

La influencia del entrenamiento de fuerza y resistencia en niños con parálisis cerebral. Una revisión sistemática

The influence of strength and endurance training in children with cerebral palsy. A systematic review

Ángel Carmona Sedeño¹; José López Aguilar^{1,2}

¹Faculty of Sport Sciences, EADE-University of Wales, Trinity Saint David, Malaga, Spain.

²Department of Physical Education and Sport, University of Osuna, Osuna, Spain.

Detalles del artículo:

Número de palabras:8.839; Tablas: 2; Figuras: 1; Referencias: 31

Recibido: marzo 2025; Aceptado: noviembre 2025; Publicado: diciembre 2025

Conflicto de interés: El autor declara que no existen conflictos de interés.

Correspondencia del autor: Ángel Carmona Sedeño, angelcarmona2003@gmail.com

Resumen

Introducción: La parálisis cerebral es una patología neuromotora crónica y no progresiva que afecta al control motor, la capacidad deambulatoria y la participación en las actividades de la vida diaria en población pediátrica. La actividad física terapéutica se considera una intervención relevante para mejorar la funcionalidad en este colectivo. **Objetivo:** identificar, evaluar y reunir la evidencia científica disponible sobre la efectividad del entrenamiento de fuerza y/o resistencia en niños y adolescentes con parálisis cerebral. **Metodología:** Se realizó una revisión sistemática siguiendo las directrices PRISMA. La búsqueda se llevó a cabo en PubMed y Google Scholar entre diciembre de 2023 y marzo de 2024. Se incluyeron ensayos controlados aleatorizados publicados en inglés y español que evaluaran intervenciones de entrenamiento de fuerza y/o resistencia en población pediátrica con parálisis cerebral. La calidad metodológica se evaluó mediante la escala PEDro. **Resultados:** Se incluyeron cinco ensayos controlados aleatorizados. Los resultados fueron heterogéneos, observándose mejoras en algunos parámetros de la marcha, la fuerza isométrica y funcional, así como en la función motora gruesa, aunque los efectos no fueron consistentes entre estudios. **Discusión:** Los hallazgos sugieren un posible beneficio del entrenamiento de fuerza y/o resistencia; sin embargo, la variabilidad de protocolos, los tamaños muestrales reducidos y la diversidad de instrumentos de evaluación limitan la comparabilidad. **Conclusiones:** El entrenamiento de fuerza y/o resistencia puede aportar beneficios en fuerza y variables funcionales relacionadas con la marcha en parálisis cerebral, pero se requieren más ECA con protocolos estandarizados y prescripción individualizada para maximizar resultados y seguridad.

Palabras claves: neurodiscapacidad pediátrica, ejercicio terapéutico, capacidad funcional, función motora gruesa.

Abstract

Introduction: Cerebral palsy is a chronic, non-progressive neuromotor disorder that affects motor control, ambulatory capacity, and participation in activities of daily living in the pediatric population. Therapeutic physical activity is considered a relevant intervention to improve functional outcomes in this population. **Objective:** To identify, evaluate, and synthesize the available scientific evidence on the effectiveness of strength and/or resistance training in children and adolescents with cerebral palsy. **Methodology:** A systematic review was conducted following PRISMA guidelines. Searches were performed in PubMed and Google Scholar between December 2023 and March 2024. Randomized controlled trials published in English and Spanish that evaluated strength and/or resistance training interventions in the pediatric population with cerebral palsy were included. Methodological quality was assessed using the PEDro scale. **Results:** Five randomized controlled trials were included. The results were heterogeneous, with improvements observed in some gait parameters, isometric and functional strength, and gross motor function; however, effects were not consistent across studies. **Discussion:** The findings suggest a potential benefit of strength and/or resistance training; however, variability in intervention protocols, small sample sizes, and diversity of assessment tools limit comparability. **Conclusions:** Strength and/or resistance training may provide benefits in strength and gait-related functional variables in individuals with cerebral palsy; however, further randomized controlled trials with standardized protocols and individualized exercise prescription are required to maximize outcomes and ensure safety.

Keywords: pediatric neurodisability, therapeutic exercise, functional capacity, gross motor function.

INTRODUCCIÓN

La parálisis cerebral (PC) es una patología neuromotora crónica que se origina por una complicación cerebral no progresiva que se genera durante la gestación del cerebro o bien durante los primeros años de existencia (Fosdahl et al., 2019). Esta discapacidad posee una variedad de síntomas clínicos, consistiendo en alteraciones en la movilidad, el tono muscular y la coordinación, todas ellas afectan significativamente la vida de los niños y adolescentes quienes la padecen (Elnaggar et al., 2022). Con una prevalencia de 2 a 2,5 casos por cada 1.000 nacimientos, la PC es la principal causa de discapacidad física en la infancia (Sadowska et al., 2020).

En la actualidad, la PC es la causa más importante de dificultades en la movilidad en las personas menores de edad (García et al., 2022). La alteración del control motor grueso y fino es la característica definitoria de la PC y puede provocar alteraciones en la marcha, la alimentación y la deglución, el habla y los movimientos oculares coordinados, así como impactos secundarios en la función musculoesquelética, niveles bajos de minerales óseos, densidad (DMO), comportamiento y mayor riesgo de enfermedades crónicas (Fleeton et al., 2020).

Las razones sobre la PC en menores son diversas y normalmente se relacionan con sucesos que involucran la mente durante el periodo prenatal, perinatal o en los primeros años de existencia (Theis et al., 2021). Dentro de las causas prenatales encontramos diferentes factores que pueden influir factores genéticos; complicaciones que estén relacionadas con la placenta; anomalías durante el desarrollo del cerebro en el transcurso del embarazo; o incluso, infecciones maternas como la toxoplasmosis (García et al., 2022). También podemos encontrar problemas perinatales, como por ejemplo la falta de oxígeno o algún traumatismo durante el parto; o un parto prematuro. Por último, también encontramos los problemas postnatales, donde

se pueden dar algunas enfermedades como la meningitis; o lesiones traumáticas que afecten al cerebro (García et al., 2022).

La PC se clasifica según su gravedad siguiendo el Sistema de Clasificación de la Función Motora Gruesa, “Gross Motor Function Classification System” (GMFCS) (García et al., 2022). La GMFCS clasifica la funcionalidad motora en la PC según cinco niveles distintos:

El primero es el nivel I, donde no existen limitaciones para andar, correr, subir y bajar escaleras, pero sí que existen ciertas limitaciones en la velocidad, el equilibrio y la coordinación. Después encontramos el nivel II, en el que existe cierta limitación en la marcha, sobre todo en terrenos irregulares o de larga distancia. Necesita apoyo en las escaleras. También posee dificultad para correr y saltar. En el nivel III se necesita ayuda de un bastón o muletas para caminar o una silla de ruedas para distancias más largas. En el nivel IV se necesita de un andador para andar por casa y una silla de ruedas manejada por otra persona en el resto de las situaciones. Por último, en el nivel V, existe una dependencia total de otra persona para moverse tanto por casa como por fuera de ella. Existe también dificultad para mantener la cabeza o el tronco contra la gravedad y controlar el movimiento de brazos y piernas.

Además, encontramos diferentes tipos de PC que se dividen según el tipo y la distribución de síntomas que existan en el sujeto. Existen cuatro tipos diferentes (NICHD, 2013).

En primer lugar, encontramos la parálisis espástica, es el tipo más común de PC y se caracteriza por la rigidez en la musculatura; los espasmos musculares; dificultades en la motricidad fina y gruesa, teniendo dificultades para caminar o coger objetos; y problemas posturales, entre otras características (NICHD, 2013). Dentro de este tipo de parálisis, podemos dividirla a su vez en tres, las cuales afectan a una parte del cuerpo distinta. Tenemos la hemiplejía, la cual afecta tan solo a un lado del cuerpo; la diplejía, que afecta a los dos lados del cuerpo; y la cuadriplejía; que afecta tanto a las cuatro extremidades como al tronco (Sadowska, 2020).

El segundo tipo de PC es la disquinética o, también conocida como discinética (NICHD, 2013). Entre sus características encontramos los movimientos involuntarios, lo cual afecta también a la capacidad fina y gruesa; dificultades a la hora de la alimentación; y algunas alteraciones a la hora de hablar.

El tercer tipo es la parálisis atáxica, la cual es la menos común de todas (NICHD, 2013). Entre sus principales características encontramos dificultades en el equilibrio, por lo que tienen dificultades para caminar; una coordinación motora afectada, de nuevo problemas con la motricidad fina y gruesa; dificultades en el habla; y movimientos de los ojos inestables.

Por último, encontramos la parálisis mixta, la cual, como su nombre indica, es una combinación de las diferentes parálisis ya mencionadas (NICHD, 2013). Por ello, una de las mejores soluciones que se nos presenta ante este tipo de problemas es el entrenamiento de fuerza y resistencia (EFR) (Espeso et al., 2022).

El EFR es una disciplina integral que ha ido evolucionando a lo largo del tiempo como una práctica física cuyo objetivo es mejorar la fuerza muscular y la resistencia, lo que también se le conoce como entrenamiento concurrente (Heredia et al., 2016).

Los fisioterapeutas, a menudo, suelen recetar programas de ejercicios para niños con PC con objetivo principal de mantener la amplitud de movimiento, fortalecer los músculos que están más débiles y desarrollar algunas funciones como habilidades de equilibrio (Rapson et al., 2022). Encontramos beneficios en el desarrollo muscular, donde no solo se promueve el

desarrollo de la masa muscular sino también la mejora de la estética corporal; beneficios en el fortalecimiento de los huesos y las articulaciones; en la quema de grasa y pérdida de peso; en la mejora del rendimiento funcional y en el metabolismo (Naclerio y Jiménez, 2008; Araújo de Melo et al., 2012). Pese a los beneficios, es importante que se tengan en cuenta una serie de consideraciones para cada sujeto (Naclerio y Jiménez, 2008). Debemos de adaptar y personalizar las sesiones, dada la variedad que existe dentro de la PC, y garantizar la seguridad y la supervisión en las sesiones para así poder prevenir posibles lesiones (Heredia et al., 2016; Theis et al., 2021).

Dentro del ambiente de la PC, la capacitación de fuerza y resistencia se torna en un ámbito de importancia creciente con el fin de hallar tratamientos que optimicen la capacidad física y la salud general de aquellos individuos que la padecen (Elnaggar et al., 2022; Hanssen et al., 2022).

Por otro lado, encontramos el Entrenamiento Interválico de Alta Intensidad (HIIT por sus siglas en inglés), que, pese a que no existe una definición universal (Zwinkels et al., 2019), se puede definir como el trabajo intermitente el cual combina ejercicios de fuerza y/o resistencia durante un periodo breve de tiempo, con periodos cortos de recuperación o descanso (Zwinkels et al., 2019). El HIIT también se puede adaptar para satisfacer las necesidades y objetivos de una amplia gama de poblaciones, desde atletas de élite hasta personas sedentarias o con necesidades especiales (Chiu et al., 2020). Otro de sus beneficios sería permitir ajustar la duración, la intensidad y los ejercicios específicos según el nivel de condición física y las metas individuales (Chiu et al., 2020). Destacar, que aunque el HIIT ofrece numerosos beneficios, es importante tener en cuenta una serie de precauciones, especialmente para aquellos que son nuevos en el ejercicio de alta intensidad o que tienen condiciones médicas preexistentes, como en este caso la PC (Quilindo y Narváez, 2024). Una supervisión adecuada, una progresión gradual y una atención a las señales de fatiga y malestar son fundamentales para garantizar la seguridad y minimizar el riesgo de lesiones (Lauglo et al., 2016). Según varios autores (Chiu et al., 2020; Depiazzi et al., 2021; Zwinkels et al., 2019) el HIIT puede mejorar la función de la marcha en personas con PC por varias razones; razones que van desde la mejora de la ganancia muscular hasta la reducción de la espasticidad muscular. Por último, indicar que la PC suele estar asociada con la debilidad muscular, especialmente en los músculos implicados en el tren inferior. El HIIT puede aumentar la fuerza muscular en estas zonas clave, así como la capacidad aeróbica y anaeróbica; lo cual puede facilitar una marcha más eficiente y estable (Lauglo et al., 2016).

Finalmente, a pesar de que hay pruebas realmente prometedoras acerca de los provechos del EFR en menores con PC, es necesario mayor investigación para entender los fundamentos y precisar las intervenciones (Kaya et al., 2019). También es fundamental examinar la viabilidad y la sustentabilidad a largo plazo de estos proyectos en ambientes clínicos y comunitarios.

El objetivo principal de esta revisión sistemática es identificar, evaluar y reunir la evidencia científica disponible sobre la efectividad del EFR en niños y adolescentes con parálisis cerebral durante sus etapas como estudiantes, por lo que la hipótesis nos sugiere que la implementación de un programa de entrenamiento que combine la fuerza y la resistencia, tiene el potencial de mejorar la función de marcha en este tipo de población, haciendo que los ejercicios de resistencia provoquen un alargamiento en las caminatas de los sujetos y los ejercicios de fuerza mejore la fuerza de los músculos implicados en la función de marcha.

METODOLOGÍA

Para llevar a cabo esta revisión sistemática se realizó una búsqueda bibliográfica de estudios en los que se empleaba el entrenamiento de resistencia y/o de fuerza en tren inferior para el tratamiento de la función de marcha y la fuerza en los músculos del tren inferior en adolescentes y adultos jóvenes con parálisis cerebral. Se utilizó la base de datos de Pubmed y Google Scholar entre diciembre y marzo del curso académico 2023/2024. Esta revisión sistemática se adhiere a la declaración PRISMA (Liberati et al., 2009) y siguió un protocolo estructurado, aunque inédito.

Las palabras clave o descriptores empleados en la búsqueda fueron: “Resistance training”; “Strength training”; y “Cerebral Palsy”. Estos descriptores se combinaron con los operadores booleanos AND y OR. En la Figura 1 se expone el procedimiento realizado para la selección de estudios donde, tras una primera búsqueda, se encontraron un total de 423 artículos; y se fue reduciendo el número tras una serie de criterios hasta llegar a un total de 5 artículos que fueron leídos por completo y empleados en esta revisión. En Google Scholar se encontraron un total de 27 artículos que incluían ensayos controlados aleatorios (ECA).

Sobre los criterios de inclusión, se incluyeron artículos publicados desde el año 2018 hasta el año 2023; artículos publicados en inglés y en español; según el tipo de estudios: ECAs; grupo experimental y grupo control.

No se consideraron aptos para esta revisión artículos que no incluían el tipo de entrenamiento deseado; que utilizaban algún tipo de robot o exoesqueleto; repetidos; que no disponían de texto completo gratis.

También se empleó la herramienta de evaluación conocida como escala PEDro, que abarca 11 componentes que evalúan meticulosamente la solidez científica de un estudio (PED, 2020). El propósito de la escala PEDro es ayudar a los usuarios de la base de datos PEDro a identificar con rapidez cuáles de los ensayos clínicos aleatorios pueden tener suficiente validez interna y suficiente información estadística para hacer que sus resultados sean interpretables. Con excepción del ítem que valora específicamente los criterios de selección, todos estos componentes contribuyen al cálculo de la puntuación final de un artículo, que tiene un máximo de 10 puntos (PED, 2020).

Figura 1. Diagrama de Flujo

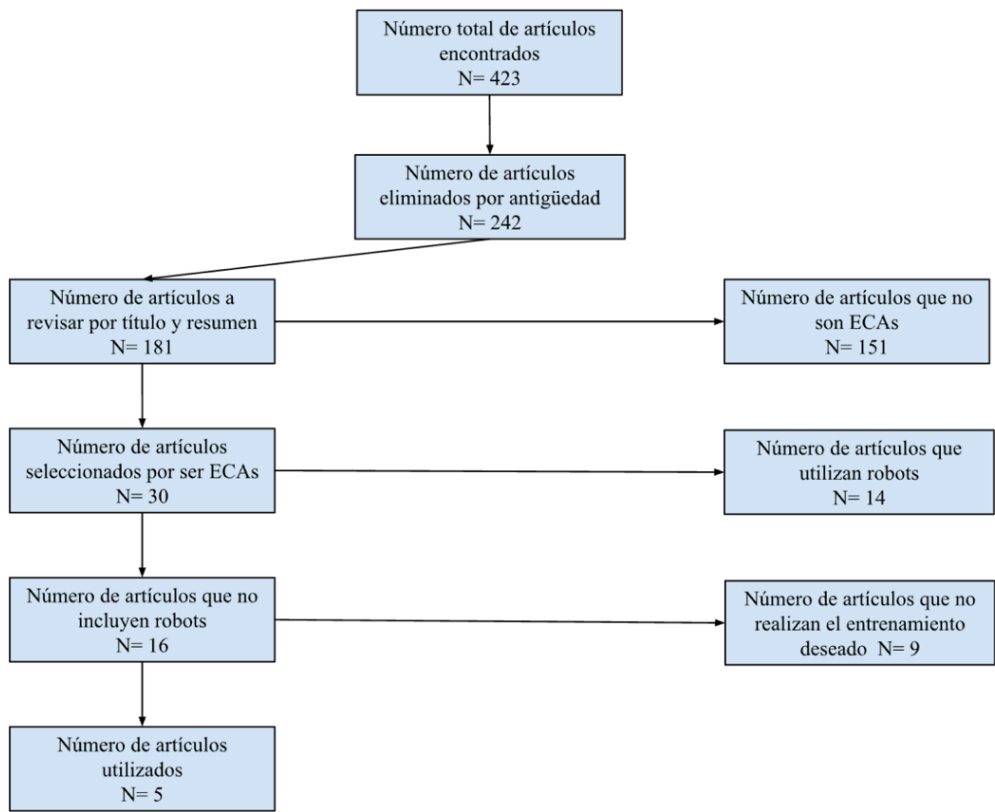


Tabla 1. Resultados Escala Pedro.

Puntos	6/10	8/10	6/10	7/10	8/10
Estimaciones Puntuales y Variabilidad	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Comparación entre Grupos	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Análisis por Intención de Tratar	No	No	No	No	No
Seguimiento Adecuado	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Evaluable ciegos	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Terapeutas Ciegos	No	No	No	No	No
Sujetos ciegos	No	No	No	No	NO
Comparabilidad Inicial	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí

Asignación oculta	No	Sí	No	Sí	No
Asignación Aleatoria	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Autor/año	Fosdahl et al. 2019	Elnaggar et al. 2022	Hanssen et al. 2022	Gillet et al. 2018	Ryan et al. 2020

RESULTADOS

Tras la búsqueda exhaustiva de artículos científicos en las páginas de PubMed y Google Académico, se obtuvieron un total de 423 artículos en la primera página mencionada y un total de 27, con ECA, en la segunda.

Tras excluir numerosos artículos por no cumplir con los criterios establecidos, se acabaron seleccionando un total de 5 artículos con ECA para ser analizados al completo y de manera detallada. En la Tabla 2 se puede apreciar la información y los resultados obtenidos en cada uno de estos cinco artículos, con la información básica de cada uno (número de participantes, edad media, tipo de entrenamiento, herramientas, hallazgos...).

Los cinco artículos que se analizaron tienen en común que incluyeron grupos experimentales y grupos controles; además de incluir participantes de edades similares, a excepción de un ensayo donde, además de usar adolescentes, reclutó también adultos jóvenes, subiendo ligeramente la media de edad, como se aprecia en la Tabla 2. Asimismo, todos los ensayos tuvieron como objetivo analizar la mejora de la función de marcha mediante el entrenamiento de fuerza y/o resistencia, incluso alguno también la velocidad de marcha y la capacidad funcional.

Como se ha mencionado, se realizó una tabla para resumir lo más detalladamente posible, la información y los resultados obtenidos en cada uno de los ensayos analizados. En la Tabla 2, se habla de toda la información general de los ensayos, pasando por el autor, año, las condiciones principales, tipo de entrenamiento, descripción, objetivos y herramientas empleadas. También se habla del número total de sujetos empleados tanto en el grupo experimental como en el control, así como de la media de edad de estos sujetos y los principales hallazgos que se obtuvieron.

Tabla 2. Descripción y resultados obtenidos en los ensayos controlados aleatorios.

Autor (año)	Condición principal y muestra	Tipo de entrenamiento y descripción de la intervención	Variables	Herramientas	Hallazgos principales
Fosdahl, 2019	Adolescentes con PC GE: 10,2 años GC: 10,2 años	EFR y estiramientos de isquiotibiales. 3 sesiones por semana (dos con un fisioterapeuta y otra en casa) durante 16 semanas. El EFR incluyó sentadillas, elevaciones de talones y subida de escaleras (todos con mochila de carga y en posición vertical). Se comenzó con una prueba de 8RM y se fue aumentando tanto las repeticiones como las series conforme los niños se hacían más fuertes. Los estiramientos se realizaron bilateralmente con el niño en posición supina, una pierna apoyada en el banco y la articulación contralateral de la cadera flexionada a 90°.	Función de marcha	Test de caminar 6 minutos, cámaras 3D MX, dos cámaras 2D, 3DGA	Este estudio demostró un aumento significativo en la distancia de la marcha medida con 6MWT en ambos grupos; sin embargo, se llegó a la conclusión que un programa de estiramientos y entrenamiento de fuerza y resistencia no mejoraba la función de marcha en niños y adolescentes, aunque tampoco la empeoraba.
Elnaggar, 2022	Niños y adolescentes con PC Hemiparética GE: 13,1 años GC: 12,7 años	ER. 3 sesiones por semana durante 8 semanas. Antes del entrenamiento, se realizó un calentamiento de 5 minutos mediante ejercicios de baja resistencia en una bicicleta ergómetro seguido de 3 estiramientos de 15 segundos para los músculos de las extremidades inferiores. Los entrenamientos consistieron en 3 series de 5 a 10 repeticiones de contracción concéntrica máxima de los flexores y extensores de la rodilla en el lado parético a velocidades angulares de 90, 120, 180 y 240 grados/segundo, con intervalos de descanso de dos minutos. después de cada velocidad seleccionada.	Capacidad funcional, simetría de la marcha y la carga y equilibrio.	Sistema portátil Rite Sistema de equilibrio Biodex GAIT de	En el grupo experimental se produjo un aumento en la parética PP del retropié y una disminución en la parética PP del antepié, lo que implica una modificación favorable del patrón de carga de peso que se acercó al patrón normal y un aumento del desplazamiento de peso en la pierna parética, lo que resultó en una mejora en la Simetría de carga del lado parético/no parético. Este estudio destaca el papel del programa AVR-Ex en la mejora de la simetría espacial y temporal de la marcha, lo que permitirá un período de postura más estable durante la marcha, lo que resultará en una fase de balanceo más prolongada para la extremidad no parética.

Hanssen, 2022	Niños con PC Espástica GE: 8,3 años GC: 8,5 años	PC EFR. 3 y 4 sesiones por semana (no consecutivas) durante 12 semanas. Se recomendó comenzar las sesiones con un calentamiento dinámico de 5 min y finalizar con una vuelta a la calma de 5 min. Dependiendo de las capacidades de los participantes, el PRT comenzó con 1 a 3 ejercicios funcionales multiarticulares, seguidos de 2 a 3 ejercicios monoarticulares dirigidos a grupos de músculos específicos.	Función de marcha	script MATLAB, pruebas de repetición máxima de 30 s, prueba de caminata de 1 minuto	Este estudio demostró la eficacia de un programa EFR supervisado por fisioterapia en el hogar para mejorar la fuerza muscular isométrica y funcional en niños con PC espástica.
Gillet, 2018	Adolescentes y adultos jóvenes con PC Espástica GE: 20,6 años GC: 21,8 años	EAF y de resistencia progresiva. 3 sesiones de entrenamiento semanales durante 12 semanas, trabajando individualmente y en grupos de no más de 3. Se trabajaba primero la resistencia progresiva y seguidos los ejercicios anaeróbicos. Se incluyó: elevaciones de pantorrilla con rodillas dobladas sentado, prensa de piernas, prensa de pantorrilla con rodilla recta sentado, elevación del tibial anterior sentado y elevación de pantorrilla de pie; trabajando en un rango de 6 a 12 reps. El trabajo anaeróbico consistió en 2 o 3 ejercicios completados a muy alta intensidad, ejercicios tales como: subir escaleras, agacharse, cambiar de dirección y saltar obstáculos.	Función de marcha, capacidad funcional	Resonancia magnética para los volúmenes musculares MAGNETOM Verio test-retest	El EAF y de fuerza combinado aumentó el tamaño de los músculos, la fuerza y la capacidad funcional en adultos jóvenes con parálisis cerebral. La adición de entrenamiento anaeróbico a los programas de entrenamiento de resistencia progresiva ayuda en la transferencia a una capacidad funcional mejorada. Estos hallazgos respaldan la importancia de un diseño apropiado de intervención con ejercicios para mejorar las deficiencias neuromusculares y la capacidad funcional en personas con parálisis cerebral
Ryan, 2020	Niños y adolescentes con PC Espástica GE: 13,6 años GC: 13,1 años	ER. 10 sesiones y 20 sesiones en sus casas durante 10 semanas. Se incluyeron ejercicios de prensa en pantorrillas y elevaciones de pantorrillas con y sin máquina, de pie y sentados; prensa de piernas. Se trabajó la mayor parte de los entrenamientos de manera unilateral con un aumento progresivo que comenzó de 4 a 8 series y de 6 a 12 repeticiones.	Función y velocidad de la marcha.	GMFM-66 Actigraph wGT3X Cosmed K5	Este estudio no mostró evidencias de que el entrenamiento de resistencia mostrara beneficios sobre la capacidad y la velocidad de marcha sobre los niños y adolescentes con PC. De hecho, el 90% de la muestra mostraron eventos adversos aunque no graves. Pese a ello, algunas revisiones hablan de que no es normal la aparición de estos eventos adversos.

GE: Grupo Experimental; GC: Grupo Control; ER: Entrenamiento de Resistencia; EAF: Entrenamiento Anaeróbico Funcional

El primer ensayo analizado fue el de Fosdahl et al. (2019) el cual no sólo realizó un programa de entrenamiento, sino que también realizó una sesión de entrenamiento de tren inferior sobre sus sujetos, dada la poca información de un programa combinado de entrenamiento y estiramientos que existía hasta la fecha. Los sujetos eran adolescentes que padecían parálisis cerebral y no se especificaba de qué tipo era.

Los resultados no fueron concluyentes, ni positivos, ni negativos. El objetivo principal era comprobar si realizar un programa combinado de entrenamiento y estiramientos mejoraba la función de marcha sobre los niños y adolescentes. Los resultados mostraron que la función de marcha no se veía beneficiada; no obstante, sí que hubo una mejora significativa en la distancia de la marcha con 6MWT (Prueba de marcha de 6 minutos) en ambos grupos ($p<0,05$), aunque no se mostraron diferencias entre estos.

El segundo ensayo que se analizó fue el del autor Elnaggar et al. (2022). el cual realizó en su ensayo de entrenamiento de resistencia a niños y adolescentes que tenían PC hemiparética. En este estudio se buscaba, como objetivo principal, analizar si era eficaz un programa de entrenamiento de resistencia para mejorar la simetría de la carga de peso, la simetría de la marcha y el equilibrio dinámico en niños y adolescentes con las características mencionadas.

Los resultados del estudio sugieren que la integración de un programa de entrenamiento de resistencia en el programa de fisioterapia estándar podría generar cambios más interesantes en todas las medidas de simetría de carga de peso, simetría de la marcha y equilibrio dinámico que la atención estándar sola. El programa de entrenamiento de resistencia produjo un aumento en la parética de la presión plantar del retropié y una disminución en la parética de la presión plantar del antepié, lo que implica un cambio favorable en el patrón de carga de peso que se acercó al patrón normal y un aumento del desplazamiento de peso en la pierna parética, lo que resultó en una mejora en la simetría de carga del lado parético/no parético ($p<0,05$).

Además, resultó en una reducción de las discrepancias entre el lado parético y no parético en cuanto longitud del paso y tiempo de apoyo de una sola pierna se refiere, que finalmente se tradujo en una mejor simetría de la marcha ($p<0,013$).

Es, por tanto, aconsejable que los profesionales de la rehabilitación física incluyan este modelo de entrenamiento en el tratamiento de estos pacientes (Elnaggar et al., 2022).

El tercer ensayo que se analizó fue el de Hanssen et al. (2022). En este estudio se evaluó los efectos de un programa de entrenamiento de resistencia progresiva sobre varias variables como eran la fuerza, la morfología y la función motora gruesa en las extremidades del tren inferior, para lo que se reclutaron niños que padecían PC espástica.

Como resultados, el grupo de intervención experimentó mejoras notables en la fuerza muscular en todos los grupos de músculos objetivo, lo que los diferencia del grupo de control. Específicamente, hubo una mejora significativa en la flexión de la rodilla ($p=0,008$) y una mejora casi significativa en la extensión y flexión plantar de la rodilla ($p \leq 0,015$). En general, el grupo de intervención experimentó un aumento casi significativo ($p<0,032$) en la extensión de la rodilla, en la flexión de la rodilla tuvo una mejora significativa ($p<0,05$) y en el torque máximo de la articulación en flexión plantar ($p<0,001$).

Como conclusión de este ensayo, las ganancias de fuerza isométrica y funcional a la función motora gruesa y la capacidad para caminar fue notable, destacando el principio de especificidad del entrenamiento. No obstante, las ganancias de fuerza obtenidas podrían usarse todavía más para mejorar la actividad y la participación en un programa de rehabilitación que

esté realmente bien planificado y periodizado que combine el tipo de entrenamiento con el mismo objetivo de mejorar la función de caminar.

El cuarto ensayo de Gillet et al. (2018), nos habla de un reclutamiento de sujetos algo mayores al resto. Reclutó sujetos adolescentes y adultos jóvenes, siendo la media aproximada de ambos grupos de 20 años. Para esta intervención se dividió el grupo de intervención y control también, sometiendo al primero de los grupos a un programa de 12 semanas con 3 días de entrenamientos semanales de entrenamiento anaeróbico funcional de alta intensidad.

El objetivo principal de este estudio fue mejorar la capacidad funcional y la función de marcha mediante un programa de entrenamiento ya mencionado en este tipo de población con PC espástica.

Como resultados, se obtuvo que a las 12 semanas, el grupo de entrenamiento exhibió valores significativamente más altos en varias áreas en comparación con el grupo de control (diferencia de medias ajustada). Estas áreas incluyen los volúmenes totales de los músculos flexor plantar y tibial anterior, siendo los músculos más y menos deteriorados los que muestran la mayor mejora. Además, el grupo de entrenamiento demostró una mayor fuerza de flexión plantar isométrica máxima ($p < 0,002$), potencia muscular ($p < 0,026$), potencia máxima en la prueba de sprint ($p < 0,085$), puntuación compuesta de fuerza funcional ($p < 0,018$) y distancia recorrida en la prueba de caminata de 6 minutos ($p < 0,028$).

Como conclusión, la inclusión del entrenamiento anaeróbico en programas de entrenamiento de resistencia progresiva ha demostrado ser beneficiosa para adultos jóvenes con parálisis cerebral, lo que resulta en un aumento del tamaño, la fuerza y la capacidad funcional de los músculos. Esta combinación de métodos de entrenamiento facilita la transferencia de mejoras a la capacidad funcional.

Por último, el quinto ensayo de Ryan et al. (2020) reclutó a niños y adolescentes con una media aproximada de edad de 13 años y los cuales padecían parálisis cerebral espástica. En este ensayo se realizó un programa de entrenamiento de resistencia durante 10 semanas donde no solo trabajaban bajo supervisión sino que también debían de entrenar por su cuenta en sus respectivas casas.

El objetivo principal que se perseguía era evaluar el efecto del entrenamiento de resistencia progresiva de los flexores plantares del tobillo sobre la eficiencia de la marcha, la actividad y la participación en adolescentes con parálisis cerebral. Como conclusiones, este autor pudo sacar que participar en un entrenamiento de resistencia progresiva tiene el potencial de mejorar la rigidez de los tendones, facilitando así una colaboración más eficaz entre los tendones y los músculos al caminar. Además, al aumentar el tamaño y la fuerza de los músculos flexores plantares, los individuos pueden mejorar la extensión de la rodilla durante la fase de postura de la marcha y ayudar a impulsar las extremidades inferiores durante la fase previa al equilibrio. En consecuencia, esto puede conducir a una mejor eficiencia al caminar y una alineación esquelética más erguida. Como resultado, se puede minimizar el esfuerzo interno innecesario y se puede optimizar la generación de energía en el tobillo.

DISCUSIÓN

El objetivo de esta revisión fue proporcionar una síntesis de la literatura científica para comprobar los beneficios del entrenamiento de fuerza y resistencia en niños y adolescentes que padecen parálisis cerebral, aunque también se incluyen adultos jóvenes.

En nuestro estudio, todos los ensayos clínicos encontrados poseen ≥ 5 en la escala PEDro, siendo el artículo con menor puntuación los de Fosdahl et al. en 2019 y Hanssen et al.

en 2022 con un 6 de valoración, tal y como se sugiere en PED, 2020. En la muestra de población considerada en nuestro estudio encontramos que la mayor parte de los participantes se encuentran entre el rango de edad que se buscaba, ya que nos interesaba que fueran niños y adolescentes, aunque el ensayo de Gillet et al. en 2018 incluyó también adultos jóvenes. Dentro del total de la muestra, el 100% de integrantes de los estudios padecen parálisis cerebral, siendo la mayor parte PC espástica (Gillet et al., 2018; Hanssen et al., 2022; Ryan et al., 2020) aunque también se incluyen sujetos con PC hemiparética (Elnaggar et al., 2022) y otro ensayo donde no se especifica qué tipo de parálisis padecen.

De los cinco ensayos analizados, tres alcanzaron los resultados que se esperaban (Elnaggar et al., 2022; Gillett et al., 2018; Hanssen et al., 2022); otro ensayo no llegó a alcanzar dichos resultados esperados pero consiguió obtener ciertos resultados los cuales podrían llegar a ser interesantes (Fosdahl et al., 2019); y, por último, un último ensayo que no logró alcanzar lo que se esperaba alcanzar, sino que obtuvo resultados totalmente opuestos a los que se esperaba conseguir, aunque sin perjudicar a los sujetos (Ryan et al., 2020).

Basándonos en cinco estudios, los cuales cumplen los criterios de inclusión, se evidencia que el EFR puede ser utilizado en usuarios con PC:

En el estudio de Elnaggar et al. (2022), lo que se destaca principalmente es la mejora de la fuerza en los miembros inferiores, en especial en los músculos más afectados de los miembros paréticos; en especial, se vieron claramente beneficiados variables como en la simetría tanto espacial como temporal de la marcha. Por otro lado, Hanssen et al. (2022), incluyó también entrenamiento de fuerza y no solo de resistencia, mostró también amplios beneficios en la fuerza de los miembros del tren inferior son deteriorar dichas partes. Existe evidencia científica donde se sugiere realizar este tipo de entrenamiento para mejorar dicho equilibrio y, por consiguiente, la marcha, ya que se ve claramente beneficiada la musculatura de, por ejemplo, la rodilla, los cuádriceps y la musculatura plantar y del tobillo (Abd-Elfattah et al., 2022). Gillett et al. (2018) llegó a la misma conclusión sobre la ganancia de fuerza gracias a un programa de entrenamiento de fuerza y resistencia donde se realizaban entrenamientos anaeróbicos también; aunque este autor, pese a que también habla de adolescentes, habla principalmente de adultos jóvenes.

Los cuatro autores anteriores llegan también a las mismas conclusiones en cuanto a la ganancia de masa muscular en las principales partes implicadas de la musculatura del tren inferior, en especial del cuádriceps y la musculatura plantar y del tobillo.

El estudio de Hanssen et al. (2022) nos habla de unas mejoras realmente significativas en la fuerza de los músculos del tren inferior. Los cambios generales fueron un aumento significativo del 22 % para la extensión de la rodilla, del 97 % para la flexión de la rodilla y del 77 % para el torque máximo de la articulación en flexión plantar en el grupo de intervención, en comparación con cambios no significativos de -3 %, 8 % y 16 % en el grupo control, respectivamente. Tras estos resultados obtenidos, consiguió obtener como resultado, realmente importante que se veían claramente mejoradas las capacidades de caminar y la función motora gruesa; aunque, tal y como indican distintos autores, es necesaria una exhaustiva búsqueda de ejercicios adecuados a cada sujeto (Liang et al., 2021; Scholtes et al., 2012; Taylor et al., 2013). Resultados similares obtuvo Gillett et al. (2018), donde hubo más hipertrofia en los flexores plantares de la extremidad menos afectada en comparación con la extremidad más afectada. Por ende, diseñar un EFR apropiado en individuos con PC puede ser imperativo cuando se trabaja con músculos más específicos, donde el rango de movimiento puede reducirse y afectar la cantidad y el rango de tensión que se puede desarrollar en los músculos.

Por otro lado, algunos autores coincidieron en el problema de varios de sus sujetos durante sus respectivas intervenciones debido a dolores musculares que experimentaron en la realización de ejercicios determinados (Fosdahl et al., 2019; Gillet et al., 2018). Sobre todo, estos dolores se mostraron en las partes lumbares y los músculos de la rodilla, aunque no abandonaron, sino que simplemente se realizó modificaciones en esos ejercicios que mostraban problemas para estos sujetos y se adaptó para que lo pudieran realizar con normalidad y sin dificultades.

Sobre los artículos de Fosdahl et al. (2019) y Ryan et al. (2020), llegaron a la conclusión de que la realización de un programa de EFR en sujetos con estas características no mostraron beneficios alguno sobre la capacidad de la marcha. No obstante, Fosdahl et al. (2019), pese a los resultados negativos de su intervención, afirmó que tampoco se mostraban resultados que pudieran llegar a ser negativos o contraproducentes para los niños y adolescentes con PC, sino que simplemente no les resultaba beneficioso; sin embargo, Ryan et al. (2020) sí que habla de la aparición de eventos adversos sobre sus sujetos, aunque no demasiado graves. De igual manera, ambos llegaron a la conclusión de que todavía es necesaria más intervenciones científicas sobre este tema, ya que en realidad es poca la literatura redactada sobre esto.

Como se ha mencionado anteriormente, otra posible solución podría ser el HIIT. Uno de los autores (Gillet et al. 2018) incluyó, en su programa de entrenamiento, ejercicios anaeróbicos donde se trabajó a muy alta intensidad, obteniendo finalmente resultados positivos sobre sus sujetos. Otros autores (Depiazzi et al., 2020; Lauglo et al., 2016), respaldan esta teoría de incluir en estos programas de entrenamientos ejercicios donde se trabaje mínimo al 80% de la frecuencia cardíaca máxima. Entre alguno de sus numerosos beneficios, encontramos que el HIIT mejora tanto la fuerza y la hipertrofia de los músculos implicados del tren inferior; lo cual, como ya sabemos, ayuda a la mejora de la movilidad y la función motora. Además, estos autores hablan también de la mejora del control motor, lo cual ayuda a mejorar tanto la coordinación como la capacidad de realizar actividades cotidianas, lo que nos lleva a confirmar que este tipo de entrenamiento puede resultar como una herramienta realmente útil para mejorar la función de marcha en este tipo de población. No obstante, es importante tener en cuenta una serie de consideraciones, ya que también existen algunos riesgos que no debemos pasar por alto, en especial en este tipo de población. Al igual que en el EFR, debemos de tener en cuenta las dificultades de cada niño y adaptar los ejercicios, tiempo de actividad y tiempo de descanso para evitar posibles lesiones (Qian et al., 2023). También debemos tener en cuenta los posibles problemas a la hora de comunicarse de estas personas, por lo que es importante que nos aseguremos bien de que han entendido correctamente las instrucciones de los ejercicios al igual que nosotros tener la capacidad de entenderlos bien cuando presenten algún tipo de malestar, pudiendo conseguir así las hipótesis planteadas al inicio.

Además de HIIT, otras de las posibles alternativas para trabajar con este tipo de población, sería trabajar este tipo de programas de entrenamiento pero ayudados por robots o algún tipo de inteligencia artificial que le pueda servir de ayuda a estas personas. Hay autores (Conner et al., 2020; Novak et al., 2013; Olmos et al., 2021) que nos hablan de los numerosos beneficios de incluir sistemas robóticos como ayuda a estas personas, en especial a aquellas que padezcan una PC más evolucionada. Entre sus numerosos beneficios encontramos su mayor seguridad para la realización de los ejercicios; además también aumenta la motivación de estos niños y adolescentes a que realicen los entrenamientos, ya que también se ve aumentada su autoestima (Olmos et al., 2021). Pese a ello, decidimos realizar esta revisión basándonos en programas de entrenamientos donde no se emplean estos sistemas robóticos o cualquier tipo de ayuda extra a la que brindan las personas implicadas dentro de los entrenamientos. Todo ello

debido a que una de las mayores desventajas que encontramos a la utilización de estos sistemas, es su alto costo. Queríamos analizar si se pueden ver beneficios notorios a este tipo de población en su capacidad de caminar con un sistema de fácil acceso para todo el mundo, o al menos que resulte lo más sencillo posible acceder a esa ayuda.

Finalmente, las hipótesis que se plantean para esta revisión se cumplen a niveles generales. Encontramos autores (Elnaggar et al., 2022; Gillett et al., 2018; Hanssen et al., 2022) que alcanzaron los resultados que teníamos previstos. Dichos autores consiguieron demostrar en sus respectivos ensayos que mediante este tipo de programa de entrenamiento se consigue hipertrofiar los principales músculos implicados en la función de marcha en el tren inferior; así como la mejora notable del equilibrio motor, especialmente de la parte del cuerpo implicada.

Además, queda demostrado también que incluyendo en dicho programa ejercicios donde se trabaje la capacidad anaeróbica o la resistencia cardiovascular (Gillett et al., 2018), se pueden ver mejoras en la función de marcha; mejorando la capacidad cardiovascular y pudiendo realizar así mayores distancias y con mayor calidad.

No obstante, tanto el primer ensayo como el último ensayo analizado (Fosdahl et al., 2019; Ryan et al., 2020) no cumplieron con las expectativas que se esperaban, acerca de la mejora de la función de marcha de niños y adolescentes con PC con este tipo de programa de entrenamiento. Sin embargo, Ryan et al., 2020) afirmaron que la gran mayoría de sus pacientes mostraron situaciones adversas a las que se esperaban conseguir, lo cual no significa que sea lo normal, tal y como indican otros autores (Naclerio et al., 2008). Esto quizás es debido a que no se realizó una planificación adecuada a los tipos de sujetos que realizaron los respectivos programas de entrenamiento, o no se tuvieron en cuenta ciertas consideraciones a la hora realizar los ejercicios; lo cuál es una de nuestras hipótesis, ya que como indican algunos autores (Chiu et al., 2020; Zwinkels et al., 2019), siempre es importante adaptar las sesiones a cada persona y tener muy en consideración la comunicación con ellos en todo momento.

En conclusión, aunque existe información que nos indica que aún es necesaria más investigación científica sobre la mejora de la función de marcha con este tipo de entrenamiento en niños y adolescentes con PC, por lo general son realmente positivos los resultados hasta ahora conseguidos sobre el asunto y realmente prometedora la información que aún no queda clara con certeza.

CONCLUSIÓN

A partir de los resultados obtenidos en la presente revisión, podemos señalar las siguientes conclusiones:

Existen evidencias de que el entrenamiento de fuerza y resistencia puede ser un método de intervención eficaz para tratar con niños y adolescentes con PC y mejorar así su función de marcha.

Podemos decir que el EFR tiene efectos beneficiosos en este tipo de población, ya que mejora la fuerza en los músculos del tren inferior, el equilibrio, la función motora gruesa y, en definitiva, la función de marcha.

Parece ser que se pueden observar beneficios con un programa de entrenamiento de fuerza y resistencia que dure entre 8 y 12 semanas con una frecuencia de 3 veces por semana.

Pese a que existe evidencia que muestra los beneficios de este tipo de programa de entrenamiento, hay autores que insisten en la necesidad de realizar más investigaciones

sobre el tema; haciendo también especial hincapié en la correcta elección de ejercicios, según el tipo de paciente, para evitar lesiones.

LIMITACIONES

Pese a los resultados positivos de la presente revisión sistemática, existieron diferentes limitaciones a la hora de realizar el estudio. A la hora de la búsqueda de artículos, había muchos de ellos que tenían acceso restringido y era necesario pagar para poder acceder a ellos; artículos que, por título y resumen, eran realmente interesantes para la revisión. Otra de las limitaciones, pero que a su vez puede ser una virtud, es que no hay artículos que hablen de una única tipología de parálisis en concreto. Si bien es cierto que predominan los artículos que tratan de la PC espástica, hay muchos de ellos que ni siquiera especifican qué tipo de parálisis padecían sus sujetos, lo cual también nos permitió darle más variedad a nuestro estudio. Otra consideración a tener en cuenta fueron los objetivos que plantean los estudios. Resultó complicado encontrar ensayos que buscaran un mismo objetivo en común, en nuestro caso la mejora de la función de marcha. Al final, cada ensayo busca un objetivo similar pero a través de la medición de distintas variables. Sin embargo, la mayor limitación que encontramos en la búsqueda de nuestro estudio fue la gran cantidad de investigaciones que incluían el uso de sistemas robóticos en sus sujetos. Tuvimos que hacer descartes de artículos, ya que incluían en sus entrenamientos algún tipo de sistema robótico en los pacientes, lo cual no coincidía con los objetivos del estudio.

APLICACIONES PRÁCTICAS

No obstante, pese a las limitaciones presentadas, realizar esta revisión sistemática sobre el EFR en niños y adolescentes con PC puede proporcionar información realmente valiosa que puede resultar en futuras intervenciones más efectivas y personalizadas, mejorando de esta manera la función de marcha y la calidad de vida de este tipo de poblaciones.

Basándonos en los hallazgos de la revisión, podría resultar de gran utilidad para los profesionales de la salud a la hora de diseñar programas de EFR específicos para niños con PC, teniendo en cuenta su edad, nivel de funcionalidad, necesidades individuales y otros posibles factores que puedan influir en su correcto desarrollo. Para ello, podría resultar interesante aplicar el principio del entrenamiento de la individualización. La creación de programas de entrenamiento exitosos requiere una comprensión de la individualidad de cada persona, donde incluimos el nivel de condición física, capacidades, objetivos, limitaciones físicas y fisiológicas y otros factores relevantes.

En lugar de realizar un entrenamiento único para todos, la individualización se centra en personalizar los programas de capacitación para abordar los requisitos únicos de cada persona. Esto puede implicar modificar variables como la intensidad, el volumen, la frecuencia, el tipo de ejercicio y los métodos de entrenamiento para satisfacer las necesidades individuales.

También es clave saber identificar qué tipos de EFR son más efectivos para mejorar la función de marcha en niños con parálisis cerebral; ya que, de esta manera, les permitirá tanto a los terapeutas, entrenadores como a profesionales en ciencia de la actividad física y el deporte en general, enfocarse en intervenciones que maximicen los beneficios en términos de movilidad y autonomía, evitando lo máximo posible los riesgos de lesión. Además, utilizar estos hallazgos, no solo para estos profesionales, sino también para educar tanto a los cuidadores como a los familiares de los pacientes sobre la importancia de este tipo de entrenamiento en niños y adolescentes con PC, así como para proporcionarles las herramientas y conocimientos necesarios para apoyar y fomentar la continua participación en un programa de ejercicios en casa, lo cuál puede resultar un método sencillo y saludable para estos pacientes.

Por ende, dado que cada PC es un mundo, así como cada persona, nuestra recomendación es que los profesionales de la salud y la actividad física incluyan en sus programas de entrenamiento con estos pacientes el principio de individualización.

FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Con vistas al futuro, puede resultar interesante realizar investigaciones científicas enfocadas en los diferentes tipos de PC, ya que como se indica en las limitaciones de la revisión sistemática, muchos de los ensayos encontrados, o bien no especificaron el tipo de PC que se trataba; o bien tratan, en su gran mayoría, de la PC espástica.

REFERENCIAS

- Abd-Elfattah, H. M., Ameen, F. H., Elkalla, R. A., Aly, S. M., & Abd-Elrahman, N. A. F. (2022). Loaded Functional Strength Training versus Traditional Physical Therapy on Hip and Knee Extensors Strength and Function Walking Capacity in Children with Hemiplegic Cerebral Palsy: Randomized Comparative Study. *Children (Basel, Switzerland)*, 9(7), 946. <https://doi.org/10.3390/children9070946>
- Araújo de Melo, EL, Badia Corbella, M., Orgaz Baz, MB, Verdugo Alonso, M. A., Arias Martínez, B., Gómez-Vela, M., González-Gil, F., & Ullán, AM (2012). CALIDAD DE VIDA EN NIÑOS Y ADOLESCENTES CON PARÁLISIS CEREBRAL. *Revista Brasileira em Promoção da Saúde*, 25 (4), 426-434. <https://www.redalyc.org/pdf/408/40824829006.pdf>
- Chiu, H. C., Ada, L., & Bania, T. A. (2020). Mechanically assisted walking training for walking, participation, and quality of life in children with cerebral palsy. *The Cochrane database of systematic reviews*, 11(11), CD013114. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD013114.pub2>
- Conner, B. C., Remec, N. M., Orum, E. K., Frank, E. M., & Lerner, Z. F. (2020). Wearable Adaptive Resistance Training Improves Ankle Strength, Walking Efficiency and Mobility in Cerebral Palsy: A Pilot Clinical Trial. *IEEE open journal of engineering in medicine and biology*, 1, 282-289. <https://doi.org/10.1109/ojemb.2020.3035316>
- Depiazzi, J., Smith, N., Gibson, N., Wilson, A., Langdon, K., & Hill, K. (2021). Aquatic high intensity interval training to improve aerobic capacity is feasible in adolescents with cerebral palsy: pilot randomised controlled trial. *Clinical rehabilitation*, 35(2), 222-231. <https://doi.org/10.1177/0269215520956499>
- Elnaggar, R. K., Alhowimel, A., Alotaibi, M., Abdrabo, M. S., & Elshafey, M. A. (2022). Accommodating variable-resistance exercise enhance weight-bearing/gait symmetry and balance capability in children with hemiparetic cerebral palsy: a parallel-group, single-blinded randomized clinical trial. *European journal of physical and rehabilitation medicine*, 58(3), 378-386. <https://doi.org/10.23736/S1973-9087.21.07324-X>
- Espeso, N., Comet, B., Coronas, S., Saiz, A., Blasco, N. (2022). Intervenciones fisioterápicas en niños con parálisis cerebral. *Revista Sanitaria de Investigación*, ISSN-e 2660-7085, Vol. 3, N°. 2, 2022. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8340830>
- Eunice Kennedy Shriver National Institute of Child Health and Human Development (NICHD), (2013). Cerebral Palsy. hope through research. *U.S. Department of Health and Human Services*. <https://www.nichd.nih.gov/health/topics/factsheets/cerebral-palsy>
- Fleeton, J. R. M., Sanders, R. H., & Fornusek, C. (2020). Strength Training to Improve Performance in Athletes With Cerebral Palsy: A Systematic Review of Current Evidence. *Journal of Strength and Conditioning Research* 34(6):p 1774-1789. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003232>
- Fosdahl, M. A., Jahnsen, R., Kvalheim, K., & Holm, I. (2019). Effect of a Combined Stretching and Strength Training Program on Gait Function in Children with Cerebral Palsy, GMFCS Level I & II: A Randomized Controlled Trial. *Medicina (Kaunas, Lithuania)*, 55(6), 250. <https://doi.org/10.3390/medicina55060250>
- García Ron A, Arriola Pereda G, Machado Casas IS, Pascual Pascual I, Garriz Luis M, García Ribes A, et al. (2022). Parálisis cerebral. *Protocol diagn ter pediatr*. 2022;1:103-114.
- 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 and science in sports and exercise*, 50(8), 1549-1557. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001614>
- Hanssen, B., Peeters, N., De Beukelaer, N., Vannerom, A., Peeters, L., Molenaers, G., Van Campenhout, A., Deschepper, E., Van den Broeck, C., & Desloovere, K. (2022). Progressive resistance training for children with cerebral palsy: A randomized controlled trial evaluating the effects on muscle strength and morphology. *Frontiers in physiology*, 13, 911162. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.911162>

- Heredia, J., García, G., Aguilera, J., Da Silva, M., Del Rosso, S. (2016). Concurrent Strength and Endurance Training: A Narrative Review. *Journal International Journal of Physical Exercise and Health Science for Trainers, Volume 1, number 1*.
- Kaya Kara, O., Livanelioglu, A., Yardımcı, B. N., & Soylu, A. R. (2019). The Effects of Functional Progressive Strength and Power Training in Children With Unilateral Cerebral Palsy. *Pediatric physical therapy : the official publication of the Section on Pediatrics of the American Physical Therapy Association*, 31(3), 286–295. <https://doi.org/10.1097/PEP.0000000000000628>
- Lauglo, R., Vik, T., Lamvik, T., Stensvold, D., Finbråten, A. K., & Moholdt, T. (2016). High-intensity interval training to improve fitness in children with cerebral palsy. *BMJ open sport & exercise medicine*, 2(1), e000111. <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2016-000111>
- Liang, X., Tan, Z., Yun, G., Cao, J., Wang, J., Liu, Q., & Chen, T. (2021). Effectiveness of exercise interventions for children with cerebral palsy: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Journal of rehabilitation medicine*, 53(4), jrm00176. <https://doi.org/10.2340/16501977-2772>
- Liberati, A., Altman, D. G., Tetzlaff, J., Mulrow, C., Gøtzsche, P. C., Ioannidis, J. P.,... Moher, D. (2009). The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. *PLoS Medicine*, 6(7), e1000100. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2009.06.006>
- Naclerio Ayllón, F., & Jiménez Gutiérrez, A. (2008). Entrenamiento de fuerza contra resistencia: Cómo determinar las zonas de entrenamiento. *Revista de deporte y ejercicio humanos*, 2 (2), 42–52.
- Novak, I., McIntyre, S., Morgan, C., Campbell, L., Dark, L., Morton, N., Stumbles, E., Wilson, S. A., & Goldsmith, S. (2013). A systematic review of interventions for children with cerebral palsy: state of the evidence. *Developmental medicine and child neurology*, 55(10), 885–910. <https://doi.org/10.1111/dmcn.12246>
- Physiotherapy Evidence Database (PED), (2020). PEDro. Physiotherapy Evidence Database. <http://www.pedro.org.au/spanish/faq/>
- Olmos-Gómez, R., Gómez-Conesa, A., Calvo-Muñoz, I., & López-López, J. A. (2021). Effects of Robotic-Assisted Gait Training in Children and Adolescents with Cerebral Palsy: A Network Meta-Analysis. *Journal of clinical medicine*, 10(21), 4908. <https://doi.org/10.3390/jcm10214908>
- Qian, G., Cai, X., Xu, K., Tian, H., Meng, Q., Ossowski, Z., & Liang, J. (2023). Which gait training intervention can most effectively improve gait ability in patients with cerebral palsy? A systematic review and network meta-analysis. *Frontiers in neurology*, 13, 1005485. <https://doi.org/10.3389/fneur.2022.1005485>
- Quilindo, C. A. L., & Narváez, L. M. C. (2024). Entrenamiento Interválico de Alta Intensidad (HIIT) en Deportistas Paralímpicos. Una revisión narrativa (High Intensity Interval Training (HIIT) in Paralympic Athletes. A narrative review). *Retos*, 51, 1431-1441. <https://doi.org/10.47197/retos.v51.101379>
- Rapson, R., Marsden, J., Latour, J., Ingram, W., Stevens, K. N., Cocking, L., & Carter, B. (2022). Multicentre, randomised controlled feasibility study to compare a 10-week physiotherapy programme using an interactive exercise training device to improve walking and balance, to usual care of children with cerebral palsy aged 4-18 years: the ACCEPT study protocol. *BMJ open*, 12(5), e058916. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2021-058916>
- Ryan, J. M., Lavelle, G., Theis, N., Noorkoiv, M., Kilbride, C., Korff, T., Baltzopoulos, V., Shortland, A., Levin, W., & Star Trial Team (2020). Progressive resistance training for adolescents with cerebral palsy: the STAR randomized controlled trial. *Developmental medicine and child neurology*, 62(11), 1283–1293. <https://doi.org/10.1111/dmcn.14601>
- Sadowska, M., Sarecka-Hujar, B., & Kopyta, I. (2020). Cerebral Palsy: Current Opinions on Definition, Epidemiology, Risk Factors, Classification and Treatment Options. *Neuropsychiatric disease and treatment*, 16, 1505–1518. <https://doi.org/10.2147/NDT.S235165>
- Scholtes, V. A., Becher, J. G., Janssen-Potten, Y. J., Dekkers, H., Smallenbroek, L., & Dallmeijer, A. J. (2012). Effectiveness of functional progressive resistance exercise training on walking ability in children with cerebral palsy: a randomized controlled trial. *Research in developmental disabilities*, 33(1), 181–188. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2011.08.026>
- Taylor, N. F., Dodd, K. J., Baker, R. J., Willoughby, K., Thomason, P., & Graham, H. K. (2013). Progressive resistance training and mobility-related function in young people with cerebral palsy: a randomized controlled trial. *Developmental medicine and child neurology*, 55(9), 806–812. <https://doi.org/10.1111/dmcn.12190>
- Theis, N., Noorkoiv, M., Lavelle, G., & Ryan, J. (2021). Predictors of Treatment Response to Progressive Resistance Training for Adolescents With Cerebral Palsy. *Physical therapy*, 101(12), p2ab202. <https://doi.org/10.1093/ptj/pzab202>
- Zwinkels, M., Verschuren, O., de Groot, J. F., Backx, F. J., Wittink, H., Visser-Meily, A., & Takken, T. (2019). Effects of high-intensity interval training on fitness and health in youth with physical disabilities.

Pediatric physical therapy : the official publication of the Section on Pediatrics of the American Physical Therapy Association, 31(1), 84–93. <https://doi.org/10.1097/PEP.0000000000000560>