

# Impacto de la terapia resistida sobre los parámetros de la marcha en niños con parálisis cerebral: revisión sistemática y metaanálisis

Luisa Collado-Garrido, Paula Parás-Bravo, Pilar Calvo-Martín, Miguel Santibáñez

**Introducción.** La parálisis cerebral es una de las principales causas de discapacidad en la infancia. La terapia resistida ha demostrado beneficio en el aumento de la fuerza y la función motora de estos pacientes, pero su impacto en la marcha aún no está claro.

**Objetivo.** Analizar el impacto de la terapia resistida sobre la mejora en la marcha, mediante una revisión sistemática y metaanálisis.

**Pacientes y métodos.** Se realizó una búsqueda en Medline, ISI Web of Knowledge y PEDro de ensayos clínicos en los que se intervino con terapia resistida y se evaluó al menos un parámetro de marcha.

**Resultados.** Se identificaron nueve estudios controlados y uno de un solo brazo. En cuanto a la diferencia pre-post, el efecto global intragrupo fue a favor de la intervención, con una heterogeneidad nula (diferencia estandarizada de medias: 0,32; IC 95%: 0,19-0,44). Las diferencias estandarizadas de medias fueron asimismo positivas al restringir a cada uno de los parámetros de marcha analizados: 0,36, 0,35 y 0,22 para la velocidad de la marcha, la cadencia del paso y la longitud del paso, respectivamente. En relación con la diferencia entre grupos, los resultados mostraron una heterogeneidad elevada y la diferencia de medias también fue favorable, especialmente para la velocidad (7,3 cm/s; IC 95%: 2,67-11,92) y la cadencia (5,66 pasos; IC 95%: 1,86-9,46), y en menor medida para la longitud del paso (3,25 cm; IC 95%: -1,69-8,19).

**Conclusión.** Los resultados apoyan el impacto de la terapia resistida en la mejora en la marcha, especialmente en cuanto a los parámetros de velocidad de la marcha y cadencia del paso.

**Palabras clave.** Cadencia del paso. Longitud del paso. Metaanálisis. Parálisis cerebral. Revisión sistemática. Terapia resistida. Velocidad de la marcha.

## Introducción

En la actualidad, la parálisis cerebral es la causa más frecuente de discapacidad motora en la edad pediátrica. Tiene una incidencia de 1,5-2,5 de cada 1.000 nacidos vivos [1,2]. La mayoría de los niños con parálisis cerebral muestra una debilidad significativa en la musculatura espástica comparada con la menos afecta, lo que sugiere la evidencia actual de que la debilidad muscular en la parálisis cerebral puede contribuir a la discapacidad del individuo en mayor medida que la espasticidad [3].

En el pasado, se temía que el ejercicio con resistencia podía exacerbar el tono muscular anormal y los movimientos patológicos [4]. Estudios recientes indican, no obstante, que esta creencia es infundada y sugieren que los ejercicios resistidos incrementan la fuerza muscular sin aumentar la espasticidad, y pueden mejorar las tareas de las personas con parálisis cerebral [5].

Varios estudios primarios han investigado sobre la terapia resistida en la parálisis cerebral y su re-

percusión sobre la fuerza [6-13], la función motora [14-19], la marcha [6-9] y la espasticidad [7,9].

En un metaanálisis sobre el tema, Park y Kim [20] concluyeron que la terapia resistida mejora la fuerza muscular y los parámetros de marcha, y establecieron un protocolo de intervención de 40-50 minutos durante tres días a la semana. Sin embargo, los dos metaanálisis más recientes sobre el tema [21,22] mostraron resultados diferentes, y encontraron mejoras en la fuerza muscular sin aumentos significativos ni clínicamente relevantes en la velocidad de marcha. Estas diferencias pueden deberse a que no todas las revisiones publicadas hasta la fecha se han centrado en población infantil [5,20-22], y las intervenciones de terapia resistida son heterogéneas en algunos de los estudios incluidos en ellas [20,23,24], utilizando por ejemplo estimulación eléctrica, lo cual no es un trabajo resistido, sino una potenciación muscular involuntaria [25].

Esto apoya la necesidad de una revisión sistemática y un metaanálisis para conocer el impacto específico de la terapia resistida en la marcha, donde

Servicio de Rehabilitación; Hospital Universitario Marqués de Valdecilla-Instituto de Investigación Marqués de Valdecilla, IDIVAL (L. Collado-Garrido, P. Calvo-Martín). Departamento de Enfermería; Facultad de Enfermería; Universidad de Cantabria-IDIVAL (P. Parás-Bravo, M. Santibáñez). Santander, Cantabria, España.

### Correspondencia:

Dr. Miguel Santibáñez. Departamento de Enfermería. Facultad de Enfermería. Universidad de Cantabria. Avda. Valdecilla, s/n. E-39008 Santander (Cantabria).

### E-mail:

miguel.santibanez@unican.es

### Aceptado tras revisión externa:

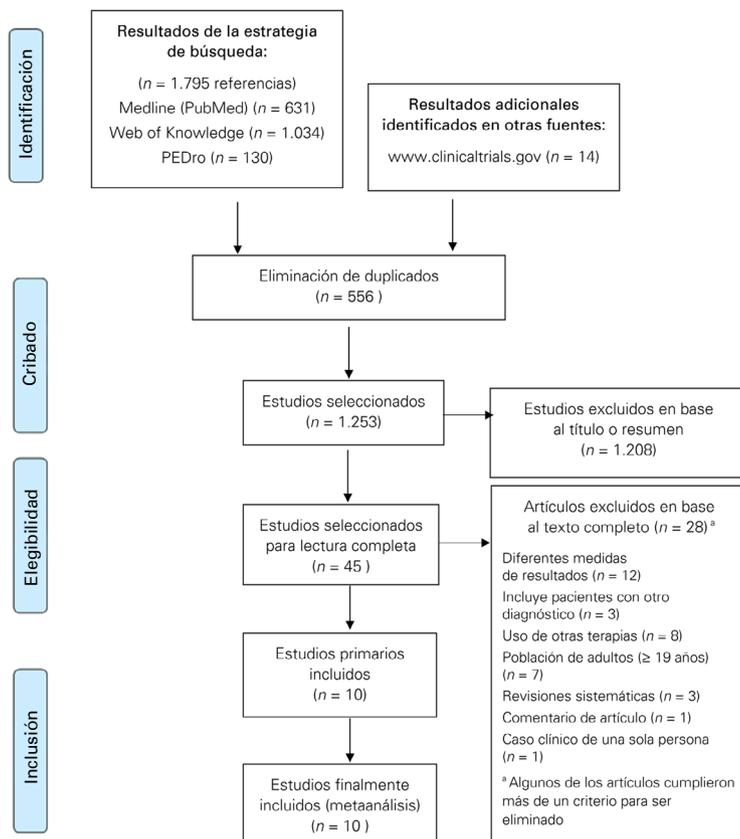
29.04.19.

### Cómo citar este artículo:

Collado-Garrido L, Parás-Bravo P, Calvo-Martín P, Santibáñez M. Impacto de la terapia resistida sobre los parámetros de la marcha en niños con parálisis cerebral: revisión sistemática y metaanálisis. Rev Neurol 2019; 69: 307-16. doi: 10.33588/rn.6908.2019081.

© 2019 Revista de Neurología

**Figura 1.** Esquema de identificación de estudios de ensayos clínicos cuya intervención estuviera basada en la terapia resistida y su variable resultado midiese parámetros de la marcha.



**Tabla I.** Criterios de inclusión y exclusión.

#### Criterios de inclusión

Pacientes en edad escolar diagnosticados de parálisis cerebral (≤ 18 años)  
Diseño: ensayos clínicos tanto controlados (aleatorizados o cuasi aleatorizados) como no controlados  
Intervención basada en terapia resistida  
Lenguaje: escritos en inglés o en castellano  
Información al menos de una determinación de actividad motriz y marcha, tanto pre como postintervención, o de diferencias entre grupos en estas medidas de resultado en caso de estudios controlados

#### Criterios de exclusión

Pacientes adultos (≥ 19 años)  
Población con otras enfermedades diferentes a la parálisis cerebral  
Estimulación eléctrica como terapia resistida elegida

a cabo en pacientes con parálisis cerebral infantil en edad escolar (≤ 18 años), escritos en inglés o castellano, en los que se intervino con terapia resistida y que evaluaron al menos un parámetro de marcha, tanto pre como postintervención, con el fin de valorar el cambio intragrupo y los que informaran de diferencias entre grupos en esta medida de resultado. Se consultaron diferentes bases de datos bibliográficas internacionales: Medline (PubMed), ISI Web of Knowledge y Physiotherapy Evidence Database (PEDro). Se identificaron todos los estudios primarios relevantes (publicados y en vías de publicación) hasta enero de 2018 mediante la estrategia: [(‘strength training’ OR ‘strengthening’ OR ‘resistance exercise’)] AND [(‘cerebral palsy’)], en texto libre y sin aplicar ningún límite en la estrategia de búsqueda. También se realizó una búsqueda manual en las referencias bibliográficas de los estudios recuperados. De la búsqueda en Medline a través de PubMed resultaron 631 estudios primarios, 1.034 en ISI Web of Knowledge y 130 en PEDro.

Quedaron excluidos los estudios que utilizaron electroestimulación como terapia resistida y poblaciones con otras enfermedades diferentes a la parálisis cerebral. En la tabla I se pueden ver los criterios de inclusión o exclusión que se aplicaron a las referencias encontradas mediante la lectura de los resúmenes o, cuando fue necesario, mediante la lectura completa de los estudios primarios. En la figura 1 se presenta el diagrama de flujo para identificar los estudios primarios e informar acerca de los motivos de exclusión. Para la identificación de los estudios en curso se buscó en la base de datos electróni-

tanto las terapias como la edad poblacional sean más homogéneas, y de esta manera establecer protocolos óptimos de tratamiento. Por tanto, un metaanálisis que sintetizara las medidas cuantitativas encontradas en relación con la terapia resistida en población infantil, y que incorporara un análisis de subgrupos basándose en la calidad de los estudios identificados, sería de gran utilidad.

Por ello, el objetivo del presente estudio es analizar, a través de un metaanálisis de los estudios primarios publicados, el impacto de la terapia resistida sobre los parámetros de la marcha en niños con parálisis cerebral.

## Pacientes y métodos

Se realizó una búsqueda bibliográfica de cara a la identificación de estudios epidemiológicos llevados

ca de registros de ensayos clínicos: Current Controlled Trials, National Health Service-The National Research Register and Clinical Trials.

La valoración de la presencia de los principales tipos de sesgos y de la calidad metodológica global en cada estudio primario se realizó de forma estandarizada usando la herramienta denominada escala PEDro [26-28].

La recogida de datos se realizó siguiendo las recomendaciones de Chalmers [29] y Santibáñez [30], para intentar minimizar el sesgo del observador: a cada artículo se le asignó un número de identificación, eliminando los datos de la revista y los autores. Cada estudio primario se evaluó independientemente por dos revisores (LCG y MS). En los casos de discrepancia en la evaluación, se resolvió por consenso entre los revisores.

### Análisis de los datos

Se eligió la diferencia estandarizada de medias (DEM), junto con su intervalo de confianza al 95% (IC 95%), como medida resumida del efecto para poder combinar los datos de los parámetros de marcha (velocidad, cadencia de paso y longitud de paso) en el metaanálisis. Esta estrategia, que es consistente con el enfoque adoptado en otras revisiones [22,31], aumenta el número de estudios, e incrementa así el poder para detectar una diferencia en la marcha dentro del grupo y entre los grupos.

En una segunda estrategia, como análisis de sensibilidad, se agruparon los resultados para cada parámetro de marcha. En este enfoque se utilizó la diferencia de medias (DM) en la escala natural (no estandarizada).

Para ponderar los efectos de la intervención, se eligió el modelo de efectos aleatorios frente al modelo de efectos fijos después de estudiar la heterogeneidad para cada resultado. La heterogeneidad estadística se evaluó mediante la prueba Q de Cochran y la estadística  $I^2$ . Se estableció un valor de  $p < 0,1$  como punto de corte para una heterogeneidad estadísticamente significativa en la prueba de chi cuadrado para la heterogeneidad [32]. Se utilizó el modelo de efectos aleatorios DerSimonian y Laird con varianza inversa para generar DEM y DM [33].

Se predefinieron análisis de subgrupos en función del diseño del estudio, la duración de la terapia, el número de sesiones, la duración de la sesión y el tipo de protocolo de intervención, y en función de la puntuación en el análisis de la calidad metodológica.

Se valoró la existencia del sesgo de publicación mediante la inspección visual del diagrama de embudo (*funnel plot*) y la prueba de regresión asimé-

trica de Egger [34,35]. Por último, se estudió el impacto del sesgo, estudiando el efecto global ajustado por el procedimiento de Duval y Tweedie (*trimm and fill*) [36].

El metaanálisis fue escrito siguiendo las recomendaciones de la declaración PRISMA para revisiones que utilizan metaanálisis [37]. Todos los análisis se realizaron mediante el empleo del programa Comprehensive Meta-Analysis v. 2 [38].

## Resultados

De acuerdo con los criterios de selección, se encontraron diez estudios originales: nueve ensayos clínicos controlados aleatorizados [6-9,11,12,39-41], todos ellos de dos brazos paralelos, y un ensayo clínico no controlado (un solo brazo) [42]. En la tabla II se presentan las características de los estudios finalmente incluidos.

En relación con la valoración de la calidad metodológica global de cada estudio primario, uno de ellos obtuvo una puntuación excelente (8 puntos sobre 10) [39]; seis de ellos, una puntuación buena (5-6 puntos) [6-8,11,39,41]; y tres de ellos, una puntuación regular (3-4 puntos) [9,12,42] (Tabla III).

### Diferencia intragrupo pre-post en el grupo de intervención

Los diez estudios aportaron datos relativos a una intervención con terapia resistida susceptibles de metaanálisis para la evaluación de la diferencia intragrupo pre-post en la velocidad de marcha, y seis de ellos [6,7,9,39,41,42] aportaron también datos relativos a la cadencia de paso y la longitud de paso. Los resultados de los estudios presentaron una heterogeneidad nula entre ellos ( $Q = 32,78$ ;  $df = 34$ ;  $p = 0,527$ ;  $I^2 = 0\%$ ;  $\tau = 0$ ). El efecto global fue a favor de la intervención, que alcanzó la significación estadística en el modelo de efectos fijos (DEM: 0,32; IC 95%: 0,19-0,44;  $p < 0,001$ ) (Fig. 2).

En cuanto a los parámetros de marcha analizados, se encontraron DEM estadísticamente significativas para la cadencia de paso (DEM: 0,35;  $p = 0,004$ ) y la velocidad de la marcha (DEM: 0,36;  $p < 0,001$ ), pero no para la longitud de paso (DEM: 0,22;  $p = 0,062$ ).

En función de la duración completa de la terapia, los resultados mostraron un mayor tamaño del efecto (DEM: 0,42) cuando la duración de la terapia fue inferior o igual a seis semanas, y ésta fue menor en los estudios con una duración de la terapia mayor (7-12 semanas) (DEM: 0,23).

**Tabla II.** Características de los estudios incluidos.

	País	Diseño del estudio	Población estudiada	Duración	Intervención	Velocidad de marcha (cm/s)	Cadencia de paso (pasos/min)	Longitud de paso (cm)
Dodd et al [8]	Australia	ECA con dos brazos paralelos	21 niños PC (I-III de la GMFCS) Edad media: 13 años	6 semanas 3 veces/semana 20-30 min/sesión	Entrenamiento funcional de fuerza	Grupo intervención: Pre: 79 ± 38,83 Post: 80 ± 35,33  Grupo control: Pre: 82,5 ± 40,83 Post: 84,16 ± 34,66		
Engsberg et al [9]	Estados Unidos	ECA con dos brazos paralelos	12 niños PC (I-III de la GMFCS) Edad media: 9,9 años	12 semanas 3 veces/semana	Entrenamiento progresivo de fuerza	Grupo intervención: Pre: 85,9 ± 31,1 Post: 91 ± 34,6  Grupo control: Pre: 80,1 ± 23,4 Post: 78,6 ± 31,3	Grupo intervención: Pre: 120,3 ± 36,3 Post: 124,4 ± 37,2  Grupo control: Pre: 121,7 ± 17,9 Post: 123,1 ± 12,9	Grupo intervención: Pre: 82,6 ± 21 Post: 84,8 ± 21,4  Grupo control: Pre: 80,6 ± 14,8 Post: 77,7 ± 25,8
Fowler et al [11]	Estados Unidos	ECA con dos brazos paralelos	62 niños PC (I-III de la GMFCS) Edad: 7-18 años	12 semanas 3 veces/semana 60 min/sesión	Entrenamiento resistido en bicicleta	Grupo intervención: Pre: 111,5 ± 6,67 Post: 113,33 ± 6,2  Grupo control: Pre: 97,83 ± 6,05 Post: 103,5 ± 6,26		
Jung et al [42]	Corea del Sur	Ensayo clínico de un solo brazo	6 niños PC (I de la GMFCS) Edad: 4-10 años	6 semanas 3 veces/semana 30 min/sesión	Entrenamiento progresivo de fuerza	Pre: 81,4 ± 19 Post: 88,7 ± 19,2	Pre: 117,7 ± 10,7 Post: 129,6 ± 7,1	Pre: 84 ± 15,9 Post: 88,9 ± 16,9
Lee et al [6]	Corea	ECA con dos brazos paralelos	17 niños PC (II-III de la GMFCS) Edad: 4-12 años	5 semanas 3 veces/semana 60 min/sesión	Programa de ejercicio resistido	Grupo intervención: Pre: 54,7 ± 30,7 Post: 74,6 ± 38,7  Grupo control: Pre: 69,8 ± 43 Post: 68,2 ± 42,9	Grupo intervención: Pre: 106,8 ± 37,1 Post: 109,7 ± 26  Grupo control: Pre: 107,9 ± 48,4 Post: 101,1 ± 47,4	Grupo intervención: Pre: 62,5 ± 21,8 Post: 80 ± 26,4  Grupo control: Pre: 70 ± 32,1 Post: 68,2 ± 42,9
Liao et al [12]	China	ECA con dos brazos paralelos	20 niños PC (I-II de la GMFCS) Edad: 5-12 años	6 semanas 3 veces/semana 90 min/sesión	Entrenamiento resistido de fuerza	Grupo intervención: Pre: 94,83 ± 27,16 Post: 97,33 ± 26,35  Grupo control: Pre: 106,33 ± 15,82 Post: 103,33 ± 13,7		

En función del número de sesiones, los resultados mostraron una diferencia a favor de los estudios con menos de tres días a la semana (DEM: 0,48) [37,38] frente a los estudios en los que se aplicó tres días a la semana (DEM: 0,27).

En relación con la duración de cada sesión, los estudios mostraron resultados similares independientemente del tiempo utilizado, con DEM de 0,29, 0,31 y 0,29 en sesiones de menos de 30 min, de 30-60 min y de más de 60 min, respectivamente.

En relación con el protocolo utilizado, en cuatro estudios se hizo un protocolo de entrenamiento progresivo de fuerza [7,9,41,42]; en dos de los estu-

dios, el protocolo utilizado fue una tabla de ejercicios resistidos [6,12]; en tres de los estudios, el protocolo utilizado para terapia resistida fue mediante ejercicios funcionales [8,39,40]; y en un único estudio, el protocolo utilizado para terapia resistida fue mediante bicicleta estática [11]. El análisis de subgrupos mostró un mayor efecto en el protocolo de ejercicios funcionales (DEM: 0,64).

En función de la calidad metodológica, el tamaño del efecto fue mayor para los estudios valorados como de calidad excelente (7-8 puntos) [40] (DEM: 0,55; IC 95%: -0,45-1,55;  $p = 0,280$ ), seguidos de los estudios de calidad buena (5-6 puntos) [6-8,11,39,41]

**Tabla II.** Características de los estudios incluidos (cont.).

	País	Diseño del estudio	Población estudiada	Duración	Intervención	Velocidad de marcha (cm/s)	Cadencia de paso (pasos/min)	Longitud de paso (cm)
Pandey et al [39]	India	ECA con dos brazos paralelos	18 participantes Edad: 5-10 años	4 semanas 2 veces/semana 60 min/sesión	Entrenamiento funcional de fuerza	Grupo intervención: Pre: 54 ± 8 Post: 70 ± 10  Grupo control: Pre: 59 ± 9 Post: 60 ± 10	Grupo intervención: Pre: 111 ± 10 Post: 127 ± 11  Grupo control: Pre: 125 ± 27 Post: 127 ± 26	Grupo intervención: Pre: 63 ± 16 Post: 63 ± 10  Grupo control: Pre: 58 ± 14 Post: 60 ± 10
Peungsuwan et al [40]	Tailandia	ECA con dos brazos paralelos	15 participantes Edad: 7-16 años PC (I-III de la GMFCS)	8 semanas 3 veces/semana 70 min/sesión	Ejercicio funcional resistido	Grupo intervención: Pre: 100 ± 20 Post: 111 ± 20  Grupo control: Pre: 111 ± 20 Post: 99 ± 20		
Scholtes et al [7]	Países Bajos	ECA con dos brazos paralelos	51 niños PC (I-III de la GMFCS) Edad: 6-13 años	12 semanas 3 veces/semana 60 min/sesión	Entrenamiento progresivo de fuerza	Grupo intervención: Pre: 95 ± 29 Post: 103 ± 33  Grupo control: Pre: 95 ± 28 Post: 107 ± 38	Grupo intervención: Pre: 109,01 ± 20,67 Post: 113,7 ± 19,52  Grupo control: Pre: 103,58 ± 25,02 Post: 111,07 ± 26,51	Grupo intervención: Pre: 103 ± 22 Post: 107 ± 26,  Grupo control: Pre: 109 ± 19 Post: 113 ± 25
Unger et al [41]	Sudáfrica	ECA con dos brazos paralelos	31 niños PC Edad: 13-18 años	8 semanas 1-3 veces/semana 40-60 min/sesión	Entrenamiento progresivo de fuerza	Grupo intervención: Pre: 107,56 ± 23,54 Post: 111,93 ± 23,25  Grupo control: Pre: 112,8 ± 13,2 Post: 117,14 ± 14,19	Grupo intervención: Pre: 114,6 ± 15,1 Post: 116,9 ± 15,8  Grupo control: Pre: 119,2 ± 11,6 Post: 123,1 ± 11,7	Grupo intervención: Pre: 111,19 ± 20,73 Post: 112,94 ± 20,15  Grupo control: Pre: 111,28 ± 14,92 Post: 114,39 ± 12,87

ECA: ensayo clínico aleatorizado; GMFCS: sistema de clasificación de la función motora gruesa; PC: parálisis cerebral.

(DEM: 0,32; IC 95%: 0,18-0,45;  $p < 0,001$ ) y, por último, los de calidad regular (3-4 puntos) [9,12,42] (DEM: 0,28; IC 95%: -0,10-0,65;  $p = 0,154$ ).

### Diferencia intragrupo en el grupo de control

En la figura 3 se presentan las DEM en el grupo de control, relativas a los nueve ensayos clínicos controlados [6-9,11,12,39-41]. Los estudios presentaron una heterogeneidad nula entre ellos ( $Q = 14,23$ ;  $df = 31$ ;  $p = 0,996$ ;  $I^2 = 0\%$ ;  $\tau = 0$ ). El efecto global fue a favor de la intervención, que alcanzó significación estadística (DEM: 0,21; IC 95%: 0,07-0,35;  $p = 0,003$ ; modelo de efectos fijos) (Fig. 3).

Al restringir a cada uno de los parámetros de marcha analizados por separado, las DEM fueron de 0,15, 0,26 y 0,20 para la cadencia de paso, la velocidad de la marcha y la longitud del paso, respectivamente, y únicamente alcanzó significación estadística la velocidad de la marcha ( $p = 0,015$ ; modelo de efectos fijos).

### Diferencia entre grupos

En relación con la velocidad de marcha, ocho estudios [6-8,11,12,39-41] aportaron datos relativos a una intervención con terapia resistida susceptibles de metaanálisis para la evaluación de la diferencia entre grupos, esto es, entre el grupo de intervención y el grupo de control. La heterogeneidad fue elevada ( $Q = 100,207,46$ ;  $df = 12$ ;  $p = 0,000$ ;  $I^2 = 99,98\%$ ;  $\tau = 8,5$ ). El efecto fue a favor de la intervención, que alcanzó significación estadística (DM: 7,30; IC 95%: 2,67-11,92;  $p = 0,002$ ; modelo de efectos aleatorios) (Fig. 4).

Cinco estudios [6,7,9,39,41] aportaron datos relativos a una intervención con terapia resistida susceptibles de metaanálisis para la evaluación de la diferencia entre grupos en la medida de cadencia del paso. La heterogeneidad fue asimismo elevada ( $Q = 29,644,56$ ;  $df = 8$ ;  $p < 0,001$ ;  $I^2 = 99,97\%$ ;  $\tau = 5,81$ ). El efecto fue asimismo estadísticamente significativo y a favor de la intervención (DM: 5,66; IC

**Tabla III.** Resultados de la evaluación cualitativa de los estudios incluidos.

	Dodd et al [8]	Engsberg et al [9]	Fowler et al [11]	Jung et al [42]	Lee et al [6]	Pandey et al [39]	Peungsuwan et al [40]	Liao et al [12]	Scholtes et al [7]	Unger et al [41]
Criterios de elección especificados <sup>a</sup>	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0
Asignación aleatoria por grupos	1	1	1	NA	1	1	1	1	1	1
Asignación oculta	1	0	0	NA	1	1	1	0	1	1
Grupos similares en el inicio	0	0	1	NA	0	0	1	0	0	0
Pacientes cegados	0	0	0	NA	0	0	0	0	0	0
Terapeutas cegados	0	0	0	NA	0	0	0	0	0	0
Evaluadores cegados	1	0	1	NA	0	1	1	1	1	1
< 15% abandonos	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0
Análisis por intención de tratar	0	0	0	NA	1	0	1	0	0	0
Comparaciones estadísticas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Medidas puntuales y de variabilidad	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Puntuación total (0-10)	6	3	6	3	6	6	8	4	6	5

NA: no aplicable (estudios de un brazo). <sup>a</sup> Criterio que no contribuye a la puntuación total debido a que evalúa la validez externa del estudio.

95%: 1,86-9,46;  $p = 0,004$ ; modelo de efectos aleatorios) (Fig. 5).

Por último, cinco estudios [6,7,9,39,41] aportaron datos relativos susceptibles de metaanálisis para la longitud del paso. La heterogeneidad fue elevada ( $Q = 51.205,32$ ;  $df = 8$ ;  $p < 0,001$ ;  $I^2 = 99,98\%$ ;  $\tau = 7,56$ ). El efecto global fue a favor de la intervención, pero no alcanzó significación estadística (DM: 3,25; IC 95%: -1,69-8,19;  $p = 0,197$ ; modelo de efectos aleatorios) (Fig. 6).

### Sesgo de publicación

En cuanto al sesgo de publicación en relación con la diferencia intragrupo, el diagrama de embudo (*funnel plot*) presentó visualmente una escasa asimetría. Al incorporar el procedimiento *trimm and fill*, el modelo no incluyó ningún estudio y, por lo tanto, el efecto global ajustado por este procedimiento fue similar al observado.

En cuanto a la diferencia entre grupos restringida a cada uno de los parámetros de marcha, el *funnel plot* presentó visualmente una asimetría con un mayor número de estudios a la derecha (a favor de la terapia resistida) con respecto a la velocidad de la

marcha, incluyendo cinco estudios a la izquierda (a favor del grupo de control) al incorporar el procedimiento *trimm and fill*. El efecto ajustado por este procedimiento fue, por lo tanto, en contra de la intervención. Lo mismo ocurrió en la cadencia del paso. Sin embargo, en cuanto a la longitud del paso entre grupos, el efecto global ajustado fue similar a lo esperado.

### Discusión

En relación con la diferencia intragrupo pre-post en los parámetros de marcha, en el grupo intervenido con terapia resistida no hubo heterogeneidad entre los resultados. Los estudios individuales apoyan un efecto a favor de la intervención con terapia resistida (DEM: 0,32) estadísticamente significativo, con un tamaño de efecto pequeño, según los criterios de Cohen [43]. Los resultados del estudio del sesgo de publicación apoyan la hipótesis nula de que no existe sesgo de publicación en cuanto a los resultados intragrupo [34,33].

El estudio publicado por Pandey et al [39] fue el que obtuvo los resultados más positivos en relación

con la marcha, tanto en la cadencia del paso como en la velocidad de la marcha. Otro de los estudios que obtuvo los resultados más favorables fue el de Jung et al [42] en la cadencia del paso. Sin embargo, éste es un estudio de un solo brazo con una calidad pobre según nuestros resultados en el análisis de calidad, y con un tamaño muestral muy pequeño (seis niños), por lo que la interpretación de estos resultados debe hacerse con cautela.

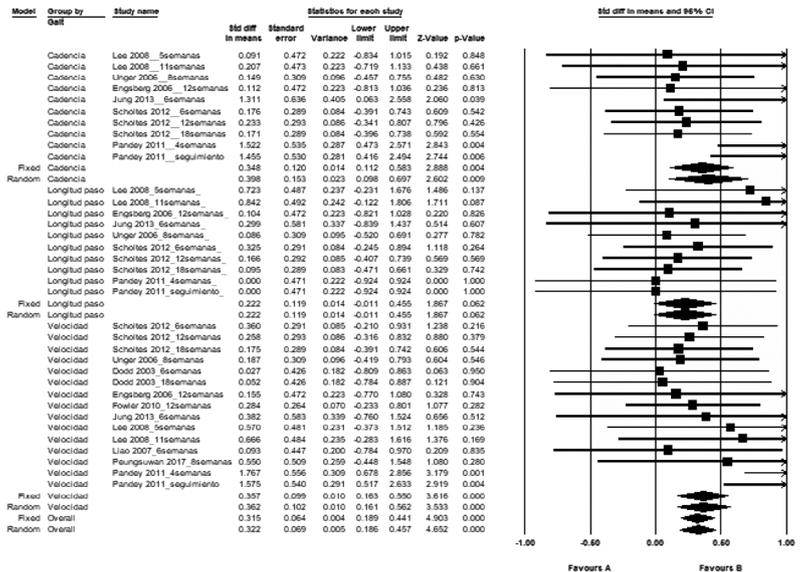
Respecto al grupo de control, el aumento fue menor (DEM: 0,21). La heterogeneidad entre los resultados de los estudios fue asimismo nula. En cinco de los nueve estudios controlados, al grupo de control se le practicó terapia convencional basada en el concepto Bobath, que incluía estiramientos musculares, ejercicios funcionales, y reeducación del movimiento y de la marcha. En cuatro estudios [9,11, 39,40], al grupo control no se le practicó ninguna terapia. En estos estudios, en el grupo control la diferencia individual fue curiosamente a favor, con una DEM de 0,39 frente a los estudios del grupo control que siguieron alguna terapia, con una DEM < 0,14. Esto nos hace reflexionar sobre la necesidad de revisar los métodos tradicionales de tratamiento y su repercusión real en la mejora de la marcha.

Tanto en la cadencia de paso como en velocidad de marcha, las DEM fueron ligeramente superiores para el grupo intervención con respecto al grupo control. En la longitud del paso, los resultados fueron más similares con una DEM de 0,22 y 0,20 en los grupos intervención y control, respectivamente.

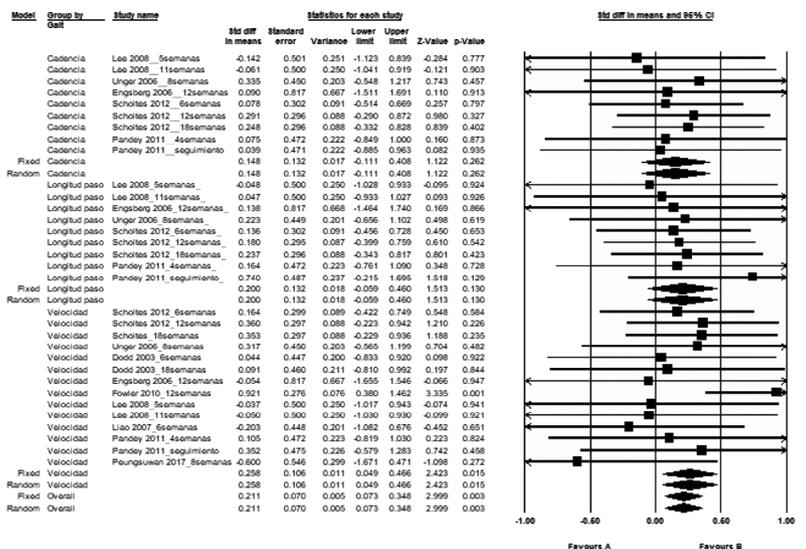
El análisis de subgrupos apoya que una duración de seis semanas o incluso menor es suficiente para mostrar un efecto positivo de la intervención, y que una duración mayor no parece tener un mayor impacto adicional. En función del número de sesiones, la diferencia entre dos y tres sesiones no parece tener gran repercusión clínica. El análisis de subgrupos muestra un mayor efecto en el protocolo de ejercicios funcionales, influido una vez más por los resultados favorables del estudio de Pandey et al [39].

Estos resultados no coinciden con las recomendaciones de la Asociación Nacional del Acondicionamiento Físico y Entrenamiento de Fuerza, la cual recomienda en niños sanos un entrenamiento de 5-10 min de ejercicios utilizando el 50-85% de la resistencia máxima, de dos a cuatro veces por semana durante períodos de 8-20 semanas [44]. Ninguno de los estudios sigue todas las recomendaciones de la Asociación Nacional del Acondicionamiento Físico y Entrenamiento de Fuerza; no obstante, es de suponer que la respuesta al entrenamiento en niños con parálisis cerebral difiera bastante de la población sana, y es posible que la adaptabilidad de los

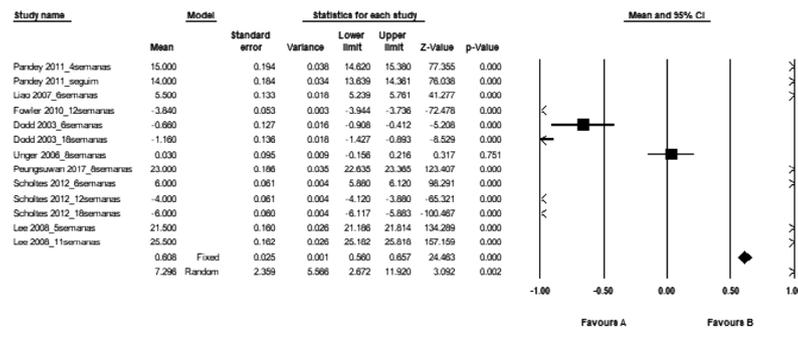
**Figura 2.** Diferencia intragrupo pre-post en la marcha en el grupo intervenido con terapia resistida (todas las escalas y todos los seguimientos). *Lower limit*: límite inferior del intervalo de confianza al 95% de la diferencia estandarizada de medias; *Std diff in means*: diferencia estandarizada de medias; *Upper limit*: límite superior del intervalo de confianza al 95% de la diferencia estandarizada de medias.



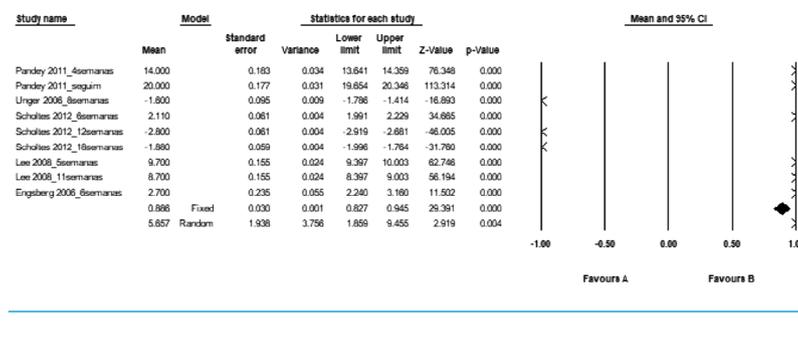
**Figura 3.** Diferencia intragrupo pre-post en la marcha en el grupo de control (todas las escalas y todos los seguimientos). *Lower limit*: límite inferior del intervalo de confianza al 95% de la diferencia estandarizada de medias; *Std diff in means*: diferencia estandarizada de medias; *Upper limit*: límite superior del intervalo de confianza al 95% de la diferencia estandarizada de medias.



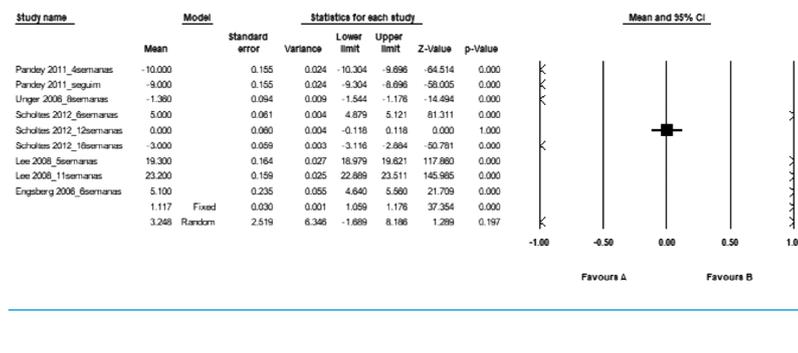
**Figura 4.** Diferencia entre grupos en la velocidad de marcha (todas las escalas y todos los seguimientos). *Lower limit:* límite inferior del intervalo de confianza al 95% de la diferencia de medias; *Mean:* diferencia de medias; *Upper limit:* límite superior del intervalo de confianza al 95% de la diferencia de medias.



**Figura 5.** Diferencia entre grupos en la cadencia de paso (todas las escalas y todos los seguimientos). *Lower limit:* límite inferior del intervalo de confianza al 95% de la diferencia de medias; *Mean:* diferencia de medias; *Upper limit:* límite superior del intervalo de confianza al 95% de la diferencia de medias.



**Figura 6.** Diferencia entre grupos en la longitud de paso (todas las escalas y todos los seguimientos). *Lower limit:* límite inferior del intervalo de confianza al 95% de la diferencia de medias; *Mean:* diferencia de medias; *Upper limit:* límite superior del intervalo de confianza al 95% de la diferencia de medias.



factores neurales después del entrenamiento de resistencia se reduzca en estos niños [45]. Nuestros resultados se asemejan a los del metaanálisis de Park y Kim [20], que recomiendan intervenciones de 6-8

semanas de duración, con una frecuencia de 2-3 días a la semana y con una intensidad de 40-50 min.

En función de la calidad metodológica, a mayor calidad se observó un mayor tamaño del efecto.

Respecto a la diferencia entre grupos, las DM y sus correspondientes IC 95% se muestran bajo el modelo de efectos aleatorios por la alta heterogeneidad que presentaron los resultados ( $I^2 > 99\%$ ). La posibilidad de obtener el efecto en escala natural permite interpretar los resultados en las unidades de medida no estandarizadas. Así pues, la intervención basada en terapia resistida se asociaría en promedio con un aumento de 7,3 cm/s en la velocidad de la marcha con respecto al grupo control, 5,66 pasos más en cuanto a la cadencia de paso y 3,25 cm más en cuanto a la longitud del paso.

La revisión realizada por Scianni et al [46] concluye que el aumento de la fuerza derivado de la terapia resistida tiene poca repercusión sobre la marcha, con un aumento de 2 cm/s en la velocidad de la marcha, el cual se considera clínicamente no relevante. Estos resultados son similares al metaanálisis de Ryan et al [22], en el que se muestra un aumento de 3 cm/s en la velocidad de la marcha después de un entrenamiento resistido, si bien ambos metaanálisis incluyen población adulta. En un metaanálisis realizado posteriormente por Moreau et al [21], el aumento producido en la velocidad de la marcha en el grupo intervenido con terapia resistida no fue estadísticamente significativo, con un tamaño de efecto estandarizado cercano al nulo (0,06).

Los resultados del metaanálisis de Park y Kim [20] en la velocidad de la marcha, con un tamaño del efecto de 0,47, son más similares a nuestros resultados (0,36), si bien este tamaño del efecto seguiría siendo pequeño según los criterios de Cohen.

La marcada asimetría que presenta el diagrama de embudo en la velocidad de la marcha y la cadencia del paso apoya la interpretación de nuestros resultados con cautela en el sentido de que la verdadera diferencia sería menor: nuestros resultados podrían estar sobreestimados por un sesgo de publicación.

El uso de terapia resistida es una parte del tratamiento necesaria para conseguir el aumento de fuerza en la musculatura debilitada de la parálisis cerebral [4]. Durante años no se ha incluido de manera sistemática en los programas de entrenamiento de estos pacientes ante el miedo de un aumento del tono muscular [4]. Otra de las limitaciones de la terapia resistida es la desmotivación que pueden provocar los programas de entrenamiento de larga duración en edades tempranas, que puede conducir a la falta de adhesión a ellos. Por tanto, es necesario revisar y modificar los juegos y ejercicios que se uti-

licen para su realización y de esta manera no perder la motivación de los pacientes en su uso.

En conclusión, este metaanálisis muestra un efecto positivo sobre la marcha, a favor del uso de terapia resistida en la musculatura debilitada en población infantil con parálisis cerebral. La terapia resistida no solamente aumentaría la fuerza de la musculatura de los niños con parálisis cerebral, sino que este aumento de fuerza repercutiría en la mejora de la marcha: tanto la velocidad de la marcha como la cadencia del paso se verían incrementadas a consecuencia de ello, y en menor medida, la longitud del paso.

Debido al hecho de que los estudios analizados han evaluado intervenciones a corto plazo, es necesario realizar estudios a más largo plazo con un mayor tamaño muestral, con el fin de alcanzar comparaciones válidas y fiables. Estos estudios deben evaluar la relevancia clínica del efecto positivo, especialmente en cuanto a la velocidad de la marcha y la cadencia del paso, que son los parámetros donde potencialmente puede existir un mayor sesgo de publicación. Por último, se deben seguir analizando las pautas óptimas para la realización de esta terapia en cuanto a duración, número de sesiones a la semana y su duración, o tipo de protocolo de intervención analizado.

## Bibliografía

- Camacho-Salas A, Pallás-Alonso CR, De la Cruz-Bértolo J, Simón-de-las-Heras R, Mateos-Beato F. Parálisis cerebral: concepto y registros de base poblacional. *Rev Neurol* 2007; 45: 503-8.
- Vivancos-Matellano F, Pascual-Pascual SI, Nardi-Vilardaga J, Miquel-Rodríguez F, De Miguel-León I, Martínez-Garre MC, et al. Guía del tratamiento integral de la espasticidad. *Rev Neurol* 2007; 45: 365-75.
- Rhimmer JH. Physical fitness levels of persons with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 2001; 43: 208-12.
- Andersson C, Grooten W, Hellsten M, Kaping K, Mattsson E. Adults with cerebral palsy: walking ability after progressive strength training. *Dev Med Child Neurol* 2003; 45: 220-8.
- Dodd KJ, Taylor NF, Damiano DL. A systematic review of the effectiveness of strength-training programs for people with cerebral palsy. *Arch Phys Med Rehabil* 2002; 83: 1157-64.
- Lee JH, Sung IY, Yoo JY. Therapeutic effects of strengthening exercise on gait function of cerebral palsy. *Disabil Rehabil* 2008; 30: 1439-44.
- Scholtes VA, Becher JG, Janssen-Potten YJ, Dekkers H, Smallegenbroek 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: 181-8.
- 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: 652-7.
- Engsberg JR, Ross SA, Collins DR. Increasing ankle strength to improve gait and function in children with cerebral palsy: a pilot study. *Pediatr Phys Ther* 2006; 18: 266-75.
- Chen CL, Hong WH, Cheng HY, Liaw MY, Chung CY, Chen CY. Muscle strength enhancement following home-based virtual cycling training in ambulatory children with cerebral palsy. *Res Dev Disabil* 2012; 33: 1087-94.
- Fowler EG, Knutson LM, Demuth SK, Siebert KL, Simms VD, Sugi MH, et al. Pediatric endurance and limb strengthening (PEDALS) for children with cerebral palsy using stationary cycling: a randomized controlled trial. *Phys Ther* 2010; 90: 367-81.
- Liao HF, Liu YC, Liu WY, Lin YT. Effectiveness of loaded sit-to-stand resistance exercise for children with mild spastic diplegia: a randomized clinical trial. *Arch Phys Med Rehabil* 2007; 88: 25-31.
- Aye T, Thein S, Hlaing T. Effects of strength training program on hip extensors and knee extensors strength of lower limb in children with spastic diplegic cerebral palsy. *J Phys Ther Sci* 2016; 28: 671-6.
- Lee M, Ko Y, Shin MMS, Lee W. The effects of progressive functional training on lower limb muscle architecture and motor function in children with spastic cerebral palsy. *J Phys Ther Sci* 2015; 27: 1581-4.
- Salem Y, Godwin EM. Effects of task-oriented training on mobility function in children with cerebral palsy. *Neuro-Rehabilitation* 2009; 24: 307-13.
- 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: e107-13.
- Tedla JS. Strength training effects on balance in spastic diplegia subjects: a randomized controlled trial. *J Pediatr Neurol* 2014; 12: 15-28.
- Unnithan VB, Katsimanis G, Evengelidou C, Kosmas C, Kandrali I, Kellis E. Effect of strength and aerobic training in children with cerebral palsy. *Med Sci Sports Exerc* 2007; 39: 1902-9.
- Lee Y, Kim W, Park J. The effect of exercise using a sliding rehabilitation machine on the gait function of children with cerebral palsy. *J Phys Ther Sci* 2014; 26: 1667-9.
- Park EY, Kim WH. Meta-analysis of the effect of strengthening interventions in individuals with cerebral palsy. *Res Dev Disabil* 2014; 35: 239-49.
- Moreau NG, Bodkin AW, Bjornson K, Hobbs A, Soileau M, Lahasky K. Effectiveness of rehabilitation interventions to improve gait speed in children with cerebral palsy: systematic review and meta-analysis. *Phys Ther* 2016; 96: 1938-54.
- Ryan JM, Cassidy EE, Noorduyn SG, O'Connell NE. Exercise interventions for cerebral palsy. *Cochrane Database Syst Rev* 2017; 6: CD011660.
- Mockford M, Caulton JM. Systematic review of progressive strength training in children and adolescent who are ambulatory. *Pediatr Phys Ther* 2008; 20: 318-33.
- Franki I, Desloovere K, Cat J, Feys H, Molenaers G, Calders P, et al. The evidence-base for basic physical therapy techniques targeting lower limb function in children with cerebral palsy: a systematic review using the International Classification of Functioning, Disability and Health as a conceptual framework. *J Rehabil Med* 2012; 44: 385-95.
- Romera-De Francisco L, Jiménez-Del Barrio S. Efectividad de la electroestimulación funcional en pacientes con ictus: revisión sistemática. *Rev Neurol* 2016; 63: 109-18.
- Verhagen AP, De Vet HC, De Bie RA, Kessels AG, Boers M, Bouter LM, et al. The Delphi list: a criteria list for quality assessment of randomized clinical trials for conducting systematic reviews developed by Delphi consensus. *J Clin Epidemiol* 1998; 51: 1235-41.
- Maher CG, Sherrington C, Herbert RD, Moseley AM, Elkins M. Reliability of the PEDro scale for rating quality of randomized controlled trials. *Phys Ther* 2003; 83: 713-21.
- PEDro (Physiotherapy Evidence Database). Escala PEDro. URL: <https://www.pedro.org.au/spanish/downloads/pedro-scale/>. [03.02.2017].
- Chalmers TC. Problems induced by meta-analyses. *Stat Med* 1991; 10: 971-80.
- Santibáñez M, Bolumar F, García AM. Occupational risk

- factors in Alzheimer's disease: a review assessing the quality of published epidemiological studies. *Occup Environ Med* 2007; 64: 723-32.
31. Almeida KM, Fonseca ST, Figueiredo PRP, Aquino AA, Mancini MC. Effects of interventions with therapeutic suits (clothing) on impairments and functional limitations of children with cerebral palsy: a systematic review. *Braz J Phys Ther* 2017; 21: 307-20.
  32. Higgins JP, Thompson SG, Deeks JJ, Altman DG. Measuring inconsistency in meta-analyses. *BMJ* 2003; 327: 557-60.
  33. DerSimonian R, Kacker R. Random-effects model for meta-analysis of clinical trials: an update. *Contemp Clin Trials* 2007; 28: 105-14.
  34. Egger M, Davey Smith G, Schneider M, Minder C. Bias in meta-analysis detected by a simple, graphical test. *BMJ* 1997; 315: 629-34.
  35. Higgins JP, Green S. *Cochrane handbook for systematic reviews of interventions*. Chichester, UK: John Wiley & Sons; 2011.
  36. Borenstein M, Hedges LV, Higgins JP, Rothstein HR. *Introduction to meta-analysis*. Chichester, UK: John Wiley & Sons; 2011.
  37. 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. *Syst Rev* 2015; 4: 1.
  38. Borenstein M, Hedges LV, Higgins JP, Rothstein HR. *Comprehensive meta-analysis v. 2*. Englewood, NJ: Biostat; 2005.
  39. Pandey DP, Tyagi V. Effect of functional strength training on functional motor performance in young children with cerebral palsy. *Indian J Phys Occup Ther* 2011; 5: 52-5.
  40. Peungsuwan P, Parasin P, Siritaratiwat W, Prasertnu J, Yamauchi J. Effects of combined exercise training on functional performance in children with cerebral palsy: a randomized-controlled study. *Pediatr Phys Ther* 2017; 29: 39-46.
  41. Unger M, Faure M, Frieg A. Strength training in adolescent learners with cerebral palsy: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil* 2006; 20: 469-77.
  42. Jung JW, Her JG, Ko J. Effect of strength training of ankle plantar flexors on selective voluntary motor control, gait parameters, and gross motor function of children with cerebral palsy. *J Phys Ther Sci* 2013; 25: 1259-63.
  43. Cohen J. *Statistical power analysis for the behavioural sciences (revised edition)*. New York: Academic Press; 1977.
  44. Verschuren O, Ada L, Maltais DB, Gorter JW, Scianni A, Ketelaar M. Muscle strengthening in children and adolescents with spastic cerebral palsy: considerations for future resistance training protocols. *Phys Ther* 2011; 91: 1130-9.
  45. Stackhouse SK, Binder-Macleod SA, Lee SC. Voluntary muscle activation, contractile properties, and fatigability in children with and without cerebral palsy. *Muscle Nerve* 2005; 31: 594-601.
  46. Scianni A, Butler JM, Ada L, Teixeira-Salmela LF. Muscle strengthening is not effective in children and adolescents with cerebral palsy: a systematic review. *Austr J Phys* 2009; 55: 81-7.

## Impact of resistive therapy on gait parameters in children with cerebral palsy: systematic review and meta-analysis

**Introduction.** Cerebral palsy is one of the main causes of disability in childhood. Resistive therapy has proved to be beneficial in increasing strength and motor function in these patients, but its impact on gait is not yet clear.

**Aim.** To analyse the impact of resistive therapy on improving gait through a systematic review and meta-analysis.

**Patients and methods.** A search was conducted in Medline, ISI Web of Knowledge and PEDro for clinical trials in which resistive therapy was used and at least one gait parameter was assessed.

**Results.** Nine controlled studies and one single-arm study were identified. In terms of pre-post difference, the overall intragroup effect was in favour of the intervention, with null heterogeneity (standardised mean difference: 0.32; 95% CI: 0.19-0.44). The standardised mean differences were also positive as they restricted each of the gait parameters analysed: 0.36, 0.35 and 0.22 for step cadence, gait speed and step length, respectively. As regards the difference between groups, the results showed high heterogeneity, and the mean difference was also favourable, especially for speed (7.3 cm/s; 95% CI: 2.67-11.92), cadence (5.66 steps; 95% CI: 1.86-9.46) and, to a lesser extent, step length (3.25 cm; 95% CI: -1.69-8.19).

**Conclusion.** The results support the impact of resistive therapy on gait improvement, especially in terms of the gait speed and step cadence parameters.

**Key words.** Cerebral palsy. Gait speed. Meta-analysis. Resistive therapy. Step cadence. Step length. Systematic review.