



Universidad de Valladolid

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD DE SORIA

GRADO EN FISIOTERAPIA

TRABAJO FIN DE GRADO

**EFFECTOS DEL EJERCICIO TERAPÉUTICO EN MIEMBRO INFERIOR EN PACIENTES CON
PARÁLISIS CEREBRAL. UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA**

Presentado por

Ángela Cabrerizo Romero

Tutor: Ricardo Medrano de la Fuente y Silvia Lahuerta Martín

**Soria, a 19 de noviembre
de 2023**

ÍNDICE

1.	Introducción	5
2.	Justificación	6
3.	Objetivos	7
3.1	Objetivo General	7
3.2	Objetivos Específicos	7
4.	Metodología	7
4.1	Estrategia de búsqueda	7
4.2	Criterios de Selección	7
4.3	Selección de Estudios	8
4.4	Evaluación de la Calidad Metodológica	8
5.	Resultados	8
5.1	Características de los Estudios	9
5.2	Efectos terapéuticos	11
5.2.1	Fuerza	11
5.2.2	Función Motora Gruesa	12
5.2.3	Rango de Movimiento	12
5.2.4	Espasticidad	12
5.2.5	Calidad de vida	12
5.3	Calidad Metodológica de los Estudios	12
6.	Discusión	20
7.	Conclusión	21
8.	Bibliografía	23
9.	Anexo	I

LISTADO DE ABREVIATURAS

CP-QoL: Cerebral Palsy Quality of Life

ECA: ensayo clínico aleatorizado

FMG: función motora gruesa

GMFCS: Gross Motor Function Classification System

GMFM: Gross Motor Function Measure

PC: parálisis cerebral

PEdro: Physiotherapy Evidence Database

PRISMA: Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses

RDM: rango de movimiento

RESUMEN

Introducción

La parálisis cerebral (PC) es un grupo de trastornos permanentes del desarrollo, caracterizada por trastornos motores que limitan la actividad. El tipo de PC más común es la espástica, que cursa con varios signos, de los cuales destaca la espasticidad, la debilidad muscular y la disminución del rango de movimiento (RDM). El ejercicio terapéutico, centrado en el entrenamiento de fuerza y el entrenamiento aeróbico, parece ser beneficioso en el miembro inferior para pacientes con PC espástica.

Objetivos

El objetivo de esta revisión es determinar los efectos en el miembro inferior del entrenamiento de fuerza y del entrenamiento aeróbico, en la fuerza muscular, el RDM, la espasticidad, la función motora gruesa (FMG) y la calidad de vida de los pacientes con PC espástica.

Metodología

Se realizó una revisión sistemática acorde a los criterios PRISMA. Se realizaron búsquedas en las bases de datos PubMed, PEDro, Scopus y Cochrane Library. Se seleccionaron ensayos clínicos aleatorizados (ECA) que analizaran los efectos de estas intervenciones en la fuerza muscular, el RDM, la espasticidad, la FMG y la calidad de vida en pacientes en edad pediátrica con PC espástica.

Resultados

Se incluyeron 14 estudios. Los resultados demostraron diferencias significativas ($p < 0,05$) en la fuerza muscular, el RDM y la FMG a favor del entrenamiento de fuerza en comparación con la fisioterapia convencional. No se obtuvieron diferencias significativas en la espasticidad. También se observaron mejoras significativas en la espasticidad y la FMG a favor del entrenamiento aeróbico frente a la fisioterapia convencional. No hubo diferencias significativas en la calidad de vida para esta intervención.

Conclusiones

La aplicación de entrenamiento de fuerza ha demostrado aumentar la fuerza muscular y el RDM a corto plazo. La aplicación del entrenamiento aeróbico ha demostrado influir de forma positiva en la espasticidad a corto plazo. Los efectos sobre la FMG y la calidad de vida no son concluyentes.

Palabras clave: parálisis cerebral espástica, entrenamiento de fuerza, entrenamiento aeróbico, revisión sistemática.

1. Introducción

La parálisis cerebral (PC) se define como un grupo de trastornos permanentes del desarrollo del movimiento y la postura, que causan limitación de la actividad, y que se atribuyen a alteraciones no progresivas que se produjeron en el cerebro fetal o infantil en desarrollo. Los trastornos motores de la PC suelen ir acompañados de alteraciones de la sensibilidad, la percepción, la cognición, la comunicación y el comportamiento, de epilepsia y de problemas musculoesqueléticos secundarios (1).

La PC es una de las discapacidades motoras más comunes en la infancia, la cual se da en 2-3 niños de cada 1000 nacidos vivos (2,3). La prevalencia disminuye en Australia y países de Europa, en cambio en países con niveles socio-económicos más bajos aumenta (4).

Los signos y síntomas presentes son variados, pudiendo presentar retraso motor y cognitivo leve, déficits sensoriales, trastornos visuales o alteraciones del habla y del lenguaje (5). El sistema musculoesquelético es el más afectado, con la pérdida de la fuerza muscular, disminución del rango de movimiento (RDM) y la espasticidad como los principales síntomas clínicos observables (6).

En función del tipo de trastorno de movimiento la PC se clasifica en: (i) espástica (85-91%) (presenta un aumento del tono muscular e hiperreflexia), (ii) discinética (4-7%) (caracterizada por movimiento involuntarios y repetitivos) y (iii) atáxica (4-6%) (debido a la falta de coordinación como consecuencia de hipotonía) (3,4).

La PC espástica comprende varios tipos en base a la topografía de la afectación: hemiplejía (afecta a un lado del cuerpo), diplejía (las extremidades inferiores suelen ser las más afectadas) y tetraplejía (afecta a las 4 extremidades). La espasticidad es el principal déficit motor asociadas a la PC espástica (7). Se trata de una alteración de la neurona motora superior que provoca una respuesta refleja ante el estiramiento, correlacionada positivamente con la velocidad de estiramiento (1,5). La debilidad muscular es común en niños con PC espástica. Consiste en la incapacidad de generar o sostener fuerza, observándose un déficit de hasta el 80% en la extremidad inferior. Además, durante el crecimiento, el aumento de fuerza es menor en niños con PC espástica (6). El RDM articular disminuye y con el paso de los años esta disminución se incrementa, variando en función del tipo de PC espástica (8).

La fuerza, el RDM y la espasticidad están relacionados, ya que la hipertonía, presente por la espasticidad, provoca un desbalance muscular y como consecuencia una alteración en el RDM (9). Además, estas tres variables se asocian a la función motora gruesa (FMG), aunque de manera distinta. La fuerza estaría directamente relacionada con la función, ya que la debilidad del miembro inferior provoca alteraciones en la bipedestación o la marcha. En cambio, la espasticidad influye de forma negativa a la FMG, ya que cuanto más espasticidad, peor función motora presenta el sujeto (7). Por otro lado, el RDM repercute de manera directa, ya que varía la estructura corporal, lo que perturba las diferentes habilidades motoras gruesas (8). Por tanto, estas deficiencias físicas limitan actividades que realizan diariamente por lo que afecta a la calidad de vida de los niños con PC espástica (6). La FMG se clasifica según *Gross Motor Function Classification System (GMFCS)*, una herramienta válida, estable, confiable y predictiva para la FMG a largo plazo (1).

El tratamiento para la PC requiere un enfoque multidisciplinar, en el que intervienen

varios profesionales como médicos, cirujanos, logopedas, pediatras, neurólogos, terapeutas ocupacionales, fisioterapeutas y psicólogos entre otros, para ofrecer numerosas intervenciones dirigidas a mejorar la capacidad funcional y fomentar la independencia (3). En este sentido, la fisioterapia se considera primordial para el tratamiento de niños con PC (1). La fisioterapia brinda apoyo a través de distintos tipos de intervenciones como dispositivos ortésicos, terapia de movimiento inducido por restricción, entrenamiento bimanual o entrenamiento dirigido a objetivos (3,10).

En el pasado, los programas de ejercicio no se prescribían debido a la creencia de que podían provocar aumento en la espasticidad y disminución del RDM, en cambio se ha negado tras estudios posteriores, que demuestran que el ejercicio terapéutico basado en el entrenamiento de fuerza y el entrenamiento aeróbico ha mostrado beneficios en el miembro inferior para pacientes con PC (11,12). El ejercicio aeróbico se define como cualquier actividad que use el oxígeno para producir energía muscular, el cual provoca un aumento en la frecuencia cardiaca y respiratoria (13). El entrenamiento de fuerza consiste en realizar un esfuerzo para conseguir una contracción muscular con el fin de vencer una resistencia, lo que resulta en mejoras en la resistencia, la propia fuerza y el tamaño de los músculos, además de otros beneficios funcionales (13,14).

El ejercicio aeróbico ha mostrado evidencia como tratamiento en la PC, para mejorar la capacidad cardiopulmonar, la resistencia muscular y la función motora de estos pacientes (10,15). Es una intervención que destaca por su eficacia en la promoción de la salud y la calidad de vida (16). El entrenamiento de fuerza también desempeña un papel importante en el tratamiento de niños con PC, ya que ayuda a mejorar la función motora, lo que resulta en mejoras en la calidad de vida y autonomía de estos pacientes (1).

Además, cabe destacar que dado que no se han observado efectos adversos asociados con la ejecución de ejercicio terapéutico en relación a la espasticidad, flexibilidad y amplitud de movimiento; se puede considerar indicado que este tipo de ejercicio es un buen tratamiento para niños con PC (11).

2. Justificación

La PC presenta una alta incidencia en la infancia, siendo la más común la PC espástica (4). La espasticidad es el principal déficit motor presente, además provoca una disminución del RDM y de la fuerza, sobre todo de los miembros inferiores, produciendo una afectación de la funcionalidad y como consecuencia la calidad de vida de los niños que la padecen (6–8). La fisioterapia se considera un pilar fundamental para el tratamiento de la PC. En relación a ello el ejercicio terapéutico basado en el entrenamiento de fuerza y entrenamiento aeróbico puede ser beneficioso (11). Hay revisiones que analizan el impacto de estas mismas intervenciones, pero ninguna revisión describe de forma específica los efectos sobre miembro inferior (12,17). Por ello, el objetivo de esta revisión sistemática es determinar los efectos de estas intervenciones basadas en el entrenamiento aeróbico y de fuerza en el miembro inferior en paciente con PC espástica.

3. Objetivos

3.1 Objetivo General

Conocer los efectos del ejercicio terapéutico basado en entrenamiento aeróbico o de resistencia en el miembro inferior en niños con diagnóstico de PC espástica.

3.2 Objetivos Específicos

- Analizar los efectos que producen el entrenamiento aeróbico y entrenamiento de fuerza en la fuerza muscular del miembro inferior en pacientes con PC espástica en edad pediátrica.
- Establecer los efectos que producen el ejercicio aeróbico y el entrenamiento de fuerza en el RDM del miembro inferior en pacientes con PC espástica en edad pediátrica.
- Determinar los efectos que producen el ejercicio aeróbico y el entrenamiento de fuerza en la espasticidad del miembro inferior en pacientes con PC espástica en edad pediátrica.
- Conocer los efectos que producen el ejercicio aeróbico y el entrenamiento de fuerza en la FMG en pacientes con PC espástica en edad pediátrica.
- Analizar los efectos que producen el ejercicio aeróbico y el entrenamiento de fuerza en la calidad de vida en pacientes con PC espástica en edad pediátrica.
- Determinar la manera óptima de pautar el ejercicio aeróbico y el entrenamiento de fuerza.

4. Metodología

4.1 Estrategia de búsqueda

Esta revisión sistemática se realizó siguiendo los criterios establecidos por la Declaración PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) (18).

Se realizaron búsquedas bibliográficas en las bases de datos Medline (Pubmed), *Physiotherapy Evidence Database* (PEDro), *Cochrane Library* y Scopus. Los términos de búsqueda fueron los siguientes términos MeSH: “*cerebral palsy*”, “*exercise*”, “*exercise therapy*”, “*endurance training*”, “*resistance training*”, “*range of motion, articular*”, “*muscle strength*”, “*spasticity*” y “*quality of life*”. Además, se utilizaron las palabras clave: “*aerobic training*” y “*gross motor function*”. Los términos se unieron mediante los operadores booleanos AND y OR y no se estableció límite de fecha de publicación. La estrategia de búsqueda para las diferentes bases de datos se muestra con detalle en el Anexo 1.

4.2 Criterios de Selección

Para que los estudios fueran incluidos, debían cumplir los siguientes criterios de inclusión basados en la pregunta PICO:

- Población: pacientes con PC espástica, con edad comprendida entre 0 y 19 años.
- Intervención: intervenciones basadas en ejercicio aeróbico o de resistencia de manera

aislada o combinada con otro método conservador.

- Comparación: tratamiento conservador o no intervención.
- Resultados: fuerza muscular del miembro inferior, RDM del miembro inferior, espasticidad del miembro inferior, FMG y calidad de vida.
- Diseño del estudio: ensayos clínicos aleatorios (ECA).
- Idioma: inglés o español.

Se excluyeron los estudios si: los pacientes seleccionados presentaban otras patologías neurológicas o cualquier enfermedad que interfiera con la actividad física; si recibieron cualquier tratamiento para la espasticidad o procedimientos quirúrgicos de 3 a 6 meses antes de realizar el estudio; si tenían un diseño de estudio distinto de ECA; o si no analizaban las variables descritas en la pregunta PICO.

4.3 Selección de Estudios

En primer lugar, se realizó un cribado en base al título y resumen de los estudios recuperados desde las bases de datos, obteniendo aquellos que eran susceptibles de leerse a texto completo. Tras ello, se procedió a la lectura completa de los estudios susceptibles de cumplir los criterios de inclusión acordados para la selección de estudios relevantes.

4.4 Evaluación de la Calidad Metodológica

Para la evaluación de la calidad metodológica de los estudios incluidos se utilizó la escala PEDro, una herramienta validada y fiable (19). Esta escala consta de 11 ítems, aunque el valor total es sobre 10, puntuando los ítems 2 a 11. Los diferentes ítems de esta escala contribuyen a identificar estudios que posean validez, tanto interna como externa, además de proporcionar información estadística que permite interpretar los resultados. Cuanta mayor puntuación tenga un estudio, mejor calidad metodológica presenta. Una puntuación igual o superior a 7 indica calidad “alta”, de 5 a 6 indica calidad “aceptable” e igual o inferior a 4 correspondería con calidad “pobre” (19).

5. Resultados

Tras la búsqueda en las bases de datos Pubmed (n=1705), PEDro (n=255), Cochrane Library (n=986) y Scopus (n=877) se obtuvieron un total de 3823 estudios. En primer lugar, se eliminaron los duplicados. Posteriormente, se procedió a realizar la lectura de los títulos y de los resúmenes de los estudios restantes (n=3277). Tras ello, 67 estudios se revisaron a texto completo, y de estos, 14 estudios cumplieron con los criterios de inclusión por lo que fueron seleccionados para incluirlos en la revisión (Figura 1).

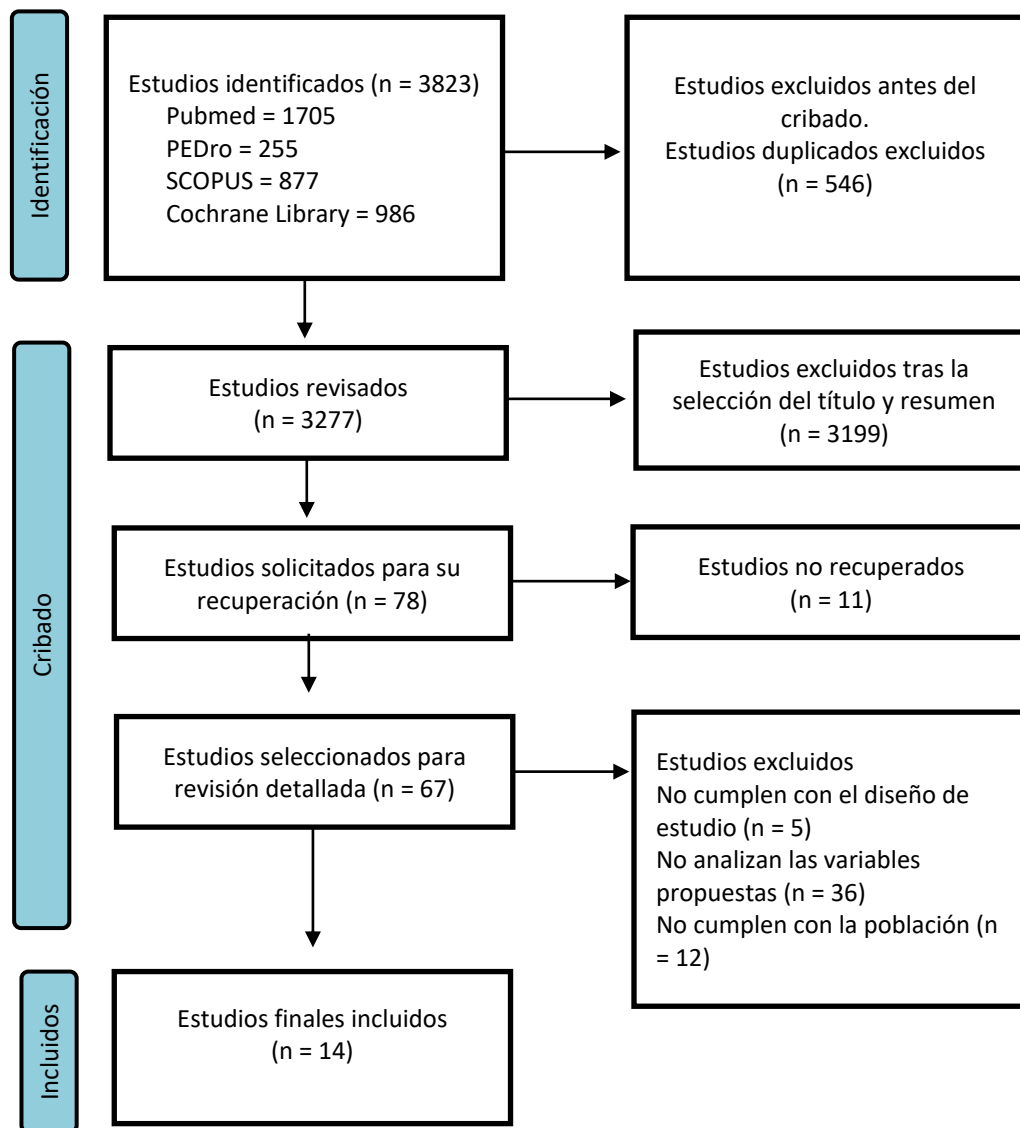


Figura 1. Diagrama de Flujo PRISMA.

5.1 Características de los Estudios

Un total de 536 pacientes, con edades comprendidas entre los 4 y los 19 años, fueron analizados entre los diferentes estudios incluidos. Todos fueron diagnosticados de PC espástica. Se clasificaron según su topografía, y se observó que, de los estudios incluidos, 4 incluían solo niños con diplejía (20–23); 4 con hemiplejía (24–27); 5 con diplejía y hemiplejía (28–32); solo un estudio incluyó pacientes con diplejía y tetraplejía (33).

Se observó que había variabilidad en el tamaño de la muestra. La mayoría de ellos incluyeron muestras entre 20 y 50 participantes (20,21,23–27,29–31,33); 2 estudios incluyeron más de 50 participantes (22,32); y un solo estudio incluyó menos de 20. La muestra más grande fue de 64 participantes (32) y la más pequeña de 17 (28).

Además, la mayoría de los estudios incluía pacientes comprendidos entre los niveles I al III en la GMFCS (20,21,23,27,29–33); 2 estudios incluían pacientes con niveles II y III (22,28); dos estudios incluían pacientes con niveles I y II (24,26); y un estudio incluyó únicamente pacientes con nivel I (25).

Las características sociodemográficas y clínicas de cada estudio se proporcionan en la Tabla 1.

Tabla 1. Descripción de los participantes del estudio

Artículos		Muestra (n)	Sexo (M/F)	Edad Media (años)	GMFCS (I/II/III)	Tipo de parálisis
Cho et al. (20)	GE	13	4/9	5.54	n/a	Diplejia Espástica
	GC	12	8/4	7..17		
Chrysagis et al. (33)	GE	11	6/5	15.9	3/4/4	PC Espástica
	GC	11	7/4	16.09	2/5/3	
Copanas et al. (27)	GE	15	7/8	11.8	7/5/3	Hemiplejia Espástica
	GC	15	7/8	11.26	7/4/4	
Dodd et al. (23)	GE	11	4/7	12.7	2/2/7	Diplejia Espástica
	GC	10	6/4	13.5	5/3/2	
Elnaggar et al. (25)	GE	19	13/6	9.47	19/-/-	Hemiplejia Espástica
	GC	20	11/9	10.3	20/-/-	
Elnaggar et al. (26)	GE	19	11/8	12.95	13/6/-	Hemiplejia Espástica
	GC	19	13/6	13.53	16/3/-	
Goswami et al. (22)	GE	30	19/11	5-12	-/16/14	Diplejia Espástica
	GC	29	24/5		-/11/18	
Gurusamy et al. (21)	GE	20	n/a	8.2	n/a	Diplejia Espástica
	GC	20		8.75		
Hanssen et al. (29)	GE	26	14/12	8.3	17/5/14	PC Espástica
	GC	22	16/6	8.5	14/5/3	
Jung Hwan Lee et al. (28)	GE	9	4/5	6.3	-/II/III	PC Espástica
	GC	8	6/2	6.3		
Park et al. (24)	GE	15	9/6	11.6	11/4/-	Hemiplejia Espástica
	GC	15	10/5	n/a	12/3/-	
Ryan et al. (32)	GE	33	20/13	13	16/12/5	PC Espástica
	GC	31	17/14	13	13/13/5	
Scholtes et al. (31)	GE	24	16/8	10	13/8/3	PC Espástica
	GC	25	13/12	10	12/9/4	
Scholtes et al. (30)	GE	24	16/8	10	13/8/3	PC Espástica
	GC	25	13/12	10	12/9/4	

GE: grupo experimental; GC: grupo control; M: masculino; F: femenino; PC: parálisis cerebral; GMFCS: Gross Motor Function Classification System; n/a: no aparece.

De entre los 14 estudios incluidos en la presente revisión sistemática, 12 analizaron los efectos del entrenamiento de fuerza (20,21,23–32) mientras que los 2 estudios restantes analizaron los efectos del entrenamiento aeróbico (22,33).

En los estudios que realizaron un entrenamiento de fuerza se observaron intervenciones heterogéneas. En 9 estudios se realizaron ejercicios de fuerza funcional progresiva, que constaban de calentamiento, parte principal y vuelta a la calma (20,21,23,27–32). En 2 estudios realizaron ejercicios pliométricos (25,26). Mientras que en un estudio realizaron ejercicios de control concéntrico y excéntrico (24). En los estudios que realizaron entrenamiento aeróbico también realizaron diferentes intervenciones. En un estudio realizaron entrenamiento en cinta rodante (33); mientras que en otro estudio realizaron un programa de actividades supervisada por los padres (22).

En el grupo control de la mayoría de los estudios incluidos se realizó fisioterapia convencional o actividades diarias normales (20–24,27–33). Por otro lado, en 2 estudios realizaron ejercicios de flexibilidad, equilibrio, fuerza progresiva, reeducación postural y

entrenamiento de la marcha (25,26).

La frecuencia y el número de sesiones fueron desiguales. Con relación a los estudios que realizaron ejercicios de fuerza, se observaron intervenciones con una duración de 12 semanas (26,27,29–31), de 10 semanas (32), de 8 semanas (25), de 6 semanas (20,21,23). Sólo en 2 estudios la duración fue inferior a 6 semanas (24,28). Con respecto a los estudios que realizaron ejercicio aeróbico, un estudio realizó la intervención durante 12 semanas (33), y en el otro estudio se realizó durante 6 meses (22). Entre los 14 estudios incluidos en la revisión actual, propusieron una frecuencia de 3 sesiones semanales (20–23,27–31,33), de 2 sesiones semanales (25,26) o de 30 sesiones en total (32), en el estudio restante se desconoce la frecuencia (24).

En cuanto a las variables y sus instrumentos de medida, las más estudiadas fueron la fuerza y la FMG. Nueve estudios evaluaron la fuerza (20,23,25,27–32), 7 de ellos mediante dinamometría (20,23,25,27,29–32), en otro se midió con una prueba muscular manual (28). De los 14 estudios, 11 analizaron la FMG (20–24,27–29,31–33), 6 estudios lo hicieron mediante la medida de la FMG de 88 ítems (GMFM-88) (20–22,24,27,28), 2 estudios lo realizaron con la medida de la FMG de 66 ítems (GMFM-66) (31,32) y en los tres estudios restantes indican que la analizaron con la *Gross Motor Function Measure* (GMFM) (23,29,33). Ocho de los estudios que analizan la FMG se centran en analizar la función al estar en bipedestación, al caminar, correr y saltar (21–24,27,28,32,33). El RDM fue evaluado en 3 estudios (26,28,30), uno de ellos lo analizó mediante goniómetro (30), otro con un dinamómetro isocinético (26) y el último mediante un programa de análisis computarizado de la marcha (28). Cinco artículos evaluaron la espasticidad (22,28,30,31,33). La herramienta más utilizada fue la escala de Ashworth modificada (EAM) (22,28,33). La variable menos estudiada fue la calidad de vida, tan solo uno de los estudios la analizó con el cuestionario Cerebral Palsy Quality of Life (CP-QoL) (22).

En la Tabla 2 se proporciona una descripción de las intervenciones.

5.2 Efectos terapéuticos

Se realizó el análisis de los resultados en función de las variables que se han tenido en cuenta. Estos resultados aparecen descritos en la Tabla 3.

5.2.1 Fuerza

Se evaluó la fuerza en un total de 9 estudios (20,23,25,27–32). En 5 estudios se observaron que el entrenamiento de fuerza provoca mejoras significativas en los extensores (27,29–31) y flexores de rodilla (27,29), extensores (27,28) y abductores de cadera (30,31), flexores plantares (27,29) y flexores dorsales de tobillo (27) en comparación con la fisioterapia convencional a corto plazo y a largo plazo (28). Elnaggar et al. (25) observaron que el entrenamiento de fuerza era superior a la fisioterapia convencional a corto plazo para la fuerza de cuádriceps e isquiotibiales a 90º de flexión. Cho et al. (20) observaron que el grupo experimental mejoró más que el grupo control para la fuerza de la pierna dominante. En cambio, Ryan et al. (32) y Dodd et al. (23) no observaron diferencias significativas entre el entrenamiento de fuerza y la fisioterapia convencional (32) y actividades diarias (23) tanto a corto plazo como a largo plazo.

5.2.2 Función Motora Gruesa

Se valoró la FMG en un total de 11 estudios (20–24,27–29,31–33), de los cuales 9 analizaron el entrenamiento de fuerza (20,21,23,24,27–29,31,32), y los otros 2 estudiaron el entrenamiento aeróbico (22,33).

En relación con los estudios que analizaron el entrenamiento de fuerza, Gurusamy et al. (21) y Jung Hwan Lee et al. (28) observaron que el entrenamiento de fuerza produce mejoras significativas a corto plazo frente a la fisioterapia convencional en la FMG para la bipedestación y el equilibrio en la marcha, trote y saltos. Sin embargo, estos efectos no se mantuvieron a largo plazo (21). En cambio, en los otros 7 estudios de fuerza no se observaron cambios significativos ni a corto ni a largo plazo, entre el entrenamiento de fuerza y la terapia convencional (20,23,24,27,29,31,32).

Chrysagis et al. (33) observaron mejoras significativas a corto plazo entre el ejercicio aeróbico y la fisioterapia convencional. En cambio, Goswami et al. (22) no observaron efectos beneficiosos.

5.2.3 Rango de Movimiento

Se evaluó el RDM en 3 estudios, los cuales formaban parte del entrenamiento de fuerza (26,28,30). En 2 estudios observaron que el entrenamiento de fuerza provocaba mejoras significativas en la flexión de cadera (28) y flexión plantar y dorsal de tobillo (26) en comparación con la fisioterapia convencional a corto plazo. Por otro lado, Scholtes et al. (30) observaron que la fisioterapia convencional aportaba beneficios significativos para la flexión de rodilla en comparación con el entrenamiento de fuerza a largo plazo.

5.2.4 Espasticidad

Se valoró la espasticidad en 5 estudios (22,28,30,31,33), de los cuales 3 realizaron entrenamiento de fuerza (28,30,31), y los otros 2 entrenamiento aeróbico (22,33).

En los estudios que analizaron los efectos del ejercicio de fuerza no se observaron efectos beneficiosos tras el entrenamiento en comparación con la fisioterapia convencional ni a corto ni a largo plazo (28,30,31).

Chrysagis et al. (33) no observaron diferencias significativas entre el ejercicio aeróbico y la fisioterapia convencional. En cambio, Goswami et al. (22) observaron que el entrenamiento aeróbico fue superior para la espasticidad frente a la fisioterapia convencional a corto plazo.

5.2.5 Calidad de vida

Goswami et al. (22) no observaron mejoras para el entrenamiento aeróbico en comparación con la fisioterapia convencional.

5.3 Calidad Metodológica de los Estudios

De acuerdo con la valoración de la escala PEDro, de los 14 estudios incluidos 8 tenían una puntuación igual o mayor de 7 (21–23,25,30–33); 2 estudios obtuvieron una puntuación de 6 (26,27); 3 presentaron una puntuación de 5 (20,24,28), lo cual sería aceptable y uno de los estudios presentó una calidad metodológica mala, con una puntuación de 3/10 (29). La puntuación de cada uno de los estudios se encuentra detallada en la Tabla 3.

La principal carencia de los estudios fue el cegamiento en sujetos o evaluadores. Se observó que 8 de los estudios utilizaron un método simple ciego (23,25–27,30–33), y tan solo un estudio se definió como doble ciego (21). En ningún caso hubo cegamiento de sujeto, terapeuta y evaluador de forma simultánea. El riesgo de sesgo agrupado por ítems se muestra en la Figura 2.

Tabla 3. Puntuación de la escala PEDro de los estudios incluidos

Artículo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	TOTAL	CALIDAD
Cho et al. (20)	N	S	N	S	N	N	N	S	N	S	S	5	Aceptable
Chrysagis et al. (33)	S	S	S	S	N	N	S	S	S	S	S	8	Alta
Copanas et al. (27)	S	S	N	S	N	N	S	S	N	S	S	6	Aceptable
Dodd et al. (23)	S	S	S	N	N	N	S	S	S	S	S	7	Alta
Elnaggar et al. (25)	S	S	S	S	N	N	S	S	N	S	S	7	Alta
Elnaggar et al. (26)	S	S	S	S	N	N	S	N	S	S	N	6	Aceptable
Goswami et al. (22)	S	S	S	S	N	N	N	S	S	S	S	7	Alta
Gurusamy et al. (21)	N	S	S	S	S	S	N	S	S	S	S	9	Alta
Hanssen et al. (29)	S	N	N	S	N	N	N	N	N	S	S	3	Pobre
Jung Hwan Lee et al. (28)	S	S	S	S	N	N	N	N	N	S	S	5	Aceptable
Park et al. (24)	N	S	N	S	N	N	N	S	N	S	S	5	Aceptable
Ryan et al. (32)	S	S	S	S	N	N	S	S	S	S	S	8	Alta
Scholtes et al. (31)	N	S	S	S	N	N	S	S	N	S	S	7	Alta
Scholtes et al. (30)	S	S	S	S	N	N	S	S	S	S	S	8	Alta

1. Criterios de elegibilidad; 2. Asignación aleatoria; 3. Asignación oculta; 4. Grupos homogéneos; 5. Sujetos cegados; 6. Terapeutas cegados; 7. Evaluadores cegados; 8. Medidas de al menos un resultado en al menos 85% de los sujetos; 9. Resultados de todos los sujetos o por "intención de tratar"; 10. Comparación entre grupos de al menos un resultado clave; 11. Medidas puntuales y de variabilidad de al menos un resultado clase. S: cumple criterio; N: no cumple criterio

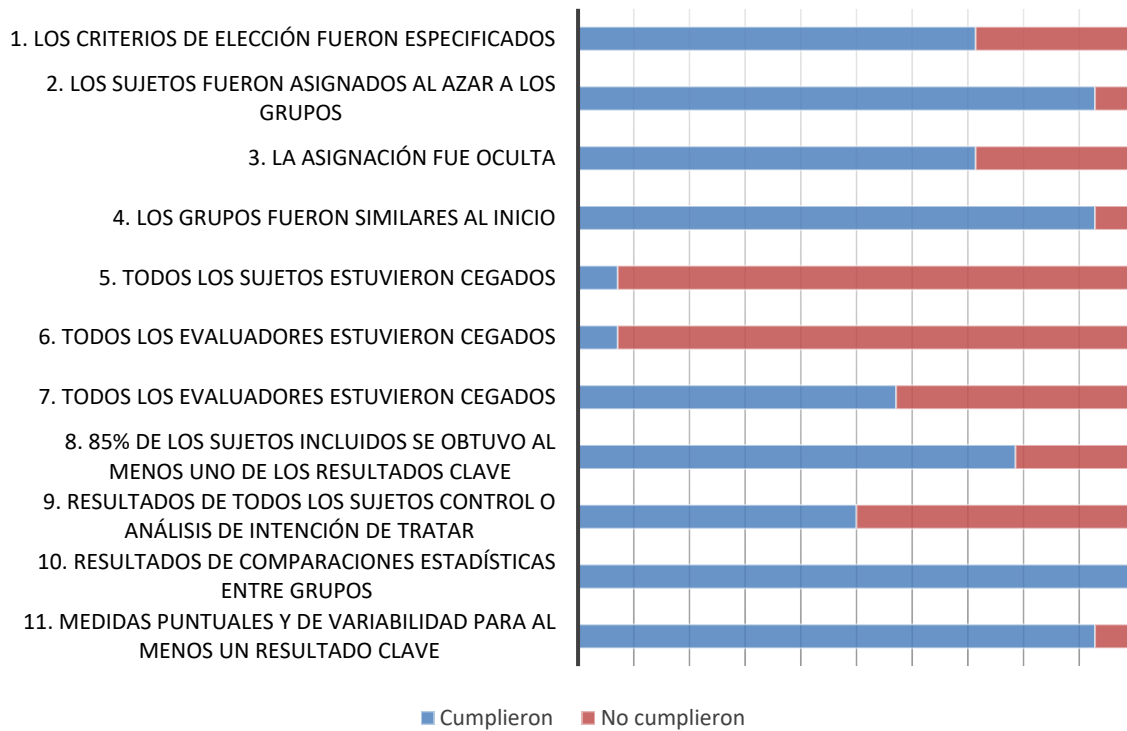


Figura 2. Riesgo de sesgo.

Tabla 2. Descripción de los estudios incluidos

Autor	Muestra (n)	Intervención	Parámetros de aplicación	Variables	Resultados	Seguimiento del estudio
Cho et al. (20)	GE: 5,54 ± 1,808 años (n=13) GC: 7,17 ± 2,167 años (n=12)	GE: ejercicio de resistencia funcional progresiva: -5min calentamiento -De sedestación a bipedestación, de posición de caballero a bipedestación y paso lateral. -2min estiramiento y ejercicio de enfriamiento GC: Fisioterapia convencional	GE: semanas 1 y 2: 5 rep; las dos siguientes: 10 rep; las dos últimas: 15 rep (según el peso corporal las rep serán 5%,10%,35% cada 2 semanas) 3 sesiones por semana durante 6 semanas GC: 3 sesiones por semana durante 6 semanas de 30min cada una.	Fuerza muscular HHD (ER) GMFM-88	Fuerza muscular: GE > GC * en pierna dominante. GMFM: no hubo diferencias significativas entre ambos grupos.	
Chrysagis et al. (33)	GE: 15,9 ± 1,97 años (n=11) GC: 16,09 ± 1,51 años (n=11)	GE: entrenamiento experimental -10min calentamiento (estiramiento estático EEII) -max 30 min de caminata en cinta -5min enfriamiento (estiramiento) GC: fisioterapia convencional	GE: 3 sesiones por semana durante 12 semanas GC: 3 series de los ejercicios, de 15 min cada una 3 sesiones por semana durante 12 semanas de 45min cada una	GMFM (dimensiones D y E) Espasticidad MAS (ER, FR y FP)	GMFM: GE > GC * Espasticidad: sin diferencias estadísticamente significativas entre grupos.	
Copanas et al. (27)	GE: 11,8 ± 2,95 años (n=15) GC: 11,26 ± 3,28 años (n=15)	GE: entrenamiento de fuerza funcional: -5-10min calentamiento (estiramiento dinámico) GC: -Prensa de piernas -Ejercicios pliométricos (saltos) -Entrenamiento de equilibrio en BOSU GC: fisioterapia clínica	GE: 3 series de: -Prensa de piernas 60-80% RM -Pliométricos 6-15 rep -BOSU 6-10 rep 3 sesiones a la semana durante 12 semanas de 90 min cada una (48h intervalo de descanso) GC: 3 sesiones a la semana durante 12 semanas de 60 min cada una	GMFM-88 (dimensiones D y E) Fuerza muscular HHD	Fuerza muscular: GE > GC * (cuádriceps, isquiotibiales, tibial anterior, gastrocnemio y sóleo) GMFM: no hubo diferencias significativas entre grupos.	

Tabla 2. Descripción de los estudios incluidos

Dodd et al. (23)	GE: 12,7 ± 2,8 años (n=11) GC: 13,5 ± 3,4 años (n=10)	GE: entrenamiento de fuerza (elevaciones bilaterales talón, medias sentadillas y step-ups) + actividades diarias normales GC: realizar actividades diarias normales	GE: 1-3 series de 8-12 rep 3 sesiones por semana durante 6 semanas de 20-30 min cada una	Fuerza muscular HHD (FP, ER y EC) GMFM: dimensiones D y E	Fuerza muscular y GMFM no hubo diferencias significativas entre grupos.	No se produjeron variaciones.
Elnaggar et al. (25)	GE: 9,47 ± 1,43 años (n=22) GC: 10,3 ± 1,38 años (n=22)	GE: fisioterapia convencional más: -5min calentamiento y enfriamiento -Ejercicios pliométricos (saltos horizontales y verticales) GC: fisioterapia convencional	GE: 1 serie de 5-10 rep (1er mes); y 1 series de 10-15 rep (2º mes) 2 sesiones por semana durante 8 semanas de casi 60 min cada una	Fuerza muscular DD (cuádriceps e isquiotibiales)	Fuerza muscular: GE > GC * (cuádriceps e isquiotibiales a 90º).	
Elnaggar et al. (26)	GE: 12,95 ± 1,87 años (n=19) GC: 13,53 ± 1,81 años (n=19)	GE: ejercicios pliométricos: -5min calentamiento (estiramiento o bici/cinta a bajo nivel) -35min 10 ejercicios de EEII en 2 paradigmas de entrenamiento (saltos verticales y horizontales) -5min enfriamiento (igual que en calentamiento) GC: fisioterapia convencional	GE: el número de rep aumenta a las 4 semanas 2 sesiones por semana durante 12 semanas de 45 min aproximadamente cada una GC: 2 sesiones por semana durante 12 semanas de 45 min cada una	RDM tobillo	RDM: GE > GC * en flexión dorsal y plantar de tobillo.	

Tabla 2. Descripción de los estudios incluidos

Goswami et al. (22)	5-12 años GE: n=30 GC: n=29	GE: Programa de actividades en casa supervisado por los padres Caminar, levantarse desde cuclillas, ponerse de cuclillas desde posición de pie, subir y bajar escaleras, patear una pelota, bailar y montar en bici GC: fisioterapia convencional	GE: repetir 3 veces por sesión las actividades 3 sesiones al día durante 5 días a la semana	Espasticidad MAS GMFM-88 (dimensiones D y E) Calidad de vida (CP-QoL)	Calidad de vida no hubo diferencias significativas entre ambos grupos. GMFM: no tuvo beneficios. Espasticidad: GE > GC *	No hubo diferencias significativas entre grupos.
Gurusamy et al. (21)	GE: 8,2 ± 2,3 años (n=20) GC: 8,75 ± 2,3 años (n=20)	GE: entrenamiento de fuerza funcional: -10min calentamiento (estiramiento) -4 ejercicios ("carga de pie en el borde del bloque", "Carga de sede a bipedestación", "juego de carga", "juego sin carga") -5min enfriamiento GC: fisioterapia convencional	GE: 3 series de 8 repeticiones (100% 8RM 1er ejer; 75% 8RM 2º ejer; 25% 8RM 3er ejer; Peso corporal 4º ejer) 3 sesiones a la semana durante 6 semanas de 45-60 min cada una GC: mantener posición 10s y repetir 10 veces 3 sesiones a la semana durante 6 semanas de 45-60 min cada una	GMFM-88 (dimensiones D y E)	GMFM: GE > GC * para ambas dimensiones y la puntuación total.	No hubo mejoras significativas entre grupos tras 2 meses.
Hanssen et al. (29)	GE: 8,3 ± 2 años (n=26) GC: 8,5 ± 2,1 años (n=22)	GE: entrenamiento fuerza funcional progresivo -5min calentamiento -1-3 ejercicios funcionales multiarticulares + 2-3 monoarticulares -5min enfriamiento GC: cuidado usual incluyendo fisioterapia convencional y órtesis	GE: 3 series de 10 rep al 60-80% RM 3-4 sesiones en días alternos por semana durante 12 semanas (35-55 min aprox)	Fuerza muscular FD (ER, FR y FP) GMFM	Fuerza muscular: GE > GC * para ER, FR y FP. GMFM: no hubo mejora significativa entre grupos.	

Tabla 2. Descripción de los estudios incluidos

Jung Hwan Lee et al. (28)	GE: 6,3 ± 2,1 años (n=9) GC: 6,3 ± 2,9 años (n=8)	GE: entrenamiento de fuerza de EEII (ejercicios de estiramiento para calentar, sentarse y levantarse, step-up lateral, subir y bajar escaleras, ejercicios isotónicos EEII, ejercicio isocinético en bici y enfriamiento) GC: fisioterapia convencional (incluyendo NDT)	GE: 2 series de 10 repeticiones en ejercicios isotónicos, el peso depende del px cumpliendo lo anterior 3 sesiones por semana durante 5 semanas de 60min cada una	MAS MMT GMFM-88 (dimensiones D y E) RDM	Fuerza muscular: GE > GC * para EC. GMFM: GE > GC * para GMFM D y E. RDM: GE > GC * para FC. Espasticidad: no hubo mejoras significativas entre grupos.	Fuerza muscular: GE > GC*.
Park et al. (24)	GE: 11,6 ± 2 años (n=15) GC: (n=15)	GE: 20 min terapia neurodesarrollo + 20 min entrenamiento de mejora de fuerza muscular (en bipe sobre la pierna parética y con la no parética mover un balón hacia delante y hacia atrás) GC: 40 min terapia neurodesarrollo	GE: el movimiento se repite 10 veces GE y GC 4 semanas de entrenamiento	GMFM-88 (dimensiones D y E)	GMFM: no hubo diferencias significativas entre grupos.	
Ryan et al. (32)	GE: 13,6 ± 2,7 años (n=33) GC: 13,11 ± 2,6 años (n=31)	GE: fisioterapia convencional + entrenamiento de resistencia progresivo enfocado a los flexores plantares GC: fisioterapia convencional	GE: 4-8 series de 6-12 rep 10 sesiones supervisadas + 20 en casa durante 10 semanas	Fuerza muscular GMFM-66 (dimensiones D y E)	Fuerza muscular y GMFM no hubo diferencias significativas entre grupos.	No se produjeron variaciones.

Tabla 2. Descripción de los estudios incluidos

Scholtes et al. (31)	GE: 10,4 ± 1,10 años (n=24) GC: 10,3 ± 2,3 años (n=25)	GE: entrenamiento fuerza funcional progresivo: -Prensa de piernas adaptado. -3 ejercicios funcionales (sentarse y levantarse, step-up lateral, media elevación de rodillas) GC: fisioterapia convencional	GE: durante el estudio la intensidad aumenta de forma progresiva (máx 8 rep) 3 sesiones por semana durante 12 semanas de 45-60 min cada una GC: 1-3 sesiones por semana	Fuerza muscular HHD (FC, AbdC, FR, ER y FP) GMFM-66 Espasticidad (escala 0-5)	Fuerza muscular: GE > GC * para ER y AbdC. GMFM y espasticidad: No hubo diferencias significativas entre grupos.	No se produjeron mejoras significativas a las 18 semanas.
Scholtes et al. (30)	GE: 10,4 ± 1,1 años (n=24) GC: 10,3 ± 2,3 años (n=25)	GE: entrenamiento de resistencia progresivo: -Prensa piernas adaptado -3 ejercicios funcionales (sentarse y levantarse, step-up lateral, media elevación de rodillas) GC: fisioterapia convencional	GE: 3 series de 8 rep (Prensa de piernas: carga variable de peso corporal a 100% de 8RM) 3 sesiones a la semana durante 12 semanas de 60 min cada una GC: 1-3 sesiones a la semana	Fuerza muscular HHD (FC, EC, AbdC, FR, ER y FP) RDM (Add, RF, Isquios, gastrocnemio y sóleo) Espasticidad (escala 0-5)	Fuerza muscular: GE > GC * para ER y AbdC. RDM: no hubo diferencias significativas entre grupos. Espasticidad: No hubo diferencias significativas entre grupos.	RDM: GC > GE * para RF a las 18 semanas. En el resto de variables, no hubo diferencias significativas.

GE: grupo experimental; GC: grupo control; Bipe: bipedestación; rep: repeticiones; tto: tratamiento; ejer: ejercicio; px: paciente; HHD: dinamómetro Hand-Held; FD: dinamómetro fijo; DD: dinamómetro digital; FP: flexores plantares; ER: extensores de rodilla; FR: flexores de rodilla; EC: extensores de cadera; FC: flexores de cadera; AbdC: abductores de cadera; Abd: abductores; RF: recto femoral; GMFM: Gross Motor Function Measure; MAS: modified ashworth scale; MMT: prueba muscular manual; * cambios significativos ($p \leq 0,05$).

6. Discusión

El objetivo de la presente revisión sistemática fue valorar los efectos en el miembro inferior de la fisioterapia basada en el entrenamiento de fuerza o el entrenamiento aeróbico en pacientes en edad pediátrica con diagnóstico de PC espástica en relación a la fuerza muscular, el RDM, la espasticidad, la FMG y la calidad de vida.

Los resultados de este estudio parecen indicar que la aplicación de entrenamiento de fuerza mejora la fuerza muscular a corto plazo (20,25,27–31) y a largo plazo (28) frente a la fisioterapia convencional. Con revisiones sistemáticas y metaanálisis previos la intervención de fortalecimiento se considera útil para aumentar la fuerza muscular en personas con PC (34,35). Este aumento de fuerza parece producirse sobre todo durante las primeras semanas del entrenamiento debido a mecanismos neuronales en los niños (34). Según Faigenbaum et al. (36) estos cambios neuronales se manifiestan como un aumento en la activación de las unidades motoras. Además, el ejercicio tiene relación con la neuroplasticidad, ya que este entrenamiento promueve a cambios positivos en la estructura y función del cerebro (37). Faigenbaum et al. (36) también indicaron que para conseguir que el entrenamiento de fuerza sea óptimo y observar resultados se deberían realizar 2-3 sesiones semanales, tal como lo hicieron Copanas et al. (27), Hanssen et al. (29), Scholtes et al. (30), Jung Hwan Lee et al. (28), Gururamy et al. (21), Elnaggar et al. (26), Chrysagis et al. (33), Cho et al. (20) y Scholtes et al. (31).

Si se analizan los resultados con respecto a la FMG, la mayoría de los estudios que realizaron un entrenamiento de fuerza no obtuvieron resultados significativos (20,23,24,27,29,31,32). Esto concuerda con lo que observaron Ryan et al. (35), que el entrenamiento de fuerza no mejora la FMG en niños con PC. Por el contrario, Merino-Andrés et al. (38) observaron en su revisión que el entrenamiento de fuerza aumenta la FMG, tal y como observaron Gurusamy et al. (21) y Jung Hwan Lee et al. (28). Ambos estudios realizaron 3 sesiones semanales durante 5 o 6 semanas, con una duración de 60 minutos cada sesión. De acuerdo con Verschuren et al. (39) y Faigenbaum et al. (36) estos beneficios pueden ser debidos a una mejora en la capacidad para generar fuerza en los músculos tras el fortalecimiento. Además, el ejercicio físico promueve el desarrollo neuromuscular, lo cual tiene un impacto positivo en la coordinación y el control motor, factores esenciales para la realización de movimientos motores complejos como caminar, correr y saltar. Con relación a los estudios que estudiaron el efecto del entrenamiento aeróbico, los beneficios observados en el estudio de Chrysagis et al. (33) pueden ser explicados como consecuencia de efectos positivos sobre la marcha y la resistencia, lo cual provoca una mejora en la FMG (40).

En relación con los resultados que analizaron el RDM hay una falta de homogeneidad dado que en el estudio de Scholtes et al. (30) la fisioterapia convencional resulta más beneficiosa frente al entrenamiento de fuerza. Esto puede explicarse debido a que se ha observado que el tratamiento de fisioterapia convencional puede ser beneficioso para el tratamiento del RDM (3). Por otro lado, los beneficios observados en el RDM para flexión dorsal y plantar de tobillo (26) y flexión de cadera (28) pueden explicarse a que el entrenamiento de fuerza aumenta el RDM, especialmente en las extremidades inferiores. Según Iversen et al. (41) el entrenamiento de fuerza es un tratamiento activo beneficioso para el aumento del RDM. Por otro lado, se considera que son necesarias al menos 8 semanas para

que el entrenamiento de fuerza muestre beneficios en el RDM (42).

Con respecto a los resultados obtenidos en la espasticidad, a pesar de no observar resultados positivos en ninguno de los estudios incluidos, es importante destacar que tampoco se observaron resultados adversos en ninguno de ellos. Esto es consistente con lo observado en las revisiones sistemáticas redactadas por Merino-Andrés et al. (38) y Dodd et al. (12). Por otro lado, Goswami et al. (22) observaron que el ejercicio aeróbico puede ser beneficioso para la espasticidad. Esto puede explicarse como consecuencia de la actividad elegida para ello, que fue el entrenamiento en bicicleta. Según Abe et al. (43) el entrenamiento en bicicleta ayuda a disminuir la rigidez de las piernas al suprimir el reflejo de Hoffmann y el reflejo de estiramiento, además de activar las redes inhibitoras en la médula espinal, que puede provocar una reducción en la espasticidad.

Respecto a la calidad de vida, los resultados del estudio que analiza esta variable mostraron que el entrenamiento aeróbico no influye en la calidad de vida (22). La calidad de vida puede estar influenciada por la naturaleza de la actividad, el entorno y el interés personal (40). Este hecho puede explicar los resultados obtenidos por Goswami et al. (22). Por otro lado, Soares et al. (44) indicaron que el ejercicio aeróbico es beneficioso para la participación, pero no para la calidad de vida en niños y adolescentes con PC.

Según los resultados obtenidos, se considera primordial un entrenamiento individualizado para cada niño, ya que sus características varían entre ellos (20,30,31). Por otro lado, parece ser que un programa de ejercicios de fuerza durante 2-3 sesiones a la semana desde 45 a 60 minutos cada una, con una duración de 6 a 12 semanas sería una opción recomendable para mejorar fuerza, FMG y RDM (21,25–31). Por otro lado, realizar entrenamiento aeróbico con los mismos parámetros de dosificación podría ser beneficioso para mejorar FMG y espasticidad (21,22). Por último, en relación a los resultados observados en la presente revisión, se podría recomendar priorizar el entrenamiento de fuerza sobre el aeróbico, ya que se obtienen más beneficios. Otra opción es realizar una intervención mixta, ya que podría ser una opción de tratamiento viable, no obstante, se requiere más evidencia al respecto.

Sobre la calidad metodológica, un aspecto positivo fue que la mayoría de los estudios incluidos presentan una calidad metodológica alta. No obstante, a pesar de ello, se recomienda que en futuros estudios se considere el ciego de los sujetos, los terapeutas y los evaluadores.

Por último, se debe señalar que hubo ciertas limitaciones asociadas a la presente revisión. La principal es que se hallaron escasos estudios que analizaran el entrenamiento aeróbico para las variables estudiadas en esta revisión, por lo que se tiene poca información sobre su efectividad. Además, al incluir estudios únicamente en inglés o castellano, puede que se hayan excluido estudios potencialmente relevantes. Por tanto, se recomienda que futuros estudios analicen los efectos del ejercicio aeróbico en la fuerza y el rango de movimiento. También se recomienda valorar los efectos a largo plazo de ambos tratamientos.

7. Conclusión

De acuerdo con los resultados de esta revisión sistemática se puede concluir que:

- El entrenamiento de fuerza provoca mejoras significativas en cuanto a la fuerza a corto plazo.
- El entrenamiento de fuerza es capaz de producir beneficios significativos con relación al RDM a corto plazo.
- El entrenamiento de fuerza no mostró resultados positivos en relación al tratamiento de la espasticidad. Por el contrario, el ejercicio aeróbico presenta mejoras significativas en cuanto a la espasticidad a corto plazo.
- El entrenamiento de fuerza mostró mejoras en la FMG. Además, el entrenamiento aeróbico también presentó mejoras en la FMG.
- Se desconocen los efectos en la calidad de vida para el entrenamiento de fuerza. Además, el ejercicio aeróbico no produce mejora en la calidad de vida.
- El entrenamiento de fuerza y el entrenamiento aeróbico parecen mostrar beneficios. Realizándose 3 veces por semana, durante 6 a 12 semanas.

8. Bibliografía

1. Graham HK, Rosenbaum P, Paneth N, Dan B, Lin JP, Damiano DL, et al. Cerebral palsy. *Nat Rev Dis Primers*. 2016;2.
2. Novak I, Morgan C, Fahey M, Finch-Edmondson M, Galea C, Hines A, et al. State of the Evidence Traffic Lights 2019: Systematic Review of Interventions for Preventing and Treating Children with Cerebral Palsy. *Curr Neurol Neurosci Rep*. 2020;20(2):3.
3. Paul S, Nahar A, Bhagawati M, Kunwar AJ. A Review on Recent Advances of Cerebral Palsy. *Oxid Med Cell Longev*. 2022;2022:2622310.
4. Novak I, Morgan C, Adde L, Blackman J, Boyd RN, Brunstrom-Hernandez J, et al. Early, Accurate Diagnosis and Early Intervention in Cerebral Palsy: Advances in Diagnosis and Treatment. *JAMA Pediatr*. 2017;171(9):897–907.
5. Gulati S, Sondhi V. Cerebral Palsy: An Overview. *Indian J Pediatr*. 2018;85(11):1006–16.
6. Hanssen B, Peeters N, Vandekerckhove I, De Beukelaer N, Bar-On L, Molenaers G, et al. The Contribution of Decreased Muscle Size to Muscle Weakness in Children With Spastic Cerebral Palsy. *Front Neurol*. 2021;12.
7. Ross SA, Engsberg JR. Relationships between spasticity, strength, gait, and the GMFM-66 in persons with spastic diplegia cerebral palsy. *Arch Phys Med Rehabil*. 2007;88(9):1114–20.
8. Nordmark E, Hägglund G, Lauge-Pedersen H, Wagner P, Westbom L. Development of lower limb range of motion from early childhood to adolescence in cerebral palsy: a population-based study. *BMC Med*. 2009;7(1):65.
9. Gómez-López S, Jaimes VH, Palencia Gutiérrez CM, Hernández M, Guerrero A. Parálisis cerebral infantil. Vol. 76, *Archivos Venezolanos de Puericultura y Pediatría*. 2013. p. 30–9.
10. Novak I, McIntyre S, Morgan C, Campbell L, Dark L, Morton N, et al. A systematic review of interventions for children with cerebral palsy: state of the evidence. *Dev Med Child Neurol*. 2013;55(10):885–910.
11. Verschuren O, Ketelaar M, Takken T, Helders PJM, Gorter JW, JW VOKMTTHPG. Exercise programs for children with cerebral palsy: a systematic review of the literature. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation* 2008 May;87(5):404-417. 2008;87(5):404–17.
12. Dodd KJ, Taylor NF, Damiano DL, DL DKTND, Dodd KJ, Taylor NF, et al. A systematic review of the effectiveness of strength-training programs for people with cerebral palsy. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 2002 Aug;83(8):1157-1164. 2002;83(8):1157–64.
13. Pizano A, Echeverri D, Montes FR. Efecto del ejercicio aeróbico en la rigidez vascular en una población sana. *Revista Colombiana de Cardiología*. 2017;24(3):308–15.
14. Padilla Colón CJ, Sánchez Collado P, Cuevas MJ. Beneficios del entrenamiento de fuerza para la prevención y tratamiento de la sarcopenia. Vol. 29, *Nutrición Hospitalaria*. 2014. p. 979–88.
15. Balemans ACJ, Van Wely L, De Heer SJA, Van Den Brink J, De Koning JJ, Becher JG, et al. Maximal aerobic and anaerobic exercise responses in children with cerebral palsy. *Med Sci Sports Exerc*. 2013;45(3):561–8.
16. Maltais DB, Wiart L, Fowler E, Verschuren O, Damiano DL. Health-related physical fitness for children with cerebral palsy. *J Child Neurol*. 2014;29(8):1091–100.
17. Rogers A, Furler BL, Brinks S, Darrah J, J RAFBLBSD. A systematic review of the effectiveness of aerobic exercise interventions for children with cerebral palsy: an AACPD evidence report. *Developmental Medicine and Child Neurology* 2008 Nov;50(11):808-814. 2008;50(11):808–14.
18. Moher D, Shamseer L, Clarke M, Ghersi D, Liberati A, Petticrew M, et al. Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*. 2016;20(2):148–60.

19. de Morton NA. The PEDro scale is a valid measure of the methodological quality of clinical trials: a demographic study. *Aust J Physiother.* 2009;55(2):129–33.
20. Cho HJ, Lee BH, B-H CHJL, Cho HJ, Lee BH. Effect of functional progressive resistance exercise on lower extremity structure, muscle tone, dynamic balance and functional ability in children with spastic cerebral palsy. *Children* 2020 Aug;7(8):85. 2020;7(8).
21. Gurusamy L, Balaji GK, Agrahara S. A multicentre, double-blind, randomized controlled trial on the effect of functional strength training on gross motor function among children with spastic diplegic cerebral palsy. *Physiotherapy quarterly.* 2022;30(4):52-58.
22. Goswami JN, Sankhyan N, Singhi P. Add-on Home-Centered Activity-Based Therapy vs Conventional Physiotherapy in Improving Walking Ability at 6-Months in Children With Diplegic Cerebral Palsy: A Randomized Controlled Trial. *Indian Pediatr.* 2021;58(9):826–32.
23. Dodd KJ, Taylor NF, Graham HK. A randomized clinical trial of strength training in young people with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol.* 2003;45(10):652–7.
24. Park SI, Kim MS, Choi JD. Effects of concentric and eccentric control exercise on gross motor function and balance ability of paretic leg in children with spastic hemiplegia. *J Phys Ther Sci.* 2016;28(7):2128–31.
25. Elnaggar RK, Elbanna MF, Mahmoud WS, Alqahtani BA. Plyometric exercises: Subsequent changes of weightbearing symmetry, muscle strength and walking performance in children with unilateral cerebral palsy. *Journal of Musculoskeletal Neuronal Interactions.* 2019;19(4):507–15.
26. Elnaggar RK, Alghamdi MS, Alenazi AM, Alghadier M, Mahmoud MZ, Elsayed AEA, et al. Mechanical and Morphological Changes of the Plantar Flexor Musculotendinous Unit in Children with Unilateral Cerebral Palsy Following 12 Weeks of Plyometric Exercise: A Randomized Controlled Trial. *Children (Basel).* 2022;9(11).
27. Copanas K, Harris N, Kaya Kara O, Livanelioglu A, Yardımcı BN, Soylu AR, et al. The Effects of Functional Progressive Strength and Power Training in Children With Unilateral Cerebral Palsy. *Pediatr Phys Ther.* 2019;31(3):286–95.
28. Jung Hwan Lee IYS, Yoo JY. Therapeutic effects of strengthening exercise on gait function of cerebral palsy. *Disabil Rehabil.* 2008;30(19):1439–44.
29. Hanssen B, Peeters N, De Beukelaer N, Vannerom A, Peeters L, Molenaers G, et al. Progressive resistance training for children with cerebral palsy: A randomized controlled trial evaluating the effects on muscle strength and morphology. *Front Physiol.* 2022;13:911162.
30. Scholtes VA, Becher JG, Janssen-Potten YJ, Dekkers H, Smallenbroek L, Dallmeijer AJ. Effectiveness of functional progressive resistance exercise training on walking ability in children with cerebral palsy: A randomized controlled trial. *Res Dev Disabil.* 2012;33(1):181–8.
31. Scholtes VA, Becher JG, Comuth A, Dekkers H, Van Dijk L, Dallmeijer AJ. Effectiveness of functional progressive resistance exercise strength training on muscle strength and mobility in children with cerebral palsy: A randomized controlled trial. *Dev Med Child Neurol.* 2010;52(6).
32. Ryan JM, Lavelle G, Theis N, Noorkoiv M, Kilbride C, Korff T, et al. Progressive resistance training for adolescents with cerebral palsy: the STAR randomized controlled trial. *Dev Med Child Neurol.* 2020;62(11):1283–93.
33. Chrysagis N, Skordilis EK, Stavrou N, Grammatopoulou E, Koutsouki D. The effect of treadmill training on gross motor function and walking speed in ambulatory adolescents with cerebral palsy: A randomized controlled trial. *Am J Phys Med Rehabil.* 2012;91(9):747–60.
34. Park EY, Kim WH. Meta-analysis of the effect of strengthening interventions in individuals with cerebral palsy. *Res Dev Disabil.* 2014;35(2):239–49.
35. Ryan JM, Cassidy EE, Noorduyn SG, O’Connell NE. Exercise interventions for cerebral palsy. *Cochrane Database of Systematic Reviews.* 2017;2017(6).
36. Faigenbaum AD, Kraemer WJ, Blimkie CJR, Jeffreys I, Micheli LJ, Nitka M, et al. Youth Resistance Training: Updated Position Statement Paper From the National Strength and Conditioning

- Association. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2009;23:60–79.
37. Hötting K, Röder B. Beneficial effects of physical exercise on neuroplasticity and cognition. *Neurosci Biobehav Rev*. 2013;37(9 Pt B):2243–57.
 38. Merino-Andrés J, García de Mateos-López A, Damiano DL, Sánchez-Sierra A. Effect of muscle strength training in children and adolescents with spastic cerebral palsy: A systematic review and meta-analysis. *Clin Rehabil*. 2022;36(1):4–14.
 39. Verschuren O, Ketelaar M, Gorter JW, Helders PJM, Takken T. Relation between physical fitness and gross motor capacity in children and adolescents with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*. 2009;51(11):866–71.
 40. Owusu Ansa EO, Mprah WK, Moses MO, Owusu I, Acheampong E. Effect of Community-Based Functional Aerobic Training on Motor Performance and Quality of Life of Children with Spastic Cerebral Palsy. *Ethiop J Health Sci*. 2021;31(3):505–16.
 41. Iversen VM, Norum M, Schoenfeld BJ, Fimland MS. No Time to Lift? Designing Time-Efficient Training Programs for Strength and Hypertrophy: A Narrative Review. *Sports Med*. 2021;51(10):2079–95.
 42. Alizadeh S, Daneshjoo A, Zahiri A, Anvar SH, Goudini R, Hicks JP, et al. Resistance Training Induces Improvements in Range of Motion: A Systematic Review and Meta-Analysis. Vol. 53, *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*. New Zealand; 2023. p. 707–22.
 43. Abe S, Yokoi Y, Kozuka N. Leg Cycling Leads to Improvement of Spasticity by Enhancement of Presynaptic Inhibition in Patients with Cerebral Palsy. *Phys Ther Res*. 2023;26(2):65–70.
 44. Soares EG, Gusmão CHV, Souto DO. Efficacy of aerobic exercise on the functioning and quality of life of children and adolescents with cerebral palsy: A systematic review and meta-analysis. *Dev Med Child Neurol*. 2023;65(10):1292–307.

9. Anexo

Anexo 1. Estrategia de búsqueda

Medline (Pubmed): ("cerebral palsy"[MeSH Terms] OR ("cerebral"[All Fields] AND "palsy"[All Fields]) OR "cerebral palsy"[All Fields]) AND ("exercise"[MeSH Terms] OR "exercise"[All Fields] OR "exercises"[All Fields] OR "exercise therapy"[MeSH Terms] OR ("exercise"[All Fields] AND "therapy"[All Fields]) OR "exercise therapy"[All Fields] OR "exercising"[All Fields] OR "exercise s"[All Fields] OR "exercised"[All Fields] OR "exerciser"[All Fields] OR "exercisers"[All Fields] OR ("exercise therapy"[MeSH Terms] OR ("exercise"[All Fields] AND "therapy"[All Fields]) OR "exercise therapy"[All Fields]) OR ("exercise"[MeSH Terms] OR "exercise"[All Fields] OR ("aerobic"[All Fields] AND "exercise"[All Fields]) OR "aerobic exercise"[All Fields]) OR ("endurance training"[MeSH Terms] OR ("endurance"[All Fields] AND "training"[All Fields]) OR "endurance training"[All Fields]) OR ("exercise"[MeSH Terms] OR "exercise"[All Fields] OR ("exercise"[All Fields] AND "training"[All Fields]) OR "exercise training"[All Fields]) OR ("resistance training"[MeSH Terms] OR ("resistance"[All Fields] AND "training"[All Fields]) OR "resistance training"[All Fields] OR ("strength"[All Fields] AND "training"[All Fields]) OR "strength training"[All Fields])) AND ("range of motion, articular"[MeSH Terms] OR ("range"[All Fields] AND "motion"[All Fields] AND "articular"[All Fields]) OR "articular range of motion"[All Fields] OR "range of motion articular"[All Fields] OR ("muscle strength"[MeSH Terms] OR ("muscle"[All Fields] AND "strength"[All Fields]) OR "muscle strength"[All Fields]) OR ("muscle spasticity"[MeSH Terms] OR ("muscle"[All Fields] AND "spasticity"[All Fields]) OR "muscle spasticity"[All Fields] OR "spastic"[All Fields] OR "spasticity"[All Fields] OR "spastics"[All Fields] OR "spasticities"[All Fields]) OR ("quality of life"[MeSH Terms] OR ("quality"[All Fields] AND "life"[All Fields]) OR "quality of life"[All Fields]) OR ("gross"[All Fields] AND ("motor"[All Fields] OR "motor s"[All Fields] OR "motoric"[All Fields] OR "motorically"[All Fields] OR "motorics"[All Fields] OR "motoring"[All Fields] OR "motorisation"[All Fields] OR "motorised"[All Fields] OR "motorization"[All Fields] OR "motorized"[All Fields] OR "motors"[All Fields]) AND ("functional"[All Fields] OR "functional s"[All Fields] OR "functionalities"[All Fields] OR "functionality"[All Fields] OR "functionalization"[All Fields] OR "functionalizations"[All Fields] OR "functionalize"[All Fields] OR "functionalized"[All Fields] OR "functionalizes"[All Fields] OR "functionalizing"[All Fields] OR "functionally"[All Fields] OR "functionals"[All Fields] OR "functioned"[All Fields] OR "functioning"[All Fields] OR "functionings"[All Fields] OR "functions"[All Fields] OR "physiology"[MeSH Subheading] OR "physiology"[All Fields] OR "function"[All Fields] OR "physiology"[MeSH Terms]))))

PEDro: Cerebral palsy AND exercise

Biblioteca Cochrane: (cerebral palsy) AND (exercise OR exercise therapy OR aerobic exercise OR endurance training OR exercise training OR resistance training OR strength training) AND (range of motion, articular OR muscle strength OR spasticity OR quality of life OR gross motor function)

Scopus: (cerebral palsy) AND (exercise OR exercise therapy OR aerobic exercise OR endurance training OR exercise training OR resistance training OR strength training) AND (range of motion, articular OR muscle strength OR spasticity OR quality of life OR gross motor function)