



TÍTULO

**EFECTIVIDAD DEL ENTRENAMIENTO DE
FUERZA EN NIÑOS Y JÓVENES CON
PARÁLISIS CEREBRAL
REVISIÓN SISTEMÁTICA**

AUTORA

Manuela Herreros Laguía

Tutor
Instituciones
Curso
©
©
Fecha
documento

Esta edición electrónica ha sido realizada en 2023

Dr. D. Delfín Galiano Orea

Universidad Internacional de Andalucía ; Universidad Pablo de Olavide

Máster en Actividad Física y Salud (2021-22)

Manuela Herreros Laguía

De esta edición: Universidad Internacional de Andalucía

2022



**Atribución-NoComercial-SinDerivadas
4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0)**

Para más información:

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.en>



EFFECTIVIDAD DEL ENTRENAMIENTO DE FUERZA EN NIÑOS Y JÓVENES CON PARÁLISIS CEREBRAL. REVISIÓN SISTEMÁTICA.

Trabajo de Fin de Master presentado para optar al Título de Master Universitario en Actividad Física y Salud por MANUELA HERREROS LAGÚIA, siendo el tutor del mismo el Dr. D. DELFÍN GALIANO OREA



MÁSTER OFICIAL INTERUNIVERSITARIO EN ACTIVIDAD FÍSICA Y SALUD
TRABAJO DE FIN DE MÁSTER CURSO ACADÉMICO 2021-2022

TÍTULO: Efectividad del entrenamiento de fuerza en niños y jóvenes con parálisis cerebral.
Revisión sistemática.

AUTOR: Manuela Herreros Laguía

TUTOR ACADEMICO: Dr. D. Delfín Galiano Orea

RESUMEN:

Objetivo: Esta revisión sistemática tiene como principal objetivo analizar los efectos del entrenamiento de fuerza en niños y jóvenes con parálisis cerebral.

Material y método: Se ha realizado una búsqueda en las bases de datos PubMed y PEDro, incluyendo ensayos clínicos aleatorizados publicados en los últimos 10 años.

Resultados: Se han incluido nueve artículos en esta revisión. La mayoría de los artículos muestran resultados positivos a favor del entrenamiento de fuerza para la fuerza muscular y cuatro artículos evidencian beneficios en la función motora gruesa, la marcha y el equilibrio.

Conclusiones: El entrenamiento de fuerza en parálisis cerebral mejora la fuerza muscular sin aumentar la espasticidad, pero existen contradicciones sobre sus beneficios funcionales.

PALABRAS CLAVE:

Parálisis cerebral, ejercicio, fuerza.

ABSTRACT:

Objective: This systematic review aims to analyze the effects of strength training in children and young people with cerebral palsy.

Material and method: We have searched the PubMed and PEDro databases, including randomized clinical trials published in the last 10 years.

Results: Nine articles have been included in this review. Most articles show positive results in favor of strength training for muscle strength and four articles show benefits for gross motor function, gait and balance.

Conclusions: Strength training in cerebral palsy improves muscle strength without increasing spasticity, but there are contradictions about its functional benefits.

KEYWORDS:

Cerebral palsy, exercise, strength.

Contenido

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS.....	3
2.1. General	3
2.2 Específicos	4
3. METODOLOGÍA	4
4. RESULTADOS	6
4.1. Evaluación de la calidad metodológica	6
4.2. Características de los estudios	7
5. DISCUSIÓN.....	26
6. CONCLUSIONES.....	29
7. BIBLIOGRAFÍA.....	29

1. INTRODUCCIÓN

La parálisis cerebral es un problema del neurodesarrollo bien reconocido que comienza en la primera infancia y persiste durante la vida. Definir "parálisis cerebral" ha sido un desafío debido al número de intentos que se han hecho a través de los años. En 2006 se adoptó a nivel internacional y de forma consensuada definir parálisis cerebral como *un grupo de trastornos permanentes del desarrollo del movimiento y la postura, provocando limitación en la actividad, que se atribuyen a perturbaciones no progresivas que ocurrieron en el cerebro fetal o infantil en desarrollo* (Rosenbaum et al., 2007).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) a través de la Clasificación Internacional de Funcionamiento, Discapacidad y Salud (CIF) habla de "actividad" como "la ejecución de una tarea o acción", e identifica la "limitación de la actividad" como "dificultades que un individuo puede tener en la ejecución de actividades" (Rosenbaum et al., 2007).

Los trastornos motores de la parálisis cerebral suelen ir acompañados por alteraciones de la sensibilidad, la percepción, la cognición, la comunicación y el comportamiento, por la epilepsia y alteraciones musculoesqueléticas. Estas manifestaciones del cerebro desordenado pueden ser más significativo en diferentes personas o en diferentes períodos de la vida. Los problemas motores pueden conducir a dificultades para caminar, alimentarse y tragar, movimientos oculares, articulación del habla, función musculoesquelética y, por lo tanto, limitando la participación en la sociedad (Rosenbaum et al., 2007).

La parálisis cerebral se puede clasificar según el tipo y la gravedad del deterioro motor junto con la distribución anatómica en parálisis cerebral espástica (puede ser diplegia, hemiplejia o cuadriplejia), discinética (puede ser coreoatetosis o distónica), atáxica o mixta, siendo la parálisis cerebral espástica el tipo más común (70-80%) (Bangash et al., 2014).

Para determinar la gravedad de la parálisis cerebral se utiliza el Sistema de Clasificación de la Función Motora Gruesa (GMFCS) que describe las principales características funcionales de los niños con parálisis cerebral (Gorter et al., 2004). Es un método simple para clasificar a los niños con parálisis cerebral hasta los 12 años y, posteriormente, con el Sistema de Clasificación de la Función Motora Gruesa ampliado y revisado (GMFCS-E&R) hasta los 18 años. El GMFCS incluye 5 niveles (el nivel I son los niños con mayor independencia y el nivel V los de menor independencia) y 5 franjas de edad (menos de 2 años, entre 2-4 años, entre 4-6 años, entre 6-12 años y entre 12-18 años). El GMFCS tiene como objetivo mejorar la comunicación entre las familias y los profesionales al describir la función motora gruesa de

un niño, ayudando a establecer metas y tomar decisiones de intervención, en base a sus capacidades y limitaciones funcionales y teniendo en cuenta la influencia de factores ambientales como el entorno físico y social, y personales como preferencias, intereses y motivación en el desempeño de la función motora gruesa (Palisano et al., 2008).

La función motora se puede evaluar utilizando el Gross Motor Function Measure (GMFM). Es una herramienta de observación clínica, ampliamente utilizada y validada en niños con parálisis cerebral propuesta por Rusell et al., 1989. El GMFM mide la función motora gruesa al acostarse y rodar, gatear y arrodillarse, sentarse, pararse y caminar, correr y saltar. La medida original consta de 88 ítems. Más tarde, Rusell et al., 2000 publicaron una nueva versión reduciéndola a 66 ítems, ambas escalas tienen capacidad para evaluar cambios significativos en la función motora gruesa y se puede utilizar con cualquier niño o adolescente con parálisis cerebral (Gorter et al., 2004).

La parálisis cerebral es la discapacidad física más común en la infancia. (Novak et al., 2020). En los últimos 40 años la prevalencia de la parálisis cerebral ha aumentado por encima del 2 por 1000 de nacidos vivos, aumentando la proporción de hemiplejía y disminuyendo la proporción de diplejía. Los factores de riesgo más importantes para la parálisis cerebral son: el bajo peso al nacer, las infecciones intrauterinas y las gestaciones múltiples. Del 25 al 80% presentan deficiencias adicionales; una gran proporción presenta deterioro cognitivo, entre el 20-40% presenta epilepsia, aproximadamente la mitad tiene la sensibilidad alterada en las manos, hasta el 80% tiene algún impedimento del habla, casi tres cuartas partes tiene baja agudeza visual, la mitad tienen problemas gastrointestinales y de alimentación, en una cuarta parte hay retraso en el crecimiento y en los adultos con parálisis cerebral más de una cuarta parte refiere dolor crónico. (Odding et al., 2006).

Sin embargo, en la última década, el diagnóstico temprano y estrategias de prevención y tratamiento han producido cambios en la incidencia que ha disminuido, un mejor pronóstico y mayor capacidad de respuesta al tratamiento ya que hay más niños que pueden caminar (Novak et al. 2020).

Es necesario poder ofrecer a profesionales y familias intervenciones más nuevas, más seguras y más efectivas para el tratamiento de la parálisis cerebral. Por ello Novak y colaboradores llevaron a cabo una revisión sistemática en 2019 para conocer la evidencia disponible sobre las intervenciones en parálisis cerebral a través de un sistema de semáforos clasificándolas en intervenciones que funcionan y se recomienda hacer (color verde), intervenciones que no funcionan o producen daño y es mejor no hacer (color rojo) e intervenciones prometedoras que requieren más investigación, intervenciones en las que se

desconocen los efectos por falta de investigación o que presentan resultados contradictorios y no está claro cómo respondería el paciente (color amarillo). El entrenamiento de fuerza se encuentra dentro de las intervenciones de color verde.

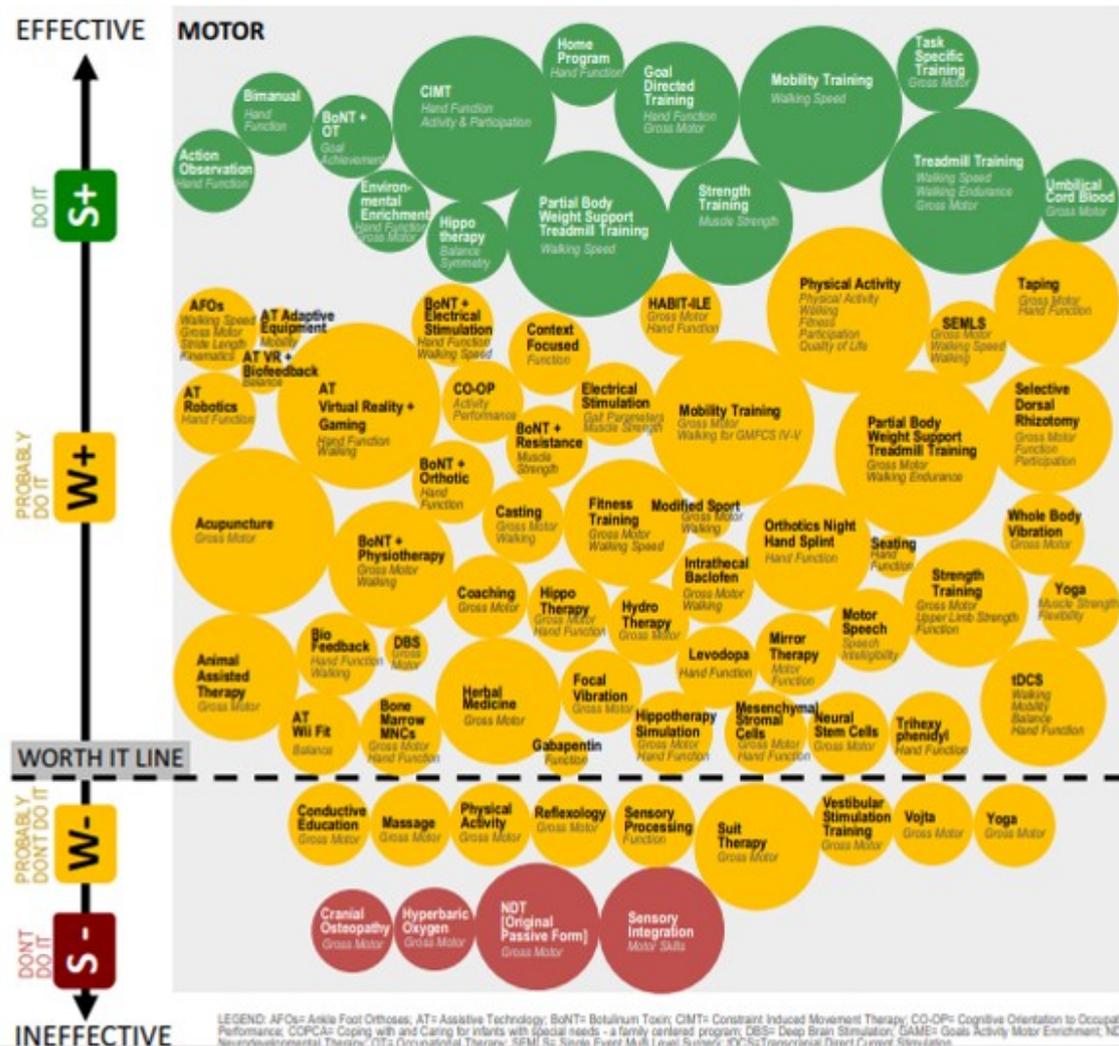


Figura 1.1. Artículo original de: Novak, I., Morgan, C., Fahey, M., Finch-Edmondson, M., Galea, C., Hines, A. Langdon K., Namara M. M., Paton, M. C., Popat, H., Shore, B., Khamis A., Stanton, E., Finemore, O. P., Tricks, A., Te Velde, A., Dark, L., Morton, N., & Badawi, N. (2020). State of the Evidence Traffic Lights 2019: Systematic Review of Interventions for Preventing and Treating Children with Cerebral Palsy. *Current neurology and neuroscience reports*, 20(2), 3.

2. OBJETIVOS

2.1. GENERAL

El objetivo principal es conocer la evidencia científica disponible sobre la efectividad del

entrenamiento de fuerza en niños y jóvenes con parálisis cerebral con edades comprendidas entre los 2 y los 18 años, abarcando de este modo toda la etapa escolar.

2.2 ESPECÍFICOS

- Analizar los efectos del entrenamiento de fuerza en parálisis cerebral.
- Proporcionar información sobre estrategias de entrenamiento y parámetros de dosificación que se asocien con resultados positivos.
- Evaluar la calidad metodológica de los ensayos clínicos aleatorizados (ECAs) seleccionados a través de la escala PEDro.

3. METODOLOGÍA

Se han realizado búsquedas electrónicas en las bases de datos PubMed y PEDro en marzo y abril de 2022.

Los estudios se han seleccionado atendiendo a los siguientes criterios de inclusión y exclusión:

Criterios de inclusión: Población con parálisis cerebral entre 2 y 18 años, ensayos controlados aleatorizados en los que se realizó un programa de entrenamiento de fuerza o entrenamiento de resistencia progresiva y que han sido publicados en los últimos 10 años, sin restricciones de idioma.

Criterios de exclusión: Estudios publicados donde el entrenamiento de fuerza se combina con otro tipo de intervención en personas con parálisis cerebral, estudios realizados en personas con parálisis cerebral en otro rango de edad o estudios realizados en personas con otro tipo de discapacidad motora y estudios cuya metodología sea la revisión sistemática.

PubMed

Los términos de búsqueda utilizados han sido las palabras clave “cerebral palsy”, “exercise” y “strength”.

La cadena de búsqueda utilizada ha sido la siguiente:

(((cerebral palsy[Title/Abstract]) AND (exercises[Title/Abstract])) AND (strength[Title/Abstract])) OR (((cerebral palsy[MeSH Terms]) AND (exercises[MeSH Terms])) AND (muscle strength[MeSH Terms]))

Después de aplicar el filtro de tipo de artículo (ensayo clínico aleatorizado), fecha de publicación (últimos 10 años) y edad (niño preescolar 2-5 años, niño escolar 5-12 años y adolescente 13-18 años) se obtuvieron 28 artículos. Tras la lectura del título y resumen y teniendo en cuenta los criterios de inclusión y exclusión se seleccionaron 6 artículos para su estudio.

PEDro

En este caso la búsqueda se ha realizado introduciendo los datos de la siguiente manera:

Therapy: strength training

Subdiscipline: neurology

Topic: cerebral palsy

Uniendo los términos con AND

Después de aplicar el filtro para buscar publicaciones desde el 2012 y tipo de estudio ensayo clínico se obtuvieron 61 resultados. Tras la lectura del título y resumen y teniendo en cuenta los criterios de inclusión y exclusión se seleccionaron 9 artículos para su estudio.

Las búsquedas en ambas bases de datos han proporcionado un total de 15 artículos, de los cuales 5 artículos están duplicados y 1 artículo no ha sido posible conseguirlo en texto completo. Por lo que, para realizar la siguiente revisión se han incluido 9 artículos que cumplen con los criterios de inclusión y exclusión descritos. Los resultados se muestran en la siguiente figura (figura 3.1).

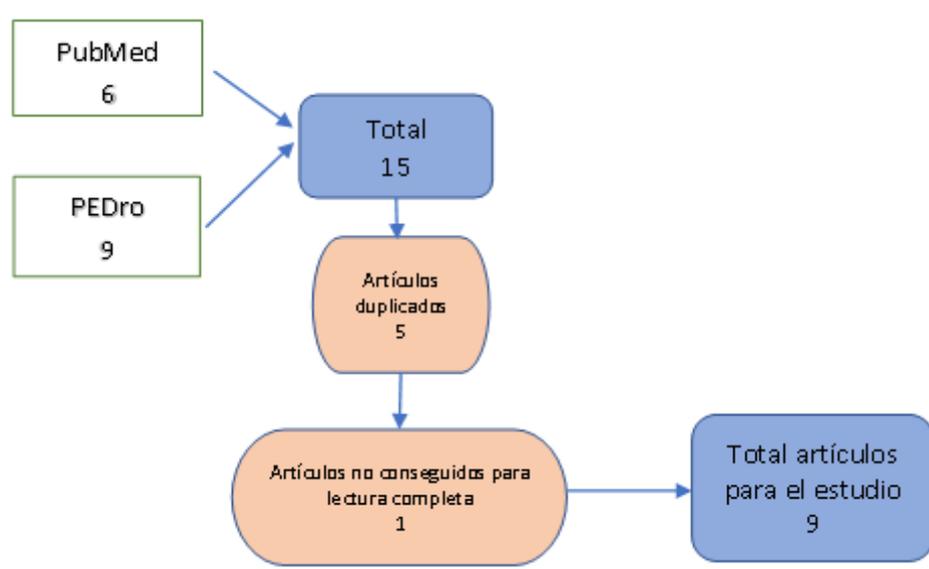


Figura 3.1. Diagrama de resultados de las búsquedas realizadas en PubMed y PEDro. Se ha utilizado las normas APA para las referencias y notas bibliográficas.

4. RESULTADOS

4.1. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD METODOLÓGICA

Se ha utilizado la escala Physiotherapy Evidence Database (PEDro) para evaluar la calidad metodológica de los artículos seleccionados. La escala PEDro evalúa 11 ítems relacionados con la validez interna del estudio, excepto el ítem 1 (criterios de elegibilidad) que no se computa en la puntuación total. Cada ítem se puntúa como presente (1) o ausente (0) con una puntuación máxima de hasta 10. Un ensayo se considera de calidad moderada a alta si obtiene una puntuación de al menos 6/10 (Maher et al., 2003).

Los resultados de la evaluación de la calidad metodológica de los ECAs se muestran en la tabla 4.1.

	Criterios de selección	Asignación aleatoria	Asignación oculta	Grupos similares	Sujetos cegados	Terapeutas cegados	Evaluadores cegados	Seguimiento adecuado	Intención de tratar	Comparación entre grupos	Medidas puntuales y variabilidad	Puntuación total
Bania et al., 2016	SI	SI	SI	SI	NO	NO	SI	NO	SI	SI	SI	7
Cho y Lee, 2020	NO	SI	NO	SI	NO	NO	NO	SI	NO	SI	SI	5
Kruse et al., 2019	NO	SI	NO	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	3
Kusumoto et al., 2016	SI	SI	NO	SI	NO	NO	SI	SI	NO	SI	SI	6
Ryan et al., 2020	SI	SI	SI	SI	NO	NO	SI	SI	SI	SI	SI	8
Scholtes et al., 2012	SI	SI	SI	SI	NO	NO	SI	SI	SI	SI	SI	8
Schranz et al., 2018	SI	SI	SI	SI	NO	NO	NO	NO	NO	SI	SI	5
Taylor et al., 2013	SI	SI	SI	SI	NO	NO	SI	SI	SI	SI	SI	8
Tedla, 2014	NO	SI	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	SI	SI	4

Tabla 4. 1. Evaluación de la calidad metodológica.

De los 9 ECAs seleccionados, 5 presentan una calidad metodológica buena.

4.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS ESTUDIOS

Se muestran los resultados en dos grupos según la edad de los participantes para contemplar los efectos del entrenamiento de fuerza en niños y jóvenes con parálisis cerebral, resumiendo la información en una tabla que incluye autores y año de publicación, características de la muestra, tipo de intervención de fuerza, medidas de evaluación y resultados obtenidos (tabla 4.2.1 y tabla 4.2.2).

Por otro lado, se compara los efectos del entrenamiento de resistencia progresiva y el entrenamiento de alta intensidad en niños con esta patología (tabla 4.2.3).

	Muestra	Intervención	Medidas	Resultados
Scholtes et al., 2012	N=49 GI: 24 GC: 25	GC: Fisioterapia convencional	Capacidad para caminar: -Actividad	GI: Aumento de fuerza muscular
	PC unilateral o bilateral espástica GMFCS I-III 6-13 años	GI: Entrenamiento funcional de resistencia progresiva con un ejercicio en prensa de piernas adaptada y tres ejercicios funcionales (sit-to-stand, step-up lateral, media elevación de rodilla) 3 series de 8 repeticiones Sesión 60 minutos 3 veces por semana 12 semanas En la escuela Evaluación inicial, después de 6 semanas de entrenamiento, después de 12 semanas de entrenamiento y a las 6 semanas de seguimiento	Prueba caminata de 10 metros Prueba 1 minuto Fast Walk Test Timed Stair Test -Participación Cuestionario Children's Assessment of Participation and Enjoyment Potencia muscular anaeróbica: Prueba Wintage 20s en cicloergómetro Fuerza muscular: Fuerza muscular isométrica total con dinamómetro manual y 6RM en prensa de piernas Espasticidad: Bloqueo en estiramiento pasivo rápido Rango de movimiento con goniometría	No hubo cambios en la espasticidad No mejora la capacidad para caminar No hubo efecto sobre la potencia muscular anaeróbica Disminución significativa en la longitud del recto femoral
Cho y Lee, 2020	N=25 GI: 13 GC: 12	GC: Fisioterapia convencional	Fuerza extensora de rodilla con dinamómetro	GI: Aumento significativo de fuerza extensora de rodilla
	PC diplejia	GI: Programa de ejercicio funcional de resistencia progresiva con tres ejercicios	Rango de movimiento poplíteo con goniómetro	Aumento de grosor y área transversal de

	espástica	funcionales (sentarse para ponerse de pie, ponerse de pie medio arrodillado y subir escalón lateral)	Morfología del cuádriceps con ultrasonidos	cuádriceps
	GMFCS I-III			Aumento de rango de movimiento poplíteo (reduce tono muscular)
	6-13 años	8-12 repeticiones 3 veces por semana Sesión 30 minutos 6 semanas	Equilibrio dinámico con prueba de alcance	Aumento del equilibrio dinámico
		Evaluación 1 semana antes y 1 semana después de la intervención	Capacidad funcional con GMFM-88	Aumento de la puntuación GMFM-88
				No aumenta la espasticidad
Tedla, 2014	N= 60	GC. Fisioterapia convencional	Fuerza muscular con dinamómetro	GI: Aumento muy significativo en la fuerza muscular
	PC diplegia espástica	GI: circuito de estaciones de trabajo con principios de ejercicios progresivos resistidos	Equilibrio con escala de equilibrio pediátrico	Aumento en casi todas las puntuaciones de la escala de equilibrio
	GMFCS-E&R I-IV	3 series de 12 repeticiones 3 veces por semana Sesión 40-90 minutos 6 semanas	Función motora con GMFM	Aumento en todas las dimensiones de GMFM
	5-14 años			

Tabla 4.2.1. El entrenamiento de fuerza en niños con PC de 5 a 14 años de edad.

El objetivo del estudio llevado a cabo por **Scholtes et al., 2012** fue evaluar la efectividad del entrenamiento de fuerza a través de un programa de entrenamiento funcional en la escuela con ejercicios de resistencia progresiva sobre la capacidad de caminar, la potencia muscular anaeróbica y la fuerza muscular en niños con parálisis cerebral, y si producía resultados adversos sobre la espasticidad y rango de movimiento. El estudio lo completaron un total de 49 niños ambulatorios (GMFCS I-III) con parálisis cerebral unilateral o bilateral espástica con edades entre 6 y 13 años que fueron asignados al azar a un grupo de intervención (n=24) o a un grupo de control (n=25). El grupo control continuó con su programa de fisioterapia convencional mientras que el grupo intervención participó en un programa de entrenamiento con ejercicios de resistencia progresiva de 12 semanas, 3 días a la semana durante 60 minutos. Los principios del entrenamiento fueron proporcionar suficiente resistencia para que solo se pudieran completar 8 repeticiones antes de que apareciera la fatiga, aumentar progresivamente la resistencia a medida que aumentaba la fuerza y que el programa de entrenamiento tuviera una duración suficiente para que aparecieran los beneficios (12 semanas). Cada sesión de entrenamiento consistió en un ejercicio en una prensa de piernas adaptada y tres ejercicios funcionales (sit to stand, step up lateral y media elevación de rodilla) cargados con un chaleco lastrado, realizando 3 series de 8 repeticiones. La capacidad para caminar se midió en dos niveles: actividad y participación. La actividad se evaluó con la prueba de caminata de 10 metros, la prueba de 1 minuto Fast Walk Test y el Timed Stair Test. La participación se evaluó con el cuestionario Children's Assessment of Participation and Enjoyment. La potencia muscular anaeróbica fue evaluada con una prueba de Wingate de 20 segundos en cicloergómetro. La fuerza muscular se evaluó como fuerza muscular isométrica total (calculada con la suma de extensores, flexores y abductores de cadera, extensores y flexores de rodilla y flexores plantares de tobillo con dinamómetro) y con 6RM determinado en la prensa de piernas. La espasticidad se midió a través de la presencia de un bloqueo espástico en un estiramiento rápido de la musculatura. Y el rango de movimiento se midió con goniómetro la longitud muscular de los isquiotibiales, aductores, recto femoral, soleo y gastrocnemio. Los resultados obtenidos en dicho estudio después del final del entrenamiento en el grupo intervención en comparación con el grupo control fueron un aumento significativo en la fuerza muscular, pero este aumento de fuerza no se relacionó con mejor capacidad para caminar ya que no se encontró ningún efecto sobre la velocidad de la marcha y la longitud de zancada. Por otro lado, se plantea que caminar solo requiere una cierta cantidad de fuerza muscular y, en este caso, los participantes ya tenían capacidad de marcha por lo que sugieren que su fuerza muscular inicial ya fuera suficiente para caminar y que aumentos en la fuerza

muscular no produjeron una mejora adicional en la capacidad de marcha. Lo que no pudo comprobar este estudio es si el entrenamiento de fuerza puede mejorar el rendimiento de la marcha en lo que se refiere a la resistencia o la fatiga que aparece durante una marcha prolongada. El entrenamiento de fuerza no tuvo efecto sobre la potencia muscular anaeróbica ni sobre la espasticidad que se mantuvo sin cambios, por lo tanto, la espasticidad no es una contraindicación para el entrenamiento de fuerza. Pero sí apareció un efecto adverso en el grupo intervención con una disminución significativa en el rango de movimiento de la flexión de rodilla por una disminución en la longitud del músculo recto femoral, aun así, no tuvo deterioros en la marcha.

Cho y Lee, 2020 llevaron a cabo un estudio para investigar los efectos del ejercicio funcional de resistencia progresiva sobre el tono muscular, el equilibrio dinámico y la capacidad funcional en niños con parálisis cerebral. Participaron 25 niños con parálisis cerebral diplejía, con edades entre 6 y 13 años y nivel GMFCS entre I y III, asignados aleatoriamente al grupo intervención de ejercicio funcional de resistencia progresiva (n=13) y al grupo control que siguió un programa de fisioterapia convencional (n=12). El programa de ejercicio funcional de resistencia progresiva se realizó 3 veces por semana durante 6 semanas en sesiones de 30 minutos. Cada sesión constaba de 5 minutos de calentamiento y tres tipos diferentes de ejercicios (sentarse para ponerse de pie, ponerse de pie medio arrodillado y subir un escalón lateral), con un número bajo de repeticiones (entre 8-12), con tiempos de descanso entre 30 segundos y 1 minuto y se finalizaba la sesión con un ejercicio de enfriamiento y estiramiento los últimos 2 minutos. Específicamente, según cada participante, el peso y la repetición del ejercicio se incrementaba cada dos semanas. Se evaluó a los participantes una semana antes de la intervención y una semana después de la intervención. Se midió la fuerza extensora de rodilla con dinamómetro manual. Se midió la morfología del músculo cuádriceps con ultrasonido portátil. Se midió el rango de movimiento poplíteo pasivo y activo con goniómetro electrónico. Se examinó el equilibrio dinámico con la prueba de alcance funcional en dos posiciones (alcance hacia delante y alcance lateral). Y se empleó el GMFM-88 para evaluar las funciones motoras gruesas de los niños y la capacidad funcional. Como resultados obtuvieron que mejoró la fuerza extensora de rodilla en el lado dominante y no dominante en el grupo intervención, mientras que en el grupo control no hubo diferencias pre y post evaluación. Hubo un aumento significativo en el valor medio del grosor y del área transversal del cuádriceps de los lados dominante y no dominante en el grupo intervención en comparación con el grupo control que sólo aumentó el valor medio del grosor del cuádriceps del lado dominante. También aumentó de forma significativa el rango de movimiento poplíteo

tanto pasivo como activo en los lados dominante y no dominante en el grupo intervención mientras que en el grupo control no hubo diferencias significativas. Con respecto al equilibrio dinámico hubo un aumento significativo de alcance hacia delante y de alcance lateral en el grupo intervención mientras que el grupo control no hubo diferencias significativas. De igual modo hubo un aumento significativo en la puntuación GMFM-88 en el grupo intervención mientras que en el grupo control tampoco mostró diferencias significativas. Por lo que, este estudio concluye que el entrenamiento de fuerza a través de un método de trabajo organizado puede aumentar la fuerza de las extremidades inferiores sin aumentar la espasticidad ni reducir el rango de movimiento. Además, el aumento del grosor del cuádriceps y del área transversal del recto femoral evaluados por ecografía demuestran ese aumento de fuerza muscular que también tiene un efecto positivo en el equilibrio dinámico y en la capacidad funcional de los niños con parálisis cerebral. Como limitaciones del estudio son un tamaño de muestra pequeño y un corto período de intervención (6 semanas) que dificulta la generalización de los resultados a todos los niños con parálisis cerebral espástica, aunque sugieren que el entrenamiento con ejercicio funcional de resistencia progresiva es una intervención efectiva, segura y conveniente que puede implantarse en la rehabilitación.

Tedla, 2014 realizó un estudio en el que se incluyeron 60 niños con diplegia espástica, con edades de 5 a 14 años y nivel entre I-IV de GMFCS-E&R que tuvieran capacidad de sentarse durante 10 segundos con la espalda sin apoyo y los pies apoyados. En este ensayo los niños se asignaron aleatoriamente al grupo de intervención de fortalecimiento durante 6 semanas o al grupo de control de intervención convencional. El entrenamiento de fuerza se realizó 3 veces por semana, con un total de 18 sesiones que tenían una duración de entre 40 y 90 minutos. La sesión constaba de 5-10 minutos de calentamiento con estiramientos, circuito de estaciones de trabajo con principios de ejercicios progresivos resistidos y 5-10 minutos de enfriamiento con ejercicios respiratorios. Los circuitos de ejercicio fueron: levantamiento de extremidades superiores e inferiores en cuadrupedia, flexiones y levantamientos de pierna, sentadillas de pared con pelota de fisio, sentarse para pararse con chaleco de peso, flexiones de cadera, extensiones de rodilla y dorsiflexiones de tobillo con bolsas de arena en posición sentada alta, extensiones de cadera y flexiones de rodilla con bolsas de arena en decúbito prono, abducciones y aducciones de cadera con bolsas de arena en posición de lado, y elevaciones de talón en un escalón con chaleco de peso. El ciclo de progresión consistió en realizar inicialmente 3 series con repeticiones entre 6-10, cuando el niño era capaz de hacer 3 series de 12 repeticiones sin dificultad se agregó más peso y volvió hacer 3 series de 6-10 repeticiones y así hasta completar las 6 semanas, con períodos de descanso adecuados entre series y

alternando el lado derecho e izquierdo para evitar la fatiga. Se evaluó la fuerza muscular con dinamómetro, el equilibrio con escala de equilibrio pediátrico (PBS) y la función con GMFM. Como resultados hubo un aumento muy significativo de fuerza en todos los grupos musculares trabajados en el grupo intervención, esto puede deberse a los principios de especificidad del entrenamiento de fuerza. Con respecto a la evaluación del equilibrio, el grupo intervención en comparación con el grupo control obtuvo de los 14 ítems que componen el PBS un aumento altamente significativo en casi todas las puntuaciones, excepto en de pie sobre un pie que fue significativo, y en sentado a pie, de pie a sentado, y sentado sin apoyo que no fue significativo, posiblemente a que éstas son habilidades de equilibrio de nivel relativamente bajo y antes de la intervención ya partían con puntuaciones casi máximas por lo que no se puede esperar mejora adicional (en el grupo control también se observaron algunas diferencias después de la intervención pero no tan significativas). Esta mejora del equilibrio, con respecto a otros estudios, puede deberse a la gran cantidad de ejercicios con varios grupos musculares que se incluyeron. Y con respecto a la evaluación de la función motora gruesa mostró una diferencia altamente significativa en el grupo intervención en todos los componentes de GMFM, excepto en la dimensión A (tumbado y rodarse) que fue significativo ya que casi todos los sujetos tenían puntuaciones máximas en esta dimensión (también se observaron algunas diferencias en el grupo control después de la intervención pero no tan significativas). En contraste con otros estudios que no observaron cambios significativos en el GMFM después del entrenamiento de fuerza puede deberse a haber incorporado pocos grupos musculares en el entrenamiento o incluir una variedad mixta de niños con parálisis cerebral. Como conclusión, este estudio recomienda el entrenamiento de fuerza junto con la fisioterapia convencional ya que ha demostrado ser más eficaz que la fisioterapia convencional sola para mejorar la fuerza general, el equilibrio y la función de los niños con diplegia espástica estudiados.

	Muestra	Intervención	Medidas	Resultados
Ryan et al., 2020	N=54 GI: 27 GC: 27 PC espástica GMFCS I-III 10-19 años	GC: Atención habitual GI: Entrenamiento de resistencia progresiva dirigido a músculos flexores plantares 30 sesiones (10 supervisadas y 20 en el hogar) 10 semanas Evaluación inicial, a las 10 semanas y a las 22 semanas	Eficacia de la marcha utilizando coste de oxígeno adimensional neto Actividad física con acelerómetro Participación con el Cuestionario de Evaluación de Hábitos de Vida Velocidad de la marcha (10 metros, velocidad autoseleccionada, promedio de 3 intentos) Función motora gruesa con GMFM-66, dimensiones D y E Fuerza muscular con dinamómetro isocinético (la mejor de 3 contracciones isométricas voluntarias máximas de flexión plantar) Área transversal tendón de Aquiles y volumen músculo gastrocnemio medial con ultrasonidos Rigidez tendón de Aquiles, módulo Young y gastrocnemio medial según protocolo	No hubo diferencias entre los dos grupos en la eficiencia de la marcha, la actividad física, la participación, la función motora gruesa, la fuerza muscular o la velocidad de la marcha a las 10 y 22 semanas No se evidenció cambios en ningún resultado biomecánico En el análisis por subgrupos el GI mejoró fuerza muscular, marcha y nivel de actividad física
Kusumoto et al., 2016	N=16 GI: 8	GC: Ejercicio de sentarse y levantarse con carga a su	Fuerza muscular con dinamómetro	GI: Mejoras en la prueba de caminata de 6 minutos y el índice de costo

	GC: 8	propio ritmo	Prueba caminata 6 minutos	fisiológico (medidas de movimiento multiarticular)
	PC diplejía espástica	GI: Ejercicio de sentarse y levantarse lento con baja carga	Control motor voluntario selectivo con SCALE	La fuerza extensora de rodilla y SCALE no mejoraron en ningún grupo (medidas del movimiento de una sola articulación)
	GMFCS-E&R I-III	Sesión 15 minutos + calentamiento 5 minutos	Índice de costo fisiológico	
	12 y 18 años	4 series de 10 repeticiones 3-4 días a la semana 6 semanas En casa		
		Evaluación antes y después de la intervención		
Taylor et al., 2013	N=48 GI: 23 GC: 25	GC: Atención habitual	Medidas objetivas de movilidad: -Prueba de caminata de 6 minutos -Análisis de marcha instrumentado -GMFM dimensiones D y E	Evaluación al final del entrenamiento GI: Aumento de la fuerza muscular
	PC diplejía espástica	GI: Entrenamiento de resistencia progresiva individualizado (4-6 ejercicios)	Medidas de movilidad calificadas por los participantes: -Escala de movilidad funcional -Cuestionario de movilidad funcional	Beneficios percibidos por los participantes
	GMFCS II-III	3 series de 10-12 repeticiones		No hubo mejoras objetivas en la movilidad
	14-22 años	2 veces por semana 12 semanas En gimnasio comunitario	Rendimiento muscular: -1RM de prensa de pierna y prensa de pierna invertida -Fuerza isométrica con dinamómetro	Evaluación a las 24 semanas GI: No hubo mejoras en ninguna medida objetiva de marcha ni de rendimiento muscular
		Evaluación inicial, al final de la intervención (semana 12) y de seguimiento (semana 24)		
Bania et al.,	N= 49	GC: Atención habitual	Nivel de actividad física diaria con	GI:

2015

GI: 24			acelerómetro (número de pasos y	Aumento de fuerza muscular
GC: 25	GI: Entrenamiento de		tiempo sentado/tumbado)	
PC espástica	resistencia progresiva (5		Fuerza muscular con 1 RM de una	No se evidenció aumento del nivel de
bilateral	ejercicios)		prensa de pierna y una prensa de	actividad física diaria
	2-3 series de 10-12		pierna invertida	
	repeticiones			
GFMCS II-III	2 veces por semana			
	12 semanas			
14-22 años	En gimnasio comunitario			

Evaluación inicial, semana
12 y semana 24.

Tabla 4.2.2. El entrenamiento de fuerza en jóvenes con PC de 10 a 22 años de edad.

El ensayo STAR (Ryan et al., 2020) comparó un programa de resistencia progresiva de 10 semanas con la atención habitual en 64 adolescentes con parálisis cerebral espástica, de 10 a 19 años de edad, nivel I-III GMFCS (con capacidad de caminar de forma independiente con o sin ayuda para la movilidad). El grupo de entrenamiento de resistencia completó 30 sesiones (10 supervisadas y 20 en el hogar), realizando ejercicios, siempre que fuera posible, unilaterales dirigidos a los flexores plantares, utilizando pesas en una prensa de piernas, máquinas de sentadillas, chalecos con peso, pesas en los tobillos o una banda de resistencia. La resistencia se agregó gradualmente para conseguir el número de repeticiones hasta la fatiga. Se realizó una evaluación inicial, a las 10 semanas (final de la intervención) y a las 22 semanas (seguimiento). Se midió la eficiencia de la marcha indicada por el coste de oxígeno adimensional neto, calculado a partir del consumo de oxígeno durante 6 minutos de caminata. El nivel de actividad física se midió con acelerómetro durante 7 días, la participación se midió con el Cuestionario de Evaluación de Hábitos de Vida, la velocidad de la marcha se midió como el promedio de tres intentos de caminar más de 10 metros a una velocidad autoseleccionada, la función motora gruesa se evaluó utilizando las dimensiones D y E del GMFM-66 y la fuerza muscular se midió con un dinamómetro isocinético como la mejor de tres contracciones de flexión plantar isométrica voluntaria máxima. Para evaluar el área transversal del tendón de Aquiles y el volumen del músculo gastrocnemio medial se utilizó ultrasonografía tridimensional. La rigidez de tendón de Aquiles, módulo de Young y músculo gastrocnemio medial se calculó según protocolo. Y el ángulo de flexión de tobillo y la rodilla en la mitad de la postura se midió a partir de un marcador de análisis de movimiento durante la marcha en cinta rodante. Como resultados no hubo diferencias entre los dos grupos en la eficiencia de la marcha, la actividad física, la participación, la función motora gruesa, la fuerza muscular o la velocidad de la marcha a las 10 y 22 semanas, tampoco se evidenció cambios en ningún resultado biomecánico (volumen muscular y área transversal del tendón, rigidez del músculo y el tendón, o el ángulo de flexión de la rodilla y el tobillo durante la posición media de la marcha). Sin embargo, en el análisis por subgrupos hubo efectos a favor de la intervención de resistencia progresiva: los participantes con nivel II de GMFCS tuvieron un costo de oxígeno más bajo, una mayor contracción de flexión plantar isométrica voluntaria máxima y un mayor volumen del músculo gastrocnemio medial a las 22 semanas lo que se traduce en una marcha más eficiente y más fuerza muscular, los participantes con nivel III de GMFCS tuvieron una puntuación más alta en el Cuestionario de Evaluación de Hábitos de vida a las 22 semanas, los participantes con parálisis cerebral bilateral tuvieron un costo de oxígeno menor y mayores ángulos de flexión de la rodilla durante la mitad del apoyo a las 22

semanas que indica una marcha más eficiente, y los participantes con parálisis cerebral unilateral fue mejor el nivel de actividad física (de moderada a vigorosa), mayor conteo de pasos y el ángulo de flexión de la rodilla durante la mitad del apoyo fue mayor a las 10 semanas. El 90% de los participantes del grupo de entrenamiento de resistencia informaron de algún evento adverso, siendo el más frecuente dolor muscular en las extremidades inferiores.

Kusumoto et al., 2016 con su estudio trataron de determinar si el entrenamiento de fuerza funcional orientado a tareas mediante ejercicios de resistencia progresiva de cadena cinética cerrada es efectivo en niños con parálisis cerebral, concretamente si los ejercicios de sentarse y levantarse con carga mejoraban el costo fisiológico de caminar en función de la velocidad de realización. Para ello llevaron a cabo un ensayo clínico aleatorizado en el que participaron 16 niños con parálisis cerebral diplejía espástica, de 12 a 18 años, nivel I-III GMFCS-E&R, asignados a un grupo de ejercicios de sentarse y levantarse con carga lenta (n=8) y a un grupo de ejercicios de levantarse y sentarse con carga a su propio ritmo (n=8). El entrenamiento se realizó en casa, consistía en sentarse y ponerse de pie durante 5 segundos y pararse y sentarse durante 5 segundos, en sesiones de 15 minutos, 4 series de 10 repeticiones previo calentamiento de 5 minutos, inicialmente al 30% de 1RM utilizando mochila, con descansos de 1-2 minutos entre series, 3-4 días a la semana durante 6 semanas. El entrenamiento en el otro grupo fue similar con la diferencia de que la velocidad de movimiento era a su propio ritmo. Los participantes fueron evaluados antes y después del entrenamiento. Se midió la fuerza muscular de las extremidades inferiores con dinamómetro manual, el control motor voluntario selectivo con SCALE, la distancia de caminata de 6 minutos y el índice de costo fisiológico. La distancia de caminata de 6 minutos y el índice de costo fisiológico mejoraron después de la intervención en el grupo de sentarse y levantarse con baja carga y velocidad lenta en comparación con el otro grupo, lo que indica una mejora en la función circulatoria al caminar y la capacidad de utilizar oxígeno, además de mejorar la coordinación de las extremidades inferiores. La fuerza extensora de rodilla no mejoró en ninguno de los dos grupos, posiblemente porque la fuerza muscular se midió mediante contracción isométrica y el ejercicio de sentarse y levantarse cargado aumenta principalmente la fuerza muscular isotónica. Además, SCALE tampoco mejoró en ninguno de los dos grupos, esto se puede deber a que el ejercicio de sentarse y levantarse cargado es un movimiento multiarticular y puede ser inadecuado para mejorar el control motor voluntario selectivo que es lo que evalúa SCALE. Este estudio presenta principalmente dos limitaciones; tamaño de la muestra pequeño y, aunque los efectos inmediatos fueron positivos, la duración del seguimiento no fue suficiente para determinar si los efectos positivos se mantendrían.

Taylor et al., 2013 quisieron averiguar si un programa de 12 semanas de entrenamiento de resistencia progresiva individualizado podría mejorar la movilidad de los adolescentes con parálisis cerebral. Para ello llevaron a cabo un ensayo clínico aleatorizado en el que participaron finalmente 48 jóvenes con parálisis cerebral con diplejía espástica, con edades entre 14 y 22 años, clasificados con nivel II y III en el GMFCS. El grupo intervención (n=23) completó un programa de entrenamiento de resistencia progresiva de 12 semanas, 2 veces por semana en un gimnasio de la comunidad, mientras que el grupo control (n=25) continuó con su atención habitual. El entrenamiento de fuerza se realizaba de forma individual en máquinas de pesas o por parejas bajo la supervisión de un fisioterapeuta. A cada participante se le prescribieron 4-6 ejercicios individualizados para abordar los déficits identificados, siendo los grupos musculares trabajados los extensores de rodilla, los flexores plantares, los extensores de cadera, los abductores de cadera y los extensores generalizados. La intensidad del entrenamiento era la suficiente como para poder levantar peso realizando 10-12 repeticiones máximas antes de que apareciera la fatiga, 3 series de 10-12 repeticiones, con descanso de 2 minutos entre series y aumento progresivo del peso en las siguientes sesiones. Se evaluó a los participantes al inicio, al final de la intervención (semana 12) y en la semana 24. Para la evaluación se utilizó la prueba de caminata de 6 minutos, la velocidad de marcha autoseleccionada en 10 metros, una prueba de escaleras cronometrada, las dimensiones D y E de la medida de la función motora gruesa (GMFM-66) y el índice de marcha de Gait Profile Score. Además de estas medidas de evaluación objetiva de la función relacionada con la movilidad, se evaluaron los resultados de movilidad calificados por los participantes a través de la Escala de Movilidad Funcional y el Cuestionario de Evaluación Funcional. También se evaluó el rendimiento muscular mediante una repetición máxima de una prensa de piernas y una prensa de piernas invertida y se utilizó un dinamómetro para evaluar la fuerza isométrica de los principales músculos de cada participante. Los resultados que obtuvieron es que después de las 12 semanas de entrenamiento el rendimiento de la marcha, la función motora gruesa y la cinemática de la marcha no había mejorado en el grupo intervención en comparación con el grupo control. Sin embargo, sí había mejorado las medidas de movilidad calificadas por los participantes; es decir, percibieron que su marcha había mejorado, aunque objetivamente no lo había hecho. También aumentó la fuerza muscular en los grupos musculares específicos del entrenamiento de fuerza, pero no demostró ninguna relación significativa con cambios en la movilidad. Una posible explicación es que los trastornos de la marcha pueden estar asociados a otras deficiencias como alteración en la planificación motora,

deterioro del equilibrio, el control postural, la espasticidad, la amplitud articular limitada, además de debilidad muscular, por lo que el entrenamiento de fuerza puede ser insuficiente para abordarlo.

Bania et al., 2015 llevaron a cabo un estudio de 49 participantes para examinar si el entrenamiento de resistencia progresiva aumenta la actividad física diaria en comparación con la atención habitual en jóvenes con parálisis cerebral espástica bilateral, entre 14 y 22 años, grado II o III. Los participantes del grupo de intervención (24) realizaron un programa de 12 semanas, 2 veces por semana, 2-3 series de 10-12 repeticiones de ejercicios en máquinas de pesos en gimnasios comunitarios. La carga fue la cantidad de peso que podían levantar durante 10-12 repeticiones sin llegar a la fatiga muscular, aumentado la carga en la siguiente sesión cuando eran capaces de completar 3 series de 12 repeticiones. Después de una evaluación inicial de cada participante, se prescribió una media de 5 ejercicios. Se evaluó el nivel de actividad física diaria con acelerómetro (midiendo el número de pasos dados y el tiempo pasados sentado y tumbados) y se evaluó la fuerza de miembros inferiores con repetición máxima (1RM) de una prensa de pierna (extensión de cadera y rodilla y flexión plantar de tobillo) y una prensa de pierna invertida (flexión de cadera y rodilla y dorsiflexión de tobillo) en la semana 12 y 24. Los participantes utilizaban libro de registro para describir los detalles de cada sesión y si aparecía algún evento adverso, y la escala de esfuerzo percibido para asegurarse que la intensidad del entrenamiento era suficiente. Este estudio concluyó que, aunque se observó un aumento de fuerza muscular en los miembros inferiores en el grupo intervención, no hubo evidencia de que un programa de entrenamiento de resistencia progresiva pueda aumentar la actividad física diaria en jóvenes con parálisis cerebral a pesar de que los participantes informaron de que su movilidad funcional había mejorado. Por lo que, el entrenamiento de fuerza de miembros inferiores por sí solo, sin tener en cuenta factores psicológicos, sociales o ambientales, puede no ser suficiente para aumentar la actividad física diaria.

	Muestra	Intervención	Medidas	Resultados
Schranz et al., 2018	N=22 GI resistencia progresiva (PRT): 11 GI circuito de alta intensidad (HICT): 11 PC unilateral o bilateral espástica GMFCS I-II 8-16 años	GI PRT: Entrenamiento de resistencia progresiva en el hogar con chaleco de peso y aumento gradual de intensidad (sesión 40min) GI HICT: Entrenamiento en circuito de alta intensidad en el hogar a máxima intensidad en intervalos cortos 30s y descansos 30s (sesión 28min) 8 semanas 3 días a la semana 3 series 5 ejercicios funcionales (sentarse para pararse, elevaciones de talón, estocadas hacia delante, puente y escalón lateral) 4 evaluaciones (8 semanas antes de la intervención, justo	Medidas de estructura y función corporal: -Fuerza muscular con dinamómetro -Rango de movimiento -Escala Ashworth modificada Medidas de actividad: -Muscle Poalwer Sprint Test -Timed Up and Go Test -Timed Stairs Test -6 minutes walk Test -Energy Expenditure Index -Gait Profile Score Cuestionarios de participación	Aumento fuerza muscular isométrica total en ambos grupos (mayor en HICT) HICT: Aumento fuerza grupos musculares individuales Mejores resultados en la prueba de carrera de potencia muscular Mejor subpuntuación en cuestionario de participación PRT: Mejores resultados en la prueba de escaleras cronometradas y en el Test cronometrado Up and Go Ambos programas mejoraron la función, pero HICT mejoró más significativamente fuerza y participación Evaluación de seguimiento (16 semanas): las mejoras no persisten a largo plazo

		antes y justo después de la intervención y 16 semanas después de la intervención)		
Kruse et al., 2019	N=22 GI resistencia progresiva (PRT) GI circuito de alta intensidad (HICT) PC espástica (diplejia y hemiplejia) GMFCS I-II 8-16 años	GI PRT: Entrenamiento de resistencia progresiva en el hogar con chaleco de lastre y aumento gradual de intensidad (sesión 40min) GI HICT: Entrenamiento en circuito de alta intensidad en el hogar a máxima intensidad en intervalos de 30s y descansos 30s (sesión 28min)	Rango movimiento tobillo con goniómetro manual Propiedades morfológicas unidad músculo-tendinosa flexor plantar con ultrasonidos Fuerza muscular (contracciones isométricas máximas) con dinamómetro	GI PRT: Aumento de grosor del vasto lateral No hubo mejoras significativas a nivel muscular en ningún grupo
		8 semanas 3 días a la semana 3 series 5 ejercicios funcionales (ejercicio de bipedestación, elevaciones de talón, ejercicio de paso lateral, estocadas hacia delante y puente)		
		4 evaluaciones (inicial,		

antes y después de la
intervención y de
seguimiento 16
semanas después de la
intervención)

Tabla 4.2.3. El entrenamiento de resistencia progresiva versus alta intensidad

Abreviaturas:

PC: parálisis cerebral; N: número de participantes; GC: grupo control; GI: grupo intervención; GMFCS: sistema de clasificación de la función motora gruesa; GMFCS-E&R: sistema de clasificación de la función motora gruesa ampliado y revisado; GMFM-66: medida 66 de la función motora gruesa; GMFM-88: medida 88 de la función motora gruesa; RM: repetición máxima.

El estudio de **Schranz et al., 2018** trató de investigar la diferencia en los efectos de un entrenamiento de resistencia progresiva y un entrenamiento en circuito de alta intensidad para niños con parálisis cerebral, justificando que muchas actividades cotidianas requieren de movimiento rápidos de las extremidades por lo que sería necesario también intervenciones para producir estos movimientos rápidos además de aumentar los niveles de fuerza. Participaron niños entre 8 y 16 años con parálisis cerebral espástica unilateral o bilateral, GMFCS I y II. asignados al azar a un programa de entrenamiento de resistencia progresiva o a un circuito de entrenamiento de alta intensidad. De los 28 niños incluidos en el estudio, 22 (11 en cada grupo) completaron el programa de entrenamiento. Ambos programas tuvieron una duración de 8 semanas, 3 veces por semana, 3 rondas de entrenamiento con 5 ejercicios funcionales, calentamiento y enfriamiento. Los ejercicios consistieron en sentarse para pararse, elevaciones de talón, estocadas hacia delante, ejercicio de puente y ejercicio de escalón lateral. El grupo de entrenamiento de resistencia progresiva utilizó un chaleco de peso y aumentó gradualmente la intensidad mientras que el grupo de entrenamiento de alta intensidad realizó los mismos ejercicios a máxima intensidad (tantas repeticiones como fue posible) en intervalos cortos de 30 segundos con descansos de 30 segundos. La sesión de entrenamiento de resistencia progresiva tuvo una duración media de 40 minutos y la de alta intensidad solo 28 minutos. Los participantes fueron evaluados 8 semanas antes de la intervención, justo antes y justo después de la intervención y 16 semanas después de la intervención (seguimiento). Para evaluar el componente estructura y función se utilizó un dinamómetro manual (para medir la fuerza), rango de movimiento y escala de Ashworth modificada (para valorar la espasticidad). Para evaluar el componente de actividad se utilizó la prueba de sprint de potencia muscular (para medir la capacidad funcional anaeróbica), pruebas de movilidad (time up and go test, prueba de marcha de 6 minutos y Energy Expenditure Index), la prueba de escaleras cronometradas (para evaluar la capacidad de tareas funcionales) y el Gait Profile Score (puntaje de perfil de la marcha). Para evaluar el componente de participación se utilizó la Escala de actividad para el rendimiento de los niños (ASKp) para los niños y el Instrumento de recopilación de datos de resultados pediátricos (PODCI) para los padres. Los resultados obtenidos en el nivel de estructura y función corporal fue un aumento de la fuerza isométrica total en ambos grupos de entrenamiento aunque más significativo en el grupo de alta intensidad, además en la valoración de grupos musculares individuales el grupo de alta intensidad logró mejoras significativas en los extensores y abductores de cadera, flexores de rodilla y

flexores plantares mientras que en el grupo de resistencia progresiva no hubo mejoras significativas en ninguno de estos grupos musculares. Con respecto al nivel de actividad el grupo de resistencia progresiva obtuvo mejores resultados en el Timed Stairs Test mientras que el grupo de alta intensidad logró mejores resultados en la medida de potencia muscular anaeróbica (prueba de velocidad). Las medidas de participación no mejoraron salvo subpuntuaciones del cuestionario de participación informado por los padres en el grupo de entrenamiento de alta intensidad, posiblemente a que muchos participantes partían con una puntuación máxima antes de la intervención o que los cuestionarios no fueron lo suficientemente específicos. En la evaluación de seguimiento la potencia muscular y la fuerza muscular isométrica total disminuyó en el grupo de alta intensidad y en el grupo de resistencia progresiva también hubo algún deterioro. Como conclusión ambos programas mejoran la fuerza y la función, aunque estas mejoras no persisten a largo plazo (como pudieron comprobar en la evaluación de seguimiento), aun así, el programa de entrenamiento de alta intensidad podría ser la opción preferible para el fortalecimiento muscular al conseguir ganancias de fuerza del 20% y que muchas actividades de la vida diaria requieren de un rápido desarrollo de fuerza (potencia anaeróbica). Por otro lado, la mayoría de los niños del estudio ya tenían un alto nivel funcional (GMFCS nivel I) por lo que conseguir mejoras adicionales en la capacidad de andar parece no depender solo de un entrenamiento de fuerza sino de otros aspectos como el equilibrio y la coordinación.

Kruse et al., 2019 a través de su estudio compararon los efectos del entrenamiento funcional de resistencia progresiva (PRT) y el entrenamiento de circuito de alta intensidad (HICT) sobre las propiedades mecano-morfológicas de la unidad músculo-tendinosa del flexor plantar en niños con parálisis cerebral espástica (diplejía y hemiplejía). En dicho estudio participaron 22 niños entre 8 y 16 años de edad y nivel I-II GMFCS, asignados aleatoriamente al grupo PRT o al grupo HICT después de la evaluación inicial. Ambos programas consistían en ejercicios funcionales de miembros inferiores (elegidos por su relevancia para las actividades diarias) realizados 3 veces por semana en el domicilio durante 8 semanas supervisado por los padres (después de recibir formación por un fisioterapeuta) con la diferencia de la duración de la sesión, 40 minutos para PRT y 28 minutos para HICT. La sesión PRT comenzaba con un calentamiento de 10 minutos, seguido de 5 ejercicios funcionales con chaleco de lastre (ejercicio de bipedestación, levantamiento de talones, estocadas hacia delante, ejercicio de paso lateral y puente) realizados a velocidad lenta-moderada en series de 10-12 repeticiones organizado en 3 circuitos con descanso

de 2 minutos entre series y finalizaba con 5 minutos de enfriamiento y se aumentó de forma gradual la carga. La sesión HICT se componía de los mismos ejercicios, pero el número de repeticiones era el máximo que los niños pudieran realizar en 30 segundos seguidos de 30 segundos de descanso. Se realizó una evaluación antes de la intervención, después de la intervención y de seguimiento (16 semanas después). Se evaluó el rango de movimiento de la articulación de tobillo con goniómetro manual y se valoraron las propiedades (grosor, fuerza y rigidez) del gemelo medial, vasto lateral, recto femoral y tendón de Aquiles de la pierna con mayor espasticidad en los niños con diplegia y en el lado afectado en los niños con hemiplejia. Se emplearon imágenes por ultrasonido para valorar las propiedades morfológicas y dinamómetro para la fuerza solicitando contracciones voluntarias isométricas máximas. Como resultados solo fue significativo el aumento del grosor del vasto lateral en el grupo PRT. Por lo que se concluyó que ninguno de los dos programas consiguió mejoras significativas a nivel muscular en niños con parálisis cerebral siendo necesario, quizás, ejercicios más específicos y de mayor intensidad con una mayor duración del programa de entrenamiento para poder conseguir cambios significativos en los músculos y tendones de niños con parálisis cerebral.

5. DISCUSIÓN

Los niños con parálisis cerebral presentan músculos debilitados en comparación con los niños con un desarrollo normal. Por ello, se recomiendan métodos de fortalecimiento muscular como el ejercicio funcional de resistencia progresiva. Hasta hace poco tiempo, el entrenamiento de fuerza en niños con parálisis cerebral se consideraba inapropiado porque se creía que aumentaba la espasticidad. Sin embargo, el ejercicio funcional de resistencia progresiva puede aumentar la fuerza muscular de las extremidades inferiores en niños y jóvenes con parálisis cerebral sin aumentar la espasticidad (Cho y Lee, 2020) pero existen contradicciones sobre sus beneficios funcionales (Schranz et al., 2018).

En los estudios de Scholtes et al, 2012, Cho y Lee, 2020, Tedla, 2014, Taylor et al., 2013, Bania et al., 2015, Schranz et al., 2018 el entrenamiento de fuerza mejoró la fuerza muscular en parálisis cerebral. Aunque en el estudio de Ryan et al., 2020 no se evidenció mejoras en la fuerza muscular, en su análisis realizado por subgrupos los participantes con nivel II GMFCS sí tuvieron mayor fuerza muscular. Aunque estas mejoras en la fuerza muscular puede que no persistan a

largo plazo, como pudo comprobar Schranz et al., 2018 en la evaluación de seguimiento. El estudio de Kusumoto et al., 2016 no obtuvo aumento de fuerza muscular posiblemente por la forma de medición mediante contracción isométrica ya que el entrenamiento aumentó la fuerza muscular isotónica. Finalmente, en el estudio Kruse et al., 2019 tampoco consiguió mejoras en la fuerza muscular quizás por emplear ejercicios poco específicos, intensidad inadecuada o duración del programa de entrenamiento insuficiente.

Con respecto a la capacidad funcional y función motora gruesa, los estudios de Cho y Lee, 2020, Tedla, 2014, el entrenamiento de fuerza consiguió un efecto positivo en la capacidad funcional de los niños con parálisis cerebral evaluado con GMFM. También, en el estudio de Kusumoto et al., 2016 el entrenamiento de fuerza mejoró la función circulatoria al caminar y la coordinación de miembros inferiores. Aunque en el estudio de Ryan et al., 2020 no se evidenció mejoras en la función motora gruesa, capacidad de marcha, actividad física o participación, en su análisis realizado por subgrupos según nivel GMFCS y distribución anatómica los participantes sí consiguieron una marcha más eficiente y mejor nivel de actividad física. Sin embargo, en los estudios de Scholtes et al., 2012, Taylor et al., 2013 el aumento de fuerza no se relacionó con mejor capacidad de marcha y función motora gruesa, ni tampoco aumentó el nivel de actividad física diaria de los participantes del estudio de Bania et al., 2015.

La variabilidad en los resultados del entrenamiento de fuerza en los distintos estudios puede estar condicionada por la heterogeneidad de los grupos (Tedla, 2014), edades, severidad de la función motora (nivel GMFCS y distribución anatómica), deficiencias asociadas, uso de aparatos ortopédicos, nivel inicial de fuerza, control motor selectivo o por las características de los programas de entrenamiento (pocos grupos musculares incluidos, intensidad, duración, que haya mejoras en el lado no evaluado) siendo más efectivo el entrenamiento de fuerza cuando presentan fuerza reducida o marcha ineficiente (Ryan et al., 2020), no encontrando mejoras adicionales si ya tienen un nivel GMFCS alto con capacidad de marcha y fuerza muscular suficiente (Scholtes et al., 2012).

Un aspecto importante es que en todos los estudios encontramos grupo intervención y grupo control, de esta manera se puede establecer una asociación causal, ya que los cambios en los niños pueden deberse al crecimiento (Ryan et al., 2020).

La mayoría de los estudios dirigen el entrenamiento de fuerza a los músculos extensores de rodilla, a pesar de que los déficits de fuerza pueden estar más pronunciados para los flexores

plantares en parálisis cerebral (Ryan et al., 2020), por lo que un programa de entrenamiento de resistencia progresiva dirigido a los flexores plantares podría mejorar la función de la marcha y la función motora gruesa por diversos mecanismos biomecánicos (el aumento de rigidez del tendón de Aquiles puede promover una mejor contracción muscular durante la marcha, y el aumento del tamaño y la fuerza de los músculos flexores plantares puede mejorar la extensión de la rodilla en la fase de apoyo de la marcha y ayudar a la propulsión de la extremidad inferior). Sin embargo, esta hipótesis no fue respaldada por el ensayo de Ryan et al., 2020.

Por otro lado, el entrenamiento de fuerza puede ser insuficiente para aumentar la actividad física diaria (Bania et al., 2015), o mejorar la capacidad de marcha (Schranz et al., 2018, Taylor et al., 2013) de niños y jóvenes con parálisis cerebral al no tener en cuenta factores psicológicos, sociales o ambientales (Bania et al., 2015) y otros aspectos como el deterioro del equilibrio y la coordinación (Schranz et al., 2018), control postural, espasticidad, amplitud articular limitada, además de debilidad muscular (Taylor et al., 2013) que puede producir limitación en la actividad y restricción de la participación (Tedla, 2014).

Los sujetos con parálisis cerebral, sobre todo con diplegia espástica, tienen malas habilidades de equilibrio al estar de pie y caminar y presentan caídas frecuentes. Según investigaciones, la fuerza muscular está altamente asociada con el equilibrio de pie en sujetos con diplegia espástica y el entrenamiento de fuerza de varios grupos musculares de tronco y miembros inferiores produce mejoras en el equilibrio y la función (Tedla, 2014). En los estudios de Cho y Lee, 2020, Tedla, 2014 el entrenamiento de fuerza mejoró el equilibrio dinámico.

También es importante considerar los logros personales que el entrenamiento de fuerza puede producir en la calidad de vida y en el bienestar de las personas con parálisis cerebral. A pesar de que son subjetivos y no se demuestran con medidas de resultado, son respuestas positivas y entusiastas de las personas con parálisis cerebral y sus familiares (Tedla, 2014). En el estudio de Tedla, 2014 los sujetos y sus padres informaron de mejoras en la marcha, en la facilidad para subir y bajar escaleras, mayor flexibilidad y movilidad, sensación de estar más ligero y fuerte, mayor apetito, mejor sueño, disminución de la fatiga y mejor capacidad de trabajo y resistencia. Además, en el estudio de Taylor et al., 2013 los participantes percibieron que su marcha había mejorado, aunque objetivamente no lo había hecho.

Aún no se sabe el tipo de entrenamiento de fuerza más adecuado para los niños y jóvenes con parálisis cerebral. Los estudios de Schranz et al., 2018, Kruse et al., 2019 compararon los efectos

del entrenamiento funcional de resistencia progresiva (PRT) y el entrenamiento en circuito de alta intensidad (HICT). En este contexto, HICT podría ser un método de entrenamiento de fuerza alternativo al entrenamiento de resistencia progresiva más eficiente en el tiempo (Kruse et al., 2019), ya que la sesión de entrenamiento HICT tuvo una duración media de 28 minutos frente a los 40 minutos de la sesión PRT.

6. CONCLUSIONES

- El entrenamiento de fuerza:
 - Mejora la fuerza muscular de las extremidades inferiores en niños y jóvenes con parálisis cerebral con niveles I, II y III del Sistema de Clasificación de la Función Motora Gruesa.
 - No se considera inapropiado en parálisis cerebral, ya que no aumenta la espasticidad.
 - Puede tener efectos positivos en la función motora gruesa, la marcha y el equilibrio de los sujetos con parálisis cerebral, aunque existen contradicciones sobre sus beneficios funcionales.
 - Tendría que realizarse regularmente para mantener los beneficios a lo largo del tiempo.
 - Debería completarse con un programa más amplio que incluya otras habilidades motoras gruesas para conseguir mejores resultados.
- Las personas con parálisis cerebral perciben que su movilidad mejora después del entrenamiento de fuerza, aunque objetivamente no sea así.
- Se requiere más investigación para estudiar la relación dosis-respuesta del entrenamiento de resistencia progresiva y los resultados, debido a que una resistencia, intensidad y duración del programa insuficiente puede no conseguir los efectos esperados.

7. BIBLIOGRAFÍA

Bangash, A. S., Hanafi, M. Z., Idrees, R., & Zehra, N. (2014). Risk factors and types of cerebral

- palsy. *JPMA. The Journal of the Pakistan Medical Association*, 64(1), 103–107.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24605730/>
- Bania, T. A., Dodd, K. J., Baker, R. J., Graham, H. K., & Taylor, N. F. (2016). The effects of progressive resistance training on daily physical activity in young people with cerebral palsy: a randomised controlled trial. *Disability and Rehabilitation*, 38(7), 620–626.
<https://doi.org/10.3109/09638288.2015.1055376>
- Cho, H.-J., & Lee, B.-H. (2020). Effect of functional progressive resistance exercise on lower extremity structure, muscle tone, dynamic balance and functional ability in children with spastic cerebral palsy. *Children (Basel, Switzerland)*, 7(8), 85.
<https://doi.org/10.3390/children7080085>
- Gorter, J. W., Rosenbaum, P. L., Hanna, S. E., Palisano, R. J., Bartlett, D. J., Russell, D. J., Walter, S. D., Raina, P., Galuppi, B. E., & Wood, E. (2004). Limb distribution, motor impairment, and functional classification of cerebral palsy. *Developmental medicine and child neurology*, 46(07). <https://doi.org/10.1017/s0012162204000763>
- Kruse, A., Schranz, C., Svehlik, M., & Tilp, M. (2019). The effect of functional home-based strength training programs on the mechano-morphological properties of the plantar flexor muscle-tendon unit in children with spastic cerebral palsy. *Pediatric Exercise Science*, 31(1), 67–76. <https://doi.org/10.1123/pes.2018-0106>
- Kusumoto, Y., Nitta, O., & Takaki, K. (2016). Impact of loaded sit-to-stand exercises at different speeds on the physiological cost of walking in children with spastic diplegia: A single-blind randomized clinical trial. *Research in Developmental Disabilities*, 57, 85–91.
<https://doi.org/10.1016/j.ridd.2016.06.006>
- Maher, C. G., Sherrington, C., Herbert, R. D., Moseley, A. M., & Elkins, M. (2003). Reliability of the PEDro scale for rating quality of randomized controlled trials. *Physical Therapy*, 83(8), 713–721. <https://doi.org/10.1093/ptj/83.8.713>
- Novak, I., Morgan, C., Fahey, M., Finch-Edmondson, M., Galea, C., Hines, A., Langdon, K., Namara, M. M., Paton, M. C., Popat, H., Shore, B., Khamis, A., Stanton, E., Finemore, O. P., Tricks, A., Te Velde, A., Dark, L., Morton, N., & Badawi, N. (2020). State of the evidence traffic lights 2019: Systematic review of interventions for preventing and

- treating children with cerebral palsy. *Current Neurology and Neuroscience Reports*, 20(2), 3. <https://doi.org/10.1007/s11910-020-1022-z>
- Odding, E., Roebroek, M. E., & Stam, H. J. (2006). The epidemiology of cerebral palsy: incidence, impairments and risk factors. *Disability and Rehabilitation*, 28(4), 183–191. <https://doi.org/10.1080/09638280500158422>
- Palisano, R. J., Rosenbaum, P., Bartlett, D., & Livingston, M. H. (2008). Content validity of the expanded and revised Gross Motor Function Classification System. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 50(10), 744–750. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.2008.03089.x>
- Rosenbaum, P., Paneth, N., Leviton, A., Goldstein, M., Bax, M., Damiano, D., Dan, B., & Jacobsson, B. (2007). A report: the definition and classification of cerebral palsy April 2006. *Developmental Medicine and Child Neurology. Supplement*, 109, 8–14. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17370477/>
- Russell, D. J., Avery, L. M., Rosenbaum, P. L., Raina, P. S., Walter, S. D., & Palisano, R. J. (2000). Improved scaling of the gross motor function measure for children with cerebral palsy: evidence of reliability and validity. *Physical Therapy*, 80(9), 873–885. <https://doi.org/10.1093/ptj/80.9.873>
- Russell, D. J., Rosenbaum, P. L., Cadman, D. T., Gowland, C., Hardy, S., & Jarvis, S. (1989). The gross motor function measure: a means to evaluate the effects of physical therapy. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 31(3), 341–352. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.1989.tb04003.x>
- 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>
- Scholtes, V. A., Becher, J. G., Janssen-Potten, Y. J., Dekkers, H., Smallegenbroek, 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>

- Schranz, C., Kruse, A., Belohlavek, T., Steinwender, G., Tilp, M., Pieber, T., & Svehlik, M. (2018). Does home-based progressive resistance or high-intensity circuit training improve strength, function, activity or participation in children with cerebral palsy? *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, *99*(12), 2457-2464.e4. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2018.06.010>
- 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>