

Rehabilitación de la marcha hemipléjica sus bases neurofisiológicas, intervenciones y análisis objetivo

Rehabilitation of Hemiplegic Gait: Its Neurophysiological Basis, Interventions, and Objective Analysis

Silvia Jessica Ruiz Valdés^{1*} <https://orcid.org/0009-0007-9693-3823>

Dania del Carmen Fernández Gutiérrez¹ <https://orcid.org/0009-0005-8496-3115>

¹Centro de Restauración Neurológica. La Habana, Cuba.

*Autor para la correspondencia: chivaruiz1@hotmail.com

RESUMEN

La hemiplejía tras un accidente cerebrovascular (ACV) constituye una de las principales causas de discapacidad motora adquirida en adultos. La recuperación de la marcha representa un objetivo esencial en los programas de rehabilitación, pues determina la independencia funcional, la calidad de vida y la reintegración social del paciente. Esta revisión narrativa integradora analiza las bases neurofisiológicas de la recuperación motora, las principales estrategias terapéuticas empleadas en su reeducación y el papel de las tecnologías de análisis objetivo en la evaluación funcional. Se revisaron artículos publicados entre 2020 y 2025 en bases de datos internacionales como PubMed, Scopus, SciELO y ScienceDirect, priorizando estudios experimentales, revisiones sistemáticas y metaanálisis sobre rehabilitación post-ictus. Los resultados evidencian que los programas de rehabilitación intensiva y orientada a tareas promueven la neuroplasticidad, optimizan la simetría de la marcha y reducen el riesgo de caídas. Asimismo, el uso de las tecnologías como plataformas de presión, sensores inerciales, robótica y realidad virtual ha permitido una evaluación más precisa de los parámetros espaciotemporales y cinemáticos. Se concluye que la integración entre los principios neurofisiológicos, las intervenciones terapéuticas basadas en la plasticidad y las herramientas de análisis objetivo

representa la vía más prometedora para personalizar el tratamiento y mejorar la recuperación funcional en personas con hemiplejía.

Palabras clave: hemiplejía; accidente cerebrovascular; rehabilitación de la marcha; neuroplasticidad; análisis cinemático

ABSTRACT

Hemiplegia following stroke is one of the leading causes of acquired motor disability in adults. Gait recovery is a crucial objective in rehabilitation programs, as it determines functional independence, quality of life, and the patient's social reintegration. This integrative narrative review analyzes the neurophysiological basis of motor recovery, the main therapeutic strategies used in gait retraining, and the role of objective analysis technologies in functional assessment. Articles published from 2020 to 2025 in international databases were reviewed such as PubMed, Scopus, SciELO, and ScienceDirect, prioritizing experimental studies, systematic reviews, and meta-analyses on post-stroke rehabilitation. The results show that intensive, task-oriented rehabilitation programs promote neuroplasticity, optimize gait symmetry, and reduce the risk of falls. Furthermore, the use of technologies such as pressure platforms, inertial sensors, robotics, and virtual reality has enabled a more precise evaluation of spatiotemporal and kinematic parameters. It is concluded that the integration of neurophysiological principles, therapeutic interventions based on plasticity, and objective analysis tools represents the most promising approach to personalizing treatment and improving functional recovery in individuals with hemiplegia.

Keywords: hemiplegia; stroke; gait rehabilitation; neuroplasticity; kinematic analysis

Recibido: 26/10/2025

Aceptado: 29/10/2025

Introducción

El accidente cerebrovascular (ACV) es una de las principales causas de discapacidad neurológica a nivel mundial, con altos índices de dependencia funcional y carga económica para los sistemas de salud.^(1,2,3) Cerca del 80 % de sus sobrevivientes presenta alteraciones de la marcha, y el 40 % de ellos requiere de asistencia permanente,⁽⁴⁾ limitaciones que comprometen la autonomía y participación social de sus afectados.

La hemiplejía, secuela frecuente del ACV provoca parálisis o debilidad de un hemicuerpo, acompañada de espasticidad y pérdida del control postural.^(5,6) Estas alteraciones generan una marcha lenta, asimétrica y energéticamente ineficiente.⁽⁷⁾ Los enfoques actuales buscan promover la reorganización funcional del sistema nervioso mediante estrategias basadas en la neuroplasticidad.⁽⁸⁾

Durante la última década, la rehabilitación de la marcha ha adoptado modelos intensivos, repetitivos y orientados a tareas apoyados en herramientas tecnológicas que permiten una evaluación objetiva y reproducible.^(9,10,11) Plataformas baropodométricas, sensores inerciales y dispositivos robóticos facilitan la cuantificación de variables espaciotemporales y la personalización del tratamiento.^(12,13,14)

El estudio revisa de manera integradora las bases neurofisiológicas, intervenciones terapéuticas y tecnologías de análisis objetivo aplicadas a la rehabilitación de la marcha en pacientes con hemiplejía post-ictus.

Métodos

Se realizó una revisión narrativa integradora de la literatura publicada entre enero 2020 y abril 2025. Se consultaron las bases PubMed, Scopus, SciELO, Web of Science y Science Direct, utilizando combinaciones de descriptores DeCS y MeSH: *stroke, hemiplegia, gait rehabilitation, neuroplasticity, functional recovery, robot-assisted therapy, kinematic analysis y sensor-based assessment*.

Se seleccionaron 51 artículos que cumplieron los siguientes criterios:

- Estudios en adultos con hemiplejía post-ictus
- Intervenciones fisioterapéuticas o tecnológicas orientadas a la reeducación

de la marcha

- Uso de herramientas objetivas de evaluación
- Publicaciones en idioma español e inglés

Se excluyeron:

- Casos clínicos
- Población pediátrica
- Revisiones con menos de diez participantes.

La información se agrupó en tres ejes:

- Bases neurofisiológicas
- Intervenciones rehabilitadoras
- Tecnologías de análisis objetivo de la marcha

Bases neurofisiológicas de la marcha y la neuroplasticidad

La marcha es un proceso motor complejo que depende de la interacción entre la corteza motora, el cerebelo, los ganglios basales y la médula espinal.^(15,16) En pacientes con hemiplejía, las lesiones isquémicas o hemorrágicas interrumpen los circuitos motores corticoespinales provocando pérdida del control voluntario, tono muscular alterado y asincronía entre los miembros inferiores.⁽¹⁷⁾

El fenómeno de neuroplasticidad permite que áreas cerebrales no lesionadas asuman funciones del tejido dañado, mediante la reorganización sináptica y la potenciación a largo plazo.^(18,19) Este proceso depende de la intensidad y repetición del estímulo motor, así como de la retroalimentación sensorial, los cuales activan mecanismos de aprendizaje motor.⁽²⁰⁾

Estudios^(21,22) recientes han demostrado que los entrenamientos intensivos, orientados a tareas específicas, inducen cambios estructurales en la conectividad de la corteza motora y premotora. La activación repetitiva de redes neuronales promueve la recuperación funcional y la restauración parcial del patrón de marcha normal.

Asimismo, la estimulación eléctrica funcional (EEF) y la estimulación magnética

transcraneal (EMT) se han identificado como moduladores de la plasticidad cortical, al favorecer la excitabilidad de las neuronas motoras y facilitar la activación de músculos paréticos.^(23,24) Estos mecanismos explican cómo la intervención temprana, repetitiva y multisensorial contribuye a restablecer la simetría y coordinación durante la deambulación.

En conjunto, los hallazgos neurofisiológicos sustentan la necesidad de diseñar programas terapéuticos que combinen ejercicios de alta intensidad, estimulación sensorial y retroalimentación visual, orientados a reforzar la reorganización funcional del sistema nervioso central.

Características biomecánicas de la marcha hemipléjica en comparación con la marcha normal

La comprensión de las diferencias biomecánicas entre la marcha normal y la hemipléjica es esencial para la planificación terapéutica y la interpretación de los resultados de rehabilitación.⁽²⁵⁾

En la marcha normal, el desplazamiento se caracteriza por la alternancia simétrica de fases de apoyo y balanceo, con una distribución equilibrada del peso corporal y coordinación entre los miembros inferiores y el tronco. La cadencia promedio oscila entre 100-120 pasos por minuto, con una zancada de 1,2–1,5 m y un doble apoyo del 20 % del ciclo, lo que garantiza estabilidad y bajo gasto energético.^(26,27)

En la marcha hemipléjica post-ictus, la debilidad, espasticidad y pérdida del control motor generan alteraciones espaciotemporales: velocidad reducida (< 0,4 m/s), pasos más cortos y mayor tiempo de apoyo unilateral, principalmente del lado sano.⁽²⁸⁾ El miembro parético adopta un movimiento de circunducción, aumentando el gasto energético y la asimetría.⁽²⁹⁾ Mientras que el centro de presión (CoP) muestra desplazamientos irregulares y menor carga en el retropié, reflejando ineficiencia propulsiva y déficit de equilibrio.⁽³⁰⁾

El análisis comparativo de estos parámetros ha permitido diseñar terapias orientadas a restaurar la simetría y eficiencia del desplazamiento. En este contexto, la integración de tecnologías de análisis objetivo —como la plataforma P-Walk®— resulta clave para cuantificar y monitorear la evolución funcional durante la rehabilitación.⁽³¹⁾

Intervenciones terapéuticas contemporáneas

El tratamiento de la marcha hemipléjica ha transitado de modelos compensatorios –centrados en la asistencia o sustitución de funciones– hacia enfoques restaurativos, basados en la recuperación del control motor intrínseco.⁽³²⁾ Entre las intervenciones convencionales destacan la kinesioterapia, la terapia de facilitación neuromuscular propioceptiva (FNP), el entrenamiento en cinta rodante con soporte parcial de peso y los ejercicios de equilibrio. Estas estrategias han mostrado mejoras en la velocidad de la marcha, la cadencia y la estabilidad postural, especialmente cuando se aplican durante la fase subaguda del ACV.^(33,34)

Por su parte, los programas de ejercicio terapéutico intensivo, combinados con electroestimulación funcional (EEF), han demostrado favorecer la dorsiflexión del tobillo, reducir el pie equino y mejorar la simetría del paso. La evidencia indica que la combinación de EEF con entrenamiento de la marcha aumenta significativamente la velocidad y la movilidad funcional respecto a la terapia convencional.^(35,36)

Una de las innovaciones más relevantes dentro de este enfoque es el dispositivo *Walk Aide*®, que representa una evolución de la EEF tradicional. Este sistema portátil estimula el nervio peroneo común mediante impulsos eléctricos sincronizados con el ciclo de la marcha, detectando el ángulo de la pierna a través de un sensor giroscópico.⁽³⁷⁾

A diferencia de las ortesis pasivas, el *Walk Aide* promueve la contracción muscular activa y la retroalimentación sensorial, facilitando la dorsiflexión del tobillo durante la fase de oscilación y mejorando el patrón de marcha.⁽³⁸⁾ Diversos estudios⁽³⁹⁾ recientes han demostrado que su uso continuo incrementa la velocidad y longitud del paso, reduce la fatiga y contribuye a una marcha más simétrica y eficiente. Asimismo, se ha observado un impacto positivo en la neuroplasticidad, al favorecer la activación cortical bilateral y el reaprendizaje motor.⁽⁴⁰⁾ Su implementación temprana dentro de programas de reeducación de la marcha puede acelerar la transición hacia la independencia funcional y disminuir el riesgo de caídas, constituyendo una herramienta prometedora en la rehabilitación moderna post-ictus.⁽⁴¹⁾

Otras modalidades no invasivas, como la imaginería motora y la terapia espejo,

estimulan la activación de redes motoras corticales y mejoran la longitud del paso y la coordinación. Estas técnicas favorecen la reorganización sensoriomotora al integrar la percepción visual y la ejecución motora imaginada.^(42,43) De manera complementaria, la rehabilitación asistida por robot se ha consolidado como una herramienta efectiva para el entrenamiento intensivo, repetitivo y orientado. Los dispositivos robóticos permiten ajustar el soporte de peso y los rangos de movimiento, favoreciendo la participación activa del paciente y la retroalimentación inmediata.

Ensayos^(41,44,45) controlados recientes reportan que la robótica combinada con fisioterapia convencional mejora la independencia funcional y la velocidad de la marcha, especialmente cuando se inicia dentro de los tres primeros meses post-ictus.

Además, la realidad virtual inmersiva ha emergido como un recurso de apoyo, al incrementar la motivación y proporcionar retroalimentación multisensorial. Los entornos virtuales permiten reproducir escenarios de la vida real, estimulando tanto la cognición motora como la coordinación.⁽⁴⁶⁾

Análisis objetivo y tecnologías de evaluación

El desarrollo tecnológico en el ámbito de la rehabilitación ha transformado la forma de evaluar y personalizar las intervenciones. Tradicionalmente, la marcha se analizaba de manera observacional, dependiendo de la experiencia del terapeuta, lo que generaba resultados subjetivos y poco reproducibles. Actualmente, los sistemas de análisis cuantitativo permiten obtener datos precisos sobre los parámetros espaciotemporales, cinéticos y cinemáticos de la marcha.^(40,41)

Entre las tecnologías más utilizadas se encuentran las plataformas baropodométricas, los sistemas de captura de movimiento y los sensores inerciales, que ofrecen información detallada sobre la distribución de presiones plantares, el desplazamiento del centro de presión y la simetría del paso.⁽⁴¹⁾

Dentro de este grupo, la plataforma P-Walk® se ha consolidado como una de las herramientas más empleadas en el análisis clínico de la marcha. Este sistema mide la presión plantar, el tiempo de apoyo, la longitud y cadencia del paso, así como el desplazamiento del centro de presión, variables esenciales para evaluar estabilidad

y eficiencia del patrón locomotor.^(30,31)

La información generada por el *P-Walk* permite cuantificar de manera objetiva los progresos durante la rehabilitación, ofreciendo datos reproducibles que complementan la observación clínica. Estudios⁽³¹⁾ recientes destacan su utilidad en la evaluación de pacientes con hemiplejía post-ictus, al detectar mejoras en la distribución del peso, la simetría del apoyo y la reducción de la desviación del baricentro tras programas de intervención intensiva.

Parámetros estáticos y dinámicos de la marcha hemipléjica

La evaluación de los parámetros estáticos y dinámicos mediante plataformas de presión como *P-Walk*® permite obtener una caracterización cuantitativa de la marcha en pacientes hemipléjicos. Estos datos ofrecen una referencia objetiva para el diseño y seguimiento de los programas de rehabilitación.

En condiciones normales, la distribución de la presión plantar se reparte aproximadamente en un 40-60 % sobre el retropié, 20-40 % sobre el antepié y 10-30 % en el mediopie. En pacientes hemipléjicos, esta proporción suele alterarse por la descarga incompleta en el lado afectado, lo que refleja asimetría funcional y menor estabilidad durante la fase de apoyo.⁽²⁶⁾

La superficie total de apoyo oscila entre 150 y 250 cm² reduciéndose en el lado afectado hasta valores entre 80 y 150 cm², mientras que el lado sano conserva entre 150 y 220 cm².

En cuanto a la presión máxima por zonas, los valores promedio en sujetos sanos se sitúan entre 100-250 kPa en el talón, 50-200 kPa en la región metatarsiana y 50-150 kPa en los dedos, presentando los pacientes hemipléjicos reducciones notables en el área plantar comprometida.

Entre los parámetros espaciotemporales, la longitud de la zancada normal ronda los 1,30 m, el ciclo de marcha completo dura en promedio $1,12 \pm 0,13$ segundos y la cadencia se sitúa entre 90-120 pasos por minuto.

La velocidad de la marcha normal varía entre 1,25 y 1,33 m/s, mientras que en hemiplejía puede descender a menos de 0,4 m/s, con marcada irregularidad entre fases.

La desviación del baricentro es otro indicador esencial de estabilidad con valores

normales que oscilan entre cuatro y ocho grados, mientras que desviaciones superiores a ocho grados se asocian con un mayor riesgo de caída.

El índice de simetría complementa esta información, clasificando la marcha como normal (90-100 %), ligeramente alterada (80-89 %), moderadamente alterada (70-79 %) o severamente alterada (menor de 70 %).^(26,27,28,29)

La información obtenida mediante el sistema P-Walk® constituye una herramienta valiosa para diseñar programas de rehabilitación personalizados que integren kinesioterapia, mecanoterapia, entrenamiento del equilibrio y agentes físicos, con el fin de mejorar la estabilidad postural y reducir el riesgo de caídas. La mejora en la distribución de cargas, la velocidad de marcha y la estabilidad del baricentro se asocian directamente con una mayor independencia funcional y calidad de vida en los pacientes con hemiplejía post-ictus.

Por otro lado, los sensores inerciales portátiles (IMUs) y las plantillas inteligentes han ampliado las posibilidades de evaluación fuera del laboratorio, permitiendo un monitoreo continuo y accesible durante las actividades cotidianas. Estas tecnologías se integran con algoritmos de inteligencia artificial que procesan los datos de aceleración y giroscopio, generando indicadores de equilibrio, cadencia, variabilidad y riesgo de caídas.^(30,31)

En los últimos años, la robótica aplicada a la rehabilitación ha mostrado un avance significativo. Los exoesqueletos de asistencia parcial permiten la repetición de patrones fisiológicos de la marcha, facilitando el aprendizaje motor mediante retroalimentación visual y sensorial.⁽³²⁾ Además, los sistemas robotizados de miembro inferior, como Lokomat® o G-EO System®, ajustan parámetros de velocidad, soporte de peso y ángulo de flexión, promoviendo la participación activa del paciente y el control preciso de la carga articular.^(33,34)

La realidad virtual (RV) y la realidad aumentada (RA) también se han incorporado como métodos de estimulación complementaria. Estas herramientas, integradas con plataformas sensorizadas, proporcionan retroalimentación multisensorial y aumentan la adherencia terapéutica, al simular entornos realistas donde el paciente puede practicar la marcha en contextos controlados.⁽³⁰⁾ La RV favorece la activación cortical bilateral, optimiza el equilibrio y mejora la velocidad de la marcha, efectos comparables a los observados con la robótica intensiva.⁽⁴⁷⁾

En paralelo, los sistemas optoelectrónicos con cámaras infrarrojas, utilizados en laboratorios de análisis del movimiento constituyen el estándar de oro para la evaluación cinemática, al permitir cuantificar variables como longitud de zancada, cadencia, tiempo de apoyo y desplazamiento del centro de masa. Su integración con softwares biomecánicos facilita la interpretación tridimensional de los datos y su aplicación clínica para el ajuste de protocolos de rehabilitación.⁽³¹⁾

En conjunto, las tecnologías de análisis objetivo, incluyendo la plataforma P-Walk, aportan evidencia cuantificable sobre la eficacia de las intervenciones, permiten diseñar tratamientos personalizados y favorecen la comunicación interdisciplinaria entre fisiatras, terapeutas y neurocientíficos.

Desafíos actuales y perspectivas clínicas

A pesar de los avances tecnológicos y metodológicos, la rehabilitación de la marcha en pacientes hemipléjicos continúa enfrentando múltiples desafíos. Uno de los principales es la variabilidad individual en la respuesta terapéutica, influenciada por la edad, la extensión de la lesión, el tiempo de evolución y la comorbilidad neurológica. La heterogeneidad de los protocolos dificulta la estandarización de los resultados y la comparación entre estudios.⁽⁴⁷⁾

Otro desafío es la transferencia funcional de los progresos obtenidos en entornos clínicos hacia las actividades de la vida diaria. Si bien las tecnologías permiten una evaluación precisa, su impacto en la autonomía real del paciente depende del acompañamiento psicológico, la motivación intrínseca y la integración en contextos ecológicos.⁽³¹⁾

Asimismo, la adherencia terapéutica y el costo de las tecnologías representan barreras relevantes, especialmente en países de ingresos medios. La accesibilidad a sistemas robotizados, plataformas o sensores portátiles aún es limitada, lo cual restringe su implementación generalizada. En este sentido, la formación del personal sanitario en el uso y la interpretación de datos tecnológicos es clave para garantizar su aprovechamiento clínico.⁽⁴⁸⁾

Desde la perspectiva neurofisiológica, se requiere profundizar en la comprensión de los mecanismos de neuroplasticidad individualizada, identificando biomarcadores que permitan predecir la respuesta a los distintos tipos de estimulación. Estudios⁽⁴⁹⁾

recientes apuntan a la combinación de estimulación eléctrica funcional, robótica y realidad virtual como estrategias sinérgicas que potencian la reorganización cortical.⁽⁴⁹⁾

En cuanto a la investigación futura, se plantea la necesidad de desarrollar protocolos híbridos, integrando tecnologías portátiles y herramientas digitales de seguimiento remoto, que faciliten la continuidad de la rehabilitación en el hogar. El uso de inteligencia artificial para personalizar los programas de ejercicio y predecir recaídas podría optimizar la eficacia y reducir los costos del tratamiento.^(50,51)

Finalmente, se enfatiza el valor del análisis objetivo de la marcha como indicador pronóstico. La medición precisa de parámetros espaciotemporales no solo evalúa la efectividad de las intervenciones, sino que también constituye una herramienta preventiva para detectar tempranamente patrones de inestabilidad y riesgo de caída, contribuyendo así a la seguridad y autonomía del paciente post-ictus.^(26,50,51)

La integración entre los principios neurofisiológicos, las intervenciones terapéuticas basadas en la plasticidad y las herramientas de análisis objetivo representan la vía más prometedora para personalizar el tratamiento y mejorar la recuperación funcional en personas con hemiplejía.

Los programas de rehabilitación intensiva orientados a tareas, combinados con electroestimulación funcional, robótica, realidad virtual y plataformas baropodométricas, fortalecen la neuroplasticidad, la simetría y la independencia. Herramientas cuantitativas como *P-Walk*® permiten evaluar el progreso y personalizar el tratamiento. Persisten desafíos de accesibilidad y transferencia a la práctica, que exigen investigación interdisciplinaria y políticas de inclusión tecnológica.

Referencias bibliográficas

1. Arias FD, Ayala ME, Paredes JD, Muñoz SL, Lagla CD, Risueño FA, *et al.* Enfermedad cerebro vascular isquémica diagnóstico y tratamiento. The Ecuador Journal of Medicine. 2023 [acceso 06/04/ 2025];6(1):28-41. DOI: <http://dx.doi.org/10.46721/tejom-vol6iss1-2023-28-41>
2. Global health estimates: Leading causes of death. Who.int. [acceso 05/04/2025].

Disponible en: <https://www.who.int/data/gho/data/themes/mortalityand-global-health-estimates/ghe-leading-causes-of-death>

3. Concepción W, Camejo L, Díaz M. Comportamiento clínico de la enfermedad cerebrovascular en Policlínico Alcides Pino Bermúdez, Holguín. Correo Científico Médico. 2020 [acceso 06/04/2025];(2). Disponible en: <http://www.revcocmed.sld.cu/index.php/cocmed/article/view/3506>

4. González OL, Giraldo Á, Forero C. Vivir con secuelas de enfermedad cerebrovascular: experiencias y significados de las personas que las presentan. Hacia Promoc Salud. 2024;28(2):32–45. DOI: <http://dx.doi.org/10.17151/hpsal.2023.28.2.3>

5. Mesa Y, Llanes HM, Yedra M, Ruíz J. La enfermedad cerebrovascular y su rehabilitación comunitaria. Medimay. 2020 [acceso 01/11/2025];27(4):461-72. Disponible en: <https://revcmhabana.sld.cu/index.php/rcmh/article/view/1832>

6. Urcia F, Cam D. Perfil epidemiológico de los pacientes con secuelas de accidente cerebrovascular atendidos en un instituto de rehabilitación de Lima-Perú. Rev Méd Hered. 2023;34(3):132–42. DOI: <http://dx.doi.org/10.20453/rmh.v34i3.4922>

7. Romero J, Diaz A. Factores de riesgo para primer episodio de accidente cerebrovascular encefálico a diferentes niveles de altitud. revista de salud. UDH 2020;2(4). DOI: <http://dx.doi.org/10.37711/rpcs.2020.2.4.224>

8. Concepción W, Camejo L, Díaz MT. Comportamiento clínico de la enfermedad cerebrovascular en Policlínico Alcides Pino Bermúdez, Holguín. CCH Correo cient. Holguín. 2020 [acceso 05/04/2025];24(2):621–36. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1560-43812020000200621&script=sci_arttext&tlng=en

9. Ruiz L, Muñoz E, Gaye A, Pons R, Ordoqui J, Gonzales C, *et al*. Complicaciones neurológicas y extra neurológicas en pacientes con ACV internados en el Hospital de Clínicas de Montevideo durante un período de 2 años. Anfamed. 20207(1):e209. DOI: <https://doi.org/10.25184/anfamed2020v7n1a8>.

10. Riverón WJ, Piriz AR, Manso AM. Complicaciones de la enfermedad cerebrovascular isquémica. Rev cienc médicas Pinar Río. 2022 [acceso 06/04/2025];26(5). Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1561-31942022000500018&script=sci_arttext&tlng=en

11. Li X, He Y, Wang D, Rezaei MJ. Stroke rehabilitation: from diagnosis to therapy.

Front Neur. 2024;15:1402729. DOI: <http://dx.doi.org/10.3389/fneur.2024.1402729>

12. Bell G, Harrell K, Loya A, Salgado N. Comparison of treadmill training for individuals' post-cerebrovascular accident in normalizing reciprocal gait and improving balance: A systematic review. University of Texas at El Paso; 2022. [acceso 06/04/ 2025]; Disponible en: https://scholarworks.utep.edu/dpt_cap/1

13. Bohórquez DC, Fonseca MC, Valencia LF, Zuleta SM, Rangel CE. Opciones terapéuticas eficaces en rehabilitación para la marcha en el abordaje de los pacientes que han sido llevados a cirugía de reemplazo total de cadera - revisión sistemática de la literatura. Rev Colomb Méd Fís Rehabil. 2021;30(2):148-60. DOI: <http://dx.doi.org/10.28957/rcmfr.v30n6>

14. Castro M Programa de neurorrehabilitación en el riesgo de caídas de pacientes con hemiplejía en el hospital Daniel Alcides Carrión. Huancayo, 2022. Universidad Privada Norbert Wiener; 2023 [acceso 07/04/2025]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.13053/11641>

15. Tang Z, Zhao Y, Sun X, Liu Y, Su W, Liu T, *et al.* Evidence that robot-assisted gait training modulates neuroplasticity after stroke: An fMRI pilot study based on graph theory analysis. Brain Res. 2024;1842(149113):149113. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.brainres.2024.149113>

16. Lim JH, Park SJ. The effects of coordinative locomotor training on balance in patients with chronic stroke: meta-analysis of studies in Korea. The Journal of Korean Academy of Physical Therapy Science. 2020;27(2):36–47. DOI: <http://dx.doi.org/10.26862/jkpts.2020.09.27.2.36>

17. Márquez CPM. Functional electrical stimulation therapy for restoration of motor function after spinal cord injury and stroke: a review. 2020;19(1):34. DOI: <http://dx.doi.org/10.1186/s12938-020-007>.

18. Delgado E. evento cerebrovascular isquémico aterotrombótico: estudio de caso. Univ Cienc Tecnol. 2020;24(103):28–34. DOI: <http://dx.doi.org/10.47460/uct.v24i103.354>

19. Abel D, Cuadrado S, Dra I, Álvarez A, Lagar JA, Padrón DE. Caracterización de la enfermedad cerebro vascular en el Hospital General Docente Abel Santamaría Cuadrado. Cuba, Pinar del Rio: Universidad de Ciencias Médicas de Pinar del Río. Facultad de Ciencias Médicas Dr. Ernesto Guevara de la Serna. Jornada de

- residentes y profesionales de la salud. Pinar del Rio. 30/06/2025 [acceso 01/11/2025]. Disponible en: <https://jorcienciapdcl.sld.cu/index.php/jorcienciapdcl22/2022/paper/viewFile/262/218>
20. Hevia CA. Manifestaciones Clínicas de la Enfermedad Cerebrovascular factores de riesgo asociados. Cuba, La Habana: GERONTOHABANA;2021 [acceso 01/11/2025]. Disponible en: <https://gerathabana2021.sld.cu/index.php/gerathabana/2021/paper/viewPDFInterstitial/116/80>
21. Cirstea CM. Gait rehabilitation after stroke: Should we re-evaluate our practice? Should we re-evaluate our practice? Stroke. 2020;51(10):2892–4. DOI: <http://dx.doi.org/10.1161/STROKEAHA.120.032041>
22. Noa PBY, Vila GJM. Estimulación eléctrica funcional en el miembro superior de pacientes hemipléjicos después de sufrir una enfermedad cerebrovascular. Rev Cub de Med Fis y Rehab. 2019;11(1):1-16. Disponible en: <http://www.revrehabilitacion.sld.cu/index.php/reh/article/view/362/477>
23. Kesar T. The effects of stroke and stroke gait rehabilitation on behavioral and neurophysiological outcomes: Challenges and opportunities for future research. Dela J Public Health. 2023;9(3):76–81. DOI: <http://dx.doi.org/10.32481/djph.2023.08.013>
24. Alarcón AS, Sánchez OB, Manzur VH, Torres EJ. Efectos de una terapia basada en estimulación eléctrica funcional de activación bimanual combinada con el entrenamiento de biofeedback electromiográfico en la función motora de la extremidad superior parética en sujetos secuestrados de accidente cerebrovascular. Rev. chil. neuro-psiquiatr. 2020 [acceso 01/11/ 2025]; 58(2):150-60. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92272020000200150>
25. Echigoya K, Okada K, Wakasa M, Saito A, Kimoto M, Suto A. Changes to foot pressure pattern in post-stroke individuals who have started to walk independently during the convalescent phase. Gait Posture. 2021;90:307-12. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gaitpost.2021.09.181>
26. Pozo RJ, Gómez AP, Medrano J, Curay PA, Abalco DM. Análisis biocinemático de la marcha en pacientes con hemiplejía. Podium. 2022 [acceso 08/06/ 2024];17(3):1028–39. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1996-24522022000301028
27. Pelier B, Herrera AR, García JMV. Diagnóstico de deformidades podálicas para la

- prevención del pie diabético en la plataforma de marcha. Investigaciones Medicoquirúrgicas. 2022 [acceso 08/06/2024];14(2):772. Disponible en: <https://revcimeq.sld.cu/index.php/imq/article/viewFile/772/805>
28. Rhyu HS, Rhi SY. The effects of training on different surfaces, on balance and gait performance in stroke hemiplegia. Rev Brasil Med Esporte. 2021;27(6):592-6. DOI: http://dx.doi.org/10.1590/1517-8692202127062020_0089
29. Castañeda MN. Marcha y equilibrio con la calidad de vida en pacientes con hemiplejía de un hospital de Lima – Perú. [trabajo académico para optar el título de especialista en Fisioterapia en Neurorrehabilitación. 2022. Lima (PE): Universidad Wiener; 2022 [acceso 08/06/2024]. Disponible en: https://repositorio.uwiener.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13053/8425/T061_16022684_S.pdf?sequence=1&isAllowed=y
30. Lofrumento M, Tropea P, Picardi M, Antoniotti P, Micera S, Corbo M, *et al.* Effects of gait rehabilitation on motor coordination in stroke survivors: an UCM-based approach. Exp Brain Res. 2021;239(7):2107–18. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00221-021-06117-5>
31. Mohan DM, Khandoker AH, Wasti SA, Ismail IAS, Jelinek HF, Khalaf K. Assessment methods of post-stroke gait: A scoping review of technology-driven approaches to gait characterization and analysis. Front Neurol. 2021;12:650024. DOI: <http://dx.doi.org/10.3389/fneur.2021.650024>
32. Ruiz L, Muñoz E, Gaye A, Pons R, Ordoqui J, Gonzales C, *et al.* Complicaciones neurológicas y extra neurológicas en pacientes con ACV internados en el Hospital de Clínicas de Montevideo durante un período de 2 años. Anfamed. 2020;7(1): e209. DOI: <https://doi.org/10.25184/anfamed2020v7n1a8>.
33. Lu Y, Lin Z, Li M, Zhuang Y, Nie B, Lei J, *et al.* Three-phase Enriched Environment improves post-stroke gait dysfunction via facilitating neuronal plasticity in the bilateral sensorimotor cortex: A multimodal MRI/PET analysis in rats. Neurosci Bull. 2024;40(6):719–31. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s12264-023-01155-1>
34. Gandolla M, Niero L, Molteni F, Guanziroli E, Ward NS, Pedrocchi A. Brain plasticity mechanisms underlying motor control reorganization: Pilot longitudinal study on post-stroke subjects. Brain Sci. 2021;11(3):329. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/brainsci11030329>

35. Teodoro J, Fernandes S, Castro C, Fernandes JB. Current trends in gait rehabilitation for stroke survivors: A scoping review of randomized controlled trials. *J Clin Med*. 2024;13(5):1358. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/jcm13051358>
36. Yan T, Liang W, Chan CWH, Shen Y, Liu S, Li M. Effects of motor imagery training on gait performance in individuals after stroke: a systematic review and meta-analysis. *Disabil Rehabil*. 2025;47(1):47-61. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/09638288.2024.2337091>
37. Carvalho S, Correia A, Figueiredo J, Martins JM, Santos CP. Functional electrical stimulation system for drop foot correction using a dynamic NARX neural network. *Machines*. 2021;9(11):253. DOI: <https://doi.org/10.3390/machines9110253>
38. Marquez C, Popovic MR. Functional electrical stimulation therapy for restoration of motor function after spinal cord injury and stroke: a review. *Biomed Eng Online*. 2020;19(1):34. DOI: <http://dx.doi.org/10.1186/s12938-020-00773-4>
39. Peña JC, Soriano M, Pérez EMI, González MG. Estimulación eléctrica funcional y uso de ortesis robótica con un programa de control motor en un paciente con parálisis cerebral: reporte de caso. *Rev Mex Med Fis Rehabil*. 2020;32(1-2):11-8. DOI: <https://www.medigraphic.com/pdfs/fisica/mf-2020/mf201c.pdf>
40. Sánchez V, Abuín V, Rodríguez I. Principios del aprendizaje motor: Una revisión sobre sus aplicaciones en la rehabilitación del ACV. *Rev Ecuat Neurol*. 2020;29(3):84-91 DOI: <http://dx.doi.org/10.46997/revecuatneurol29300084>
41. Kato D, Hirano S, Imoto D, Li T, Ishihara T, Matsuura D, *et al*. Effects of robot-assisted gait training within 1 week after stroke onset on degree of gait independence in individuals with hemiparesis: a propensity score-matched analysis in a single-center cohort study. *J Neuroeng Rehabil*. 2025;22(1):42. DOI: <http://dx.doi.org/10.1186/s12984-025-01581-4>
42. Sánchez H. Rehabilitación post-ACV. *Rev Soc Argent Diabetes*. 2023;57(3Sup):24-5. DOI: <http://dx.doi.org/10.47196/diab.v57i3sup.684>
43. Peña JC, Soriano M, Pérez EMI, González MG. Estimulación eléctrica funcional y uso de ortesis robótica con un programa de control motor en un paciente con parálisis cerebral: reporte de caso. *Rev Mex Med Fis Rehabil*. 2020 [acceso 08/04/2024];32(1-2):11-8. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/fisica/mf-2020/mf201c.pdf>

44. Sánchez V, Abuín V, Rodríguez I. Principios del aprendizaje motor: Una revisión sobre sus aplicaciones en la rehabilitación del accidente cerebrovascular. *Rev Ecuat Neur.* 2020;29(3):84–91. DOI: <http://dx.doi.org/10.46997/revecuatneurol29300084>
45. Yang SH, Chung EJ, Lee J, Lee SH, Lee BH. The effect of trunk stability training based on visual feedback on trunk stability, balance, and upper limb function in stroke patients: A randomized control trial. *Healthcare (Basel).* 2021;9(5):532. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/healthcare9050532>
46. Xie H, Li X, Huang W, Yin J, Luo C, Li Z, *et al.* Effects of robot-assisted task-oriented upper limb motor training on neuroplasticity in stroke patients with different degrees of motor dysfunction: A neuroimaging motor evaluation index. *Front Neurosci.* 2022;16:957972. DOI: <http://dx.doi.org/10.3389/fnins.2022.957972>
47. Kang GE, Frederick R, Nunley B, Lavery L, Dhaher Y, Najafi B, *et al.* The effect of implanted functional electrical stimulation on gait performance in stroke survivors: A systematic rev. *Sens.* 2021;21(24):8323. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/s21248323>
48. Chang MC, Lee BJ, Joo NY, Park D. The parameters of gait analysis related to ambulatory and balance functions in hemiplegic stroke patients: a gait analysis study. *BMC Neur.* 2021;21:38. DOI: <http://dx.doi.org/10.1186/s12883-021-02072-4>
49. Ferraris C, Cimolin V, Vismara L, Votta V, Amprimo G, Cremascoli R, *et al.* Monitoring of gait parameters in post-stroke individuals: A feasibility study using RGB-D sensors. *Sens.* 2021;21(17):5945. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/s21175945>
50. Wang Y, Mukaino M, Ohtsuka K, Otaka Y, Tanikawa H, Matsuda F, *et al.* Gait characteristics of post-stroke hemiparetic patients with different walking speeds. *Int J Reh R.* 2020;43(1):69-75. DOI: <http://dx.doi.org/10.1097/MRR.0000000000000391>
51. Seo M, Shin MJ, Park TS, Park JH. Clinometric gait analysis using smart insoles in patients with hemiplegia after stroke: Pilot study. *JMIR MHealth UHealth.* 2020;8(9):e22208. DOI: <http://dx.doi.org/10.2196/22208>

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

