

Efecto del programa neuro-restaurativo sobre los patrones de marcha en paciente con enfermedad de Parkinson

Effect of a Neuro-Restorative Program on Gait Patterns in Patients with Parkinson's Disease

Miguel Benjamín Trejo Vázquez^{1*} <https://orcid.org/0009-0001-2360-3379>

Yordanka Ricardo de la Fe¹ <https://orcid.org/0000-0003-4594-362X>

Nancy Pavón Fuentes¹ <http://orcid.org/0000-0003-0998-8601>

Bárbara Yumila Noa Pelier¹ <http://orcid.org/0000-0002-7277-4430>

Adela Magaly Ortiz Cota² <https://orcid.org/0009-0008-8132-0984>

¹Centro Internacional de Restauración Neurológica. La Habana, Cuba.

²Universidad de Ciencias Médicas de la Habana. Facultad de Ciencias Médicas Victoria de Girón. La Habana, Cuba.

*Autor para la correspondencia: benhouse_drtv@hotmail.com

RESUMEN

Introducción: La enfermedad de Parkinson es un trastorno neurodegenerativo progresivo caracterizado por síntomas motores como bradicinesia, rigidez y alteraciones en la marcha, los cuales repercuten de forma significativa en la autonomía y calidad de vida de los pacientes.

Objetivo: Evaluar el impacto de un programa neurorestaurativo sobre los patrones de marcha en pacientes con enfermedad de Parkinson mediante análisis biomecánico.

Métodos: Se desarrolló un estudio cuasi experimental, prospectivo y longitudinal en 24 pacientes con enfermedad de Parkinson atendidos en el Centro Internacional de Restauración Neurológica. La evaluación cuantitativa de la marcha se realizó utilizando el sistema SMART DTX 400, antes y después de la

intervención.

Resultados: La muestra conformada por 24 pacientes (79 % hombres y 21 % mujeres) con una edad media de $64,4 \pm 9,5$ años y más de cinco años de evolución de la enfermedad. Predominó el estadio II de Hoehn y Yahr. Se observaron mejoras significativas en la velocidad de la marcha ($p = 0,01242$), longitud de zancada ($p < 0,05$) y reducción del tiempo del ciclo de marcha ($p < 0,05$), y evidenció un efecto positivo del programa sobre la movilidad global.

Conclusiones: El programa neurorestaurativo resultó eficaz para optimizar los parámetros de la marcha y reducir las alteraciones motoras en pacientes con enfermedad de Parkinson, respaldando el valor de las estrategias terapéuticas basadas en rehabilitación y tecnología para mejorar su calidad de vida.

Palabras clave: enfermedad de Parkinson; marcha; rehabilitación neurorestaurativa; análisis biomecánico; calidad de vida.

ABSTRACT

Introduction: Parkinson's disease is a progressive neurodegenerative disorder characterized by motor symptoms such as bradykinesia, rigidity, and gait disturbances, which significantly impact patients' autonomy and quality of life.

Objective: To evaluate the impact of a neuro-restorative program on gait patterns in patients with Parkinson's disease using biomechanical analysis.

Methods: A prospective, longitudinal, quasi-experimental study was conducted with 24 patients with Parkinson's disease treated at the International Center for Neurological Restoration. Quantitative gait assessment was performed using the SMART DTX 400 system before and after the intervention.

Results: The sample consisted of 24 patients (79% men and 21% women) with a mean age of 64.4 ± 9.5 years and a disease duration of more than five years. Hoehn and Yahr stage II were predominant. Significant improvements were observed in gait speed ($p = 0.01242$), stride length ($p < 0.05$), and gait cycle time ($p < 0.05$); a positive effect of the program on overall mobility was also evident.

Conclusions: The neurorestorative program proved effective in optimizing gait parameters and reducing motor impairments in patients with Parkinson's disease, supporting the value of therapeutic strategies based on rehabilitation and

technology to improve their quality of life.

Keywords: Parkinson's disease; gait; neurorestorative rehabilitation; biomechanical analysis; quality of life.

Recibido: 24/10/2025

Aceptado: 27/10/2025

Introducción

La enfermedad de Parkinson (EP) es un trastorno neurodegenerativo progresivo del sistema nervioso central caracterizado por la presencia de bradicinesia, rigidez, temblor en reposo y alteraciones posturales, acompañadas de manifestaciones autonómicas y cognitivas. Estas alteraciones impactan de manera significativa la funcionalidad global del individuo al afectar principalmente la marcha y el control postural, los cuales se ven comprometidos por la inactividad, la descoordinación motora y el deterioro del equilibrio más que por una pérdida directa de fuerza muscular.⁽¹⁾

La EP constituye una de las enfermedades neurodegenerativas de mayor relevancia mundial por su alta prevalencia y las limitaciones funcionales y sociales que genera. En 2019, la *Organización Mundial de la Salud*⁽²⁾ (OMS) estimó que más de 8,5 millones de personas vivían con esta enfermedad al reflejar un incremento de más del 100 % respecto a las cifras del año 2000. Este aumento, vinculado principalmente al envejecimiento poblacional y a la exposición a factores ambientales y genéticos se proyecta con un crecimiento sostenido por lo que se calcula que para 2025 más del 20 % de la población mayor de 60 años, a predominio de los hombres, podría estar afectada por esta condición.^(2,3)

A nivel global, las enfermedades neurológicas representan una de las principales causas de discapacidad y dependencia. En 2021, más de 3000 millones de personas presentaban algún trastorno neurológico, situación que subraya la necesidad de políticas públicas enfocadas en la prevención, diagnóstico temprano y abordajes terapéuticos integrales.⁽³⁾

Entre las manifestaciones clínicas más relevantes de la EP destacan los trastornos de la marcha, responsables de gran parte de la pérdida de autonomía y del incremento del riesgo de caídas en esta población.⁽⁴⁾ Trastornos que se agravan por factores como la edad avanzada, la coexistencia de comorbilidades metabólicas —por ejemplo, diabetes tipo 2— y los déficits sensoriales asociados al envejecimiento, lo que acentúa la inseguridad al caminar y contribuye al aislamiento social y al deterioro de la calidad de vida.^(4,5)

Ante este panorama, la evaluación integral del paciente con EP debe contemplar tanto el componente neuromuscular como el sensorial y musculoesquelético. Se ha demostrado que los programas de rehabilitación física individualizados pueden mejorar la estabilidad, la coordinación y la confianza funcional y reducir la frecuencia de las caídas.⁽⁵⁾

El tratamiento farmacológico con levodopa continúa siendo la primera línea terapéutica, al mejorar de manera efectiva los síntomas motores al aumentar la disponibilidad de dopamina. Sin embargo, su uso prolongado puede generar fluctuaciones motoras y discinesias, por lo que se han desarrollado formulaciones de administración continua que permiten un control más estable.^(6,7)

El manejo integral de la EP requiere complementar el tratamiento farmacológico con estrategias de rehabilitación basadas en la evidencia. Diversos estudios⁽⁸⁾ han demostrado que el ejercicio físico —aeróbico, de resistencia o potencia— contribuye a mejorar la movilidad, el equilibrio y la función motora global, favoreciendo la independencia funcional del paciente. De igual forma, los programas interdisciplinarios que incluyen fisioterapia, terapia ocupacional, logopedia y apoyo neuropsicológico han mostrado eficacia en el control de los síntomas motores y no motores.⁽⁹⁾

La marcha, como patrón motor complejo depende de la interacción coordinada entre el sistema neuromuscular, el rango articular y el control motor. Desde la antigüedad, su estudio ha sido objeto de interés científico al permitir mediante el análisis biomecánico identificar variaciones en la cinemática, la cinética y la actividad electromiográfica.⁽¹⁰⁾

Las alteraciones de la marcha en la EP son particularmente complejas y requieren herramientas tecnológicas que permitan cuantificar los cambios antes y después

de una intervención rehabilitadora. Los sistemas de análisis del movimiento proporcionan información objetiva sobre los patrones de marcha, facilitando la evaluación de la eficacia de los programas neurorestaurativos y la personalización de los tratamientos.^(10,11)

En este contexto, la integración de la tecnología en la rehabilitación ofrece la posibilidad de obtener mediciones precisas que, junto con la historia clínica y la valoración funcional contribuyen a optimizar los resultados terapéuticos. Dado que la evidencia científica sobre el análisis cinemático virtual en pacientes con EP aún es limitada, resulta pertinente profundizar en su estudio y establecer patrones de marcha cuantificables para esta población.⁽¹²⁾ Por ello el objetivo de la investigación fue evaluar el impacto de un programa neurorestaurativo sobre los patrones de marcha en pacientes con enfermedad de Parkinson mediante análisis biomecánico.

Métodos

Se realizó un estudio monocéntrico, cuasi experimental, prospectivo y longitudinal en pacientes con enfermedad de Parkinson (EP) tratados en la clínica de trastornos del movimiento del servicio de neurología del Centro Internacional de Restauración Neurológica (CIREN), en el período comprendido entre mayo 2023 y mayo 2024.

El universo estuvo constituido por todos los pacientes con diagnóstico de enfermedad de Parkinson idiopática, establecido conforme a los criterios del *Banco de Cerebros de Londres*⁽¹³⁾ atendidos en el servicio de trastornos del movimiento. Mientras que la muestra incluyó a todos los pacientes con diagnóstico confirmado de EP que participaron en el programa neurorestaurativo durante el período de estudio. Los sujetos fueron evaluados antes y después de completar un ciclo de tratamiento de 28 días de duración.

Se excluyeron del estudio los pacientes que:

- No fueron evaluados en el laboratorio de marcha en fase OFF antes y después del tratamiento.

- Pacientes que requirieron de manera permanente dispositivos de apoyo para la marcha.
- Los sujetos que abandonaron o interrumpieron el programa neurorestaurativo antes de completarlo.
- Enfermos que presentaron trastornos cognitivos graves que limitaran la ejecución de las tareas del laboratorio de marcha.

Equipo instrumental y variables analizadas. El estudio se realizó en el laboratorio de marcha del CIREN, empleando los sistemas:

- SMART DTX 400 (BTS *Bioengineering*), con sensores inerciales y cámaras infrarrojas para captura tridimensional del movimiento.
- BTS P-*Walk*, plataforma dinamométrica para análisis de la marcha.

El software del sistema permitió calcular variables cinemáticas y temporoespaciales, incluyendo:

- Velocidad de la marcha (m/s)
- Longitud de paso y zancada (cm)
- Cadencia (pasos/min)
- Base de sustentación (cm)
- Tiempos de apoyo, balanceo y doble apoyo (s)
- Amplitud articular de pelvis, cadera, rodilla y tobillo (°)

Estas mediciones se compararon con valores de referencia normalizados y validados por la comunidad científica internacional.

Procedimiento de evaluación:

- A cada participante se le explicó el propósito y desarrollo del estudio, registrando sus datos generales (edad, talla, peso y fase de medicación).
- Las pruebas se realizaron siempre en condición OFF para garantizar la comparabilidad de los resultados.
- El sensor de movimiento del sistema SMART DTX 400 se colocó sobre la piel a nivel de la articulación sacrococcígea, utilizando un cinturón de

- sujeción que minimiza interferencias y optimiza la precisión de la medición.
- Al contar el laboratorio con seis cámaras infrarrojas que capturan el desplazamiento del sujeto y que envían la información al software para su procesamiento automático.
 - Antes de comenzar la prueba, los participantes se familiarizaron con el entorno de captura durante unos minutos. Se les indicó que caminaran descalzos y con naturalidad, sin modificar su patrón habitual de marcha.
 - Cada sujeto caminó en línea recta durante diez metros, sobre una trayectoria marcada en el centro del espacio de captura. Al recibir la señal, inició la marcha, atravesó la plataforma dinamométrica y completó el ciclo de apoyo sobre ambos pies siguiendo la línea guía. Posteriormente, realizó un medio giro a la derecha y regresó al punto de partida.
 - Durante la captura, el sistema registró simultáneamente la información proveniente de las cámaras, el sensor y la plataforma de fuerzas.
 - Los datos obtenidos fueron procesados y almacenados en una base de datos en Microsoft Excel, la que se utilizó para el análisis comparativo pre y post intervención.

Análisis estadístico. Los datos se procesaron con Microsoft Excel y SPSS versión XX. Se calcularon medidas de tendencia central y dispersión (media y desviación estándar). Para la comparación de los parámetros antes y después del tratamiento, se aplicó la prueba t de Student para muestras relacionadas, considerando un nivel de significancia estadística de $p < 0,05$.

Aspectos éticos. El estudio se desarrolló conforme a los principios de la *Declaración de Helsinki*⁽¹⁴⁾ para investigaciones en seres humanos. Todos los participantes firmaron un consentimiento informado previo a la realización de las pruebas.

Se garantizó la confidencialidad de los datos personales y la voluntariedad de la participación. Las pruebas fueron no invasivas al utilizar cámaras infrarrojas que no registran la apariencia física, y que se podían interrumpir en cualquier momento a solicitud del participante o del investigador.

Resultados

Durante el período comprendido entre mayo de 2023 a mayo de 2024 fueron incluidos en el estudio 24 pacientes con diagnóstico de enfermedad de Parkinson idiopática que completaron un ciclo del programa neurorestaurativo. Muestra que estuvo conformada por 19 hombres (79,2 %) y 5 mujeres (20,8 %), con una edad media de $64,4 \pm 9,5$ años (rango 43-81). La duración media de la enfermedad fue de 7,3 años (rango 2-18). Según la escala de Hoehn y Yahr, el 75 % de los pacientes se encontraba en el estadio II y el 25 % en estadio III; no se incluyeron casos en estadios I o IV. La mayoría (79,1 %) presentaba más de cinco años de evolución (tabla 1).

Tabla 1 - Datos generales de los pacientes estudiados

Variable	Valor Medio (min-máx) n = 24
Edad (Min - Max)	64,46 (43 – 81)
Sexo (hombres/ mujeres)*	19 / 5
Tiempo de evolución (años)	7,33 (2 – 18)
Estadio Hoehn y Yahr (II / III)*	18 / 6

Fuente: Planilla de recogida de datos. Los datos se corresponden con la evaluación pre programa neurorestaurativo.

* Valores Absolutos.

Evaluación cuantitativa de la marcha

El análisis cinemático mostró mejoras significativas en varios parámetros de la marcha tras la intervención neurorestaurativa. Las mayores variaciones se observaron en la velocidad de la marcha, la longitud de zancada y la duración del ciclo, mientras que los ángulos de la pelvis no presentaron cambios significativos (tabla 2). Asimismo, el número de pasos elaborados del lado derecho mostró una mejora significativa ($Z = 1,99$; $p = 0,04$; prueba de Wilcoxon para muestras pareadas), en tanto que los pasos izquierdos y totales no evidenciaron diferencias estadísticamente relevantes (tabla 2).

Tabla 2 - Parámetros cuantitativos de la marcha

Variable	Pre Media (min-máx)	Post Media (min-máx)	p-valor
Velocidad de marcha (m/s)	1,30 (0,49-2,01)	1,48 (0,77-1,97)	0,01
Longitud de zancada VI (m)	1,40 (0,67-2,06)	1,51 (0,80-2,03)	0,03
Longitud de zancada VD (m)	1,39 (0,68-1,39)	1,51 (0,8-1,98)	0,04
Duración del ciclo VI (s)	1,09 (0,95-1,4)	1,04 (0,89-1,26)	0,01
Duración del ciclo VD (s)	1,09 (0,93-1,40)	1,03 (0,89-1,28)	0,01
Ángulo de Pelvis/Inclinación	63 (21,1-94,9)	65,24 (28,9-94)	0,79
Ángulo de Pelvis/Oblicuidad	95,05 (66,7-99,1)	96,1 (87- 99,2)	0,45
Ángulo de Pelvis/Rotación	94,65 (56,5-99,3)	96,43 (72,7- 98,9)	0,05

Fuente: Planilla de recogida de datos. Prueba de Wilcoxon para muestras pareadas, n= 24, se consideró como diferencia significativa cuando la p fue menor a 0,05.

Velocidad de la Marcha

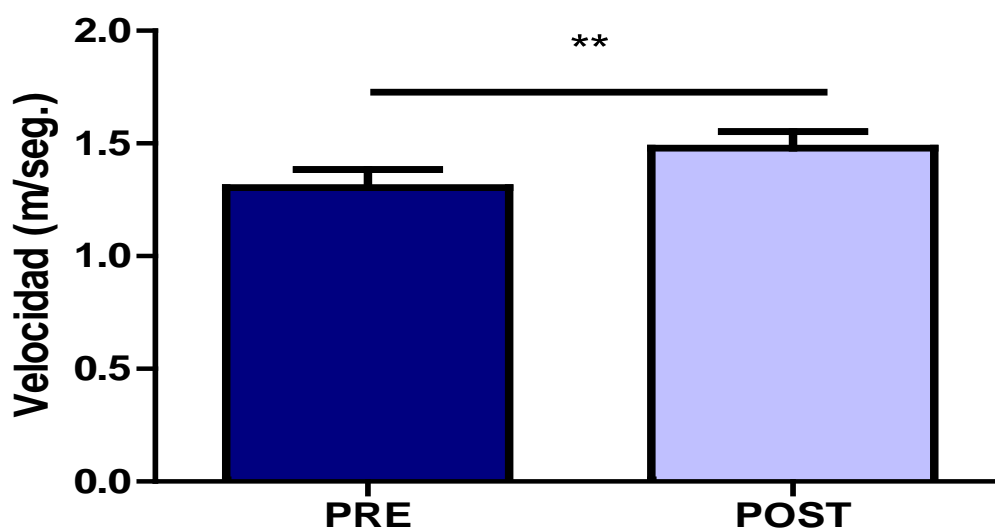


Figura - Evaluación de la velocidad de la marcha de los pacientes.

Nota: Prueba de Wilcoxon para muestras pareadas (n= 24, Z= 2,5) ** p≤ 0.01

Fuente: Planilla de recolección de datos.

En la figura las barras muestran los valores medios (\pm Desviación estándar) de las evaluaciones antes y después de un ciclo de tratamiento de 28 días. Se observa un aumento significativo posterior a ciclo de tratamiento.

Discusión

Los resultados del estudio evidencian que el programa neurorestaurativo tuvo un impacto significativo en la función motora y los parámetros cuantitativos de la marcha en pacientes con enfermedad de Parkinson (EP). Este hallazgo concuerda con investigaciones⁽¹⁵⁾ previas que han demostrado la efectividad de las intervenciones basadas en principios de neuroplasticidad para optimizar la recuperación funcional en enfermedades neurodegenerativas.

La composición demográfica de la muestra —predominio masculino y edad media de 64,4 años— coincide con los patrones epidemiológicos descritos en la literatura,⁽¹⁶⁾ en la cual se ha documentado una mayor prevalencia de la EP en varones y un incremento con la edad. Datos del Ministerio de Salud de Colombia señalan una prevalencia de 5,42 por cada 1000 habitantes mayores de 50 años, cifra que asciende a 9,87 por cada 1000 en mayores de 65 años, siendo consistentemente más alta en hombres.

De manera similar, la *Parkinson's Foundation*⁽¹⁷⁾ en el 2022 reportó que la incidencia en Estados Unidos de América es superior en varones y se incrementa notablemente a partir de los 65 años de edad, tendencia que se proyecta en aumento hacia 2050.⁽¹⁸⁾ Estos datos respaldan la representatividad del grupo estudiado y refuerzan la necesidad de considerar el sexo y la edad como variables relevantes en el diseño de programas de rehabilitación para esta población.

El predominio del estadio II de Hoehn y Yahr sugiere que la mayoría de los pacientes se encontraba en fases funcionales activas, lo que permitió observar de forma más evidente el efecto del tratamiento. Las mejoras detectadas en la velocidad de la marcha, longitud de zancada y duración del ciclo reflejan un incremento global en la eficiencia locomotora.

Estos resultados coinciden con estudios⁽¹⁹⁾ recientes que destacan la efectividad de las terapias intensivas en la mejora de la marcha y la movilidad en pacientes con EP. Por ejemplo, investigaciones que emplean sensores portátiles y retroalimentación visual han reportado aumentos significativos en la longitud del paso y en la estabilidad del patrón locomotor, demostrando que el entrenamiento motor repetitivo favorece la reorganización de los circuitos neuronales implicados

en el control del movimiento.^(20,21)

En este contexto, la reducción significativa de la duración del ciclo de marcha observada en el estudio puede atribuirse a una mejora en la automatización del patrón motor, tal como sugieren *Hass y otros*⁽²²⁾ quienes asocian la prolongación del ciclo en pacientes parkinsonianos con alteraciones en la iniciación y coordinación motora.

El incremento asimétrico de los pasos elaborados —más evidente en el hemicuerpo derecho— podría deberse a la dominancia lateral o a diferencias en la respuesta motora individual, patrón que ha sido descrito previamente por *Tomlinson y otros*.⁽²³⁾ Este hallazgo refuerza la importancia de diseñar estrategias terapéuticas personalizadas que consideren las asimetrías en la ejecución motora.

En relación con los ángulos pélvicos, no se observaron cambios significativos en la inclinación ni en la oblicuidad, aunque la rotación mostró una tendencia a la significancia ($p = 0,05$). Esto sugiere que el programa mejoró la eficiencia funcional sin alterar de manera sustancial la biomecánica de la pelvis. Este resultado difiere parcialmente de los hallazgos de *Gulcan y otros*⁽²⁴⁾ quienes observaron una mayor movilidad pélvica tras programas de estimulación sensoriomotora, aunque ambos coinciden en que la rehabilitación dirigida contribuye a una mejora global del patrón motor.

De forma general, los resultados de la investigación confirman la eficacia del enfoque neurorestaurativo en la optimización de los parámetros de la marcha en la EP, en línea con lo descrito por *Torriente y otros*⁽²⁵⁾ quienes demostraron beneficios significativos en la funcionalidad de la marcha tras intervenciones de rehabilitación intensiva en pacientes parkinsonianos.

Entre las limitaciones del estudio se reconocen el tamaño reducido de la muestra, el diseño monocéntrico y el corto periodo de intervención (28 días), lo cual podría limitar la generalización de los resultados. No obstante, la homogeneidad clínica de los pacientes y la precisión de las mediciones biomecánicas respaldan la validez interna del estudio.

En términos de aplicabilidad clínica, los hallazgos sugieren que los programas de rehabilitación basados en principios neurorestaurativos constituyen una

alternativa eficaz y complementaria al tratamiento farmacológico tradicional, contribuyendo a mejorar la movilidad, reducir las alteraciones motoras y optimizar la calidad de vida de los pacientes con enfermedad de Parkinson.

El programa neurorestaurativo aplicado en pacientes con enfermedad de Parkinson resulta eficaz para optimizar los patrones de la marcha, en la que se evidencian mejoras en la eficiencia y estabilidad del desplazamiento. Resultados que confirman el potencial de las estrategias terapéuticas basadas en la neuroplasticidad para favorecer la reorganización motora y la recuperación funcional en fases moderadas de la enfermedad. Aun cuando no se observaron modificaciones significativas en la movilidad pélvica, las mejoras globales en la coordinación y la velocidad sugieren un impacto positivo en la funcionalidad y autonomía de los pacientes.

En conjunto, los hallazgos respaldan la implementación de programas de rehabilitación neurorestaurativa como complemento al tratamiento farmacológico y con proyección hacia su aplicación en contextos clínicos más amplios y en poblaciones con diferentes grados de severidad de la enfermedad, lo que permite concluir que el programa neurorestaurativo resultó eficaz para optimizar los parámetros de la marcha y reducir las alteraciones motoras en pacientes con enfermedad de Parkinson, respaldando el valor de las estrategias terapéuticas basadas en la rehabilitación y la tecnología para mejorar su calidad de vida.

Referencias bibliográficas

1. Marín DS, Carmona H, Ibarra M, Gámez M. Enfermedad de Parkinson: fisiopatología, diagnóstico y tratamiento. Rev Univ Ind Santander Salud. 2018;50(1):79–92. DOI: <http://dx.doi.org/10.18273/revsal.v50n1-2018008>
2. World Health Organization. Parkinson disease. Geneva: WHO; 2023 [acceso 14/01/2025]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheetsdetail/parkinson-disease>
3. World Health Organization. Over 1 in 3 people affected by neurological

- conditions: the leading cause of illness and disability worldwide. Geneva: WHO; 2024. [acceso 14/01/2025] Disponible en: <https://www.who.int/es/news/item/14-03-2024-over-1-in-3-people-affected-by-neurological-conditions--the-leading-cause-of-illness-and-disability-worldwide>
4. Corcuera R, Patiño AF, Paima R, Chambergo D. Trastornos de la marcha y el equilibrio en adultos mayores y su asociación con diabetes mellitus tipo 2. *Med Int Méx.* 2021;35(5):676–84. DOI: <https://doi.org/10.24245/mim.v35i5.2554>
5. Udeo JP, Cedeño- MN, Moscoso GV, Meneses IP. Alteraciones sensoriales en el adulto mayor y su relación con la calidad de vida. *Sinerg Académica.* 2024 [acceso 14/01/2025];7(Supl3):400–12. Disponible en: <https://sinergiaacademica.com/index.php/sa/article/view/198>
6. The Michael J. Fox Foundation. FDA reviewing four new Parkinson's medications in 2024. New York: MJFF; 2024. [acceso 12/04/2025] Disponible en: <https://www.michaeljfox.org/news/fda-reviewing-four-new-parkinsons-medications-2024>
7. Armstrong MJ, Okun MS. Diagnosis and Treatment of Parkinson Disease: A Review. *JAMA.* 2020;323(6):548–560. DOI: <https://doi.org/10.1001/jama.2019.22360>
8. El Hayek M, Lobo J, Lopes JLM, Le JH, Gregory ME, Abi Nehme AM, *et al.* Type, Timing, Frequency, and Durability of Outcome of Physical Therapy for Parkinson Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis. *JAMA Netw Open.* 2023;6(7):e232486 DOI: <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2023.24860>
9. Goldman JG, Volpe D, Ellis TD, Hirsch MA, Johnson J, Wood J, *et al.* Delivering Multidisciplinary Rehabilitation Care in Parkinson's Disease: An International Consensus Statement. *J Parkinsons Dis.* 2024;14(1):135-66. DOI: <https://doi.org/10.3233/JPD-230117>
10. González AG. Análisis de la marcha patológica en pacientes con enfermedad de Parkinson. [tesis de maestría]. España: Universidad de Oviedo; 2012. [acceso 12/04/2025] Disponible en: <https://digibuo.uniovi.es/dspace/handle/10651/4021>
11. Haro M. Laboratorio de análisis de marcha y movimiento. *Rev Méd Clínica Las Condes.* 2014;25(2):237. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0716-8640\(14\)70034-3](https://doi.org/10.1016/S0716-8640(14)70034-3)
12. Cancela E. Trastornos de control de impulsos en personas con enfermedad de Parkinson: diseño de una intervención desde Terapia Ocupacional. Universidad

da Coruña; 2020 [acceso 10/03/2025]. Disponible en: <https://ruc.udc.es/handle/2183/26471>

13. Martínez R, Gasca C. C, Sánchez Á, Ángel J. Actualización en la enfermedad de Parkinson. Rev Médica Clínica Las Condes. 2016;27(3):363–79. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rmcl.2016.06.010>

14. Asociación Médica Mundial. Asociación Médica Mundial (AMM). 2024. Declaración de HELSINKI de la AMM – Principios éticos para las investigaciones médicas con participantes humanos. Disponible en: <https://www.wma.net/es/policies-post/declaracion-de-helsinki/>

15. Petzinger GM, Fisher BE, McEwen S, Beeler JA, Walsh JP, Jakowec MW. Exercise-enhanced neuroplasticity targeting motor and cognitive circuitry in Parkinson's disease. Lancet Neurol. 2013;12(7):716–26. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(13\)70123-6s](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(13)70123-6s)

16. Rincón AG, Pantoja C, Torres JF, Tamayo CS, Rosselli D. Prevalencia y características de la enfermedad de Parkinson: análisis del registro oficial del Ministerio de Salud de Colombia. Acta Neurol Colomb. 2025;41(1). DOI: <https://doi.org/10.22379/anc.v41i1.1927>

17. Parkinson's Foundation. Statistics and facts. New York: Parkinson's Foundation; 2022 [acceso 28/04/2025]. Disponible en: <https://www.parkinson.org/understanding-parkinsons/statistics>

18. Su D, Cui Y, He C, Yin P, Bai R, Zhu J, *et al.* Projections for prevalence of Parkinson's disease and its driving factors in 195 countries and territories to 2050: modelling study of Global Burden of Disease Study 2021. BMJ. 2025;388:e080952. DOI: <https://doi.org/10.1136/bmj-2024-080952>

19. Frazzitta G, Morelli M, Bertotti G, Felicetti G, Pezzoli G, Maestri R. Intensive Rehabilitation Treatment in Parkinsonian Patients with Dyskinesias: A Preliminary Study with 6-Month Followup. Parkinsons Dis. 2012;2012:14. DOI: <https://doi.org/10.1155/2012/910454>

20. Muthukrishnan N, Abbas JJ, Krishnamurthi N. A Wearable Sensor System to Measure Step-Based Gait Parameters for Parkinson's Disease Rehabilitation. Sensors. 2020;20(22):6417. DOI: <https://doi.org/10.3390/s20226417>

21. Ferrazzoli D, Ortelli P, Zivi I, Cian V, Urso E, Ghilardi MF, *et al.* Efficacy of

intensive multidisciplinary rehabilitation in Parkinson's disease: a randomised controlled study. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 2018;89(8):828–35. DOI: <https://doi.org/10.1136/jnnp-2017-316437>

22. Hass CJ, Malczak P, Nocera J, Stegemöller EL, Shukala A, Malaty I, *et al*. Quantitative Normative Gait Data in a Large Cohort of Ambulatory Persons with Parkinson's Disease. *PLoS ONE*. 2012;7(8):e42337. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0042337>

23. Tomlinson CL, Patel S, Meek C, Herd CP, Clarke CE, Stowe R, *et al*. Physiotherapy versus placebo or no intervention in Parkinson's disease. *Cochrane Database Syst Rev*. 2013;(9). DOI: <https://doi.org/10.1002/14651858.CD002817.pub4>

24. Gulcan K, Guclu A, Yasar E, Ar U, Sucullu Y, Saygili F. The effects of augmented and virtual reality gait training on balance and gait in patients with Parkinson's disease. *Acta Neurol Belg*. 2023;123(5):1917–25. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13760-022-02147-0>

25. Torriente A, Dulzaides LE, Echemendía A, Sentmanat A. Influencia del programa de rehabilitación física en la marcha de pacientes parkinsonianos. *Rev Cub Med Dep Cult Fís*. 2022 [25/04/2025];16(2). Disponible en: <https://revmedep.sld.cu/index.php/medep/article/view/492>

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses

Contribuciones de los autores

Conceptualización: Miguel Benjamín Trejo Vázquez, Yordanka Ricardo de la Fe, Nancy Pavón Fuentes, Adela Magaly Ortiz Cota y Bárbara Yumila Noa Pelier.

Curación de datos: Miguel Benjamín Trejo Vázquez, Yordanka Ricardo de la Fe, Nancy Pavón Fuentes y Adela Magaly Ortiz Cota.

Análisis formal: Miguel Benjamín Trejo Vázquez, Yordanka Ricardo de la Fe, Nancy Pavón Fuentes y Adela Magaly Ortiz Cota.

Investigación: Miguel Benjamín Trejo Vázquez, Yordanka Ricardo de la Fe, Nancy

Pavón Fuentes y Adela Magaly Ortiz Cota.

Administración del proyecto: Miguel Benjamín Trejo Vázquez, Yordanka Ricardo de la Fe, Nancy Pavón Fuentes y Adela Magaly Ortiz Cota.

Recursos: Miguel Benjamín Trejo Vázquez.

Redacción – borrador original: Miguel Benjamín Trejo Vázquez y Adela Magaly Ortiz Cota.

Redacción – revisión y edición: Miguel Benjamín Trejo Vázquez, Yordanka Ricardo de la Fe, Nancy Pavón Fuentes.