



Efectos del ejercicio pliométrico en poblaciones con parálisis cerebral: una revisión sistemática

Effects plyometric exercise in children with cerebral palsy: a systematic review

Autores

Alba María Alvedro-Arcay ¹
Gloria María Cascallar-Cascallar ²
Yoana González-González ^{3,4}
Alejandra Alonso-Calvete ^{3,5}

¹ Complejo Hospitalario Universitario de A Coruña (CHUAC), Sergas. (España)

² Complejo Hospitalario Universitario de Pontevedra (CHOP), Sergas. (España)

³ Universidad de Vigo (España).

⁴ Instituto de Investigación Sanitaria Galicia Sur (IIS Galicia Sur). SERGAS-UVIGO. (España)

⁵ Equipo de Investigación en Rendimiento y Motricidad del Salvamento y Socorrismo, Pontevedra (España)

Autor de correspondencia:
Yoana González González
yoana@uvigo.gal

Recibido: 13-04-26

Aceptado: 30-05-26

Cómo citar en APA

Alvedro-Arcay, A. M., Cascallar-Cascallar, G. M., González-González, Y., & Alonso-Calvete, A. (2026). Efectos del ejercicio pliométrico en poblaciones con parálisis cerebral: una revisión sistemática. *Retos*, 84, 209-224. <https://doi.org/10.47197/retos.v84.115973>

Resumen

Introducción: La parálisis cerebral es la principal causa de discapacidad física en la infancia y se asocia con alteraciones del movimiento, la postura y la función motora que limitan la participación en actividades físicas y de la vida diaria. En este contexto, el entrenamiento pliométrico emerge como una estrategia potencial para mejorar el rendimiento neuromuscular.

Objetivo: Analizar la evidencia científica sobre los efectos del entrenamiento pliométrico en la población infantil con parálisis cerebral.

Metodología: Se realizó una búsqueda de referencias científicas siguiendo la metodología PRISMA en PubMed, Scopus, Web of Science, PEDro, MEDLINE y SPORTDiscus. Las ecuaciones de búsqueda incluyeron los términos cerebral palsy, plyometric exercise, plyometric training y children. Se incluyeron siete estudios publicados en inglés y español que analizaran intervenciones con ejercicios pliométricos en población infantil con parálisis cerebral. La calidad metodológica se evaluó mediante la escala PEDro.

Resultados: Los estudios incluidos evaluaron principalmente población infantil con parálisis cerebral unilateral y niveles I-II del Gross Motor Function Classification System. Las intervenciones, desarrolladas con diferentes frecuencias y duraciones, mostraron mejoras en variables relacionadas con la marcha, la fuerza muscular, el equilibrio y la funcionalidad motora. Los efectos más favorables se observaron cuando el entrenamiento pliométrico se combinó con ejercicios de equilibrio.

Conclusiones: El entrenamiento pliométrico parece ser una intervención segura y prometedora para mejorar la función motora en la población infantil con parálisis cerebral. No obstante, la limitada cantidad de estudios y la heterogeneidad metodológica existente hacen necesarios ensayos clínicos de mayor calidad para confirmar estos hallazgos.

Palabras clave

Actividad física; entrenamiento pliométrico; fisioterapia; parálisis cerebral; rehabilitación.

Abstract

Introduction: Cerebral palsy is the leading cause of physical disability in childhood and is associated with impairments in movement, posture, and motor function that limit participation in physical activity and daily life. In this context, plyometric training has emerged as a potential strategy to enhance neuromuscular performance.

Objective: To analyze the scientific evidence on the effects of plyometric training in the pediatric population with cerebral palsy.

Methodology: A systematic review was conducted following the PRISMA guidelines. Searches were performed in PubMed, Scopus, Web of Science, PEDro, MEDLINE, and SPORTDiscus using the terms cerebral palsy, plyometric exercise, plyometric training, and children. Seven studies published in English or Spanish that evaluated plyometric exercise interventions in pediatric populations with cerebral palsy were included. Methodological quality was assessed using the PEDro scale.

Results: The included studies primarily involved pediatric participants with unilateral cerebral palsy and Gross Motor Function Classification System levels I-II. Interventions varied in frequency and duration but generally followed progressive plyometric training principles. Improvements were reported in gait performance, muscle strength, balance, and motor function. The most favorable outcomes were observed when plyometric training was combined with balance exercises.

Conclusions: Plyometric training appears to be a safe and promising intervention for improving motor function in the pediatric population with cerebral palsy. However, the limited number of studies and the existing methodological heterogeneity highlight the need for high-quality randomized controlled trials to confirm these findings.

Keywords

Cerebral palsy; physical activity; physical therapy modalities; plyometric training; rehabilitation.



Introducción

La parálisis cerebral infantil (PCI) es un grupo de trastornos que afecta al desarrollo del tono muscular, el movimiento y la postura, limitando la actividad y originándose a partir de una lesión no progresiva en un cerebro inmaduro. Como principal causa de discapacidad motora en la infancia, engloba un conjunto heterogéneo de alteraciones motoras y posturales que dificultan el desempeño de las actividades de la vida diaria. Además, suele asociarse a trastornos sensoriales, perceptivos, cognitivos, comunicativos y conductuales, así como a epilepsia y otras alteraciones musculoesqueléticas secundarias. La prevalencia de la parálisis cerebral se ha mantenido relativamente estable durante la última década, afectando aproximadamente a 2,1 de cada 1.000 nacidos vivos. Entre sus principales factores de riesgo se encuentran los prenatales, perinatales y postnatales. La prematuridad constituye el factor de riesgo más relevante, aunque también se han identificado las malformaciones congénitas, las infecciones intrauterinas, las complicaciones obstétricas y, en el periodo postnatal, las infecciones del sistema nervioso central y los traumatismos (Espinoza-Díaz et al., 2019).

Desde el ámbito de la intervención psicomotriz, la evidencia científica ha destacado el papel de la actividad física adaptada como una estrategia fundamental para favorecer el desarrollo motor, la participación activa y la inclusión social de niños y jóvenes con discapacidad (Camargo-Rojas et al., 2023). En este sentido, diversos estudios han analizado el impacto de programas de actividad física adaptada sobre la condición motriz global, observando mejoras en variables funcionales y psicosociales y subrayando la necesidad de diseñar intervenciones ajustadas a las capacidades y necesidades individuales de cada participante (Camargo-Rojas et al., 2023; Montenegro-Rueda & Fernández-Cerero, 2024; Noreña-Osorno et al., 2025).

Asimismo, el deporte inclusivo se ha consolidado como una herramienta de gran relevancia para promover la igualdad de oportunidades, la participación activa y el desarrollo integral de niños y jóvenes con discapacidad, tanto en contextos educativos como comunitarios (Hernández-Beltrán et al., 2024; Fernández-Zamarro et al., 2025; Floriano et al., 2025). Diversas investigaciones señalan que la implementación de programas de actividad física inclusiva y adaptada se asocia con mejoras en la participación motriz, la percepción de competencia y distintos indicadores psicosociales en estudiantes con necesidades educativas especiales, reforzando la pertinencia de este tipo de intervenciones en poblaciones con limitaciones motoras (Camargo-Rojas et al., 2023; Aguirre-Chávez et al., 2025).

Aunque muchos de estos estudios no se centran específicamente en la parálisis cerebral, proporcionan un marco conceptual sólido que respalda el uso de la actividad física adaptada como una estrategia eficaz para mejorar la funcionalidad motriz y la calidad de vida de niños y jóvenes con discapacidad motora (Aguirre-Chávez et al., 2025; Floriano et al., 2025). En conjunto, la evidencia disponible sugiere que los programas físico-motores estructurados pueden contribuir a la mejora de capacidades funcionales como el equilibrio y la coordinación, destacando la importancia de la inclusión educativa y deportiva y el papel de la educación física adaptada en la promoción del desarrollo integral del alumnado con necesidades específicas (Noreña-Osorno et al., 2025; Fernández-Zamarro et al., 2025).

Entre las diferentes modalidades de intervención física, el entrenamiento pliométrico ha despertado un creciente interés durante los últimos años. Los ejercicios pliométricos, también denominados ejercicios del ciclo de estiramiento-acortamiento, constituyen una modalidad de entrenamiento orientada al desarrollo de la fuerza explosiva, caracterizada por la generación de elevados niveles de potencia muscular en intervalos de tiempo muy breves (Sáez-Sáez de Villarreal et al., 2010). Este tipo de ejercicio comprende tres fases consecutivas: una fase excéntrica de estiramiento muscular rápido, una fase de transición o amortiguación en la que se almacena energía elástica y una fase concéntrica en la que dicha energía se libera para potenciar la producción de fuerza (Davies et al., 2015). En este contexto, ha aumentado el interés por el uso de los ejercicios pliométricos como estrategia terapéutica para mejorar la función motora en niños con parálisis cerebral. Este tipo de entrenamiento ha mostrado previamente beneficios en el rendimiento motor en poblaciones pediátricas con otras condiciones, como la neurofibromatosis tipo I (Johnson et al., 2012), así como mejoras en la composición corporal en niños con síndrome de Down (González-Agüero et al., 2012). Del mismo modo, se ha demostrado que los ejercicios pliométricos contribuyen a mejorar la fuerza, la velocidad y la coordinación en niños sin discapacidad (Johnson et al., 2011). Sin embargo, la evidencia específica sobre su aplicación en niños con parálisis cerebral sigue siendo limitada y heterogénea.



Por todo ello, el objetivo de la presente revisión es analizar los efectos de los ejercicios pliométricos en poblaciones con parálisis cerebral mediante la síntesis de la evidencia científica disponible, con el fin de aportar información relevante para el diseño de futuras intervenciones en el ámbito de la actividad física adaptada y la rehabilitación.

Método

Tipos de estudios

Se incluyeron ensayos clínicos aleatorizados (ECA) y ensayos clínicos controlados que evaluaran intervenciones con ejercicios pliométricos en población infantil con parálisis cerebral publicados en inglés y español.

Se excluyeron los documentos de literatura gris (tesis, trabajos académicos no publicados), comunicaciones en congresos, revisiones, estudios observacionales o descriptivos, estudios en los que la intervención se realizara en medio acuático, artículos duplicados entre bases de datos y estudios cuyo texto completo no fue accesible.

Período de búsqueda

La búsqueda bibliográfica se realizó entre marzo y abril de 2024. Se incluyeron estudios publicados entre enero de 2019 y abril de 2024.

Tipo de participantes

Se incluyeron estudios realizados poblaciones con diagnóstico de parálisis cerebral.

Tipo de intervenciones

Se incluyeron estudios que evaluaran programas de ejercicio pliométrico aplicados de forma aislada o combinados con otras intervenciones de fisioterapia o entrenamiento del equilibrio.

Variables analizadas

Se incluyeron estudios que analizasen la activación y la fuerza muscular, la distribución de cargas, el equilibrio, el control postural y otros parámetros de la marcha y la función motora.

Bases electrónicas consultadas y búsqueda adicional

Se consultaron las bases de datos PubMed, Scopus, Web of Science, PEDro, MEDLINE y SPORTDiscus.

Descriptores y ecuaciones de búsqueda

Los descriptores utilizados fueron términos MeSH y palabras clave: "Cerebral Palsy", "Plyometric Exercise", "Plyometric Training", "Child", "Children".

Las ecuaciones combinaron los términos con AND y OR, adaptadas a cada base de datos.

Los límites aplicados incluyeron: rango temporal (2019–2024), idioma y tipo de estudio (ECA/clinical trial). La estrategia de búsqueda se incluye en la Tabla 1.

Procedimiento de selección de artículos

El proceso siguió el diagrama PRISMA 2020 (Figura 1): Eliminación de duplicados; Cribado por título y resumen realizado por dos revisores independientes; En caso de discrepancia, se resolvió mediante consenso y, de persistir, un tercer revisor tomó la decisión final; La lectura a texto completo se realizó por dos revisores para confirmar criterios de inclusión.

Extracción y gestión de datos

La extracción fue realizada por dos revisores de forma independiente.

Las variables extraídas incluyeron: Diseño del estudio; Tamaño muestral y características de los participantes; Intervención (duración, frecuencia, intensidad, modalidad); Grupo control; Instrumentos de

evaluación; Resultados principales y secundarios; Pérdidas durante el seguimiento; Información relevante sobre la calidad metodológica.

La información fue organizada en tablas de síntesis revisadas por un tercer revisor.

Calidad metodológica

La calidad metodológica se evaluó mediante la Escala PEDro. (Tabla 1)

Tabla 1. Estrategia de búsqueda.

Base de datos	Ecuación de búsqueda	Límites	Resultados
Pubmed	("Cerebral Palsy"[Mesh] AND "Plyometric Exercise"[Mesh] AND "Child"[Mesh])	Fecha de publicación: 2019-2024 Tipo de estudio: ECA	6
Scopus	TITLE-ABS-KEY (cerebral AND palsy AND exercise AND plyometric AND child OR children)	Fecha de publicación: 2019-2024 Tipo de documento: artículo	10
Web of science	((TS=(cerebral palsy)) AND TS=(plyometric exercise)) AND TS=(children or child)	Fecha de publicación: 2019-2024 Tipo de estudio: clinical trial	6
PEDro	Abstract & Title: Cerebral palsy AND plyometric exercise AND children	Fecha de publicación: 2019-2024 Tipo de estudio: clinical trial	4
Medline	Cerebral palsy AND plyometric exercise AND children	Fecha de publicación: 2019-2024 Tipo de estudio: clinical trial	8
Sport discus	Cerebral palsy AND plyometric exercise AND children	Fecha de publicación: 2019-2024 Tipo de estudio: clinical trial	2

Con el propósito de seleccionar los estudios, se aplicaron criterios selección basados en el modelo de preguntas sobre población, intervenciones, comparaciones y resultados para la definición de criterios de inclusión (PICO) como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Pregunta PICO

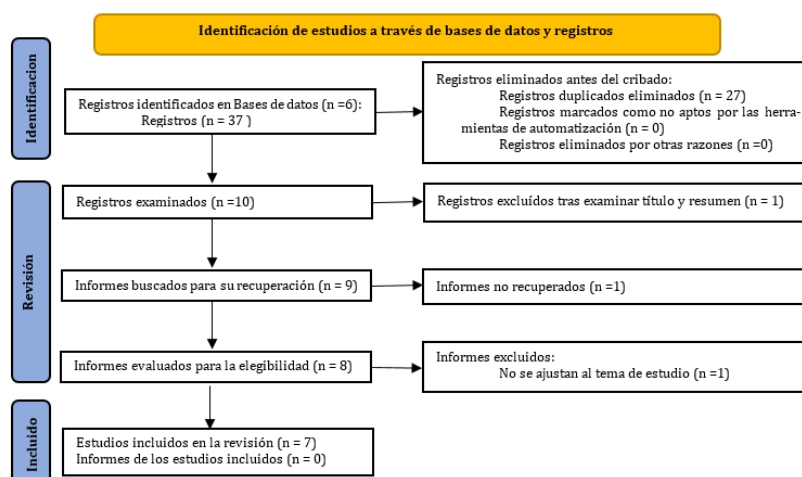
Population (población)	Población infantil con parálisis cerebral
Intervention (intervención)	Ejercicio pliométrico
Comparison (comparación)	Grupo control sin intervención con ejercicio pliométrico
Outcome (resultado)	Mejora de la sintomatología de la PC.

Resultados

Selección de estudios

La búsqueda sistemática identificó un total de 37 registros. Tras la eliminación de los duplicados (n = 27), 10 estudios fueron sometidos a cribado mediante la revisión de títulos y resúmenes. De ellos, un estudio fue excluido por no ajustarse al objetivo de la revisión, por lo que se evaluaron 9 artículos a texto completo. Durante esta fase, un estudio fue excluido por no disponer del texto completo y otro por analizar una intervención realizada en medio acuático. Finalmente, 7 estudios cumplieron los criterios de inclusión y fueron incorporados a la presente revisión sistemática (Figura 1).

Figura 1. Diagrama de flujo de PRISMA 2020 para revisiones sistemáticas que incluyen búsquedas en bases de datos.



Características de los estudios incluidos

Las características metodológicas y de la muestra se resumen en la Tabla 3. En conjunto, los siete estudios incluidos analizaron una muestra de 298 participantes con parálisis cerebral unilateral, predominantemente de tipo hemipléjico espástico. La edad de los participantes osciló entre los 7 y los 16 años, con un predominio de entre 8 y 12 años. Cuando fue reportado, los estudios incluyeron participantes de ambos sexos. La mayoría de los sujetos presentaban un nivel funcional I-II según el Gross Motor Function Classification System (GMFCS) y un tono muscular comprendido entre 1 y 1+ en la Escala de Ashworth Modificada. En los estudios centrados en la extremidad superior, los participantes presentaban niveles I-II del Manual Ability Classification System (MACS). La afectación motora correspondía principalmente a hemiparesia o hemiplejía. Ningún estudio informó de manera explícita sobre la presencia de discapacidad intelectual ni sobre el momento de aparición de la lesión cerebral (prenatal, perinatal o postnatal). Los participantes fueron reclutados principalmente en hospitales y clínicas universitarias. Entre los criterios de exclusión más frecuentes se encontraron la presencia de deformidades fijas, intervenciones quirúrgicas recientes, infiltraciones con toxina botulínica y comorbilidades que limitaran la realización de ejercicio físico.

Tabla 3. Características generales de los estudios incluidos.

Autores	Lugar estudio	N de la muestra	Edad	Sexo	Características de la PC	Nivel de PC	Discapacidad intelectual	Momento aparición	Reclutamiento
Elnaggar et al. (2019)	Arabia Saudí / Egipto	39 (de 44)	8-12 años	24 niños 15 niñas	PC unilateral espástica	GMFCS I; MAS ≤1+	NR	NR	NR
Kaya Kara et al. (2019)	Turquía	30	7-16 años	NR	PC unilateral	GMFCS I	NR	NR	NR
Elnaggar et al. (2021)	Arabia Saudí / Egipto	38 (de 42)	8-12 años	NR	PC unilateral	GMFCS I-II; MAS 1-1+	NR	NR	Clínicas universitarias y hospital
Elnaggar et al. (2022a)	Arabia Saudí / Egipto	44 (de 48)	8-12 años	NR	PC hemipléjica	GMFCS I-II; MAS 1-1+	NR	NR	NR
Elnaggar et al. (2022b)	Arabia Saudí / Egipto	57	8-12 años	NR	PC hemipléjica espástica	GMFCS I-II; MAS 1-1+	NR	NR	NR
Elnaggar (2022)	Arabia Saudí / Egipto	31 (de 34)	8-12 años	NR	PC hemipléjica espástica	GMFCS I-II; MAS 1-1+	NR	NR	NR
Abd-elmonem et al. (2024)	Egipto	35 (de 40)	8-12 años	NR	PC unilateral espástica (MMSS)	MACS I-II	NR	NR	Clínicas universitarias y hospital

GMFCS: Gross motor function classification system; MAS: Modified Ashworth Scale; NR: no reportado.



Características de las intervenciones

Todos los estudios incluidos evaluaron programas de ejercicio pliométrico, aplicados de forma aislada o combinados con otras modalidades terapéuticas, como fisioterapia convencional o entrenamiento del equilibrio. La mayoría de las intervenciones se centraron en las extremidades inferiores, aunque un estudio analizó específicamente el miembro superior.

Los programas tuvieron una duración comprendida entre 8 y 12 semanas, con una frecuencia de 2 a 3 sesiones semanales y sesiones de entre 30 y 90 minutos, dependiendo del protocolo aplicado. Cuando fue reportado, la intensidad siguió una progresión basada en las recomendaciones de la National Strength and Conditioning Association (NSCA). Todas las intervenciones fueron supervisadas individualmente por profesionales especializados, fisioterapeutas pediátricos. No se incluyeron estudios que desarrollaran las intervenciones en medio acuático. Los aspectos específicos de las intervenciones se presentan en detalle en las Tablas 4 y 5.

Tabla 4. Síntesis de las intervenciones, instrumentos de medida y resultados.

Autores	Objetivo(s)	Instrumentos/Variables	Intervención	Resultados (G con mayor efecto)
Elnaggar et al. (2019)	EP sobre simetría de carga, fuerza y marcha	Plataformas HR Mat/FootMat (registro simetría distribución de peso y parámetros de apoyo); Dinamometría (Fuerza Q/H); Vicon 3D (velocidad, zancada, tiempo de paso)	GI: Rehabilitación + 30 min EP (2/sem, 8 sem); GC: Rehabilitación	GI > GC en fuerza y marcha; sin diferencias en simetría de carga
Kaya Kara et al. (2019)	Fuerza/potencia sobre marcha y GMFM	1MWT (resistencia y capacidad funcional de marcha); test funcional (potencia de MMII); GMFM-E (Caminar, correr y saltar) TUG (movilidad funcional, equilibrio dinámico y riesgo de caídas); 1RM/dinamometría (fuerza máxima (repetición máxima) y fuerza isométrica)	GI: fuerza funcional + EP + equilibrio (90 min, 3/sem, 12 sem); GC: fisioterapia convencional	GI > GC en potencia, 1MWT, GMFM-E, TUG y 1RM
Elnaggar et al. (2021)	EP en simetría de marcha y equilibrio	GSI (Simetría espacial/temporal de la marcha) Vicon; PRO-Balance Master (latencia, RWS, mSOT)	GI: Rehabilitación + 30 min EP (2/sem, 8 sem); GC: Rehabilitación	GI > GC en GSI y equilibrio
Elnaggar et al. (2022a)	Entrenamiento en Bloques vs alterno (equilibrio+EP)	NeuroCom (RT, VM, EMCG, ECGF, CD); PBS; DGI	G1: 6 sem equilibrio → 6 sem EP; G2: alternancia cada 2 sem (2/sem, 12 sem)	G1 (bloques) > G2 (alterno) en todas las variables
Elnaggar et al. (2022b)	EP, equilibrio y combinación	Dinamometría (Q/H/dorsiflexores); Biodex Índice Estabilidad global, AnteroPosterior/MedioLateral/Global	G1: EP; G2: equilibrio; G3: EP+equilibrio (90 min) — todos 2/sem, 8 sem	G3 > G1 y G2 en fuerza y estabilidad
Elnaggar (2022)	EP en estrategias de activación y respuesta a perturbaciones	EMG (CoCR Q/H); plataforma de fuerza (velocidad perturbación)	GI: Rehabilitación + EP (2/sem, 12 sem); GC: Rehabilitación	GI > GC en CoCR Q/H y control del equilibrio
Abd-elmonem et al. (2024)	EP en función MMSS, SMC y HGS	Función mano: Test QUEST. Fuerza de prensión manual (HGS): dinamómetro. Control motor selectivo del brazo: test TASC.	GI: TO + EP MMSS (2/sem, 12 sem); GC: TO + FT	GI > GC en QUEST total y subescalas (mejor función del miembro superior, TASC (mejor control motor selectivo) y HGS (más fuerza de prensión)).

CD: Control Direccional; CoCR (Co-contraction Ratio): índice de co-contracción; DGI (Dynamic Gait Index): índice dinámico de la marcha; ECGF (Center of Gravity Final Movement): movimiento final del centro de gravedad; EMCG (End-Point Excursion of Center of Gravity): primer desplazamiento máximo del centro de gravedad; EP: ejercicio pliométrico; FT: fisioterapia; GC: Grupo control; GI: grupo intervención; GMFM:(Gross motor function classification system): Sistema de Clasificación de la Función Motora Gruesa ; GSI (Gait Symmetry Index):Índice de Simetría de la Marcha; HGS (Hand Grip Strength): Fuerza de prensión manual; MMII: miembros inferiores; MMSS: miembros superiores; mSOT (Modified Sensory Organization Test): Prueba de Organización Sensorial Modificada; SMC: (Selective Motor Control): Control Motor Selectivo; 1MWT (One Minute Walk Test): Prueba de marcha de un minuto; PBS (Pediatric Balance Scale): Escala de equilibrio de Berg pediátrica; Q/H: cuádriceps e isquiotibiales; QUEST (quality of upper extremity skills test): Prueba de Calidad de las Habilidades del Miembro Superior; RWS (Rhythmic Weight Shifting): Desplazamiento Rítmico del Peso ; RT (Reaction Time): tiempo de reacción; TASC (test of arm selective control): Prueba de Control Selectivo del Brazo ; TO: terapia ocupacional; TUG(Timed Up and Go); Prueba de Levantarse y Andar Cronometrada; VM (Velocity Movement): velocidad del movimiento del centro de gravedad.

Tabla 5. Protocolos de intervención.

Autores	Lugar entreno	Tipo de ejercicio	Intensidad	Duración sesión	Frecuencia	Duración programa
Elnaggar et al. (2019)	Clínica /hospital(NR)	EP MMII (10 ejercicios; SSC)	Progresiva	30 min EP + rehab	2/sem	8 sem
Kaya Kara et al. (2019)	Centro universitario	Fuerza funcional + EP + equilibrio	Progresiva	90 min (GI) / 60 min (GC)	3/sem	12 sem



Autores	Lugar entreno	Tipo de ejercicio	Intensidad	Duración sesión	Frecuencia	Duración programa
Elnaggar et al. (2021)	Clínicas Universitarias /hospital	EP MMII + rehabilitación	Progresiva (NSCA)	30 min EP + 45 min rehab	2/sem	8 sem
Elnaggar et al. (2022a)	NR	Equilibrio + EP (bloques vs alterno)	Progresiva	45 min	2/sem	12 sem
Elnaggar et al. (2022b)	NR	EP (G1); equilibrio (G2); EP+ equilibrio (G3)	Progresiva	45 min (G1,G2) / 90 min (G3)	2/sem	8 sem
Elnaggar (2022)	NR	EP MMII + rehabilitación	Progresiva por bloques	30 min EP + 45 min rehab	2/sem	12 sem
Abd-elmonem et al. (2024)	Facultad Fisioterapia + Hospital	EP MMSS + TO	Progresiva	30 min (EP) / 45 min (FT)	2/sem	12 sem

EP: ejercicio pliométrico; FT: fisioterapia; G1–G3: grupos experimentales; GC: grupo control; GI: grupo intervención; MMII: miembros inferiores; MMSS: miembros superiores; NR: No Reportado; NSCA: National Strength and Conditioning Association; rehab: rehabilitación; sem: semanas; SSC (Stretch-Shortening Cycle): ciclo de estiramiento-acortamiento; TO: terapia ocupacional

Objetivos, instrumentos y resultados

Los objetivos, instrumentos de evaluación y principales resultados de los estudios incluidos se presentan en la Tabla 4. En conjunto, las investigaciones analizaron los efectos del ejercicio pliométrico sobre diferentes componentes de la función motora en sujetos con parálisis cerebral, incluyendo la fuerza muscular, el rendimiento y la simetría de la marcha, el equilibrio, el control postural y la funcionalidad de los miembros superiores e inferiores. Para ello, se emplearon pruebas de fuerza y rendimiento físico, análisis espacio-temporales de la marcha, escalas de función motora gruesa y herramientas específicas de evaluación de la extremidad superior. Asimismo, algunos estudios incorporaron medidas complementarias relacionadas con la activación muscular, la distribución de cargas y la coordinación motora.

De forma global, los resultados sugieren que el ejercicio pliométrico produce mejoras superiores a las observadas en las intervenciones de comparación, independientemente de la modalidad aplicada. No obstante, la magnitud y consistencia de los efectos variaron en función de las características de la intervención y de las variables analizadas.

Efectos sobre la marcha

Los estudios incluidos muestran de forma consistente que el ejercicio pliométrico mejora diferentes parámetros relacionados con la marcha en comparación con las intervenciones control. Entre los beneficios observados destacan el aumento de la velocidad de marcha, el incremento de la longitud de zancada y la reducción del tiempo de paso. Asimismo, varios estudios reportaron mejoras en la simetría de la marcha, tanto en parámetros espaciales como temporales. Los mayores beneficios se observaron en los programas que combinaron entrenamiento pliométrico y ejercicios de equilibrio, especialmente en las variables relacionadas con la simetría del patrón de marcha.

Efectos sobre la fuerza muscular

La mayoría de los estudios encontraron incrementos significativos en la fuerza muscular tras la aplicación de programas de entrenamiento pliométrico. Las mejoras afectaron principalmente a la fuerza de los músculos de las extremidades inferiores, incluyendo cuádriceps, isquiotibiales y dorsiflexores, así como a la potencia muscular en pruebas funcionales. En el único estudio centrado en la extremidad superior también se observaron aumentos en la fuerza de prensión manual. De manera general, los protocolos que combinaron entrenamiento pliométrico y ejercicios de equilibrio obtuvieron resultados superiores a los programas aplicados de forma aislada.

Efectos sobre el equilibrio y el control postural

Los resultados muestran una mejora significativa del equilibrio y del control postural tras las intervenciones basadas en ejercicio pliométrico. Los beneficios se reflejaron en variables relacionadas con la organización sensorial, la estabilidad postural, el control direccional, la latencia de respuesta muscular y el control del centro de gravedad. Los efectos fueron especialmente relevantes cuando el entrenamiento pliométrico se combinó con ejercicios específicos de equilibrio. Además, los estudios que compararon diferentes secuencias de intervención señalaron que los programas estructurados por bloques obtuvieron resultados superiores a aquellos basados en alternancia semanal.



Efectos sobre la funcionalidad

Los estudios que emplearon instrumentos de evaluación funcional evidenciaron mejoras en la función motora tanto de las extremidades inferiores como superiores. Se observaron incrementos en las capacidades relacionadas con la marcha, la carrera y el salto, así como mejoras en el control motor selectivo y en la función manual. Asimismo, algunos estudios reportaron cambios clínicamente relevantes en diferentes dimensiones evaluadas mediante escalas específicas de funcionalidad. En términos generales, los grupos que realizaron entrenamiento pliométrico obtuvieron resultados funcionales superiores a los grupos control, especialmente cuando la intervención se combinó con ejercicios de equilibrio.

Calidad metodológica

La calidad metodológica de los estudios incluidos se evaluó mediante la escala PEDro. Las puntuaciones obtenidas se presentan en la Tabla 6, con una puntuación media de $6,7 \pm 0,9$ puntos, lo que indica una calidad metodológica moderada-alta en los estudios analizados.

Tabla 6. Calidad metodológica de los ECAs incluidos evaluados mediante la escala PEDro.

Estudio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Total
Elnaggar et al. (2019)	SI	SI	SI	SI	NO	NO	NO	SI	NO	SI	SI	6
Kaya Kara et al. (2019)	SI	SI	SI	SI	NO	NO	NO	SI	NO	SI	SI	6
Elnaggar et al. (2021)	SI	SI	SI	SI	NO	NO	SI	SI	SI	SI	SI	8
Elnaggar et al. (2022b)	SI	SI	SI	SI	NO	NO	NO	SI	SI	SI	SI	7
Elnaggar et al. (2022a)	SI	NO	NO	SI	NO	NO	SI	SI	NO	SI	SI	5
Elnaggar et al. (2022)	SI	SI	SI	SI	NO	NO	SI	SI	NO	SI	SI	7
Abd-elmonem et al. (2024)	SI	SI	SI	SI	NO	NO	SI	SI	NO	SI	SI	7

PEDro: Physiotherapy Evidence Database. Se indica SI cuando el ítem está presente y NO en caso contrario. Ítems: 1) criterios de elección especificados; 2) asignación al azar; 3) asignación oculta; 4) comparabilidad al inicio; 5) sujetos cegados; 6) terapeutas cegados; 7) evaluadores cegados; 8) resultados por encima del 85%; 9) intención de tratar; 10) comparaciones entre grupos; 11) datos de medida y variabilidad. Nota: El ítem número 1 (criterios de elección especificados) no contribuye a la puntuación total.

Discusión

El objetivo de esta revisión fue analizar la evidencia científica disponible sobre los efectos del ejercicio pliométrico en sujetos con parálisis cerebral. Hasta la fecha, no se han identificado revisiones sistemáticas centradas de forma específica en este tipo de intervención dentro de esta población, lo que subraya la pertinencia de la presente síntesis. No obstante, es importante señalar que cinco de los siete estudios incluidos provienen del mismo grupo de investigación (Elnaggar et al., 2019; Elnaggar et al., 2021; Elnaggar, 2022; Elnaggar et al., 2022a; Elnaggar et al., 2022b), circunstancia que podría introducir un posible sesgo derivado de la homogeneidad metodológica o del enfoque del equipo investigador. Asimismo, dado que cada estudio aborda variables y objetivos diferentes, la comparación directa entre resultados es limitada. A pesar de ello, el conjunto de la evidencia coincide en mostrar efectos positivos del ejercicio pliométrico en múltiples dominios funcionales, entre ellos la simetría de la carga de peso, el rendimiento de la marcha, la fuerza muscular, la estabilidad postural, la potencia, el equilibrio funcional, la funcionalidad y el control motor.

Estos hallazgos iniciales pueden contextualizarse dentro de la literatura más amplia sobre intervenciones de ejercicio en parálisis cerebral y otras condiciones neuromotoras. La revisión sistemática de Dewar et al. (2015) mostró que diferentes modalidades de ejercicio (incluyendo entrenamiento de fuerza, equilibrio y tareas funcionales) mejoran de manera consistente el control postural en sujetos con parálisis cerebral, lo que coincide con las mejoras observadas en equilibrio y estabilidad en los estudios incluidos en esta revisión. Asimismo, la revisión Cochrane de Ryan et al. (2017) concluyó que los programas de ejercicio terapéutico generan incrementos significativos en movilidad, fuerza y función global, independientemente del tipo de intervención aplicada. Además, resultados similares se han descrito en otras poblaciones pediátricas con déficits neuromotores. Por ejemplo, en síndrome de Down se ha observado que los programas de fuerza y potencia mejoran la coordinación y la estabilidad (González-Agüero et al., 2012), mientras que en neurofibromatosis tipo I el entrenamiento pliométrico ha demostrado beneficios en la capacidad motriz (Johnson et al., 2012). Estas coincidencias sugieren que los mecanismos fisiológicos implicados en el ejercicio pliométrico (como la mejora de la eficiencia neuromuscular, la activación rápida y el control dinámico) podrían ser trasladables entre diferentes poblaciones



pediátricas con afectación motora, reforzando así el potencial terapéutico de esta modalidad de intervención.

Características de las muestras de estudio

En todos los estudios revisados, la edad de los participantes osciló entre los 8 y los 12 años, a excepción del estudio de Kaya Kara et al. (2019), donde se incluyó un rango más amplio de entre 7 y 16 años. Este aspecto podría deberse a las recomendaciones de la National Strength and Conditioning Association (NSCA), que sugiere ejercicios de fuerza solo para niños mayores de 7 años. Sin embargo, otros expertos en el área, como Van Vulpén et al. (2017), sostienen que en muestras con un rango de edad menor (como su estudio, que incluyó niños de entre 4 y 10 años), los resultados son notablemente mejores en comparación con los de grupos de mayor edad. Esto podría deberse a que los participantes más jóvenes con parálisis cerebral tienen un mayor potencial de plasticidad muscular y neural, lo que les permitiría beneficiarse más de estas intervenciones. Por lo tanto, al interpretar los resultados de esta revisión, es importante considerar el intervalo de edad estudiado, ya que podría haber diferencias significativas si se incluyera un rango de edad distinto.

Los participantes de todos los estudios presentaban parálisis cerebral unilateral con un grado de 1, 0 o 1+ en la escala de Ashworth modificada y niveles I y/o II en la GMFCS. Debido a las características de las intervenciones con programas de ejercicio pliométrico, parece fundamental limitar la muestra a sujetos con este perfil funcional específico. Sin embargo, esta limitación debe tenerse en cuenta al extrapolar los resultados a personas con otros tipos de parálisis cerebral o con grados de afectación diferentes.

Características de las intervenciones

Los estudios incluidos en esta revisión siguieron en su mayoría las recomendaciones de la NSCA sobre la modalidad de ejercicio de fuerza: (1) ejercicios monoarticulares y poliarticulares con contracciones concéntricas y excéntricas; (2) sesiones de resistencia progresiva compuestas de 1 a 3 series de 6 a 15 repeticiones; (3) frecuencia de entrenamiento de 3 veces por semana; (4) duración del programa de resistencia de al menos 12 semanas; (5) calentamiento de al menos 10 minutos y descansos de 1 minuto; (6) incremento gradual de la carga entre un 5% y un 10% cuando el sujeto ejecuta los ejercicios correctamente y sin dificultad; y (7) una edad mínima de 7 años para los participantes. En cuanto a la frecuencia semanal, solo el estudio de Kaya Kara et al. (2019) cumplió con las tres sesiones semanales recomendadas, mientras que los demás se limitaron a dos sesiones semanales. En relación con la duración del entrenamiento, solo los estudios de Kaya Kara et al. (2019), Elnaggar (2022) y Elnaggar et al. (2022a) y completaron las 12 semanas sugeridas, mientras que el resto se limitó a 8 semanas de intervención. En general, aunque se han seguido las recomendaciones de la NSCA, algunas variaciones en la frecuencia y duración de las intervenciones podrían haber influido en los resultados; es posible que un cumplimiento más riguroso de estas pautas hubiera optimizado los beneficios del entrenamiento pliométrico de fuerza en esta población.

En cuanto a las sesiones de los grupos de intervención, el diseño del ejercicio pliométrico varió entre los estudios. En cuatro investigaciones (Elnaggar et al., 2019; Kaya Kara et al., 2019; Elnaggar et al., 2021; Elnaggar, 2022), se incluyó un programa de fisioterapia convencional al cual se añadió 30 minutos más de ejercicio pliométrico. Aunque esta incorporación de ejercicios pliométricos al programa de rehabilitación tradicional generó mejores resultados, no es posible determinar si extender el programa convencional en el grupo control (incrementando el volumen de ejercicios en 30 minutos más para igualar la duración del tratamiento) produciría un efecto similar al observado en el grupo que realizó la pliometría.

En otro estudio (Elnaggar et al., 2022b), se compararon tres intervenciones: una con ejercicios de equilibrio, otra con ejercicios pliométricos y una combinación de ambos, siendo este último grupo el que mostró mejores resultados. Sin embargo, mientras los primeros dos grupos realizaban sesiones de 45 minutos, el grupo combinado extendía su tiempo hasta los 90 minutos, lo que también podría haber influido en los resultados favorables. Tan solo dos artículos asignaron la misma duración de terapia a ambos grupos. En el estudio de Abd-elmonem et al. (2024) ambos grupos recibieron terapia ocupacional para el miembro superior, seguida de 45 minutos de fisioterapia convencional o ejercicio pliométrico. En el estudio de Elnaggar et al. (2022a), que exploró la combinación óptima de ejercicios pliométricos y de equilibrio, todos los participantes recibieron la misma terapia, alternando la intervención cada dos semanas o en bloques de 6 semanas.



Por último, todos los estudios señalan que el ejercicio fue supervisado por fisioterapeutas pediátricos. Los programas de intervención con ejercicio pliométrico fueron bastante similares entre sí, aunque cabe resaltar que todos se enfocaron en los miembros inferiores, excepto Abd-elmonem et al. (2024), que evaluó el efecto del ejercicio pliométrico en el miembro superior.

Ejercicio pliométrico e influencia en la marcha

El estudio de Elnaggar et al. (2019) presentó hallazgos que indican que el entrenamiento pliométrico puede mejorar el rendimiento de la marcha en aspectos como la velocidad, la longitud de zancada y el tiempo de paso. Las dificultades para caminar en niños con parálisis cerebral pueden atribuirse a la debilidad muscular y al control deficiente del equilibrio. Sin embargo, el incremento de la fuerza en los músculos de los miembros inferiores, una mejor coordinación entre músculos agonistas y antagonistas, así como las adaptaciones cinestésicas y propioceptivas, podrían haber facilitado estas mejoras en la marcha. Aunque previamente no se había investigado el impacto del ejercicio pliométrico en el rendimiento de la marcha, otros estudios realizados por Dodd et al. (2003) y Morton et al. (2005) han demostrado que el entrenamiento de fuerza mejora diversos parámetros de la marcha en individuos con parálisis cerebral.

En el estudio de Kaya Kara et al. (2019) se observaron efectos significativos en la prueba de sprint y en la prueba de caminata de 1 minuto, en línea con hallazgos previos de Gillett et al. (2018), quienes ya habían reportado mejoras en la potencia y en la prueba de caminata de 1 minuto (1MWT) en adultos jóvenes con parálisis cerebral tras un entrenamiento de fuerza. Estos resultados sugieren que los ejercicios de fuerza son efectivos para mejorar la capacidad de marcha y que los ejercicios de alta velocidad pueden aportar una mayor funcionalidad en la marcha que otros tipos de entrenamiento de fuerza.

El estudio de Elnaggar et al. (2021) indicó que un programa de ejercicio pliométrico mejoró la simetría de la marcha, lo que se reflejó en reducciones significativas en el GSI (índice de simetría de marcha) espacial y temporal de la extremidad parética. Esta mejora en la simetría espacial y temporal podría explicarse por un aumento en la distribución del peso hacia el lado parético, lo que probablemente favoreció un mejor control postural y redujo la diferencia entre las extremidades en términos de longitud de paso y tiempo de apoyo. Otra posible explicación para la mejora en la simetría de la marcha podría ser que el ejercicio pliométrico incrementó la fuerza de los músculos del lado parético. Sin embargo, los resultados son controvertidos puesto que otro estudio (Elnaggar et al., 2019) que evaluó la simetría de la carga de peso con el ejercicio pliométrico no obtuvo mejoras significativas en este aspecto.

Ejercicio pliométrico e influencia en la fuerza muscular

Tres de los ensayos incluidos en esta revisión (Elnaggar et al., 2019; Elnaggar et al., 2022b; Abd-elmonem et al., 2024) que evaluaron la fuerza reportaron resultados significativos en comparación con el grupo control, tanto en la fuerza isométrica de cuádriceps, isquiotibiales, dorsiflexores y plantiflexores de ambos miembros inferiores, como en el valor de resistencia máxima (RM) en la prensa de piernas. También se encontraron resultados significativos en el estudio que evaluó la fuerza de agarre en los miembros superiores. El aumento de la fuerza tras el entrenamiento pliométrico probablemente esté relacionado con una mejora en el patrón de reclutamiento de unidades motoras, mayor excitabilidad de las neuronas motoras y un incremento en la co-contracción muscular. Aunque los estudios sobre trabajo de fuerza mediante ejercicio pliométrico en niños con parálisis cerebral son limitados, existen investigaciones que respaldan estos hallazgos, como el metaanálisis de Sáez-Sáez De Villarreal et al. (2010), que demuestra la efectividad del entrenamiento pliométrico para incrementar la fuerza muscular en niños, adultos y prepúberes.

Ejercicio pliométrico e influencia en el equilibrio

Tres de los estudios incluidos en esta revisión (Kaya Kara et al., 2019; Elnaggar et al., 2021; Elnaggar, 2022) evaluaron variables relacionadas con el equilibrio. El estudio de Kaya Kara et al. (2019) mostró mejoras en el test TUG (Timed Up and Go) tras la intervención, con mejores resultados en comparación con estudios previos en poblaciones similares que utilizaron ejercicios de potencia (Moreau et al., 2013). Esta mejora podría ser el resultado de la combinación de ejercicios de potencia y ejercicios de equilibrio.

Elnaggar et al. (2021) reportaron mejoras en el equilibrio reactivo, el control direccional, la organización sensorial, la latencia de respuesta de los músculos de las piernas, la velocidad del centro de gravedad y el desplazamiento total del mismo, que disminuyó tras perturbaciones desestabilizadoras. Además, la



sincronización durante la excursión del movimiento aumentó, lo que indicaría que el ejercicio pliométrico favorece el control postural. Estos resultados concuerdan con los hallazgos de Elnaggar (2022). Este trabajo demostró que un programa de ejercicio pliométrico mejoró las estrategias de activación muscular, particularmente la co-contracción de los cuádriceps e isquiotibiales, y ayudó a los niños a mantener el equilibrio. Se observaron cambios significativos en los patrones de activación de estos músculos después del entrenamiento pliométrico, lo que sugiere que las estrategias de control motor se modificaron, favoreciendo el control del equilibrio. Además, los niños que participaron en este programa fueron capaces de tolerar perturbaciones de equilibrio a una velocidad mucho mayor que los sujetos del grupo control sin perder el equilibrio. Estudios como el de Johnson et al. (2011) y Chimera et al. (2004), respaldan estos hallazgos al afirmar que el entrenamiento pliométrico está correlacionado con mejoras en el control del equilibrio en adolescentes sanos, debido a una mayor actividad muscular que resulta de adaptaciones neuromusculares, mejorando la coactivación agonista/antagonista necesaria para mantener el equilibrio.

La naturaleza mecánica del ejercicio pliométrico también podría haber influido en estas mejoras en el equilibrio, ya que implica transiciones rápidas y repetitivas entre el estiramiento y el acortamiento de los músculos, lo que contribuye al incremento de la fuerza y mejora la eficacia mecánica del movimiento. Estas transiciones generan un amplio rango de desafíos de equilibrio, ya que el centro de gravedad se desplaza en direcciones horizontales y verticales, lo que provoca una adaptación neuronal que mejora las capacidades de equilibrio en los niños (Chaouachi et al., 2014).

El ciclo rápido de estiramiento-acortamiento podría haber incrementado la retroalimentación propioceptiva aferente al sistema nervioso central a través del reflejo de estiramiento, lo que conllevaría una mejora en la conciencia cinestésica, un inicio más rápido de la contracción de los músculos estabilizadores (Chimera et al., 2004) y una mayor coactivación agonista-antagonista con menor latencia, lo que probablemente aumentaría las capacidades de equilibrio de los niños. En general, se ha demostrado que los ejercicios pliométricos producirían una estimulación mecanoceptica extensa y repetitiva, así como cambios rápidos en la longitud y tensión de las estructuras musculotendinosas, especialmente durante la fase excéntrica, lo que contribuiría a mejorar el equilibrio en sujetos sanos (Swanik et al., 2002).

Ejercicio pliométrico e influencia en la funcionalidad

Kaya Kara et al. (2019) y Abd-elmonem et al. (2024) utilizaron escalas funcionales como instrumentos de medición. En el estudio de Kaya Kara et al. (2019), se utilizó la GMFCS (Escala de Función Motora Gruesa) y se observaron mejoras significativas en las puntuaciones del apartado E (caminar, correr, saltar), lo que coincide con otros estudios de esta revisión que también reportaron mejoras en la capacidad de marcha (Elnaggar et al., 2019; Elnaggar et al., 2022a). Por otra parte, Abd-elmonem et al. (2024) encontraron que el ejercicio pliométrico (EP) produjo mejoras significativas en la función de las extremidades superiores, evaluadas mediante el HGS (Hand Grip Strength), el TASC (Test of Arm Selective Control) y el QUEST (Quality of Upper Extremity Skills Test), en comparación con la terapia convencional. Sin embargo, las diferencias en el HGS, TASC y en el puntaje total del QUEST no superaron la diferencia mínima clínicamente importante (MCID), mientras que, en los subapartados de movimiento dissociado, prensión, apoyos y reacciones posturales del QUEST sí se superó este umbral. Este efecto podría explicarse por el uso forzado de la mano afectada durante el entrenamiento pliométrico, ya que las personas con parálisis cerebral hemipléjica suelen depender más de la extremidad superior no afectada para las actividades cotidianas, lo que limita el uso de la extremidad afectada y contribuye a la debilidad muscular (El-Shamy, 2018).

Elnaggar et al. (2019) afirman que los ejercicios pliométricos mejoran la eficiencia neuromuscular y las actividades funcionales, lo que podría deberse a una mejor conciencia propioceptiva, activación de un mayor número de unidades motoras y la restauración del movimiento funcional. Además, estudios como el de Elnaggar (2022) muestran que también mejora la co-contracción agonista/antagonista, lo que altera las estrategias de control motor de la extremidad superior. Este tipo de ejercicio también implica un cambio rápido de contracción muscular de la fase excéntrica a la concéntrica, lo que provoca un rápido ajuste en la longitud y tensión de las estructuras musculotendinosas (principalmente durante la fase excéntrica). Este proceso aumenta la sensibilidad del huso muscular, desensibiliza los órganos tendinosos de Golgi y, en consecuencia, mejora la contracción muscular (Davies et al., 2015).



Combinación de diferentes tipos de ejercicio

En el estudio de Elnaggar et al. (2022), se compararon intervenciones que incluían ejercicios de equilibrio, pliométricos y la combinación de ambos, con el fin de evaluar cuál tenía un mayor efecto en sujetos con parálisis cerebral. Los resultados mostraron que la combinación de ejercicios pliométricos y de equilibrio fue una estrategia de rehabilitación más eficaz para mejorar la fuerza muscular y el control postural en sujetos con PC unilateral espástica, en comparación con los efectos observados al aplicar estos ejercicios de manera individual.

El impacto combinado del entrenamiento pliométrico y el equilibrio en sujetos con PC no había sido estudiado previamente, aunque los hallazgos de este estudio se respaldan con investigaciones previas como la de Auld y Johnston (2014), quienes demostraron que el entrenamiento combinado de fuerza clásica y equilibrio mejoró significativamente las variables de fuerza y estabilidad en sujetos con PC. De igual manera, Chaouachi et al. (2014) encontraron que el entrenamiento combinado mejoró tanto la fuerza como el control postural en niños sanos.

Los resultados favorables de la intervención combinada podrían explicarse por el “efecto de preacondicionamiento” del entrenamiento de equilibrio, lo que sugiere que las adaptaciones neuromusculares inducidas por este tipo de entrenamiento podrían haber aumentado la capacidad de los músculos para generar mayor fuerza (Bruhn et al., 2006). Además, se ha demostrado que el entrenamiento de equilibrio mejora la estabilidad postural y reduce el balanceo del cuerpo al estar de pie (El-Shamy y Abd El Kafy, 2014), lo cual es fundamental para un rendimiento más eficiente durante los ejercicios pliométricos (Granacher et al., 2010). Asimismo, el entrenamiento de equilibrio podría haber favorecido una mejor activación de los músculos, especialmente aquellos que afectan las articulaciones del tobillo y la rodilla, que son claves en los ejercicios pliométricos, contribuyendo a mejorar los resultados del tratamiento.

Ejercicio por Bloques de entrenamiento

Uno de los estudios incluidos en esta revisión (Elnaggar et al., 2022a) se centró en comparar dos protocolos de entrenamiento pliométrico (EP): uno en bloques y otro con alternancia entre ejercicios de equilibrio y pliometría, con el objetivo de determinar cuál producía mayores beneficios en el control postural, el equilibrio y la marcha en niños con parálisis cerebral (PC). La evidencia sugiere que el entrenamiento de equilibrio seguido de ejercicios de fuerza produce mayores mejoras que cuando se realiza al revés e incluso también mayores que la alternancia entre ambos tipos de ejercicio (Bruhn et al., 2006).

El entrenamiento de equilibrio durante un período de seis semanas consecutivas podría haber optimizado la producción de potencia muscular durante las siguientes seis semanas de entrenamiento pliométrico, lo que se conoce como el “efecto de preacondicionamiento”. En este enfoque de entrenamiento en bloques, el ejercicio de equilibrio alcanzó su máxima intensidad tras seis semanas, lo que pudo haber generado una intensa retroalimentación propioceptiva, una mayor activación de los músculos de las extremidades inferiores y, como consecuencia, una activación más rápida e intensa del sistema neuromuscular durante el posterior entrenamiento pliométrico. Esto probablemente contribuyó a una mejora en el control postural. En contraste, el grupo que alternaba entre equilibrio y pliometría cada dos semanas no mostró efectos comparables, lo que podría explicarse por un fenómeno de interferencia, en el que el cambio constante entre modalidades podría haber interrumpido las adaptaciones específicas inducidas por cada ejercicio.

Es importante diferenciar los hallazgos de los estudios que analizaron la combinación de modalidades de entrenamiento de aquellos que exploraron la secuenciación óptima de los estímulos. Mientras que Elnaggar et al. (2022b) demostraron que la combinación simultánea de ejercicios pliométricos y de equilibrio produce mayores beneficios que la aplicación aislada de cada modalidad, el estudio de Elnaggar et al. (2022a) abordó una cuestión distinta, centrada en el orden en que deben presentarse ambos componentes. En este caso, la aplicación en bloques (primero equilibrio y posteriormente pliometría) generó mejoras superiores a la alternancia semanal. Por tanto, ambos estudios no son contradictorios, sino complementarios: la combinación de modalidades es beneficiosa y, además, existe una secuencia óptima que potencia los efectos del entrenamiento.



Limitaciones del estudio

La evidencia sobre este tema es limitada, y la mayoría de estudios están realizados por el mismo grupo de investigación. Además, solamente se ha investigado a sujetos con un tipo de parálisis cerebral, la unilateral espástica. Por otra parte, ninguno de los estudios incluidos en esta revisión evaluó los cambios en la arquitectura muscular como indicador del efecto del entrenamiento pliométrico (EP). Según Lieber y Fridén (2000), la arquitectura muscular es un factor clave para determinar la función muscular. Aspectos como la longitud del sarcómero, el área de sección transversal, la longitud del fascículo y la cantidad de fibras musculares son algunos de los principales predictores de la fuerza muscular y pueden utilizarse para prever la función muscular. En personas con parálisis cerebral, se observa una reducción en la longitud del fascículo, el volumen muscular y el área de sección transversal, junto con un aumento de la longitud del sarcómero e infiltración de tejido adiposo. Además, otra limitación de los estudios analizados es que ninguno realizó un seguimiento a largo plazo para evaluar los efectos prolongados del entrenamiento pliométrico.

Líneas futuras de estudio

Existe una escasez notable de investigaciones sobre el entrenamiento pliométrico en niños con parálisis cerebral, especialmente en relación con las intervenciones dirigidas a los miembros superiores, a pesar de los beneficios preliminares observados en los estudios disponibles. Por ello, resulta fundamental ampliar la evidencia científica incorporando no solo a sujetos jóvenes con parálisis cerebral unilateral espástica, sino también a otras formas clínicas y a diferentes grados de afectación funcional. Asimismo, sería necesario estandarizar los parámetros de intervención, tanto en duración como en frecuencia, dado que la heterogeneidad actual dificulta interpretar si las mejoras derivan del contenido de la intervención o simplemente de un mayor volumen total de tratamiento. En este sentido, futuras investigaciones deberían estructurar los programas con una frecuencia mínima de tres sesiones por semana, tal como recomiendan las directrices de la NSCA, evitando que el entrenamiento pliométrico se ofrezca como un añadido a la terapia convencional y garantizando así diseños más comparables y rigurosos.

Conclusiones

El entrenamiento pliométrico podría mejorar el rendimiento de la marcha en sujetos con parálisis cerebral en aspectos como la velocidad, la longitud de zancada y el tiempo de paso. Aunque los efectos sobre la simetría de la carga de peso y la simetría de la marcha aún no están completamente claros. Los ejercicios de potencia han demostrado proporcionar una mayor funcionalidad en la marcha en comparación con otros programas de entrenamiento de fuerza.

El ejercicio pliométrico también genera un aumento significativo en la fuerza muscular tanto en miembros inferiores (MMII) como en miembros superiores (MMSS) en sujetos jóvenes con parálisis cerebral unilateral espástica. Además, mejora el equilibrio reactivo, el control direccional, la organización sensorial, la latencia de respuesta de los músculos de las piernas, la velocidad y el desplazamiento del centro de presión, lo que sugiere que el EP tiene un impacto positivo en el control postural.

La combinación de ejercicios pliométricos con ejercicios de equilibrio mejora el rendimiento en la prueba TUG (Timed Up and Go), lo que a su vez reduce el riesgo de caídas. También optimiza las estrategias de activación muscular, promoviendo una mejor co-contracción entre cuádriceps e isquiotibiales, lo que contribuye a mejorar las capacidades de equilibrio. En cuanto a las escalas de funcionalidad, el ejercicio pliométrico mostró beneficios significativos, reflejados en la sección E de la GMFCS, así como en el HGS, SMC, el test TASC y la escala QUEST. Por lo tanto, la combinación de ejercicio pliométrico y de equilibrio se ha demostrado como una estrategia de rehabilitación eficaz para mejorar la fuerza muscular y el control postural en niños con parálisis cerebral unilateral espástica, mostrando mejores resultados que cuando se aplican por separado. El entrenamiento de equilibrio seguido de pliometría produce mayores mejoras que el orden inverso y es más efectivo que la alternancia entre ambos.

Por lo tanto, la terapia convencional para niños con parálisis cerebral unilateral espástica podría beneficiarse de la incorporación del ejercicio pliométrico dada la amplia gama de beneficios reportados.



Afiliación de los autores

Alba María Alvedro-Arcay. Servicio de Rehabilitación, Complejo Hospitalario Universitario de A Coruña (CHUAC), Sergas. (España).

Gloria María Cascallar-Cascallar. Servicio de Rehabilitación, Complejo Hospitalario Universitario de Pontevedra (CHOP), Sergas. (España).

Yoana González-González. Departamento de Biología Funcional y Ciencias de la Salud, Facultad de Fisioterapia, Universidad de Vigo (España). Grupo de Investigación Fisioterapia Clínica (FS1), Instituto de Investigación Sanitaria Galicia Sur (IIS Galicia Sur). SERGAS-UVIGO.

Alejandra Alonso-Calvete. Departamento de Biología Funcional y Ciencias de la Salud, Facultad de Fisioterapia, Universidad de Vigo (España). Grupo de Investigación REMOSS, Equipo de Investigación en Rendimiento y Motricidad del Salvamento y Socorrismo, Pontevedra (España)

Referencias

- Abd-elmonem, A. M., Ali, H. A., Saad-eldien, S. S., & El-nabie, W. A. A. (2024). Efficacy of plyometric exercises on upper extremity function, selective motor control and hand grip strength in children with unilateral cerebral palsy: A randomized controlled study. *Physiotherapy Research International*, 29(1), e2061. <https://doi.org/10.1002/pri.2061>
- Aguirre Chávez, J. F., Robles Hernández, G. S. I., Franco Gallegos, L. I., & Montes Mata, K. J. (2025). Superando barreras: educación física inclusiva para estudiantes con necesidades educativas especiales. Una revisión documental. *Retos*, 69, 102-109. <https://doi.org/10.47197/retos.v69.112434>
- Auld, M. L., & Johnston, L. M. (2014). "Strong and steady": A community-based strength and balance exercise group for children with cerebral palsy. *Disability and Rehabilitation*, 36(24), 2065-2071. <https://doi.org/10.3109/09638288.2014.891054>
- Bruhn, S., Kullmann, N., & Gollhofer, A. (2006). Combinatory Effects of High-Intensity-Strength Training and Sensorimotor Training on Muscle Strength. *International Journal of Sports Medicine*, 27(5), 401-406. <https://doi.org/10.1055/s-2005-865750>
- Camargo-Rojas, D. A., Delgado-Castrillón, J. V., García-Cabrera, V., Estupiñán-González, L. M., Medina-Garzón, P. M., Muñoz-Hinrichsen, F., & Torres-Paz, L. E. (2023). Estado del arte de la investigación en discapacidad y actividad física en Sudamérica: Una revisión narrativa. *Retos*, 48, 945-968. <https://doi.org/10.47197/retos.v48.95286>
- Chaouachi, A., Othman, A. B., Hammami, R., Drinkwater, E. J., & Behm, D. G. (2014). The Combination of Plyometric and Balance Training Improves Sprint and Shuttle Run Performances More Often Than Plyometric-Only Training With Children. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(2), 401-412. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182987059>
- Chimera, N. J., Swanik, K. A., Swanik, C. B., & Straub, S. J. (2004). Effects of Plyometric Training on Muscle-Activation Strategies and Performance in Female Athletes. *Journal of Athletic Training*, 39, 24-31.
- Davies, G., Riemann, B. L., & Manske, R. (2015). CURRENT CONCEPTS OF PLYOMETRIC EXERCISE. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 10(6), 760-786.
- Dewar, R., Love, S., & Johnston, L. M. (2015). Exercise interventions improve postural control in children with cerebral palsy: A systematic review. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 57(6), 504-520. <https://doi.org/10.1111/dmcn.12660>
- Dodd, K. J., Taylor, N. F., & Graham, H. K. (2003). A randomized clinical trial of strength training in young people with cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 45(10), 652-657. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.2003.tb00866.x>
- Elnaggar, R. K. (2022). Effects of plyometric exercises on muscle-activation strategies and response-capacity to balance threats in children with hemiplegic cerebral palsy. *Physiotherapy Theory and Practice*, 38(9), 1165-1173. <https://doi.org/10.1080/09593985.2020.1833389>
- Elnaggar, R. K., Alqahtani, B. A., Alsubaie, S. F., Mohamed, R. R., & Elbanna, M. F. (2021). Stretch-shortening cycle exercises can efficiently optimize gait-symmetry and balance capabilities in



- children with unilateral cerebral palsy: A randomized controlled trial. *NeuroRehabilitation*, 49(1), 139-149. <https://doi.org/10.3233/NRE-210063>
- Elnaggar, R. K., Diab, R. H., Alghadier, M., & Azab, A. R. (2022)a. Block-sequence of plyometric and balance training is superior to the alternating-sequence for enhancing motor function in children with hemiplegic cerebral palsy: A comparative randomized clinical trial. *Isokinetics and Exercise Science*, 30(4), 373-383. <https://doi.org/10.3233/IES-220005>
- Elnaggar, R. K., Elbanna, M. F., Mahmoud, W. S., & Alqahtani, B. A. (2019). Plyometric exercises: Subsequent changes of weight-bearing symmetry, muscle strength and walking performance in children with unilateral cerebral palsy. *Journal Musculoskelet Neuronal Interact*, 19(4), 507-515.
- Elnaggar, R. K., Mahmoud, W. S., Alsubaie, S. F., & Abd El-Nabie, W. A. (2022)b. Effectiveness of a Multi-Modal Exercise Program Incorporating Plyometric and Balance Training in Children With Hemiplegic Cerebral Palsy: A Three-Armed Randomized Clinical Trial. *Physical & Occupational Therapy In Pediatrics*, 42(2), 113-129. <https://doi.org/10.1080/01942638.2021.1964674>
- El-Shamy, S. M. (2018). Efficacy of Armeo® Robotic Therapy Versus Conventional Therapy on Upper Limb Function in Children With Hemiplegic Cerebral Palsy. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 97(3), 164-169. <https://doi.org/10.1097/PHM.0000000000000852>
- El-Shamy, S. M., & Abd El Kafy, E. M. (2014). Effect of balance training on postural balance control and risk of fall in children with diplegic cerebral palsy. *Disability and Rehabilitation*, 36(14), 1176-1183. <https://doi.org/10.3109/09638288.2013.833312>
- Espinoza-Díaz, C. I., Amaguaya-Maroto, G., Culqui-Barrionuevo, M., Espinosa-Moya, J., Silva-Acosta, J., Angulo-Procel, A., Rivera-Pérez, J., & Avilés-Jaya, A.C. (2019). Prevalencia, factores de riesgo y características clínicas de la parálisis cerebral infantil. *AVFT-Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica*, 38(6):778-89.
- Fernández-Zamarro, I., Pérez-Rodríguez, M., Redondo-Fernández, Á., Archilla-Prat, C., & Pérez-Tejero, J. (2025). Rugby inclusivo con personas con discapacidad intelectual: la opinión de los representantes de los clubes en España. *Retos*, 63, 524-533. <https://doi.org/10.47197/retos.v63.108809>
- Floriano-Rodríguez, R., Manrique-Plácido, J. M., Mostacero-Llerena, S. J., Espejo-Chacón, L. F., Montaña-Barbuda, J. J., & Contreras-Horna, R. F. (2025). Influencia del programa “Deporte Inclusivo 2023” en la calidad de vida de jóvenes con discapacidad en el Perú. *Retos*, 68, 1678-1695. <https://doi.org/10.47197/retos.v68.116510>
- Gillett, J. G., Lichtwark, G. A., Boyd, R. N., & Barber, L. A. (2018). Functional Anaerobic and Strength Training in Young Adults with Cerebral Palsy. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 50(8), 1549-1557. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001614>
- González-Agüero, A., Vicente-Rodríguez, G., Gómez-Cabello, A., Ara, I., Moreno, L. A., & Casajús, J. A. (2012). A 21-week bone deposition promoting exercise programme increases bone mass in young people with Down syndrome. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 54(6), 552-556. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.2012.04262.x>
- Granacher, U., Gollhofer, A., & Kriemler, S. (2010). Effects of Balance Training on Postural Sway, Leg Extensor Strength, and Jumping Height in Adolescents. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 81(3), 245-251. <https://doi.org/10.1080/02701367.2010.10599672>
- Hernández-Beltrán, V., Espada, M. C., Castelli Correia de Campos, L. F., Ferreira, C. C., Chalapud-Narváez, L. M., & Gamonales, J. M. (2024). Análisis de los beneficios del deporte inclusivo en el área de Educación Física. Revisión sistemática. *Retos*, 56, 128-140. <https://doi.org/10.47197/retos.v56.102933>
- Johnson, B. A., Salzberg, C. L., & Stevenson, D. A. (2011). A systematic review: plyometric training programs for young children. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(9), 2623-2633. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318204caa0>
- Johnson, B. A., Salzberg, C. L., & Stevenson, D. A. (2012). Effects of a Plyometric Training Program for 3 Children With Neurofibromatosis Type 1. *Pediatric Physical Therapy*, 24(2), 199-208. <https://doi.org/10.1097/PEP.0b013e31824d30ee>
- Kaya Kara, O., Livanelioglu, A., Yardımcı, B. N., & Soyly, A. R. (2019). The Effects of Functional Progressive Strength and Power Training in Children With Unilateral Cerebral Palsy. *Pediatric Physical Therapy*, 31(3), 286-295. <https://doi.org/10.1097/PEP.0000000000000628>



- Lieber, R. L., & Fridén, J. (2000). Functional and clinical significance of skeletal muscle architecture. *Muscle & Nerve*, 23(11), 1647-1666. [https://doi.org/10.1002/1097-4598\(200011\)23:11<1647::AID-MUS1>3.0.CO;2-M](https://doi.org/10.1002/1097-4598(200011)23:11<1647::AID-MUS1>3.0.CO;2-M)
- Montenegro-Rueda, M., & Fernández-Cerero, J. (2024). El deporte inclusivo: Un camino hacia la equidad y la igualdad de oportunidades. *Retos*, 51, 356-364. <https://doi.org/10.47197/retos.v51.100592>
- Moreau, N. G., Holthaus, K., & Marlow, N. (2013). Differential Adaptations of Muscle Architecture to High-Velocity Versus Traditional Strength Training in Cerebral Palsy. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 27(4), 325-334. <https://doi.org/10.1177/1545968312469834>
- Morton, J. F., Brownlee, M., & McFadyen, A. K. (2005). The effects of progressive resistance training for children with cerebral palsy. *Clinical Rehabilitation*, 19(3), 283-289. <https://doi.org/10.1191/0269215505cr804oa>
- Noreña-Osorno, M. S., Avalos-Ardila, C. N., González-Palacio, E. V., & Luna-Paternina, R. (2025). Evaluación de capacidades físicas de niños con discapacidad y sin discapacidad en una institución educativa. *Retos*, 68, 272-285. <https://doi.org/10.47197/retos.v68.108985>
- Ryan, J. M., Cassidy, E. E., Noorduyn, S. G., & O'Connell, N. E. (2017). Exercise interventions for cerebral palsy. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2017(6), CD011660. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD011660.pub2>
- Sáez-Sáez De Villarreal, E., Requena, B., & Newton, R. U. (2010). Does plyometric training improve strength performance? A meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13(5), 513-522. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2009.08.005>
- Swanik, K. A., Lephart, S. M., Swanik, C. B., Lephart, S. P., Stone, D. A., & Fu, F. H. (2002). The effects of shoulder plyometric training on proprioception and selected muscle performance characteristics. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 11(6), 579-586. <https://doi.org/10.1067/mse.2002.127303>
- Van Vulpen, L. F., De Groot, S., Rameckers, E., Becher, J. G., & Dallmeijer, A. J. (2017). Improved Walking Capacity and Muscle Strength After Functional Power-Training in Young Children With Cerebral Palsy. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 31(9), 827-841. <https://doi.org/10.1177/1545968317723750>

Datos de las autoras:

Alba María Alvedro-Arcay
Gloria María Cascallar-Cascallar
Yoana González-González
Alejandra Alonso-Calvete

alba.maria.alvedro.arcay@sergas.es
gloria.maria.cascallar.cascallar@sergas.es
yoana@uvigo.gal
alejalonso@uvigo.gal

Autora
Autora
Autora
Autora

