gait pattern of patients with PD.

Key words. Biomechanics. Gait disturbances. Parkinson's disease. Physical exercise. Physiotherapy. Rehabilitation.