

READAPTACIÓN FUNCIONAL POST-ACV: INTEGRACIÓN DE PRINCIPIOS DE FISIOTERAPIA DEPORTIVA Y NEUROREHABILITACIÓN BASADA EN EVIDENCIA

POST-STROKE FUNCTIONAL REHABILITATION: INTEGRATION OF PRINCIPLES OF SPORTS PHYSICAL THERAPY AND EVIDENCE- BASED NEUROREHABILITATION

Alex Sebastián Guamán Ávila¹, Eliana Jiménez Armendáriz², Jesús Eduardo González Álvarez

{a.guaman.fisioterapia@gmail.com¹, dra.eliana.rehabi@gmail.com², jedgonzaleza@gmail.com³}

Fecha de recepción: 11/07/2026 / Fecha de aceptación: 04/08/2026 / Fecha de publicación: 05/08/2026

RESUMEN: El accidente cerebrovascular (ACV) es una de las primeras causas de discapacidad adquirida en adultos, provocando alteraciones motoras, cognitivas y funcionales que limitan la independencia de los pacientes y afectan la calidad de vida de la persona y su familia. Dentro de este contexto, la neurorrehabilitación ha incorporado una serie de principios establecidos en la fisioterapia deportiva: entrenamiento de alta intensidad, fortalecimiento neuromuscular, control motor, propiocepción y readaptación funcional progresiva a fin de optimizar la recuperación funcional. El objetivo de esta revisión fue analizar la evidencia científica publicada entre 2016 y 2026 en relación con la integración de los principios mencionados en programas de rehabilitación funcional para pacientes post-ACV. Se realizó una investigación bibliográfica de enfoque descriptivo-diseño narrativo-sistemático, siguiendo las directrices PRISMA para la identificación, la selección y la síntesis de estudios. La búsqueda se realizó en las bases de datos PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, SciELO y Cochrane Library. Los resultados indican que intervenciones tales como entrenamiento aeróbico de alta intensidad, fortalecimiento muscular progresivo, la terapia a partir del uso de restricción del lado sano, la terapia espejo, el entrenamiento orientado a tareas, el entrenamiento neuroatlético y el uso de tecnologías inmersivas (realidad virtual, robótica, tele-rehabilitación) producen mejoras significativas en equilibrio, marcha, fuerza muscular, capacidad cardiorrespiratoria e independencia funcional, siempre y cuando se aplique correctamente el entrenamiento, la progresión y la especificidad del ejercicio. Se concluye que la incorporación de los principios de la fisioterapia deportiva en los protocolos de neurorrehabilitación constituye una estrategia de intervención innovadora,

¹Universidad de Cuenca, Cuenca-Ecuador, <https://orcid.org/0009-0000-9333-3565>

²CRISVer, Xalapa, Veracruz-México, <https://orcid.org/0009-0005-3675-508X>

³CEO del Centro Hospitalario y Holístico de Rehabilitación Intensiva y Sanación del Hospital La Misión, en Monterrey, Nuevo León, México, <https://orcid.org/0009-0007-6003-6581>

segura y clínicamente relevante para favorecer la recuperación funcional tras el ACV, adoleciendo todavía de la necesidad de estandarizar los protocolos, optimizar la dosificación del ejercicio y desarrollar estudios multicéntricos que respalden la evidencia disponible.

Palabras clave: *Accidente cerebrovascular, rehabilitación, modalidades de fisioterapia, plasticidad neuronal, medicina deportiva*

ABSTRACT: Stroke is one of the leading causes of acquired disability in adults, causing motor, cognitive, and functional impairments that limit patients' independence and affect the quality of life of both the individual and their family. In this context, neurorehabilitation has incorporated a series of principles established in sports physical therapy: high-intensity training, neuromuscular strengthening, motor control, proprioception, and progressive functional rehabilitation to optimize functional recovery. The objective of this review was to analyze the scientific evidence published between 2016 and 2026 regarding the integration of the aforementioned principles into functional rehabilitation programs for post-stroke patients. A descriptive, narrative-systematic literature review was conducted, following the PRISMA guidelines for the identification, selection, and synthesis of studies. The search was conducted in the PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, SciELO, and Cochrane Library databases. The results indicate that interventions such as high-intensity aerobic training, progressive muscle strengthening, healthy-side restriction therapy, mirror therapy, task-oriented training, neuroathletic training, and the use of immersive technologies (virtual reality, robotics, telerehabilitation) produce significant improvements in balance, gait, muscle strength, cardiorespiratory capacity, and functional independence, provided that training, progression, and exercise specificity are correctly applied. It is concluded that incorporating the principles of sports physical therapy into neurorehabilitation protocols constitutes an innovative, safe, and clinically relevant intervention strategy to promote functional recovery after stroke; however, there remains a need to standardize protocols, optimize exercise dosage, and conduct multicenter studies to support the available evidence.

Keywords: *Stroke, rehabilitation, physical therapy modalities, neural plasticity, sports medicine*

INTRODUCCIÓN

El accidente cerebrovascular (ACV), actual, sigue siendo una de las principales causas de muerte y de discapacidad a nivel global, y su carga epidemiológica sigue aumentando a pesar de los progresos en prevención primaria y tratamiento agudo (1). Siguiendo las estimaciones del estudio de Carga Global de Enfermedad (GBD) 2021, en el año 2021 fueron aproximadamente 11,9 millones de casos incidentes y 93,8 millones de personas con secuelas de un atropello cerebrovascular previo, lo que convirtió al ACV como la tercera causa de mortalidad y una de las

principales causas de años de vida ajustados por discapacidad a escala mundial (2). Estas cifras son alertantes sobre todo en países de ingresos bajos y medios, donde la falta de recursos humanos, tecnológicos y de infraestructuras sanitarias hace difícil el acceso a programas de rehabilitación estructurados y a tiempo. De una manera tal que, sin olvidar la mortalidad asociados a los ACV, los ACV producen un amplio abanico de secuelas motoras, sensoriales, cognitivas y cardiorrespiratorias determinantes de una forma notable la funcionalidad y la participación social en el superviviente de un ACV.

La hemiparesia y la espasticidad, los trastornos del equilibrio, el deterioro de la marcha o la reducción de la capacidad aeróbica son hallazgos muy frecuentes en la fase aguda y subaguda, y, a su vez, son claramente responsables del pronóstico funcional a mediano plazo y el pronóstico funcional a largo plazo. En este sentido, se han obtenido en diversas investigaciones evidencias que demuestran que los programas de rehabilitación estructurados, que se ponen en marcha de forma precoz y mantenida en el tiempo, mejoran sistemáticamente la independencia funcional de los pacientes, aunque todavía persiste la controversia sobre qué tipo de ejercicio, qué dosificación y en qué fase del agraviado es mejor para obtener los mejores resultados clínicos (3). La explicación fisiológica de la terapia tras sufrir un ACV es, en gran medida, el principio de neuroplasticidad, entendido como la capacidad del sistema nervioso central de reorganizar las conexiones sinápticas, reclutando áreas corticales adyacentes o contralaterales, e incluso generando nuevos mapas de representación cortical tras la lesión. En este sentido, profesiones que en el pasado estaban totalmente vinculadas con el ámbito del deporte, como la fisioterapia deportiva y el entrenamiento neuroatlético, comienzan a dialogar directamente con la neurorrehabilitación clínica, en la medida en que todas ellas comparten elementos comunes: la intensidad progresiva del estímulo, la especificidad de la tarea, la repetición masiva del gesto motor y la exigencia sensoriomotora como motor de la reorganización del sistema nervioso (4), (5). Esta convergencia ha dado lugar a un creciente acervo de evidencias que investiga la traslación de las metodologías del retorno al deporte (control neuromuscular, propiocepción, entrenamiento dual-task y tecnologías inmersivas) hacia personas afectadas por daño neurológico central, estas son, entre otras, los pacientes post-ACV 4.

En este nuevo ámbito de la investigación, el entrenamiento aeróbico de alta intensidad ha despertado un interés creciente. Las evidencias fisiológicas que provienen del ámbito del rendimiento deportivo sugieren que los estímulos que derivan de la intensidad vigorosa, aplicados a intervalos, pueden conducir a conseguir adaptaciones cardiorrespiratorias y neurotróficas superiores a las de los protocolos de intensidad moderada aplicados tradicionalmente en rehabilitación (6). Ensayos clínicos como el ensayo multicéntrico HIIT-Stroke han corroborado la viabilidad y seguridad de los entrenamientos por intervalos de alta intensidad en sobrevivientes de ACV, aportando evidencias que indican mejoras relevantes de la capacidad funcional de marcha y del consumo pico de oxígeno (7). Consistentemente las guías de actualización AEROBICS 2019 hacen explícita la recomendación de la inclusión de ejercicio

aeróbico estructurado como el eje principal de la atención tras el ACV y la individualización de la intensidad según estado cardiovascular del paciente (8).

La dosificación de ejercicio continúa siendo objeto de actively organizar la investigación. Ensayos clínicos aleatorizados recientes han comparado, de forma simultánea, la intensidad y la duración del entrenamiento locomotor de paciente con ACV crónico encontrando como resultado que los protocolos de mayor intensidad producen mejoras más rápidas y mantenidas en la capacidad de marcha que los esquemas moderados de mayor duración (9). También en paralelo se ha planteado que el ejercicio aeróbico de intensidad moderada-vigorosa podría favorecer la neuroplasticidad del hemisferio contralesional promoviendo mecanismos compensatorios de reorganización motora (10). Estos resultados han sido corroborados por trabajos de investigación preliminares que han mostrado mejoras en velocidad de la marcha, el consumo de oxígeno pico y el coste energético de la marcha después de protocolos de entrenamiento en cinta sin fin de alta intensidad (11), así como por ensayos que muestran beneficios cardiovasculares añadidos si se incorpora el entrenamiento interválico de alta intensidad dentro del entrenamiento de rehabilitación cardiovascular convencional (12). No obstante, algunos análisis de la relación coste-efectividad predicen que aunque el entrenamiento de alta intensidad favorezca la recuperación funcional, para poder ser implementada en clínica precisa de una infraestructura que incluya el control y la supervisión y esta última no siempre está presente en los servicios de rehabilitación cardiovascular convencional (13). Un segundo eje que converge entre la fisioterapia del deporte y la neurorrehabilitación es el entrenamiento de fuerza progresiva.

Históricamente omitido por el miedo a un aumento del tono espástico, el entrenamiento resistido ha sido defendido por recientes revisiones sistemáticas que demuestran que se consiguen ganancias de fuerza muscular sin efectos perjudiciales sobre la espasticidad (14), hallazgo corroborado por la revisión Cochrane más reciente sobre entrenamiento de fuerza en personas con ACV (15). Con el mismo planteamiento, una revisión sistemática con metaanálisis publicada en el British Journal of Sports Medicine una de las publicaciones más referenciada en medicina del deporte concluyó que la prescripción de entrenamiento de fuerza de acuerdo a principios del acondicionamiento físico de deportes (sobrecarga progresiva, especificidad muscular y periodización) favorece de forma significativa desenlaces funcionales de interés para el paciente, como la velocidad de marcha y la fuerza de prensión (16).

El entrenamiento de tronco multiplanar junto a tareas duales ha presentado, además, beneficios adicionales sobre el equilibrio, la movilidad funcional y el riesgo de caídas (17). Un tercer componente central de la neurología contemporánea son las técnicas específicamente orientadas a la reorganización cortical del miembro superior e inferior parético. La terapia de movimiento inducido por restricción del lado sano (CIMT, de las iniciales de "constraint induced movement therapy"), que se basa en el principio de uso forzado y de repetición masiva del segmento afectado, ha mostrado unos buenos resultados en el miembro superior pero también en el

inferior . Por otro lado, recientes ensayos clínicos aleatorizados que comparan la CIMT con la terapia espejular refieren que son eficaces y seguras como complemento de la rehabilitación convencional, aunque con perfiles de respuesta clínica distintos, dependiendo del momento evolutivo del ACV (4), mientras que la combinación con la toxina botulínica ha generado sinergias en el manejo de la espasticidad, pero sólo en el miembro superior (5).

El auge de las tecnologías inmersivas es otro punto de encuentro entre ambos campos disciplinares. La realidad virtual, que se aplica con cierta frecuencia en la función de la preparación física y la readaptación de los deportistas de élite para el entrenamiento perceptivo-motor, se ha integrado con éxito en la rehabilitación del equilibrio postural de los enfermos con ACV crónico (18), mientras el entrenamiento de tareas ha demostrado obtener una mejoría significativa en la velocidad y la simetría del paso en comparación con el tratamiento con fisioterapia convencional (19). En complemento a ello, la telerrehabilitación aparece como una estrategia que da la oportunidad de seguir los principios del entrenamiento estructurado más allá del entorno hospitalario y garantizar un seguimiento rehabilitador en el domicilio del paciente (20) si bien su aplicación exige tener en cuenta las barreras tecnológicas, actitudinales y logísticas que perciben tanto los pacientes como los profesionales sanitarios (21).

Finalmente, la evidencia sugiere que los efectos positivos del ejercicio estructurado post-ACV van más allá del ámbito estrictamente motor. El ejercicio programado, ya sea aeróbico o multimodal, se asocia con mejoras en la función cognitiva del sobreviviente (22), mejora que recogen también los metaanálisis que ponen de manifiesto efectos positivos tanto en el dominio cognitivo como en el dominio motor en el momento en que el ejercicio es aplicando sistemática y sostenidamente 26.

A pesar de la suficiente evidencia individual para cada una de estas modalidades terapéuticas, la literatura científica padece un gran vacío en cuanto a la sistematización de una propuesta que integre, de una forma coherente y basada en la evidencia, los principios de la fisioterapia del deporte entrenamiento de alta intensidad, fuerza progresiva, control neuromuscular, tecnología inmersiva dentro de marcos formales de neurorrehabilitación post-ACV. La mayor parte de los estudios existentes aborda estas intervenciones de manera segregada, sin proporcionar una síntesis que guíe al clínico sobre cómo poder realizar la combinación, secuenciación y dosificación de dichas estrategias a lo largo del continuum de recuperación del paciente. Al encontrarnos ante dicho vacío, es relevante y necesario llevar a cabo una revisión bibliográfica que integre la evidencia existente entre 2016 y 2026, haciendo hincapié en las convergencias, controversias y vacíos de conocimiento que repercutan sobre la práctica clínica y las líneas futuras de investigación en fisioterapia neurológica y deportiva y aplicado a la readaptación post-ACV. Analizar, a partir de una revisión bibliográfica de la evidencia científica indexada entre 2016 y 2026, la integración de principios de la fisioterapia deportiva y la neurorrehabilitación basada en

evidencia en los programas de readaptación de pacientes en fase de readaptación funcional post-accidente cerebrovascular.

Los servicios de rehabilitación post-ACV se ven hoy en día resquebrajados por una tensión no resuelta entre dos tradiciones de la terapia que, aun repartiéndose una base neurofisiológica común, han ido creciendo de forma paralela: por un lado, la neurorrehabilitación clínica clásica centrada en la recuperación de la función y actividades de la vida cotidiana a partir de conceptos como Bobath, Vojta o la facilitación neuromuscular propioceptiva; y por otro, la fisioterapia deportiva, dedicada a reacondicionar físicamente mediante el entrenamiento de fuerza-potencia, el control neuromuscular y el regreso progresivo a la actividad funcional. La pregunta de investigación que articula la revisión puede ser formulada de la siguiente forma: ¿cómo la evidencia científica actual permite evidenciar la integración de principios de la fisioterapia deportiva intensidad progresiva, entrenamiento resistido, control neuromuscular y tecnología inmersiva dentro de los protocolos de neurorrehabilitación basada en la evidencia para optimizar la readaptación funcional de pacientes en fase post-ACV? La carencia de una revisión relativamente actualizada que permita responder a esta pregunta limita la posibilidad de tomar decisiones clínicas lo suficientemente fundamentadas y perpetúa una fragmentación entre las tradiciones terapéuticas, con el riesgo de no utilizar de forma suficiente estrategias que, aplicadas de forma conjunta y progresiva, deberían optimizar de forma significativa los resultados funcionales del paciente neurológico.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente documento se refiere a una investigación de tipo bibliográfico, con un diseño narrativo-sistemático y un enfoque cualitativo-descriptivo, orientado al objetivo de identificar, seleccionar críticamente y sintetizar la evidencia científica disponible sobre la integración de los principios de la fisioterapia deportiva y la neurorrehabilitación basada en la evidencia en el proceso de readaptación funcional post-AVC. Como no es una revisión sistemática con metaanálisis cuantitativos originales, el proceso de búsqueda de la literatura, selección y posicionamiento se construyó siguiendo las pautas declarativas del método PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) correspondiente a su actualización de 2020, recurso muy reconocido para garantizar la transparencia, reproducibilidad y rigor metodológico en la elaboración de revisiones de la literatura científica. La unidad de análisis de este trabajo de revisión bibliográfica estuvo conformada por artículos científicos primarios (ensayos clínicos aleatorizados, estudios pilotos y cuasi-experimentales) y estudios de síntesis (revisiones sistemáticas, metaanálisis y revisiones narrativas de alcance) que trataran intervenciones de fisioterapia deportiva y/o neurorrehabilitación en población adulta con diagnóstico establecido de accidente cerebrovascular (isquémico o hemorrágico), en fase aguda, subaguda o crónica.

La búsqueda documental fue realizada en el entorno de bases de datos académicas virtuales indexadas de alto impacto, sin restricción geográfica, incluyendo estudios de unidades de neurorrehabilitación hospitalaria, centros de rehabilitación ambulatoria, laboratorios de investigación en fisiología del ejercicio y programas de telerrehabilitación domiciliaria. Se tuvieron en cuenta para los desenlaces de interés todas aquellas variables, funcionales, motoras y cardiorrespiratorias, puestas de manifiesto en la literatura revisada, tales como: la Escala de Equilibrio de Berg (BBS), la prueba Timed Up and Go (TUG), la velocidad de marcha en 10 metros (10MWT), la prueba de caminata de 6 minutos (6MWT), el consumo pico de oxígeno (VO₂peak), la Evaluación Motora de Fugl-Meyer (FMA), el Barthel modificado y escalas de fuerza mediante dinamometría manual.

Por otra parte, dado que el presente trabajo tenía un carácter bibliográfico-narrativo, no se llevó a cabo un procesamiento estadístico inferencial específico ni una metaanálisis cuantitativa propia. La información fue analizada siguiendo una síntesis narrativa y una comparación descriptiva de los tamaños de efecto, diferencias de medias, intervalos de confianza y niveles de significación estadística informados por los estudios primarios tenemos y de síntesis incluidos, complementando los resultados según la modalidad de intervención (aeróbica, resistida, neuroplástica específica y tecnológica) para facilitar su interpretación clínica comparativa.

La estrategia de búsqueda fue desarrollada combinando términos MeSH/DeCS y booleanos, entre los cuales figuran: ("stroke" OR "cerebrovascular accident") AND ("sports physical therapy" OR "neurorrehabilitation" OR "high-intensity interval training" OR "resistance training" OR "constraint-induced movement therapy" OR "virtual reality") AND ("functional recovery" OR "motor recovery"). Se impusieron filtros de año de publicación (2016-2026), idioma (español e inglés) y disponibilidad del texto completo en revistas indexadas en Scopus, Web of Science, PubMed/MEDLINE o SciELO.

Tabla 1. Metodología de búsqueda bibliográfica aplicada (adaptación PRISMA 2020).

Componente	Descripción detallada
Bases de datos	PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, SciELO, Cochrane Library, PEDro
Periodo de búsqueda	Enero 2016 - julio 2026
Idiomas incluidos	Español e inglés
Tipos de estudio incluidos	Ensayos clínicos aleatorizados, estudios piloto controlados, revisiones sistemáticas, metaanálisis, revisiones narrativas de alcance
Criterios de inclusión	Población adulta post-ACV; intervención de fisioterapia deportiva y/o neurorrehabilitación; desenlaces motores, funcionales o cardiorrespiratorios; texto completo disponible; revista indexada
Criterios de exclusión	Estudios en modelos animales; series de casos con n<5; congresos sin arbitraje por pares; estudios publicados antes de 2016; ausencia de DOI verificable

Registros identificados (bases de datos)	n = 214
Registros tras eliminación de duplicados	n = 156
Registros cribados por título/resumen	n = 156
Estudios excluidos en el cribado	n = 79
Artículos evaluados a texto completo	n = 77
Artículos excluidos a texto completo (criterios de elegibilidad)	n = 50
Estudios incluidos en la síntesis final	n = 27

El proceso de selección documental, resumido en la Tabla 1, permitió una depuración progresiva de 214 registros iniciales hasta quedar con una muestra total de 27 estudios que cumplieron de manera estricta con los criterios de elegibilidad establecidos. La mayor proporción de exclusiones tuvo lugar en la evaluación a texto completo, mayormente por la falta de correspondencia directa entre la intervención estudiada y el marco teórico de integración de fisioterapia deportiva y neurorrehabilitación, así como por la ausencia de datos cuantitativos suficientes para correspondiente la comparación descriptiva. La aplicación sistemática del método PRISMA garantizó la trazabilidad y la transparencia del proceso de selección, minimizando el riesgo de sesgo en la generación de la muestra bibliográfica final utilizada para el análisis de resultados.

RESULTADOS

A continuación, se exponen los principales resultados obtenidos del análisis de los 27 estudios que se han incluido y que se organizan en tres ejes temáticos, según las modalidades de intervención recogidas en la literatura: a) entrenamiento aeróbico y de alta intensidad, b) entrenamiento de fuerza y control neuromuscular, y c) técnicas neuroplásticas específicas y tecnologías inmersivas.

Entrenamiento aeróbico y de alta intensidad

Avanzando en la exposición de los resultados cuantitativos, debemos indicar que la totalidad de los estudios que valoraron entrenamiento aeróbico de alta intensidad reportaron un perfil de seguridad favorable, pues no se observaron incrementos relevantes en la tasa de eventos adversos cardiovasculares graves, esto es un respaldo suficiente como para concluir que se trata de una modalidad de entrenamiento con viabilidad clínica en poblaciones seleccionadas y

correctamente monitorizadas. La Tabla 2 recoge los principales desenlaces recogidos por los estudios que valoraron esta modalidad de intervención.

Tabla 2. Efectos del entrenamiento aeróbico y de alta intensidad sobre desenlaces funcionales post-ACV.

Estudio	Diseño / muestra	Intervención	Principal hallazgo
Gjellesvik et al. (7)	ECA multicéntrico	HIIT interválico supervisado	Mejora significativa del VO2peak y de la capacidad funcional de marcha frente a cuidado habitual
Boyne et al. (9)	ECA (n=055, chronic stroke)	HIIT vs entrenamiento moderado, distintas duraciones	El entrenamiento vigoroso logró mejoras más rápidas en la capacidad de marcha que el moderado
Munari et al. (11)	ECA piloto	Entrenamiento en banda de alta intensidad	Incremento de VO2peak, velocidad de marcha y reducción del costo energético del paso
Lapointe et al. (12)	ECA	HIIT + entrenamiento continuo moderado	Mejora adicional de la aptitud cardiorrespiratoria en enfermedad cerebrovascular isquémica
Hill et al. (10)	ECA piloto	Ejercicio aeróbico moderado-vigoroso	Potencial incremento de la neuroplasticidad del hemisferio contralesional
Hornby et al. (13)	ECA multicéntrico (análisis costo-efectividad)	Entrenamiento de alta intensidad vs terapia convencional	Mayor eficiencia clínica, aunque con mayor requerimiento de supervisión especializada

El análisis convergente de estos estudios concluye en una tendencia común: la carga aeróbica más que la duración total de la misma es la variable que cuenta con un mayor «peso» en la magnitud de los cambios cardiorrespiratorios y funcionales que se han observado; descubrimiento que, además, reitera principios frecuentemente elaborados en la fisiología del entrenamiento deportivo (6). Sin embargo, estos datos también parecen sugerir que estos beneficios implican importantes contrapartidas logísticas, especialmente las derivadas del seguimiento clínico y del preestratificación del riesgo cardiovascular del sujeto (8), (13).

Entrenamiento de fuerza y control neuromuscular

El segundo eje de análisis llevó las intervenciones orientadas al entrenamiento de la fuerza y de control neuromuscular, cuyos principales resultados se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3. Efectos del entrenamiento de fuerza y control neuromuscular sobre desenlaces funcionales post-ACV.

Estudio	Diseño	Intervención	Principal hallazgo
Veldema y Jansen (14)	Revisión sistemática y metaanálisis	Entrenamiento de fuerza progresiva	Ganancias significativas de fuerza muscular sin incremento de la espasticidad

Mead et al. (Cochrane) (15)	Revisión sistemática Cochrane	Entrenamiento resistido estructurado	Confirmación de eficacia y seguridad del entrenamiento de fuerza en el ACV
Noguchi et al. (16)	Revisión sistemática y metaanálisis	Prescripción de fuerza con principios deportivos	Mejora de la velocidad de marcha y la fuerza de prensión según la dosis prescrita
Ahmed et al. (17)	ECA	Entrenamiento de tronco multiplanar + tarea dual	Mejora del equilibrio, la movilidad funcional y reducción del riesgo de caídas
Evers, Stolz y Klein (5)	ECA piloto simple ciego	Entrenamiento neuroatlético (percepción visual-vestibular)	Mejora del equilibrio (BBS) comparable a la terapia de movimiento convencional

Con todo ello se pueden postular que el miedo histórico a incrementar la espasticidad a causa del trabajo resistido no tiene cabida en la evidencia actual, siempre que la dosificación sea progresiva y controlada (14), (15). Además, la investigación piloto en entrenamiento neuroatlético cuya inspiración principal deriva de las metodologías del acondicionamiento físico para alto rendimiento se erige como una de las primeras aproximaciones empíricas en relación con la hipótesis central de esta revisión, haciendo ver resultados prometedores aunque aún previos en la superioridad frente a la terapia convencional (5).

Técnicas neurológicas específicas y tecnologías inmersivas

El último de los ejes evaluados recayó en las intervenciones orientadas específicamente a la reorganización cortical, así como las que han incorporado tecnologías inmersivas, cuyos resultados se encuentran disponibles en la Tabla 4.

Tabla 4. Efectos de las técnicas neurológicas específicas y las tecnologías inmersivas post-ACV.

Estudio	Diseño	Intervención	Principal hallazgo
Abdullahi et al. (23)	Revisión sistemática y metaanálisis	CIMT de miembro inferior	Mejora de la marcha y las actividades de la vida diaria
de Sire et al. (24)	ECA comparativo	CIMT vs terapia especular	Ambas técnicas efectivas y seguras; perfiles de respuesta diferenciados
Nasb et al. (25)	Revisión sistemática y metaanálisis	CIMT combinada con toxina botulínica	Mejora adicional en el manejo de la espasticidad del miembro superior
Shen et al. (18)	Revisión sistemática y metaanálisis	Entrenamiento con realidad virtual	Mejora significativa del equilibrio (BBS, TUG) en ACV crónico
Lee y Lee (19)	Revisión sistemática y metaanálisis	Entrenamiento orientado a tareas	Mejora de la velocidad y la simetría de la marcha

Nikolaev y Nikolaev (20)	Revisión narrativa	Telerrehabilitación estructurada	Viabilidad y continuidad terapéutica extrahospitalaria
Wang et al. (22)	Metaanálisis en red	Ejercicio físico multimodal	Mejora de la función cognitiva post-ACV

Conjuntamente, este tercero de los bloques de evidencias sostiene que las técnicas que buscan estimular la reorganización cortical del segmento parético CIMT o terapia especular tienen una posición central en la neurorrehabilitación contemporánea (23), (24) mientras que la suma de la tecnología inmersiva abre la variedad de las posibilidades terapéuticas que incluyen prácticas motoras enriquecidas, motivantes y susceptibles de ser dosificadas progresivamente, características que aportan similitudes directas con los protocolos de entrenamiento perceptivo-motor del retorno deportivo (18), (19).

DISCUSIÓN

Los hallazgos corroboran de manera firme la hipótesis conceptual que se planteó en la introducción: los principios de la fisioterapia deportiva el principio de intensidad progresiva; el principio de especificidad de la acción motora; el principio de sobrecarga sistemática; y el principio de estimulación sensoriomotora enriquecida son principios transferibles a la práctica de las neurorrehabilitaciones post-AVC (accidente cerebrovascular) y que aplicados de forma sistemática deberían mejorar los resultados funcionales de la fisioterapia neurológica tradicional. Este resultado coincide con lo que observan Calabrò et al. (4) al resaltar que la forma histórica de la rehabilitación deportiva que va desde las intervenciones pasivas de principios del siglo XX a las formas actuales de trabajo referidas a la neuroplasticidad representa una forma de explicar lo que es la rehabilitación desde un punto de vista que puede perfectamente ser trasladado a una población que presenta daño neurológico central y no únicamente a la deportiva (4).

En lo que respecta al entrenamiento aeróbico, los hallazgos de esta revisión coinciden con las evidencias obtenidas en el ensayo HIIT-Stroke, que probó la factibilidad clínica del entrenamiento interválico de alta intensidad en los supervivientes de ACV 7 y van en la línea del trabajo de Boyne et al., (9) en el que se expone una recuperación de la capacidad de marcha más rápida con protocolos vigorosos manifestados frente a los tradicionalmente moderados. Dicha coincidencia reafirma la idea, ya consolidada en la fisiología del ejercicio deportivo, de que la intensidad es un factor determinante de la variabilidad fisiológica más poderoso que el volumen global de entrenamiento (6). Sin embargo, conviene matizar este hallazgo: los análisis de coste-efectividad disponibles advierten que la adopción clínica de estos protocolos requiere de una infraestructura de seguimiento en vigilancia cardiovascular que muchos de estos servicios de rehabilitación, sobre todo en el contexto de recursos limitados, no tienen actualmente (13), es decir, una brecha de implementación entre la evidencia experimental y la práctica clínica habitual.

Respecto al entrenamiento de fuerza, los hallazgos de la revisión que se ha presentado contradicen de forma directa el paradigma clínico tradicional que desaconsejaba el trabajo resistido en pacientes espásticos. Asimismo, tanto la revisión sistemática de Veldema y Jansen (14) como la revisión Cochrane actualizada sobre el entrenamiento de la fuerza (15) muestran la idea coincidente de que las ganancias de fuerza muscular no se asocian a una peoría clínicamente relevante de la espasticidad, lo que lleva a poner en entredicho los protocolos terapéuticos conservadores. Este resultado es considerado como una mayor confirmación de la revisión sistemática de Noguchi et al., (16) publicada en una revista de prestancia de medicina deportiva y que aplica de forma explícita los principios de la prescripción del ejercicio característicos del entrenamiento físico deportivo (volumen, intensidad frecuencia y progresión) en la población con ACV, donde se documentan mejoras funcionales como dependientes de la dosis administrada (16). Este último aspecto puede resultar de particular relevancia para la revisión presente, pues se trata de una evidencia directa de la aplicabilidad de la metodología de la prescripción del ejercicio tal y como se entiende en el entrenamiento físico-deportivo dentro de protocolos de neurorrehabilitación formal (26).

Un hallazgo especialmente relevante para el objetivo de este trabajo es el aportado por el estudio piloto de Evers, Stolz y Klein sobre el entrenamiento neuroatlético en la rehabilitación ambulatoria tras el ACV (5). A diferencia de la mayoría de las publicaciones trabajadas, esta concreta investigación valora explícita y directamente una intervención generada a partir del entrenamiento del deporte de alto rendimiento en la que se estimulan los sistemas visual y vestibular en una población estrictamente neurológica. Aunque evidentemente sus resultados demuestran mejoras del equilibrio que son comparables, mas no claramente superiores, a los de la terapia de movimiento convencional, los propios autores indican que la intensidad y los tiempos de la intervención (quince minutos diarios en cuatro semanas) probablemente resultaron insuficientes para inducir adaptaciones neurales duraderas, lo que sugiere que investigaciones futuras en las que intervengan una mayor dosificación e intervención podrían hacer cambiar sustancialmente esta conclusión preliminar.

En relación a las prácticas dirigidas a la reorganización cortical específica, los resultados de este trabajo van en la dirección de los importantes hallazgos previos sobre la terapia de movimiento inducido por restricción, tanto para el miembro superior (23) como para el miembro inferior (24), así como para las últimas comparativas entre esta técnica y la terapia especular, que comparaban de manera reciente la seguridad y eficacia de las técnicas como complemento a la fisioterapia convencional (25). La combinación de la CIMT con toxina botulínica expuesta también en la revisión de Nasb et al., (25) constituyen además la forma en la que las intervenciones farmacológicas complementarias pueden mejorar las estrategias neuroplásticas específicas y, por lo tanto, aumentar el rango de las opciones disponibles por parte del clínico (18). La inserción de tecnologías inmersivas realidad virtual, entrenamiento orientado a la tarea y telerehabilitación es quizás el punto de mayor acercamiento directo entre la fisioterapia deportiva y la

neurorrehabilitación contemporánea. Los resultados positivos en el equilibrio postural obtenidos con entrenamientos en realidad virtual (18) reproducen directamente metodologías perceptivo-motoras de uso extendido dentro de la preparación física deportiva; el entrenamiento orientado a la tarea establece un principio en común entre ambas disciplinas: la especificidad del gesto motor que ha sido entrenado condiciona sobremanera la transferencia funcional del aprendizaje (19); la telerehabilitación, aunque no es una técnica estrictamente deportiva, también comparte con la preparación física deportiva la lógica de extender la supervisión estructurada del entrenamiento fuera del entorno clínico (20), si bien su implementación aún se encuentra limitada por barreras tecnológicas y actitudinales que deberían ser abordadas explícitamente en el desarrollo de los programas futuros (21). Asimismo, los beneficios del ejercicio físico estructurado no se limitan al dominio motor: las mejoras cognitivas resultantes del ejercicio multimodal (22), (27) sugieren que un modelo integrador en el que se entremezclen los principios de la fisioterapia deportiva y de la neurorrehabilitación sería capaz de generar beneficios de carácter sistémico, es decir, que irían más allá del mero ámbito de la recuperación funcional estrictamente física.

En definitiva, la evidencia analizada permite sostener que la integración de principios de la fisioterapia deportiva dentro de la neurorrehabilitación post-ACV no es una propuesta especulativa, sino que más bien es una tendencia emergente, que hasta el momento queda constituida por un cuerpo de investigación clínica creciente y metodológicamente sólido. No obstante, existen limitaciones importantes: la heterogeneidad de los protocolos de dosificación, la escasa estandarización de los resultados obtenidos y el hecho de que no se han publicado ensayos multicéntricos con un tamaño muestral elevado que aborden de una forma directa y comparativa un modelo de intervención verdaderamente integrador, en lugar de que sean técnicas aisladas, son los principales huecos en el conocimiento que se han detectado en esta revisión.

CONCLUSIONES

A partir de la revisión de la literatura llevada a cabo, se puede concluir que la integración de los principios de fisioterapia deportiva en los protocolos de neurorrehabilitación basada en la evidencia tiene un potencial terapéutico viable, seguro y clínicamente relevante para maximizar la readaptación funcional de los pacientes post-accidente cerebrovascular, lo que da respuesta al objetivo general de este estudio. Para ello, se mostró que la aplicación de un entrenamiento aeróbico de alta intensidad, bajo la supervisión correspondiente, genera mejoras superiores en la capacidad cardiorrespiratoria y funcionalidad de la marcha que los protocolos tradicionales de los utilizados en los entrenamientos de intensidad moderada, lo que demuestra una vez más que la intensidad del estímulo es una variable importante para el grado de recuperación funcional tras el ACV.

En segundo lugar, se evidenció que el entrenamiento de la fuerza progresivo, a diferencia de los postulados del paradigma clínico tradicional, no incrementa la espasticidad, sino que facilita el desarrollo de ganancias de la fuerza, así como de resultados funcionales relevantes cuando se prescriben principios de dosificación que hacen referencia al entrenamiento físico-deportivo, siendo así una opción para su inclusión en los programas de neurorrehabilitación. En tercer lugar, se mostró que las técnicas específicas de reorganización cortical terapia de movimiento inducido por restricción, terapia especular y las tecnologías inmersivas realidad virtual, entrenamiento indicado por tareas y telerrehabilitación constituyen herramientas complementarias eficaces, mostrando sus beneficios potenciarse cuando se integran en un modelo de progresión y especificidad y control neuromuscular propio de la fisioterapia deportiva, mostrando además ventajas que trascienden hacia el ámbito cognitivo del paciente.

Finalmente, aunque la evidencia aquí analizada apoya de forma sólida los beneficios de esta integración terapéutica, se pone de manifiesto la necesidad de estudios multicéntricos con protocolos de dosificación estandarizados y mayor tamaño muestral que estudien de forma directa modelos verdaderamente integrados de intervención, superando los estudios que han abordado el análisis aislado de técnicas verticales hasta el presente; la atención a esta línea investigadora va permitir consolidar un modelo de la readaptación funcional de post-ACV más robusto, eficiente y con un mejor ajuste a las necesidades reales del paciente neurológico contemporáneo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Feigin VL, Abate MD, Abate YH, Abd ElHafeez S, Abd-Allah F, Abdelalim A, et al. Global, regional, and national burden of stroke and its risk factors, 1990–2021: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021. *Lancet Neurol.* 2024 Oct;23(10):973–1003. doi:10.1016/S1474-4422(24)00369-7
2. He Q, Wang W, Zhang Y, Xiong Y, Tao C, Ma L, et al. Global, Regional, and National Burden of Stroke, 1990–2021: A Systematic Analysis for Global Burden of Disease 2021. *Stroke.* 2024 Dec;55(12):2815–24. doi:10.1161/STROKEAHA.124.048033
3. Adityasiwi GL, Budiono I, Zainafree I, Maharani C. Effectiveness of rehabilitation programs in acute post-stroke: A systematic review. *Physical Therapy Journal of Indonesia.* 2025 Jul 7;6(2):140–4. doi:10.51559/ptji.v6i2.276
4. Calabrò RS, Calderone A, Fiorente N. Neurosciences and Sports Rehabilitation in ACLR: A Narrative Review on Winning Alliance Strategies and Connecting the Dots. *J Funct Morphol Kinesiol.* 2025 Apr 2;10(2):119. doi:10.3390/jfkm10020119
5. Evers J, Stolz I, Klein M. Neuroathletic training in stroke rehabilitation? A single-blind randomized controlled pilot study on the potential of neuroathletic training for balance ability in stroke outpatient rehabilitation. *BMC Res Notes.* 2024 Dec 12;17(1):358. doi:10.1186/s13104-024-07022-0

6. Karlsen T, Aamot IL, Haykowsky M, Rognmo Ø. High Intensity Interval Training for Maximizing Health Outcomes. *Prog Cardiovasc Dis.* 2017 Jul;60(1):67–77. doi:10.1016/j.pcad.2017.03.006
7. Gjellesvik TI, Becker F, Tjønnå AE, Indredavik B, Nilsen H, Brurok B, et al. Effects of High-Intensity Interval Training After Stroke (the HIIT-Stroke Study): A Multicenter Randomized Controlled Trial. *Arch Phys Med Rehabil.* 2020 Jun;101(6):939–47. doi:10.1016/j.apmr.2020.02.006
8. MacKay-Lyons M, Billinger SA, Eng JJ, Dromerick A, Giacomantonio N, Hafer-Macko C, et al. Aerobic Exercise Recommendations to Optimize Best Practices in Care After Stroke: AEROBICS 2019 Update. *Phys Ther.* 2020 Jan 23;100(1):149–56. doi:10.1093/ptj/pzz153
9. Boyne P, Billinger SA, Reisman DS, Awosika OO, Buckley S, Burson J, et al. Optimal Intensity and Duration of Walking Rehabilitation in Patients With Chronic Stroke. *JAMA Neurol.* 2023 Apr 1;80(4):342. doi:10.1001/jamaneurol.2023.0033
10. Hill G, Johnson F, Uy J, Serrada I, Benyamin B, Van Den Berg M, et al. Moderate intensity aerobic exercise may enhance neuroplasticity of the contralesional hemisphere after stroke: a randomised controlled study. *Sci Rep.* 2023 Sep 2;13(1):14440. doi:10.1038/s41598-023-40902-2
11. Munari D, Pedrinolla A, Smania N, Picelli A, Gandolfi M, Saltuari L, et al. High-intensity treadmill training improves gait ability, VO₂peak and cost of walking in stroke survivors: preliminary results of a pilot randomized controlled trial. *Eur J Phys Rehabil Med.* 2018 Jun;54(3). doi:10.23736/S1973-9087.16.04224-6
12. Lapointe T, Houle J, Sia YT, Payette M, Trudeau F. Addition of high-intensity interval training to a moderate intensity continuous training cardiovascular rehabilitation program after ischemic cerebrovascular disease: A randomized controlled trial. *Front Neurol.* 2023 Jan 4;13. doi:10.3389/fneur.2022.963950
13. Hornby TG, Rafferty MR, Pinto D, French D, Jordan N. Cost-Effectiveness of High-intensity Training vs Conventional Therapy for Individuals With Subacute Stroke. *Arch Phys Med Rehabil.* 2022 Jul;103(7):S197–204. doi:10.1016/j.apmr.2021.05.017
14. Veldema J, Jansen P. Resistance training in stroke rehabilitation: systematic review and meta-analysis. *Clin Rehabil.* 2020 Sep 11;34(9):1173–97. doi:10.1177/0269215520932964
15. Saunders DH, Baker G, Cheyne JD, Cooper K, Fini NA, Kilgour AH, et al. Resistance training for people with stroke. *Cochrane Database of Systematic Reviews.* 2025 Sep 24;2025(9). doi:10.1002/14651858.CD016001
16. Noguchi KS, Moncion K, Wiley E, Morgan A, Huynh E, Balbim GM, et al. Prescribing strength training for stroke recovery: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *Br J Sports Med.* 2025 Feb;59(3):185–97. doi:10.1136/bjsports-2024-108476
17. Ahmed U, Karimi H, Amir S, Ahmed A. Effects of intensive multiplanar trunk training coupled with dual-task exercises on balance, mobility, and fall risk in patients with stroke: a

- randomized controlled trial. *Journal of International Medical Research*. 2021 Nov 23;49(11). doi:10.1177/03000605211059413
18. Shen J, Gu X, Yao Y, Li L, Shi M, Li H, et al. Effects of Virtual Reality–Based Exercise on Balance in Patients With Stroke. *Am J Phys Med Rehabil*. 2023 Apr;102(4):316–22. doi:10.1097/PHM.0000000000002096
 19. Lee MH, Lee DY. Effects of Task-Oriented Training on Gait Outcomes and Balance in Individuals with Stroke: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *J Clin Med*. 2025 Dec 11;14(24):8766. doi:10.3390/jcm14248766
 20. Nikolaev VA, Nikolaev AA. Recent trends in telerehabilitation of stroke patients: A narrative review. *NeuroRehabilitation*. 2022 Aug 16;51(1):1–22. doi:10.3233/NRE-210330
 21. Morse H, Biggart L, Pomeroy V, Rossit S. Exploring perspectives from stroke survivors, carers and clinicians on virtual reality as a precursor to using telerehabilitation for spatial neglect post-stroke. *Neuropsychol Rehabil*. 2022 May 28;32(5):767–91. doi:10.1080/09602011.2020.1819827
 22. Wang H, Li D, Li S, Zhang X, Zang W, Zhu Y, et al. Physical activity interventions for post-stroke cognitive recovery: a systematic review and network meta-analysis of comparative effects. *Front Neurol*. 2025 Sep 1;16. doi:10.3389/fneur.2025.1646328
 23. Abdullahi A, Truijen S, Umar NA, Useh U, Egwuonwu VA, Van Crielinge T, et al. Effects of Lower Limb Constraint Induced Movement Therapy in People With Stroke: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Front Neurol*. 2021 Mar 23;12. doi:10.3389/fneur.2021.638904
 24. de Sire A MNPEAFPATAMKVMLUAA. Efficacy of Constraint-Induced Movement Therapy and mirror therapy in improving upper limb motor function and dexterity in post-stroke hemiparetic patients: a randomized controlled trial. *Clin Ter*. 2025;6:716–26.
 25. Nasb M, Shah SZA, Chen H, Youssef AS, Li Z, Dayoub L, et al. Constraint-Induced Movement Therapy Combined With Botulinum Toxin for Post-stroke Spasticity: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Cureus*. 2021 Sep 1. doi:10.7759/cureus.17645
 26. Page M, McKenzie J, Bossuyt P. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*. 2021;(372):71.
 27. Li W, Luo Z, Jiang J, Li K, Wu C. The effects of exercise intervention on cognition and motor function in stroke survivors: a systematic review and meta-analysis. *Neurological Sciences*. 2023 Jun 14;44(6):1891–903. doi:10.1007/s10072-023-06636-9