

Fuerza muscular isocinética de rodilla y tobillo y parámetros espaciotemporales de la marcha en personas con enfermedad de Parkinson con estadios II y III de Hoehn y Yahr. Un estudio piloto

Diego Fernández-Vázquez, Francisco Molina-Rueda, Víctor Navarro-López, Sofia Straudi, Roberto Cano-de-la-Cuerda

Introducción. La debilidad muscular en personas con enfermedad de Parkinson (EP) ha sido frecuentemente reconocida como un síntoma inespecífico. En otras patologías neurológicas, la debilidad de las extremidades inferiores, específicamente la debilidad de los cuádriceps, es el factor que causa mayor incapacidad para caminar. Pocas investigaciones han evaluado la relación entre la fuerza muscular de los miembros inferiores, utilizando herramientas objetivas en personas con EP y el desempeño de la marcha. El objetivo de este estudio fue analizar la correlación entre la fuerza muscular de los miembros inferiores, utilizando un dinamómetro isocinético, y los parámetros espaciotemporales de la marcha en la EP, en comparación con controles sanos emparejados por edad y sexo.

Sujetos y métodos. El estudio se llevó a cabo con siete personas con EP –Hoehn y Yahr (HY) entre II y III– y siete controles sanos. Se realizaron pruebas isocinéticas de rodilla y tobillo a 60 y 120°/s y la prueba de marcha de 10 metros, a velocidad de marcha cómoda y rápida, en todos los sujetos reclutados.

Resultados. Se observaron diferencias significativas en las medidas relacionadas con la fuerza de las extremidades inferiores y en los parámetros de la marcha entre las personas con EP y los controles. Los parámetros de la marcha mostraron excelentes correlaciones ($\rho \geq 0,7$) para ambas extremidades inferiores: trabajo de flexión plantar de tobillo/desgaste corporal a 180°/s con número de pasos (indirecto) y zancada (directa) a ambas velocidades, y entre pico de torsión de flexión plantar de tobillo/desgaste corporal a 180°/s con número de pasos (indirecto) y zancada (directa) a velocidad máxima; y entre trabajo de extensión de rodilla/desgaste corporal a 60°/s con zancada (directa) a velocidad autoseleccionada.

Conclusiones. La fuerza muscular de las extremidades inferiores de las personas con EP (estadios de HY II-III) se correlaciona excelentemente con el patrón de la marcha, mostrando una fuerza isocinética inferior a la de sujetos sanos de la misma edad y sexo. Este protocolo mostró seguridad para ser realizado en una muestra mayor.

Palabras clave. Análisis de la marcha. Enfermedad de Parkinson. Fuerza muscular. Parámetros de la marcha. Patología neurológica. Trastornos del movimiento.

Introducción

La debilidad muscular en personas con enfermedad de Parkinson (EP) ha sido frecuentemente reconocida como un síntoma inespecífico [1]. Sin embargo, varias investigaciones han proporcionado evidencia objetiva de que la fuerza muscular se ha reducido en personas con EP en comparación con controles emparejados por edad [2,3]. La disminución de la funcionalidad causada por la debilidad puede ser un signo primario de EP y puede explicarse por una programación motora alterada en los ganglios basales [4]. Se sabe que, en otras afecciones neurológicas, la debilidad de las extremidades inferiores, en concreto la debilidad de los cuádriceps, es el factor que provoca una mayor incapaci-

dad para andar [5,6]. La fuerza muscular parece reducirse en la EP en comparación con los sujetos sanos, incluso en las primeras fases de la enfermedad [1]. El par suele disminuir con el aumento de la velocidad isocinética, pero la debilidad muscular es más evidente en la EP a medida que aumenta la velocidad, sobre todo en estadios avanzados, y es una característica distintiva de la EP (combinación de bradicinesia y debilidad) [1]. Técnicas objetivas, como la dinamometría isocinética, podrían ser un elemento clave en un contexto de evaluación de la rehabilitación, ya que podrían tener consecuencias clínicas y funcionales.

La marcha en personas con EP se ha estudiado ampliamente, y numerosos estudios han comparado los parámetros de la marcha de personas con EP

Laboratorio de Análisis del Movimiento, Biomecánica, Ergonomía y Control Motor (LAMBECOM). Departamento de Fisioterapia, Terapia Ocupacional, Rehabilitación y Medicina Física. Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad Rey Juan Carlos. Alcorcón, Madrid, España (D. Fernández-Vázquez, F. Molina-Rueda, V. Navarro-López, R. Cano-de-la-Cuerda). Departamento de Neurociencia y Rehabilitación. Azienda Ospedaliero-Universitaria di Ferrara (S. Straudi). Departamento de Neurociencia y Rehabilitación. Università degli Studi di Ferrara. Ferrara, Italia (S. Straudi).

Correspondencia:

Dr. Víctor Navarro López. Laboratorio de Análisis del Movimiento, Biomecánica, Ergonomía y Control Motor (grupo LAMBECOM). Departamento de Fisioterapia, Terapia Ocupacional, Rehabilitación y Medicina Física. Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad Rey Juan Carlos. Avenida Atenas, s/n. E-28922 Alcorcón, Madrid.

E-mail:

victor.navarro@urjc.es

Aprobación ética:

El estudio se realizó de acuerdo con la Declaración de Helsinki y fue aprobado por el comité de ética de la Universidad Rey Juan Carlos.

Declaración de consentimiento informado:

Se obtuvo el consentimiento informado de todos los sujetos implicados en el estudio.

→



Aceptado tras revisión externa:
15.06.23.

Conflicto de intereses:
Los autores declaran no tener
conflictos de interés.

Cómo citar este artículo:
Fernández-Vázquez D,
Molina-Rueda F, Navarro-López V,
Straudi S, Cano-de-la-Cuerda R.
Fuerza muscular isocinética de
rodilla y tobillo y parámetros
espaciotemporales de la marcha
en personas con enfermedad de
Parkinson con estadios II y III de
Hoehn y Yahr. Un estudio piloto.
Rev Neurol 2013; XX: XXX-XXX.
doi: 10.33588/rn.7705.2023098.

English version available
at www.neurologia.com

© 2023 Revista de Neurología

con controles sanos; sin embargo, la relación entre los parámetros de fuerza isocinética y los parámetros espaciotemporales de la marcha en la EP no se ha estudiado mucho. Inkster et al [2] observaron que los pares extensores medios de la cadera y la rodilla eran menores en las personas con EP. Una mayor fuerza en la cadera estaba relacionada con una mejor capacidad para sentarse de pie en las personas con EP, mientras que una mayor fuerza en la rodilla estaba relacionada con una mejor capacidad para sentarse de pie en los controles. Sólo un estudio previo [7] ha estudiado la relación entre la fuerza muscular isocinética en personas con EP y los parámetros de la marcha, pero sólo para los flexores dorsales del tobillo. Pedersen et al [8] estudiaron la marcha y la fuerza isométrica y excéntrica en personas con EP en comparación con sujetos de control de la misma edad. En las personas con EP, el par concéntrico medio estaba significativamente disminuido, y caminaban con una velocidad significativamente más lenta. Sin embargo, los movimientos isocinéticos y las velocidades en otras articulaciones no se han evaluado en personas con EP ni tampoco en personas con EP moderada, lo que justifica la relevancia de este estudio piloto. El propósito de este estudio piloto fue analizar la correlación entre la fuerza muscular isocinética de rodilla y tobillo y los parámetros espaciotemporales de la marcha en personas con EP. Además, la producción de fuerza se comparó con controles sanos emparejados por edad y sexo. Nuestra hipótesis fue que las personas con EP muestran una menor fuerza muscular en las extremidades en comparación con los sujetos sanos y que esta fuerza muscular está relacionada con los principales parámetros espaciotemporales de la marcha en las personas con EP.

Sujetos y métodos

Diseño

Se realizó un estudio piloto en la Universidad Rey Juan Carlos (Madrid, España) con pacientes ambulatorios con EP en estadio de Hoehn y Yahr (HY) entre II y III, y controles sanos emparejados por edad y sexo. Se siguieron las directrices de la Declaración STROBE (STrengthening the Reporting of OBservational Studies in Epidemiology).

El estudio se realizó de acuerdo con las normas éticas nacionales e internacionales. El comité ético local concedió la aprobación ética. Todos los participantes dieron su consentimiento informado por escrito antes de ser incluidos en el estudio y todos

los procedimientos se llevaron a cabo de acuerdo con la Declaración de Helsinki.

Participantes

Los individuos con diagnóstico de EP según los criterios del centro de investigación del Banco de Cerebros de la Sociedad de EP del Reino Unido [9] fueron reclutados de la Asociación Parkinson Aparkam (Madrid, España). Se realizó un muestreo no probabilístico de casos no consecutivos para el grupo de EP. Además, también se reclutaron controles sanos emparejados por edad y sexo mediante anuncios locales. La gravedad de la EP se evaluó en el período *on* con el estadio de HY [10]. Se incluyó a personas con estadios II-III de HY, todas las personas con EP eran capaces de caminar independientemente sin ayudas técnicas y todas estaban estables con medicación antiparkinsoniana.

Los criterios de exclusión incluían cualquier enfermedad neurológica conocida, diabetes mellitus, enfermedad renal, cáncer, cualquier afección de dolor crónico o agudo y cualquier enfermedad psiquiátrica grave. Se excluyeron las personas con una puntuación < 24 puntos en el *Minimal State Examination* [11] o > 13 puntos en el Inventario de Depresión de Beck [12], e intervenidas mediante estimulación cerebral profunda, infusión duodenal continua de levodopa/carbidopa o infusión subcutánea continua de apomorfina. Ninguno de los sujetos había sido sometido a cirugía ortopédica o enfermedades artríticas en el tronco y las extremidades inferiores, y todos estaban libres de dolor de rodilla y tobillo en el momento de la prueba y durante los 12 meses anteriores. No se incluyó en el presente estudio a ningún sujeto que estuviera tomando medicación psicótropa o antidepresiva.

Procedimiento

La muestra se dividió en dos grupos: personas con EP determinada por un neurólogo experto en trastornos del movimiento y grupo de control sano emparejado por edad y sexo.

Medidas

Pruebas isocinéticas

La fuerza muscular concéntrica de la rodilla y el tobillo se midió con un dinamómetro isocinético Biodex Multi-Joint System II y el *software* Biodex advantage, versión 4.0. A todos los sujetos se les permitió familiarizarse con el equipo antes de la prueba. Para tener en cuenta la influencia del par (new-

ton-metros) debido al efecto de la gravedad en los datos, se pesó la extremidad inferior de cada sujeto. El período de calentamiento consistió en tres a cinco contracciones concéntricas submáximas con los mismos ajustes de velocidad utilizados en las pruebas. Los pares isocinéticos de extensión y flexión de la rodilla se midieron sentado y con la cadera flexionada a 90°, con una resistencia colocada proximalmente al borde superior del maléolo medial. El muslo, el tronco y la pelvis del sujeto se estabilizaron con correas, y los sujetos se sujetaron a las asas situadas a ambos lados del asiento durante toda la prueba. La prueba se inició en flexión completa de rodilla disponible. Para evaluar los pares isocinéticos de flexión plantar y dorsiflexión, la prueba se realizó en decúbito supino con las rodillas totalmente extendidas. Se proporcionó estabilización proximal del muslo y el tronco. Se indicó a los sujetos que mantuvieran la extensión completa de la rodilla durante todo el movimiento. La prueba se inició con los sujetos en la máxima dorsiflexión disponible.

La fuerza muscular de la rodilla se midió a una velocidad de 60 y 180°/s con un rango de movimiento probado de 0 a 100° de flexión. La fuerza muscular del tobillo se midió a una velocidad de 60 y 180°/s con un rango de movimiento probado de 15 (extensión) a 60° (flexión). Cada sujeto realizó 10 contracciones concéntricas máximas de la rodilla y 10 del tobillo, con un intervalo de descanso de 30 segundos entre las dos velocidades de evaluación. Las medidas isocinéticas utilizadas fueron: par máximo/desgaste corporal, trabajo total/desgaste corporal. Todas las pruebas se realizaron con ambos hemicuerpos y en la fase on de la medicación.

Parámetros espaciotemporales de la marcha

Se realizó una prueba de marcha de 10 metros a una velocidad de marcha cómoda y rápida en todos los sujetos para obtener los principales parámetros espaciotemporales de la marcha [13]. El inicio de la marcha de 10 metros se marcó con una línea de cinta en el suelo. Se indicó a los participantes que caminaran a una velocidad con la que se sintieran cómodos y que continuaran por el pasillo hasta que se les indicara que se detuvieran. La orden de parar se dio aproximadamente 5 metros después de la línea de meta para evitar la desaceleración. Una línea vertical fijada a la pared adyacente delimitaba la línea de meta, ya que una línea en el suelo podría haberles animado a alterar su velocidad. El evaluador contó el número de pasos y calculó la longitud de zancada (10 metros/número de zancadas), la velocidad de marcha (10 metros/tiempo empleado) y la

cadencia –(número de pasos durante la prueba × 60 segundos)/tiempo de la prueba– para ambas velocidades. Esta prueba ha demostrado una excelente fiabilidad para la velocidad cómoda y rápida en personas con EP [13-16] y ha sido recomendada por la Guía Europea de Fisioterapia para la EP.

Análisis estadístico

Los análisis estadísticos se realizaron con el programa estadístico SPSS (versión 27.0). Se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk para examinar la normalidad de la distribución de los datos de la muestra. Los datos sobre variables demográficas se expresaron como mediana y rango intercuartílico, y como proporciones cuando procedía. Se realizó una prueba no paramétrica (U-Mann Whitney) para comparar las características de la marcha y los parámetros de fuerza isocinética de los sujetos con EP y los controles sanos. Como se incluyó a personas con EP con afectación bilateral, los parámetros de la marcha y la fuerza isocinética se compararon entre la pierna más afectada de las personas con EP con la pierna dominante de los controles sanos, y la pierna más afectada de las personas con EP con la pierna menos dominante de los controles sanos. Se realizó un análisis de correlación de Spearman con intervalos de confianza al 95% para evaluar la correlación entre las variables relacionadas con los parámetros de la marcha a velocidad preferida y máxima posible (velocidad, cadencia, longitud de zancada y velocidad de zancada) y las variables de fuerza isocinética. Los coeficientes de correlación de 0 a 0,3 se interpretaron como pobres; los de 0,3 a 0,7, como moderados; y los de 0,7 o más, como excelentes [17]. El nivel de significación se fijó en 0,05.

Resultados

Inicialmente se reclutó a un total de 10 personas con EP y 10 controles sanos. Finalmente, se incluyó a siete personas con EP (tres con HY II y cuatro con HY III) y siete controles sanos. Las causas de los abandonos fueron: cambios en el estado de salud de los participantes, no cumplir ninguno de los criterios de inclusión en el momento de la evaluación y la muerte. La información sociodemográfica y los datos de los parámetros espaciotemporales de la marcha de las personas con EP y los controles sanos se muestran en las tablas I y II. Todas las personas completaron el protocolo de forma segura, y todos los participantes comprendieron fácilmente el sistema del dinamómetro isocinético.

Tabla I. Datos demográficos de personas con EP y controles sanos.

	EP (n = 7)	Controles (n = 7)
Edad media ± DE	61,4 ± 7,64	60,5 ± 6,11
Sexo (hombre/mujer)	4/3	3/4
Altura (cm) (media ± DE)	158 ± 5	165 ± 14
Peso (kg) (media ± DE)	72,38 ± 10,5	74,66 ± 13,75
Nivel de estudios (sin estudios/educación primaria / educación secundaria)	0/5/2	4/2/1
Años desde diagnóstico (media ± DE)	3,5 ± 2,06	
Afectación (unilateral/bilateral)	0/7	
Hemicuerpo más afectado (derecho/izquierdo)	5/2	
Medicación antiparkinsoniana (no/sí)	0/7	
Temblor (no/sí)	1/6	
Bradicinesia (no/sí)	0/7	
Rigidez (no/sí)	2/5	
Inestabilidad postural (no/sí)	1/6	
Dolor (no/sí)	3/4	
MMSE (demencia/deterioro cognitivo/no demencia)	2/1/4	
HY mediana (rango)	2,5 (2-3)	
HY, n (I/II/III/IV/V)	0/3/4/0/0	
S&E, mediana (rango)	10 (9-10)	

DE: desviación estándar; EP: enfermedad de Parkinson; HY: escala de Hoehn y Yahr; MMSE: *Minimal State Examination*; S&E: escala de actividades de la vida diaria de Schwab & England.

Relación entre la fuerza isocinética y los parámetros de la marcha en personas con enfermedad de Parkinson

Las correlaciones encontradas para ambas extremidades inferiores fueron entre el trabajo de flexión plantar de tobillo/desgaste corporal a 180°/s con número de pasos (indirecta) y zancada (directa) tanto a velocidad autoseleccionada como máxima, y entre el pico de torsión de flexión plantar de tobillo/desgaste corporal a 180°/s con número de pasos (indirecta) y zancada (directa) a velocidad máxima; y entre trabajo de extensión de rodilla/desgaste cor-

poral a 60°/s con zancada (directa) a velocidad autoseleccionada (Tablas III y IV).

La extremidad inferior más afectada mostró correlaciones entre el par máximo de flexión plantar de tobillo/desgaste corporal a 180°/s con el número de pasos (indirecta) y la zancada (directa) a velocidad autoseleccionada; entre el trabajo de flexión de rodilla/desgaste corporal a 180°/s con el tiempo (indirecta) y la velocidad (directa) a velocidad máxima; y entre el trabajo de extensión de rodilla/desgaste corporal a 60°/s con el número de pasos (indirecta) a velocidad máxima (Tabla III).

En cuanto a la extremidad inferior menos afectada, obtuvimos correlaciones entre el trabajo de flexión plantar de tobillo/uso del cuerpo a 60°/s con el número de pasos (indirecta) y con la zancada directamente a velocidad máxima; entre el par máximo de flexión de rodilla/uso del cuerpo a 60°/s con el tiempo (indirecta) y la velocidad (directa) tanto a velocidad autoseleccionada como a velocidad máxima; entre el par máximo de extensión de la rodilla/desgaste del cuerpo a 60°/s con la zancada (directa) a la velocidad máxima; entre el trabajo de flexión de la rodilla/desgaste del cuerpo a 60°/s con el tiempo (indirecto) y con la velocidad (directa) tanto a la velocidad autoseleccionada como a la velocidad máxima; y entre el par máximo de flexión de la rodilla/desgaste del cuerpo a 180°/s con el tiempo (indirecta) y con la velocidad (directa) a la velocidad máxima (Tabla IV).

Comparación de la fuerza isocinética entre personas con enfermedad de Parkinson y controles sanos

Se observaron diferencias en todos los parámetros espaciotemporales de la marcha, tanto a velocidad autoseleccionada como a velocidad máxima, excepto en la cadencia (Tabla II), entre las personas con EP y los controles sanos. Todos los valores isocinéticos presentaron diferencias significativas entre los sujetos sanos y las personas con EP, excepto el par máximo de flexión y extensión de la rodilla (180°/s) y el par máximo de flexión plantar del tobillo (60°/s). El par máximo de flexión y extensión de la rodilla (60°/s) sólo es diferente entre la extremidad inferior más afectada y la extremidad inferior no dominante (Tabla V).

Discusión

Se realizó un estudio piloto para analizar la correlación entre la fuerza muscular isocinética de rodilla

Tabla II. Parámetros de la marcha en personas con enfermedad de Parkinson (EP) y controles sanos.

	EP (n = 7)	Controles (n = 7)	p
Tiempo - velocidad seleccionada por el usuario	7,71 (2,07)	5,9 (2,09)	0,002 ^a
Pasos - velocidad seleccionada por el usuario	7,5 (2)	6 (1)	0,002 ^a
Velocidad de marcha - velocidad seleccionada por el usuario	1,29 (0,3)	1,69 (0,64)	0,003 ^a
Cadencia - velocidad seleccionada por el usuario	57,93 (8,16)	60,58 (7,35)	0,085
Zancada - velocidad seleccionada por el usuario	2,66 (0,7)	3,32 (0,78)	0,004 ^a
Tiempo - velocidad máxima	6,25 (1,37)	3,75 (1,63)	0,013 ^a
Pasos - velocidad máxima	6,5 (1,7)	4,5 (1)	0,005 ^a
Velocidad - velocidad máxima	1,6 (0,41)	2,66 (0,87)	0,015 ^a
Cadencia - velocidad máxima	67,71 (17,43)	73,77 (14,98)	0,142

Datos presentados en mediana (rango intercuartílico). ^a ¿QUÉ INDICA?

y tobillo y los parámetros de la marcha en personas con EP (II-III HY). Nuestro protocolo se llevó a cabo de forma segura, pudiendo evaluar la fuerza muscular y los parámetros espaciotemporales de la marcha. Se observaron diferencias significativas en las medidas relacionadas con la fuerza de las extremidades inferiores y los parámetros de la marcha a velocidad autoseleccionada y a velocidad máxima entre las personas con EP y los controles sanos emparejados por edad. La menor fuerza muscular isocinética observada en las personas con EP en comparación con los controles sanos mostró fuertes correlaciones con los parámetros de la marcha evaluados en el presente estudio piloto, y fue consistente con diferentes hallazgos que relacionan en la EP la disminución de la fuerza con un peor rendimiento de la marcha [15,16].

Se encontraron correlaciones para ambas extremidades inferiores entre el trabajo de flexión plantar de tobillo/cuerpo a 180°/s con el número de pasos y la zancada tanto a velocidad autoseleccionada como máxima; entre el pico de torsión de flexión plantar de tobillo/cuerpo a 180°/s con el número de pasos y la zancada a velocidad máxima; y entre el trabajo de extensión de rodilla/cuerpo a 60°/s con la zancada a velocidad autoseleccionada en personas con EP. Además, se observó una correlación indirecta entre el par máximo/desgaste corporal de los flexores plantares del lado más afectado en la EP y los parámetros espaciotemporales de la marcha.

Los músculos flexores plantares del tobillo generan aceleración hacia delante durante la fase de preoscilación de la marcha [18], por lo que una baja fuerza de los flexores plantares puede estar relacionada con una menor longitud de zancada en personas con EP. En relación con este hallazgo, Keloth et al [19] informaron de que las personas con EP tienen una menor actividad del músculo gastrocnemio durante la fase de apoyo de la marcha [18], y Shearin et al [20,21] mostraron que las personas con EP con deterioro moderado (estadio de 2,5 HY) tienen modificaciones significativas en la longitud del paso y mostraron debilidad plantar-flexora con una menor velocidad de la marcha tanto en el estado de activación como en el de desactivación [22].

En nuestro estudio, las personas con EP presentaron fuertes correlaciones entre el trabajo muscular de flexión de rodilla/desgaste corporal y los parámetros espaciotemporales de la marcha. La carga de la rodilla durante la fase inicial de la marcha está causada principalmente por la fuerza del músculo cuádriceps [19]. En la articulación de la rodilla, un patrón de momento 'típico' en el plano sagital durante la fase de carga de la marcha comprende el momento extensor interno de la rodilla impulsado por la contracción excéntrica del músculo cuádriceps [23]. Consistentemente, una menor fuerza extensora generada por el cuádriceps en personas con EP puede afectar directamente los parámetros espaciotemporales de la marcha. Esta relación, que

Tabla III. Correlaciones para la extremidad inferior más afectada en personas con enfermedad de Parkinson.

		Tiempo - Velocidad seleccionada por el usuario			Pasos - Velocidad seleccionada por el usuario			Velocidad - Velocidad seleccionada por el usuario			Zancada - Velocidad seleccionada por el usuario			
		rho	IC	p	rho	IC	p	rho	IC	p	rho	IC	p	
Rodilla	PT/BW 60°/s	Flexión	-0,536	-0,918; 0,364	0,215	0,036	-0,737; 0,768	0,938	0,536	-0,364; 0,918	0,215	-0,143	-0,809; 0,684	0,76
		Extensión	-0,643	-0,941; 0,213	0,119	-0,346	-0,872; 0,55	0,448	0,643	-0,213; 0,941	0,119	0,286	-0,595; 0,855	0,535
Trabajo/BW 60°/s		Flexión	-0,679	-0,948; 0,152	0,094	-0,346	-0,872; 0,55	0,448	0,679	-0,152; 0,948	0,094	0,25	-0,62; 0,844	0,589
		Extensión	-0,607	-0,933; 0,269	0,148	-0,655	-0,943; 0,194	0,111	0,607	-0,269; 0,933	0,148	0,643	-0,213; 0,941	0,119
PT/BW 180°/s		Flexión	-0,286	-0,855; 0,595	0,535	0,364	-0,536; 0,877	0,423	0,286	-0,595; 0,855	0,535	-0,429	-0,893; 0,479	0,337
		Extensión	-0,286	-0,855; 0,595	0,535	0,182	-0,662; 0,822	0,696	0,286	-0,595; 0,855	0,535	-0,214	-0,833; 0,643	0,645
Trabajo/BW 180°/s		Flexión	-0,429	-0,893; 0,479	0,337	0,255	-0,616; 0,846	0,582	0,429	-0,479; 0,893	0,337	-0,357	-0,875; 0,542	0,432
		Extensión	-0,357	-0,875; 0,542	0,432	-0,145	-0,81; 0,683	0,756	0,357	-0,542; 0,875	0,432	0,143	-0,684; 0,809	0,76
Tobillo														
PT/BW 60°/s		Flexión plantar	-0,464	-0,902; 0,444	0,294	-0,546	-0,921; 0,352	0,205	0,464	-0,444; 0,902	0,294	0,536	-0,364; 0,918	0,215
		Flexión dorsal	-0,464	-0,902; 0,444	0,294	-0,145	-0,81; 0,683	0,756	0,464	-0,444; 0,902	0,294	0,036	-0,737; 0,768	0,939
Trabajo/BW 60°/s		Flexión plantar	-0,143	-0,809; 0,684	0,76	-0,509	-0,912; 0,396	0,243	0,143	-0,684; 0,809	0,76	0,571	-0,319; 0,926	0,18
		Flexión dorsal	-0,036	-0,768; 0,737	0,939	0,291	-0,592; 0,856	0,527	0,036	-0,737; 0,768	0,939	-0,357	-0,875; 0,542	0,432
PT/BW 180°/s		Flexión plantar	-0,487	-0,907; 0,42	0,268	-0,917^a	-0,988; -0,53	0,004	0,487	-0,42; 0,907	0,268	0,955^a	0,719; 0,994	0,001
		Flexión dorsal	-0,536	-0,918; 0,364	0,215	-0,473	-0,904; 0,435	0,284	0,536	-0,364; 0,918	0,215	0,393	-0,511; 0,884	0,383
Trabajo/BW 180°/s		Flexión plantar	-0,487	-0,907; 0,420	0,268	-0,917^a	-0,988; -0,53	0,004	0,487	-0,42; 0,907	0,268	0,955^a	0,719; 0,994	0,001
		Flexión dorsal	-0,357	-0,875; 0,542	0,432	-0,2	-0,828; 0,651	0,667	0,357	-0,542; 0,875	0,432	0,143	-0,684; 0,809	0,76
		Tiempo - Velocidad máxima			Pasos - Velocidad máxima			Velocidad - Velocidad máxima			Zancada - Velocidad máxima			
		rho	IC	p	rho	IC	p	rho	IC	p	rho	IC	p	
Rodilla	PT/BW 60°/s	Flexión	-0,714	-0,954; 0,084	0,071	-0,037	-0,769; 0,737	0,938	0,714	-0,084; 0,954	0,071	0,162	-0,673; 0,816	0,728
		Extensión	-0,536	-0,918; 0,364	0,215	-0,441	-0,896; 0,467	0,323	0,536	-0,364; 0,918	0,215	0,505	-0,4; 0,911	0,248
Trabajo/BW 60°/s		Flexión	-0,643	-0,941; 0,213	0,119	-0,477	-0,905; 0,431	0,279	0,643	-0,213; 0,941	0,119	0,577	-0,311; 0,927	0,175
		Extensión	-0,357	-0,875; 0,542	0,432	-0,826^a	-0,974; -0,193	0,022	0,357	-0,542; 0,875	0,432	0,847^a	0,259; 0,977	0,016
PT/BW 180°/s		Flexión	-0,714	-0,954; 0,084	0,071	0,165	-0,671; 0,817	0,723	0,714	-0,084; 0,954	0,071	-0,018	-0,761; 0,745	0,969
		Extensión	-0,5	-0,91; 0,406	0,253	0	-0,753; 0,753	1	0,5	-0,406; 0,91	0,253	0,09	-0,711; 0,79	0,848
Trabajo/BW 180°/s		Flexión	-0,857^a	-0,979; -0,293	0,014	0,018	-0,745; 0,761	0,969	0,857^a	0,293; 0,979	0,014	0,162	-0,673; 0,816	0,728
		Extensión	-0,357	-0,875; 0,542	0,432	-0,367	-0,878; 0,534	0,418	0,357	-0,542; 0,875	0,432	0,414	-0,493; 0,89	0,355
Tobillo														
PT/BW 60°/s		Flexión plantar	-0,321	-0,865; 0,57	0,482	-0,551	-0,922; 0,345	0,2	0,321	-0,57; 0,865	0,482	0,559	-0,335; 0,923	0,192
		Flexión dorsal	-0,393	-0,884; 0,511	0,383	-0,128	-0,804; 0,692	0,784	0,393	-0,511; 0,884	0,383	0,198	-0,652; 0,828	0,67
Trabajo/BW 60°/s		Flexión plantar	-0,071	-0,782; 0,721	0,879	-0,753	-0,961; 0,001	0,051	0,071	-0,721; 0,782	0,879	0,739	-0,032; 0,959	0,058
		Flexión dorsal	-0,357	-0,875; 0,542	0,432	0,092	-0,71; 0,79	0,845	0,357	-0,542; 0,875	0,432	0,018	-0,745; 0,761	0,969
PT/BW 180°/s		Flexión plantar	-0,054	-0,776; 0,729	0,908	-0,982^a	-0,997; -0,879	<0,001	0,054	-0,729; 0,776	0,908	0,927^a	0,576; 0,989	0,003
		Flexión dorsal	-0,393	-0,884; 0,511	0,383	-0,459	-0,901; 0,449	0,300	0,393	-0,511; 0,884	0,383	0,505	-0,4; 0,911	0,248
Trabajo/BW 180°/s		Flexión plantar	-0,054	-0,776; 0,729	0,908	-0,982^a	-0,997; -0,879	<0,001	0,054	-0,729; 0,776	0,908	0,927^a	0,576; 0,989	0,003
		Flexión dorsal	-0,536	-0,918; 0,364	0,215	-0,404	-0,887; 0,502	0,369	0,536	-0,364; 0,918	0,215	0,505	-0,4; 0,911	0,248

IC: intervalo de confianza; PT/BW: par máximo/desgaste corporal, para 60 y 180°. La tabla muestra la correlación entre los parámetros de la marcha a velocidad autoseleccionada y velocidad máxima, y las mediciones isocinéticas de la extremidad inferior más afectada en pacientes con enfermedad de Parkinson. **NO ESTÁN EXPLICADOS ^a NI NEGRITAS**

Tabla IV. Correlaciones para la extremidad inferior menos afectada en personas con enfermedad de Parkinson.

		Tiempo - Velocidad seleccionada por el usuario			Pasos - Velocidad seleccionada por el usuario			Velocidad - Velocidad seleccionada por el usuario			Zancada - Velocidad seleccionada por el usuario			
		rho	IC	p	rho	IC	p	rho	IC	p	rho	IC	p	
Rodilla	PT/BW 60°/s	Flexión	-0,786 ^a	-0,967; -0,081	0,036	-0,2	-0,828; 0,651	0,667	0,786 ^a	0,081; 0,967	0,036	0,071	-0,721; 0,782	0,879
		Extensión	-0,75	-0,961; 0,007	0,052	-0,655	-0,943; 0,194	0,111	0,75	-0,007; 0,961	0,052	0,571	-0,319; 0,926	0,18
Trabajo/BW 60°/s	Flexión	-0,893 ^a	-0,984; -0,427	0,007	-0,309	-0,862; 0,579	0,5	0,893 ^a	0,427; 0,984	0,007	0,143	-0,684; 0,809	0,76	
		Extensión	-0,75	-0,961; 0,007	0,052	-0,655	-0,943; 0,194	0,111	0,75	-0,007; 0,961	0,052	0,571	-0,319; 0,926	0,18
PT/BW 180°/s	Flexión	-0,714	-0,954; 0,084	0,071	-0,236	-0,84; 0,629	0,61	0,714	-0,084; 0,954	0,071	0,107	-0,703; 0,796	0,819	
		Extensión	-0,429	-0,893; 0,479	0,337	-0,273	-0,851; 0,604	0,554	0,429	-0,479; 0,893	0,337	0,214	-0,643; 0,833	0,645
Trabajo/BW 180°/s	Flexión	-0,607	-0,933; 0,269	0,148	-0,255	-0,846; 0,616	0,582	0,607	-0,269; 0,933	0,148	0,143	-0,684; 0,809	0,76	
		Extensión	-0,464	-0,902; 0,444	0,294	-0,436	-0,895; 0,472	0,328	0,464	-0,444; 0,902	0,294	0,393	-0,511; 0,884	0,383
Tobillo														
PT/BW 60°/s	Flexión plantar	0,107	-0,703; 0,796	0,819	-0,236	-0,84; 0,629	0,61	-0,107	-0,796; 0,703	0,819	0,357	-0,542; 0,875	0,432	
		Flexión dorsal	-0,5	-0,91; 0,406	0,253	-0,073	-0,783; 0,72	0,877	0,5	-0,406; 0,91	0,253	-0,036	-0,768; 0,737	0,939
Trabajo/BW 60°/s	Flexión plantar	-0,25	-0,844; 0,62	0,589	-0,618	-0,936; 0,253	0,139	0,25	-0,62; 0,844	0,589	0,679	-0,152; 0,948	0,094	
		Flexión dorsal	-0,143	-0,809; 0,684	0,76	-0,309	-0,862; 0,579	0,5	0,143	-0,684; 0,809	0,76	0,321	-0,57; 0,865	0,482
PT/BW 180°/s	Flexión plantar	-0,631	-0,938; 0,233	0,129	-0,752	-0,961; 0,002	0,051	0,631	-0,233; 0,938	0,129	0,739	-0,032; 0,959	0,058	
		Flexión dorsal	-0,714	-0,954; 0,084	0,071	-0,618	-0,936; 0,253	0,139	0,714	-0,084; 0,954	0,071	0,5	-0,406; 0,91	0,253
Trabajo/BW 180°/s	Flexión plantar	-0,559	-0,923; 0,335	0,192	-0,807 ^a	-0,97; -0,138	0,028	0,559	-0,335; 0,923	0,192	0,811 ^a	0,149; 0,971	0,027	
		Flexión dorsal	-0,393	-0,884; 0,511	0,383	-0,455	-0,9; 0,453	0,305	0,393	-0,511; 0,884	0,383	0,429	-0,479; 0,893	0,337
		Tiempo - Velocidad máxima			Pasos - Velocidad máxima			Velocidad - Velocidad máxima			Zancada - Velocidad máxima			
		rho	IC	p	rho	IC	p	rho	IC	p	rho	IC	p	
Rodilla	PT/BW 60°/s	Flexión	-0,893 ^a	-0,984; -0,427	0,007	-0,22	-0,835; 0,639	0,635	0,893 ^a	0,427; 0,984	0,007	0,36	-0,539; 0,876	0,427
		Extensión	-0,643	-0,941; 0,213	0,119	-0,698	-0,951; 0,116	0,081	0,643	-0,213; 0,941	0,119	0,775 ^a	0,053; 0,965	0,041
Trabajo/BW 60°/s	Flexión	-0,893 ^a	-0,984; -0,427	0,007	-0,239	-0,841; 0,627	0,606	0,893 ^a	0,427; 0,984	0,007	0,378	-0,524; 0,88	0,403	
		Extensión	-0,643	-0,941; 0,213	0,119	-0,698	-0,951; 0,116	0,081	0,643	-0,213; 0,941	0,119	0,775 ^a	0,053; 0,965	0,041
PT/BW 180°/s	Flexión	-0,857 ^a	-0,979; -0,293	0,014	-0,257	-0,846; 0,615	0,578	0,857 ^a	0,293; 0,979	0,014	0,396	-0,509; 0,885	0,379	
		Extensión	-0,607	-0,933; 0,269	0,148	-0,404	-0,887; 0,502	0,369	0,607	-0,269; 0,933	0,148	0,505	-0,4; 0,911	0,248
Trabajo/BW 180°/s	Flexión	-0,714	-0,954; 0,084	0,071	-0,33	-0,867; 0,563	0,469	0,714	-0,084; 0,954	0,071	0,45	-0,458; 0,899	0,31	
		Extensión	-0,536	-0,918; 0,364	0,215	-0,587	-0,929; 0,298	0,166	0,536	-0,364; 0,918	0,215	0,667	-0,173; 0,945	0,102
Tobillo														
PT/BW 60°/s	Flexión plantar	0,036	-0,737; 0,768	0,939	-0,532	-0,917; 0,369	0,219	-0,036	-0,768; 0,737	0,939	0,505	-0,4; 0,911	0,248	
		Flexión dorsal	-0,679	-0,948; 0,152	0,094	-0,257	-0,846; 0,615	0,578	0,679	-0,152; 0,948	0,094	0,396	-0,509; 0,885	0,379
Trabajo/BW 60°/s	Flexión plantar	-0,107	-0,796; 0,703	0,819	-0,863 ^a	-0,979; -0,314	0,012	0,107	-0,703; 0,796	0,819	0,847 ^a	0,259; 0,977	0,016	
		Flexión dorsal	-0,143	-0,809; 0,684	0,76	-0,514	-0,913; 0,39	0,238	0,143	-0,68; 0,809	0,76	0,541	-0,358; 0,919	0,21
PT/BW 180°/s	Flexión plantar	-0,45	-0,899; 0,458	0,31	-0,926 ^a	-0,989; -0,571	0,003	0,45	-0,458; 0,899	0,31	0,964 ^a	0,770; 0,995	<0,001	
		Flexión dorsal	-0,5	-0,91; 0,406	0,253	-0,532	-0,917; 0,369	0,219	0,5	-0,406; 0,91	0,253	0,595	-0,286; 0,931	0,159
Trabajo/BW 180°/s	Flexión plantar	-0,27	-0,85; 0,606	0,558	-0,926 ^a	-0,989; -0,571	0,003	0,27	-0,606; 0,85	0,558	0,927 ^a	0,576; 0,989	0,003	
		Flexión dorsal	-0,393	-0,884; 0,511	0,383	-0,642	-0,940; 0,215	0,12	0,393	-0,511; 0,884	0,383	0,703	-0,106; 0,952	0,078

IC: intervalo de confianza; PT/BW: par máximo/desgaste corporal, para 60 y 180°. La tabla muestra la correlación entre los parámetros de la marcha a velocidad autoseleccionada y velocidad máxima, y las mediciones isocinéticas de la extremidad inferior más afectada en pacientes con enfermedad de Parkinson. **NO ESTÁN EXPLICADOS * NI NEGRITAS**

Tabla V. Datos de fuerza isocinética de personas con EP y controles sanos.

		EP más afecta	Controles no dominante	<i>p</i>	EP menos afecta LL	Sanos dominante	<i>p</i>
	Rodilla	Mediana (RIC)			Mediana (RIC)		
PT/BW 60°/s	Flexión	50,8 (15,4)	83,4 (22,1)	0,073	47 (28,8)	82 (33)	0,018 ^a
	Extensión	110 (38,1)	153,7 (69,8)	0,064	86,7 (53,9)	165,3 (46,8)	0,025 ^a
Trabajo/BW 60°/s	Flexión	42,4 (22,3)	101,2 (38,6)	0,048 ^a	40,1 (38,4)	91,2 (39,6)	0,025 ^a
	Extensión	114,1 (49,2)	170,5 (76,8)	0,048 ^a	98,1 (73,2)	178,5 (52,2)	0,018 ^a
PT/BW 180°/s	Flexión	37,2 (23,7)	61 (40,8)	0,11	31,3 (20)	64,3 (49)	0,064
	Extensión	65,3 (25,6)	98,5 (78,5)	0,064	69 (33)	103,5 (83,7)	0,064
Trabajo/BW 180°/s	Flexión	32,4 (15,6)	75,3 (52,9)	0,048 ^a	27,3 (32,1)	70 (71,1)	0,048 ^a
	Extensión	63 (23,9)	118 (82,2)	0,048 ^a	79,8 (40,8)	120 (25,1)	0,048 ^a
Tobillo							
PT/BW 60°/s	Flexión plantar	19,5 (12,1)	23,6 (22,1)	0,11	22 (11,2)	27 (20,9)	0,142
	Flexión dorsal	22 (20,6)	68,5 (70)	0,018 ^a	30,1 (10,8)	59,6 (22,6)	0,002 ^a
Trabajo/BW 60°/s	Flexión plantar	7,7 (6,1)	10,1 (12,8)	0,035 ^a	8 (8,1)	14 (11,1)	0,047 ^a
	Flexión dorsal	7,4 (7,1)	25,4 (35,3)	0,025 ^a	10,1 (3,6)	25,5 (23,7)	0,018 ^a
PT/BW 180°/s	Flexión plantar	13,2 (20)	26,6 (7,7)	0,006 ^a	15,8 (24,8)	26,7 (13,2)	0,015 ^a
	Flexión dorsal	12,7 (6,4)	47,4 (53)	0,002 ^a	20 (16,8)	48,8 (44,6)	0,002 ^a
Trabajo/BW 180°/s	Flexión plantar	5 (7,9)	12,4 (5,4)	0,005 ^a	5,3 (10,5)	11,8 (6,3)	0,018 ^a
	Flexión dorsal	3,1 (2,3)	23,7 (25,8)	0,004 ^a	5,7 (7,2)	15,2 (31,3)	0,009 ^a

EP: enfermedad de Parkinson; LL: extremidad inferior; PT/BW: par máximo/desgaste corporal; RIC: rango intercuartílico. **NO ESTÁ EXPLICADA^a**

también se ha observado en este estudio, está respaldada por varios autores, que han descrito correlaciones similares con la deambulación funcional [24], el equilibrio [25] o la capacidad para levantarse de una silla [2].

Anteriormente, se había observado una disminución de la fuerza del cuádriceps en la EP [26], observada incluso en estadios tempranos, tanto en el lado afectado como en el no afectado, empeorando con la progresión de la enfermedad [27,28], correlacionándose negativamente con el estadio de HY [24]. Además, Allen et al [29] observaron que las personas con EP mostraban una disminución de la fuerza extensora de las piernas, que se asociaba a una velocidad de marcha más lenta y a un mayor

riesgo de caídas. Estos déficits de fuerza y una menor activación muscular se correlacionaban fuertemente con la puntuación motora de la escala unificada de la enfermedad de Parkinson (UPDRS) [30]. Aunque es probable que la fuerza muscular isocinética dependa de la velocidad del movimiento, a medida que la enfermedad progresa puede estar influida por la bradicinesia [31] y, por lo tanto, la correlación velocidad-fuerza observada en estos individuos puede proporcionar pistas para comprender la fisiopatología de este síntoma. La dependencia de la velocidad de la debilidad puede representar la propia bradicinesia, como demuestran Hallett y Khoshbin [32] al afirmar que la bradicinesia es la incapacidad de producir suficiente 'fuerza' para ge-

nerar la velocidad necesaria. A lo largo del rango de movimiento articular en sujetos sanos, el par muscular disminuye a medida que aumenta la velocidad isocinética; sin embargo, en las personas con EP, la debilidad muscular aumenta con la velocidad de la marcha, especialmente a medida que progresa la enfermedad [33], y es una manifestación distintiva de la propia enfermedad [1].

Se desconoce la causa específica de la debilidad muscular en la EP. Se debate si su origen se encuentra en el sistema nervioso central o periférico, o si se trata de un fenómeno secundario [2]. La reducción de la producción de fuerza puede deberse a una menor activación cortical de los músculos producida por el déficit dopaminérgico en la vía nigroestriada, lo que provoca un aumento de la inhibición tónica del tálamo [28,34].

Estos hallazgos muestran la relevancia del tratamiento de rehabilitación precoz en la EP, comenzando en las primeras fases de la enfermedad, cuando los síntomas motores son leves. Para prevenir deficiencias en estadios avanzados, la terapia de rehabilitación debe iniciarse incluso antes de que los síntomas motores limiten la independencia del sujeto [35,36]. En este sentido, varios estudios han demostrado cómo un programa de ejercicios centrado en mejorar la fuerza de los miembros inferiores podría mejorar las deficiencias motoras asociadas a la EP [37], mejorando síntomas como la marcha, el equilibrio o el riesgo de caídas, que están relacionados con la independencia y la calidad de vida de estas personas [38].

El presente estudio piloto estuvo limitado por el pequeño tamaño de la muestra. Nuestros resultados no pueden extrapolarse a otros estadios de EP, ya que las personas con EP incluidas se encontraban entre los estadios II-III de HY, o durante la fase *off* del ciclo de medicación, ya que todas las personas con EP fueron evaluadas en la fase *on* de medicación. Los estudios futuros deben incluir la evaluación relacionada con la EP (es decir, la UPDRS) para una mejor comprensión del deterioro motor (UPDRS III) de las personas con EP. La marcha se evaluó utilizando la prueba de marcha de 10 metros, y, aunque es una prueba válida, el uso de sistemas instrumentales, como el análisis tridimensional de la marcha, es un sistema más objetivo y puede proporcionar datos cinéticos y cinemáticos.

Conclusiones

Nuestros resultados mostraron correlaciones entre la fuerza isocinética muscular de ambos miembros

inferiores y los parámetros espaciotemporales de la marcha en personas con EP y estadios II-III de HY, lo que sugiere una posible diana de rehabilitación para objetivos funcionales. Además, nuestros resultados mostraron diferencias significativas en las medidas relacionadas con la fuerza de los miembros inferiores y los parámetros de la marcha a velocidad autoseleccionada y a velocidad máxima entre las personas con EP y los controles sanos pareados por edad.

Bibliografía

- Allen NE, Sherrington C, Canning CG, Fung VS. Reduced muscle power is associated with slower walking velocity and falls in people with Parkinson's disease. *Parkinsonism Relat Disord* 2010; 16: 261-4.
- Beck AT, Steer RA, Brown G. Beck depression inventory-II. San Antonio: The Psychological Corporation; 1996.
- Braz de Oliveira MP, Maria Dos Reis L, Pereira ND. Effect of resistance exercise on body structure and function, activity, and participation in individuals with Parkinson disease: a systematic review. *Arch Phys Med Rehabil* 2021; 102: 1998-2011.
- Byrnes SK, Holder J, Stief F, Wearing S, Böhm H, Dussa CU, et al. Frontal plane knee moment in clinical gait analysis: a systematic review on the effect of kinematic gait changes. *Gait Posture* 2022; 98: 39-48.
- Cano-de-la-Cuerda R, Pérez-de-Heredia M, Miangolarra-Page JC, Muñoz-Hellín E, Fernández-de las Peñas C. Is there muscular weakness in Parkinson's disease? *Am J Phys Med Rehabil* 2010; 89: 70-6.
- Clael S, de Lima FD, da Silva Brandão EC, Rodrigues JC, Marcelino CWD, do Vale Pinheiro R, et al. Association between functional balance and knee extensors strength in people with Parkinson's disease. *PAJAR* 2019; 7: e32367.
- Cano-de-la-Cuerda R, Jiménez-Antona C, Melián-Ortiz A, Molero-Sánchez A, Gil-de Miguel Á, Laguarda-Val S, et al. Construct validity and test-retest reliability of a free mobile application to evaluate aerobic capacity and endurance in post-COVID-19 syndrome patients: a pilot study. *J Clin Med* 2022; 12: 131.
- J Cohen. *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. 2 ed. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates; 1988.
- Durmus B, Baysal O, Altınayar S, Altay Z, Ersoy Y, Özcan C. Lower extremity isokinetic muscle strength in patients with Parkinson's disease. *J Clin Neurosci* 2010; 17: 893-6.
- Flansbjerg UB, Downham D, Lexell J. Knee muscle strength, gait performance, and perceived participation after stroke. *Arch Phys Med Rehabil* 2006; 87: 974-80.
- Folstein MF, Folstein SE, McHugh PR. Mini-mental state. A practical method for grading the cognitive state of patients for clinician. *J Psychiatr Res* 1975; 12: 189-98.
- Hallett M, Khoshbin S. A physiological mechanism of bradykinesia. *Brain* 1980; 130: 301-14.
- Harro CC, Shoemaker MJ, Coatney CM, Lentine VE, Lieffers LR, Khoo SK, et al. Effects of Nordic walking exercise on gait, motor/non-motor symptoms, and serum brain-derived neurotrophic factor in individuals with Parkinson's disease. *Front Rehabil Sci* 2022; 3: 1010097.
- Hoehn MM, Yahr MD. Parkinsonism: onset, progression and mortality. *Neurology* 1967; 17: 427-42.
- Inkster LM, Eng JJ, MacIntyre DL, Stoessl AJ. Leg muscle strength is reduced in Parkinson's disease and relates to the ability to rise from a chair. *Mov Disord* 2003; 18: 157-62.
- Kakinuma S, Nogaki H, Pramanik B, Morimatsu M. Muscle weakness in Parkinson's disease: isokinetic study of the lower limbs. *Eur Neurol* 1998; 39: 218-22.

17. Keloth SM, Arjunan SP, Raghav S, Kumar DK. Muscle activation strategies of people with early-stage Parkinson's during walking. *J Neuroeng Rehabil* 2021; 18: 133.
18. Killen BA, Saxby DJ, Fortin K, Gardiner BS, Wrigley TV, Bryant AL, et al. Individual muscle contributions to tibiofemoral compressive articular loading during walking, running and sidestepping. *J Biomech* 2018; 80: 23-31.
19. Koller W, Kase S. Muscle strength testing in Parkinson's disease. *Eur Neurol* 1986; 25: 130-3.
20. Kulmala JP, Äyrämö S, Avela J. Knee extensor and flexor dominant gait patterns increase the knee frontal plane moment during walking. *J Orthop Res* 2013; 31: 1013-9.
21. LaHue SC, Comella CL, Tanner CM. The best medicine? The influence of physical activity and inactivity on Parkinson's disease. *Mov Disord* 2016; 31: 1444-54.
22. Mak MK, Wong-Yu IS, Shen X, Chung CL. Long-term effects of exercise and physical therapy in people with Parkinson disease. *Nat Rev Neurol* 2017; 13: 689-703.
23. Moreno Catalá M, Voitalla D, Arampatzis A. Central factors explain muscle weakness in young fallers with Parkinson's disease. *Neurorehabil Neural Repair* 2013; 27: 753-9.
24. Nakamura R, Watanabe S, Handa T, Morohashi I. The relationship between walking speed and muscle strength for knee extension in hemiparetic stroke patients: a follow-up study. *Tohoku J Exp Med* 1988; 154: 111-3.
25. Nallegowda M, Singh U, Handa G, Khanna M, Wadhwa S, Yadav SL, et al. Role of sensory input and muscle strength in maintenance of balance, gait, and posture in Parkinson's disease: a pilot study. *Am J Phys Med Rehabil* 2004; 83: 898-908.
26. Nocera JR, Buckley T, Waddell D, Okun MS, Hass CJ. Knee extensor strength, dynamic stability, and functional ambulation: are they related in Parkinson's disease? *Arch Phys Med Rehabil* 2010; 91: 589-95.
27. Nogaki H, Kakinuma S, Morimatsu M. Movement velocity dependent muscle strength in Parkinson's disease. *Acta Neurol Scand* 1999; 99: 152-7.
28. Ong CE, Geijtenbeek T, Hicks JL, Delp SL. Predicting gait adaptations due to ankle plantarflexor muscle weakness and contracture using physics-based musculoskeletal simulations. *PLoS Comput Biol* 2019; 15: e1006993.
29. Pedersen SW, Oberg B, Larsson LE, Lindval B. Gait analysis, isokinetic muscle strength measurement in patients with Parkinson's disease. *Scand J Rehabil Med* 1997; 29: 67-74.
30. Rizzo G, Copetti M, Arcuti S, Martino D, Fontana A, Logroscino G. Accuracy of clinical diagnosis of Parkinson disease: a systematic review and meta-analysis. *Neurology* 2016; 86: 566-76.
31. Shearin S, Medley A, Trudelle-Jackson E, Swank C, Query R. Differences in predictors for gait speed and gait endurance in Parkinson's disease. *Gait Posture* 2021; 87: 49-53.
32. Shearin SM, Medley A, Trudelle-Jackson E, Swank C, Query R. Plantarflexor strength, gait speed, and step length change in individuals with Parkinson's disease. *Int J Rehab Res* 2021; 44: 82-7.
33. Skinner JW, Christou EA, Hass CJ. Lower extremity muscle strength and force variability in persons with Parkinson disease. *J Neurol Phys Ther* 2019; 43: 56-62.
34. Smith Y, Galvan A, Ellender TJ, Doig N, Villalba RM, Bolam JP, et al. The thalamostriatal system in normal and diseased states. *Front Syst Neurosci* 2014; 8: 5.
35. Steffen T, Seney M. Test-retest reliability and minimal detectable change on Balance and Ambulation Tests, the 36-item Short-Form Health Survey, and the Unified Parkinson Disease Rating Scale in people with parkinsonism. *Phys Ther* 2008; 88: 733-46.
36. Stevens-Lapsley J, Kluger BM, Schenkman M. Quadriceps muscle weakness, activation deficits, and fatigue with Parkinson disease. *Neurorehabil Neural Repair* 2012; 26: 533-41.
37. Watson MJ. Refining the ten-metre walking test for use with neurologically impaired people. *Physiotherapy* 2002; 88: 386-97.
38. Yokote A, Hayashi Y, Yanamoto S, Fujioka S, Higa K, Tsuboi Y. Leg muscle strength correlates with gait performance in advanced parkinson disease. *Intern Med* 2022; 61: 633-8.

Knee and ankle isokinetic muscle strength and spatiotemporal gait parameters in persons with Parkinson's disease with II and III Hoehn and Yahr stages. A pilot study

Introduction. Muscle weakness in persons with Parkinson disease (PD) has been frequently recognized as a nonspecific symptom. In other neurological conditions, lower limb weakness, specifically quadriceps weakness, is the factor that causes greater gait disability. Little research has evaluated the relationship between lower limb muscle strength, using objective tools, in PD persons and gait performance. The aim of this study was to analyze the correlation between lower limb muscle strength, using an isokinetic dynamometer, and the spatiotemporal gait parameters in PD, compared with age- and sex- matched healthy controls.

Subjects and methods. The study was conducted with 7 persons with PD (Hoehn and Yahr (HY) between II-III) and 7 healthy controls. Isokinetic knee and ankle tests at 60 and 120°/s and the 10-meter walking test at comfortable and fast walking speed, were performed on all recruited subjects.

Results. Significant differences in lower limb strength-related measures and gait parameters were observed between persons with PD and controls. Gait parameters showed excellent correlations ($\rho \geq 0.7$) for both lower limb: ankle plantar flexion work/body wearing at 180°/s with number of steps (indirect) and stride (direct) at both speeds, and between the ankle plantar flexion peak torque/ body wearing at 180°/s with number of steps (indirect) and stride (direct) at maximum speed; and between knee extension work/body wearing at 60°/s with stride (direct) at self-selected speed.

Conclusions. Persons with PD (HY II-III stages) lower limb muscle strength correlates excellently with gait pattern, showing lower isokinetic strength than healthy subjects of the same age and sex. This protocol showed safety to be performed in a larger sample.

Key words. Gait analysis. Gait parameters. Movement disorders. Muscle strength. Neurological disorders. Parkinson's disease.