



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

TRABAJO DE FIN DE GRADO

GRADO EN FISIOTERAPIA

“EFICACIA DE LOS PROGRAMAS DE FORTALECIMIENTO MUSCULAR Y SU INFLUENCIA SOBRE LA ESPASTICIDAD EN PACIENTES CON PARÁLISIS CEREBRAL INFANTIL: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA”

EFFECTIVENESS OF MUSCULAR STRENGTHENING PROGRAMS AND THE INFLUENCE ON SPASTICITY IN PATIENTS WITH INFANTILE CEREBRAL PALSY. A SYSTEMATIC REVIEW.

EFICACIA DOS PROGRAMAS DE FORTALECEMENTO MUSCULAR E A SÚA INFLUENZA SOBRE A ESPASTICIDADE EN PACIENTES CON PARÁLISE CEREBRAL INFANTIL: UNHA REVISIÓN SISTEMÁTICA.



Facultad de Fisioterapia

Alumno: D. David Moreno Naya

DNI: 79341851-Q

Nombre tutor/a: Olalla Bello Rodríguez

Convocatoria: Junio 2016

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. Resumen.....	5
1.1. Abstract.....	6
1.2. Resumen.....	7
2. Introducción.....	8
2.1. Tipo de trabajo.....	8
2.2. Motivación personal para la elección del tema.....	8
3. Contextualización.....	9
3.1. Definición de PCI.....	9
3.2. Epidemiología.....	9
3.3. Etiología y factores de riesgo.....	9
3.4. Clasificación.....	10
3.5. Síntomas.....	11
3.5.1. Debilidad muscular y espasticidad en PCI.....	11
3.6. Tratamiento.....	12
3.6.1. Fisioterapia en la parálisis cerebral.....	13
3.6.1.1. Trabajo de fuerza muscular en la parálisis cerebral.....	14
3.7. Justificación del trabajo.....	15
4. Objetivos.....	15
4.1. Pregunta de investigación.....	15
4.2. Objetivo principal.....	15
4.3. Objetivos secundarios.....	16
5. Material y métodos.....	16
5.1. Fecha de la revisión y fuentes de búsqueda.....	16
5.2. Criterios de selección.....	17
5.3. Estrategia de búsqueda y gestión de la bibliografía localizada.....	18
5.4. Evaluación de la calidad metodológica.....	19
5.5. Evaluación de la evidencia disponible.....	21
6. Resultados.....	21
6.1. Resultados de búsqueda.....	21
6.2. Características de los estudios incluidos.....	23
6.2.1. Resumen de los artículos.....	23

6.2.2. Tipo de estudios.....	29
6.2.3. Participantes.....	29
6.2.4. Tipo de intervención.....	30
6.2.5. Duración de los programas.....	31
6.2.6. Medidas de resultado para la fuerza y la espasticidad.....	31
6.2.7. Evaluación de la calidad metodológica.....	32
6.3. Efectos de los programas de fortalecimiento muscular sobre la espasticidad.....	32
6.4. Efectos de los programas de fortalecimiento sobre la fuerza muscular.	33
6.4.1. Fuerza isométrica.....	33
6.4.2. Fuerza concéntrica.....	34
6.4.3. Fuerza excéntrica.....	35
6.5. Duración de los cambios en la fuerza muscular tras el tratamiento.....	35
6.6. Posibles efectos adversos del tratamiento.....	35
7. Discusión.....	36
7.1. Resumen de los principales resultados.....	36
7.2. Acuerdos desacuerdos con otras revisiones.....	38
7.3. Limitaciones de la presente revisión.....	39
7.4. Implicaciones para la práctica clínica.....	40
7.5. Implicaciones para la investigación.....	40
8. Conclusiones.....	41
9. Bibliografía.....	42

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Factores etiológicos de PCI.....	10
Tabla 2. Sistema de Clasificación para la Función Motora Gruesa en Parálisis Cerebral.....	11
Tabla 3. Frases de búsqueda.....	19
Tabla 4. Escala PEDro.....	20
Tabla 5. Criterios de Van Tulder para la evaluación de la evidencia.....	21
Tabla 6. Diagrama de búsqueda.....	22
Tabla 7. Características de los estudios.....	23
Tabla 8. Calidad metodológica de los artículos.....	32

GLOSARIO DE ABREVIATURAS

PCI: *Parálisis Cerebral Infantil*

PC: *Parálisis Cerebral*

GMFMS: *Gross Motor Function Measurement Scale (Escala de Clasificación de la Función Motora Gruesa).*

NLM: *National Library of Medicine*

NCBI: *National Center for Biotechnology Information*

ROM: *Range of Motion (Rango de Movimiento)*

ECA: *Ensayo Controlado Aleatorizado*

ECC: *Ensayo Clínico Controlado*

TBA: *Toxina Botulínica Tipo-A*

RM: *Repetición Máxima*

10 MWT: *10 Minutes Walking Test (Test de 10 minutos marcha)*

6 MWT: *6 Minutes Walking Test (Test de 6 minutos marcha)*

1 MFWT: *1 Minute Fast Walking Test (Test de 1 minuto de marcha rápida)*

TST: *Timed Stair Test*

TUG: *Time Up and Go*

1. RESUMEN

INTRODUCCIÓN: La parálisis cerebral infantil es la principal patología causante de discapacidad durante la infancia. Entre sus síntomas más limitantes se encuentran la debilidad muscular, la espasticidad y el déficit de control motor. El trabajo de fortalecimiento muscular es aplicado cada vez de forma más frecuente en la rehabilitación de este tipo de paciente, sin embargo, históricamente ha sido un tema de controversia por su posible relación con el aumento de la espasticidad. Ninguna revisión sistemática ha realizado un análisis exhaustivo que aporte datos concluyentes.

OBJETIVO: Conocer si los programas de fortalecimiento muscular tienen efectos negativos sobre la espasticidad en pacientes con PCI. Además, se busca conocer el comportamiento de la fuerza muscular tras la aplicación de este tipo de programas, el mantenimiento de los cambios registrados en el tiempo y el posible hallazgo de otros efectos adversos.

MATERIAL Y MÉTODOS: La búsqueda de información se realizó en las bases de datos de ciencias de la salud Pubmed, PEDro, CINAHL y Scopus entre los meses de marzo y mayo de 2016. La calidad metodológica fue evaluada con la escala PEDro.

RESULTADOS: se seleccionaron un total de 8 artículos que cumplieren con los criterios establecidos, presentando una puntuación media de 4 sobre 10 puntos en la escala PEDro. En 6 de ellos, no se encontraron cambios en la espasticidad entre las mediciones pre- y post- entrenamiento. Dos artículos si registraron pequeños cambios en la misma, correspondientes a aumento, sin embargo estos no se mantuvieron en el tiempo en mediciones posteriores al término del programa. La fuerza muscular mejoró en todos los ensayos controlados con respecto al grupo control, así como en los ensayos clínicos que no dispusieron de este grupo. Los valores de fuerza isométrica y concéntrica mostraron mejorías significativas. La fuerza excéntrica fue analizada en 2 artículos similares obteniendo resultados dispares. Los cambios obtenidos se mantuvieron hasta al menos 4 semanas después de la intervención, sin confirma ningún efecto adverso.

CONCLUSIONES: Se encontró evidencia fuerte de que el entrenamiento de la fuerza muscular no tiene efectos negativos sobre la espasticidad a largo plazo. Se encontró evidencia moderada de la mejoría de la fuerza isométrica y evidencia fuerte para la fuerza concéntrica tras someterse a los programas completos; sin embargo, la misma evidencia no fue encontrada para la fuerza excéntrica. Existe evidencia fuerte de que los cambios registrados sobre la fuerza muscular se mantienen en el tiempo.

PALABRAS CLAVE: parálisis cerebral, fortalecimiento muscular, fuerza, espasticidad.

SUMMARY

INTRODUCTION: Cerebral palsy (CP) is the main cause of disability in childhood. Among its most prominent and limiting symptoms includes muscle weakness, spasticity and motor control deficits. Muscle strengthening work is increasingly more frequently applied in rehabilitation of this type of patient, however, it has historically been a susceptible subject of controversy for its possible link to increase spasticity. Systematic reviews have not conducted a thorough analysis to provide conclusive data.

OBJECTIVE: Determine if muscle strengthening programs have negative effects on spasticity in patients with CP. In addition, it seeks to understand the behavior of muscle strength after application of these programs, maintenance of changes over time and the possible discovery of other adverse effects.

MATERIALS AND METHODS: The information search was conducted in the databases of health sciences PubMed, PEDro, CINAHL and Scopus between the months of March and May 2016. The methodological quality of the selected articles was assessed with the PEDro scale.

RESULTS: a total of 8 articles that met the established criteria, presenting an average score of 4 out of 10 points on the PEDro scale, were selected. In 6 of them, no changes were found in spasticity between pre- and post-training measurements. Two articles if small changes were recorded in the same corresponding to increase, however these were not maintained over time in subsequent measurements at the end of the program. Muscle strength improved in all controlled trials compared to the control group, as well as in clinical trials were not provided for this group. The values of isometric and concentric force showed more significant improvements. The eccentric force was analyzed in two similar articles getting mixed results. The changes obtained were maintained for at least 4 weeks after the intervention, and could not confirm any adverse effects significantly.

CONCLUSIONS: strong evidence that muscle strength training has no negative long-term effects on spasticity was found. Moderate evidence of improved for isometric strength and strong evidence for concentric strength was found after undergoing complete programs; however, the same evidence was not found for the eccentric strength. There is strong evidence that changes on muscle strength are maintained over time.

KEY WORDS: cerebral palsy, resistance training, strength, spasticity.

RESUMO

INTRODUCCIÓN: A parálise cerebral infantil é a principal patoloxía causante de discapacidade durante a infancia. Entre os seus síntomas máis destacados e limitantes atópanse a debilidade muscular, a espasticidade e o déficit de control motor. O traballo de fortalecemento muscular é aplicado cada vez con máis frecuencia neste tipo de pacientes, sin embargo, históricamente veu sendo un tema susceptible de controversia pola súa posible relación cun aumento na espasticidade. Ninguna revisión sistemática realizou unha análise exhaustiva que aportase datos concluíntes.

OBXECTIVO: Coñecer se os programas de fortalecemento muscular teñen efectos negativos sobre a espasticidade en pacientes con PCI. Ademais, búscase coñecer o comportamento da forza muscular tras a aplicación deste tipo de programas, o mantemento dos cambios rexistrados no tempo e o posible achado doutros efectos adversos.

MATERIAL E MÉTODOS: A busca de información realizouse nas bases de datos de ciencias da saúde Pubmed, PEDro, CINAHL e Scopus entre os meses de marzo e maio de 2016. A calidade metodolóxica foi avaliada coa escala PEDro.

RESULTADOS: foron seleccionados un total de 8 artigos que cumpriran os criterios establecidos, presentando una puntuación de 4 sobre 10 puntos na escala PEDro. En 6 deles, non se atoparon cambios na espasticidade entre as medición pre- e post-adestramento. Dous artigos rexistraron pequenos cambios na mesma, sin embargo estes non se mantiveron no tempo en medicións posteriores ao remate do programa. A forza muscular mellorou en todos os ensaios controlados con respecto ao grupo control, así como nos ensayon clínicos que non dispuxeron deste grupo. Os valores de forza isométrica e concéntrica mostraron mellorías significativas. A forza excéntrica foi analizada por 2 artigos similares obtendo resultados dispares. Os cambios obtidos mantiveronse polo menos 4 semanas despois da intervención, sen confirmarse efectos adversos.

CONCLUSIÓN: Atopouse evidencia forte de que o adestramento da forza muscular non ten efectos negativos sobre a espasticidade a longo prazo. Existe evidencia moderada da melloría sobre a forza isométrica e evidencia forte sobre a forza concéntrica tras someterse aos programas completos; sin embargo, esta mesma evidencia non se atopou para a forza excéntrica. Existe evidencia forte de que os cambios obtidos sobre a forza muscular se manteñen no tempo.

PALABRAS CRAVE: parálise cerebral, fortalecemento muscular, forza, espasticidade.

2. INTRODUCCIÓN.

2.1. Tipo de trabajo

El presente trabajo consta de una revisión bibliográfica sistematizada basada en la literatura referente a la aplicación de programas de fortalecimiento en niños con parálisis cerebral infantil (PCI), y su repercusión sobre la espasticidad.

Las revisiones sistemáticas son investigaciones de carácter científico replicable, que tiene como objetivo minimizar el sesgo a través de búsquedas bibliográficas exhaustivas de los estudios publicados.¹ Constituyen una herramienta esencial para la síntesis de la información disponible sobre una cuestión clínica específica, así como para aumentar la validez de las conclusiones de los estudios sometidos a análisis y evidenciar las áreas de incerteza donde sea necesario realizar investigación.^{1,2}

2.2. Motivación personal.

La principal motivación que ha llevado al autor a querer profundizar en una búsqueda bibliográfica sobre el tema aquí presentado ha sido su constante relación con pacientes neurológicos a lo largo de las Estancias Clínicas realizadas durante su 4º curso en el Grado de Fisioterapia, en las cuales, algunos de los casos que más interés le han podido suscitar han estado relacionados con pacientes diagnosticados de parálisis cerebral infantil, y sus repercusiones sobre la funcionalidad tanto en neonatos e infantes, como en pacientes que habían alcanzado ya la edad adulta.

Además, durante esta estancia el autor ha podido comprobar la existencia de distintos enfoques terapéuticos orientados hacia esta patología, así como la influencia de la espasticidad en todo el proceso y su abordaje.

Visto que la debilidad muscular es uno de los principales factores limitantes en estos casos, y la presencia de espasticidad es otro de los síntomas más comunes e incapacitantes para los pacientes con PCI³, surge el interés de analizar las posibles repercusiones que puedan tener los diferentes programas de fortalecimiento muscular sobre la misma en este tipo de pacientes.

3. CONTEXTUALIZACIÓN DE LA PARÁLISIS CEREBRAL INFANTIL

3.1. Definición.

La PCI puede definirse como un síndrome clínico crónico no progresivo, pero no por ello invariable, que afecta al desarrollo cerebral y al control motor y postural, con presencia también de afectación a nivel cognitivo, comunicativo y conductual, consecuencia de una lesión peri- pre-, o post-natal (hasta los 30 días de vida) sobre el cerebro inmaduro, y que se desarrolla durante los primeros años de vida del niño.^{4,5,6,7}

3.2. Epidemiología.

Es la causa más común de discapacidad en la infancia, oscilando su tasa de incidencia entre 1,5-3 casos por cada 1000 recién nacidos vivos.^{6,8} En España, la incidencia se sitúa en 2-2,5 casos por cada 1000 nacidos vivos, siendo desarrollada por una cifra que ronda unos 1200 infantes al año.⁹ Su desarrollo es independiente del género, y tampoco existen variaciones significativas con respecto a la raza ni a la condición social. En el año 1999, se estimó en casi 70.000 las personas mayores de 6 años diagnosticadas en España de parálisis cerebral.¹⁰

En las últimas décadas se ha cuantificado un descenso significativo de casos en algunos tipos de PCI, como puede ser la de tipo discinético. Sin embargo, esto no se ha visto reflejado en la cifra total de casos de PCI, siendo el principal motivo a barajar el aumento de la supervivencia en niños prematuros y de bajo peso corporal.⁶

3.3. Etiología y factores de riesgo.

Pueden ser varios los factores causales relacionados con la PCI, siendo los más frecuentes los relacionados con la isquemia, la inflamación y la infección.⁵ El conocimiento de los mismos será un aspecto importante en la práctica clínica, puesto que algunos pueden ser prevenidos o mitigados, o servir como base para estratificar el riesgo y el diagnóstico en niños que presentan esta patología.⁶

La clasificación de estos factores suele llevarse a cabo en función del momento en el que tienen ocurrencia, quedando agrupados en tres grandes bloques: prenatales, perinatales y posnatales.^{5,6} La Tabla 1 recoge esta clasificación.

Tabla 1. Factores etiológicos de PCI.⁶

PARÁLISIS CEREBRAL CONGÉNITA		PARÁLISIS CEREBRAL ADQUIRIDA
Factores prenatales	Factores perinatales	Factores postnatales
<ul style="list-style-type: none"> - Hemorragia materna - Enfermedad autoinmune - Hipertiroidismo materno - Diabetes materna - Hipertensión (preclampsia) - Traumatismos - Polihidramnios - Corioamnionitis - Infarto placentario - Gestación múltiple - Retraso de crecimiento - Exposición a toxinas/drogas - Infecciones prenatales - Infartos cerebrales - Disgenesia/malformaciones - Factores genéticos (1-2%) 	<ul style="list-style-type: none"> - Prematuridad (40-50% de los casos) - Asfixia perinatal (6-10%) - Hiperbilirrubinemia - Infección perinatal - TCE 	<ul style="list-style-type: none"> - Infecciones postnatales (encefalitis, meningitis...) - TCE - Hemorragia intracraneal - Infarto cerebral - Convulsiones - Deshidratación grave - Intoxicación - Hidrocefalia - Neoplasia intracraneal

En cuanto a los principales factores de riesgo, encontramos la prematuridad y el crecimiento intrauterino retardado, aunque en este último los mecanismos de base para la justificación de la PCI no han sido completamente aclarados.¹⁰

3.4. Clasificación.

La parálisis cerebral es un síndrome clínico que históricamente se ha venido clasificando de múltiples formas. Algunas de estas clasificaciones se realizan en función de su neuropatología, su etiología (congénita o adquirida) o las manifestaciones clínicas presentadas.⁶

Uno de los enfoques más ampliamente distendidos es su clasificación en base a las secuelas de los déficits o alteraciones motoras más significativas, así como su distribución.^{11, 12} De este modo podemos distinguir 5 tipos de parálisis cerebral: *espástica* (>70% de los casos), *discinética*, *atáxica*, *hipotónica* y *mixta*; siendo sus posibles formas de distribución la diplejía, hemiplejía o cuadruplejía.^{5,7}

Otra forma de clasificación sería la orientada hacia la función corporal de los sujetos con PCI, siendo empleada para ello la Gross Motor Function Measurement Scale (GMFMS), cuya finalidad es medir la función motora gruesa de los pacientes, clasificándolos en 5 niveles.^{11,12} Las características de cada nivel aparecen recogidas en la Tabla 2.

Tabla 2. Sistema de Clasificación para la Función Motora Gruesa en Parálisis Cerebral (GMFMS).¹¹

Nivel I	El niño deambula sin restricciones; tiene limitaciones en las habilidades motrices más complejas
Nivel II	Deambula sin dispositivos de ayuda; tiene limitaciones para caminar fuera de casa y participar en la comunidad
Nivel III	Deambula con ayudas técnicas (soportes u órtesis); presenta limitaciones de participación y en la comunidad
Nivel IV	Movilidad independiente bastante limitada
Nivel V	Totalmente dependiente. Automovilidad muy limitada.

3.5. Síntomas

La presentación de la PCI tiene una sintomatología múltiple y variada. Entre los rasgos comunes más identificativos se encuentran las alteraciones en el desarrollo motor, los déficits cognitivos o la presencia de deformidades óseas y musculares.¹² Además, existen complicaciones asociadas muy frecuentes como pueden ser la presencia de trastornos epilépticos, convulsiones, alteraciones visuales y sensoriales, retraso en el crecimiento, trastornos del sueño y del habla, disfagia, babeo constante, incontinencia y alteraciones en el equilibrio y la marcha.^{7,13}

Sin embargo, los síntomas más limitantes para los pacientes que padecen esta patología son los relacionados con el déficit de control motor, la debilidad muscular y la espasticidad.^{4,8,14,15}

La combinación de esta tríada tendrá graves repercusiones sobre la fluidez del movimiento, la coordinación del mismo, la marcha autónoma y la participación plena en las actividades de la vida diaria para los sujetos con PCI.⁸

3.5.1. *Debilidad muscular y espasticidad en PCI.*

Comúnmente, se ha considerado que la espasticidad era el factor más influyente sobre los déficits de movilidad presentados por estos pacientes. Sin embargo, una revisión realizada por Ross y Ensberg en 2007, demostró que la debilidad muscular y no la espasticidad provocaba mayores limitaciones en la función motora de niños con parálisis cerebral.¹⁶ Las mismas conclusiones fueron obtenidas por Ohata et al. en una revisión posterior.¹⁷ Este será un factor a tener en cuenta de cara al trabajo de fortalecimiento muscular.

A pesar de estas conclusiones enfocadas hacia la debilidad muscular, no podemos olvidarnos de la espasticidad como un factor altamente incapacitante en esta patología. Clásicamente, la espasticidad ha sido definida como un aumento del tono muscular dependiente de la velocidad del movimiento causado por la hiperexcitabilidad del reflejo de estiramiento muscular.¹⁸ Esto es producido por una disminución del control inhibitorio a nivel de la motoneurona superior, que también es responsable de la aparición de clonus, hiperreflexia, espasmos, fenómenos de co-contracción, distonías y debilidad muscular.^{19,20}

Su fisiopatología sigue siendo tema de controversia hoy en día, sin embargo, se cree que la espasticidad se produce por una alteración en la descarga de las motoneuronas alfa y las interneuronas dentro de la médula espinal, conjunta a un aumento de la actividad de las fibras nerviosas tipo II originadas en el huso muscular. Existe un nivel excesivo de aferencias excitatorias hacia las motoneuronas gamma por aumento en la sinapsis de los niveles de neurotransmisores excitadores (serotonina, noradrenalina y glutamato) y la reducción de inhibidores (GABA).²⁰

Son varias las herramientas validadas para la medición de la espasticidad, entre ellas destacan la Escala de Asworth y su versión Modificada, que valora la espasticidad en una escala de 5 y 6 puntos respectivamente, yendo estos desde el tono normal (puntuación= 0) al hipertono (puntuación= 4); la escala de Tardieu, muy similar a la anterior; la prueba de Velocidad de Estiramiento Muscular (<1 segundo), puesto que como aclaramos anteriormente la espasticidad es velocidad dependiente; o la prueba del péndulo, la cual será realizada con un dinamómetro isocinético.²¹

Por todos los factores expuestos, la espasticidad y la fuerza muscular deberán de ser dos aspectos fundamentales a tener en cuenta en el abordaje de pacientes con diagnóstico de parálisis cerebral.^{8,22}

3.6. Tratamiento.

El abordaje de los pacientes con PCI es de carácter multidisciplinar. Son varias las modalidades terapéuticas destinadas a paliar o combatir los síntomas presentados por este tipo de pacientes, facilitando su participación durante las actividades de la vida cotidiana y reduciendo la aparición de complicaciones asociadas.^{5,22}

Desde la perspectiva médico-quirúrgica, son frecuentes la realización de tenotomías o artrodesis con el fin de corregir posibles deformidades y sus limitaciones. Además, la rizotomía dorsal selectiva, una técnica neuroquirúrgica monotorizada

realizada sobre las raíces dorsales de la médula espinal, ha demostrado buenos resultados aplicada para el control de la espasticidad en este tipo de pacientes.^{7,23}

La intervención farmacológica es otro pilar fundamental de acción sobre los síntomas de la PCI, siendo la espasticidad uno de sus principales enfoques.^{6,22} La inyección de toxina botulínica intramuscular tipo A (TBA), cuyos beneficios incluyen la reducción del tono muscular, el aumento de los rangos de movimiento, mejoras en la marcha y actividades de carácter funcional, así como influencias positivas sobre la debilidad muscular, es uno de los tratamientos actualmente más distendidos. La TBA ejerce su acción sobre la unión neuromuscular inhibiendo la liberación de acetilcolina, y su efecto es reversible, con recuperación del tono muscular pasados de 3 a 6 meses.^{11, 27} Otros fármacos frecuentemente empleados son los inhibidores de las interneuronas y de la placa motora, junto con agonistas de GABA o agonistas alfa-adrenérgicos.^{22,24}

La terapia ocupacional será otro eje de intervención en este tipo de pacientes, en los cuales es frecuente el uso de órtesis o ayudas externas con el fin de evitar acortamientos musculares y deformidades, así como agentes facilitadores para la realización de actividades funcionales y cotidianas.^{6,7,19} Además, dentro de este ámbito multidisciplinar, también destaca el trabajo de los logopedas sobre la función del habla y la deglución y de los neuropsicólogos, responsables de la intervención sobre el desarrollo intelectual.⁷

3.6.1. Fisioterapia en la parálisis cerebral

Tradicionalmente, la fisioterapia ha desarrollado multitud de métodos terapéuticos orientados hacia el abordaje de pacientes con PCI, enfocados fundamentalmente hacia edades tempranas. Entre los métodos comúnmente empleados en la práctica clínica a lo largo de las últimas décadas destacamos: método Bobath, terapia Vojta, Doman-Delacato, Castillo Morales, método Le Metayer o método Perfetti o ejercicio terapéutico cognoscitivo.⁶ Los principios en los que se basan estas terapias son por lo general la inhibición de la actividad refleja, activación de ciertos reflejos posturales, el movimiento normal o la búsqueda de reacciones neuromusculares, entre otros.⁶

Otras terapias, como la CIMT (o terapia de restricción del movimiento del lado sano) y el entrenamiento bimanual, así como el entrenamiento funcional, han reflejado resultados muy positivos en los últimos años.²⁵

Sin embargo, son muchas las modalidades de fisioterapia que se pueden aplicar en el tratamiento aislado de síntomas específicos de la parálisis cerebral. Como

destacábamos en el punto anterior, la debilidad muscular y la espasticidad serán dos factores de especial importancia en pacientes con estas características.

Varios estudios han demostrado la evidencia de los programas de hipoterapia sobre el fortalecimiento de la musculatura del tronco y la mejora del equilibrio.^{26,27} Unger et al.²⁸ y Ahlborg et al.²⁹ demostraron efectos positivos sobre la fuerza muscular tras la aplicación de vibroterapia de cuerpo entero mediante plataformas vibratorias. El estudio de Ahlborg et al. midió a mayores la espasticidad, sin encontrar hallazgos adversos sobre la misma. El bioelectrofeedback ha obtenido resultados positivos combinado con el trabajo de fuerza sobre musculatura con déficit de reclutamiento voluntario.^{30, 31.}

3.6.1.1. Trabajo de fuerza muscular en la parálisis cerebral.

Siendo este el eje central de la presente revisión sistemática, cabe destacar la aplicación de programas de entrenamiento de fuerza muscular como una de las principales, e históricamente más controvertidas, terapias de abordaje para la debilidad en pacientes con PCI.^{22,24} Trabajo con resistencias, utilización del propio peso corporal y repetición de actividades funcionales con carga o lastres son los ejercicios más empleados dentro de estos planes de trabajo.^{8,22,24}

Tradicionalmente se ha considerado que el esfuerzo físico puede resultar un factor potenciador de la espasticidad.^{32,33} Sin embargo, cada vez es mayor el número de estudios y revisiones que refieren grandes mejorías de la fuerza en paciente con PCI después de someterse programas de fortalecimiento muscular, sin hallazgo de repercusiones negativas sobre la espasticidad.^{29,35} Estas dos vertientes se encuentran actualmente enfrentadas en el abordaje clínico habitual de la patología.⁴

La literatura disponible al respecto, no termina de solucionar esta dicotomía. Una revisión reciente, publicada por Scianni et al, informaba de la no efectividad de los programas de fortalecimiento muscular en niños con parálisis cerebral.³⁶ En 2013, Park et al., publicaban una revisión que en sus conclusiones recogía los beneficios presentados por estos programas sobre la debilidad muscular y la no influencia de los mismos sobre la espasticidad de los sujetos analizados.³⁵ Datos similares, habían sido reportados por Dodd et al. ya en el año 2002.⁴ Sin embargo, la mayoría de los artículos referenciados por estas revisiones no tenían en cuenta mediciones específicas de la espasticidad tras el tratamiento, lo cual no permitía hacer afirmaciones rotundas al respecto.

3.7. Justificación del trabajo.

La parálisis cerebral es la patología más incapacitante en infantes, con tasas de incidencia elevadas a nivel mundial. La severidad de su sintomatología, abordada desde una perspectiva multidisciplinar, y, en particular, su fuerte asociación con trastornos en el movimiento y alteraciones en el desarrollo motor, convertirán a la fisioterapia en un pilar fundamental que servirá de base a esta intervención. La debilidad muscular y la espasticidad, considerados los síntomas causantes de una mayor limitación en este tipo de pacientes, deberán ser abordados de forma específica dentro de este campo.

Si bien la evidencia disponible en los últimos años nos orienta hacia los múltiples efectos positivos de los programas de fortalecimiento muscular, siguen encontrándose referencias en la literatura hacia las limitaciones presentadas por este tipo de entrenamiento, así como sus posibles efectos adversos sobre la espasticidad.³⁶ Ninguna de las revisiones elaboradas sobre este tema ha seguido unos criterios de búsqueda ni selección que le permitan hacer afirmaciones rotundas sobre la posible relación existente entre el fortalecimiento muscular y la espasticidad.

Por estos motivos, y después de varias experiencias clínicas positivas en el abordaje de paciente con PCI, el autor decidió realizar una exhaustiva búsqueda bibliográfica de artículos donde la aplicación de programas de fortalecimiento muscular y la medición de la espasticidad se hayan realizado de forma combinada sobre pacientes diagnosticados de esta patología.

4. OBJETIVOS

4.1. Pregunta de investigación:

Para la realización de la búsqueda bibliográfica en la que se ha basado la presente revisión se ha tenido en cuenta la siguiente pregunta de investigación: ¿tienen los programas de fortalecimiento muscular efectos negativos sobre la espasticidad aplicados en paciente con PCI?

4.2. Objetivo principal:

Conocer la evidencia disponible sobre el efecto de los programas de fuerza muscular en la espasticidad en personas con PCI.

4.3. Objetivos secundarios:

Conocer los efectos de los distintos programas de fortalecimiento sobre la fuerza muscular en personas con PCI.

Conocer si los cambios en la fuerza y la espasticidad se mantienen en el tiempo tras la conclusión del programa de fortalecimiento muscular.

Conocer si existen otros efectos adversos derivados de la aplicación de los programas de fortalecimiento muscular en sujetos con PCI.

5. MATERIAL Y MÉTODOS

5.1. Fecha de la revisión y fuentes de búsqueda

La búsqueda de información fue realizada en bases de datos científicas relacionadas con el ámbito de la salud, por un único evaluador entre los meses de marzo y mayo de 2016. Las bases consultadas fueron: Pubmed, PEDro, CINAHL y Scopus.

Pubmed es un servicio de búsqueda gratuito desarrollado por la Biblioteca Nacional de Medicina de Estados Unidos (NLM) y Centro Nacional de Información Biotecnológica (NCBI) que ofrece acceso a la base de datos Medline, recogiendo temas relacionados con la biomedicina y ciencias de salud.³⁷

PEDro es una base de datos gratuita de Fisioterapia Basada en la Evidencia. Contiene más de 33.000 ensayos aleatorios, revisiones sistemáticas y guías de práctica clínica en fisioterapia. Para cada ensayo, revisión o guía, PEDro proporciona los detalles de citación, el resumen y un enlace al texto completo, siempre que sea posible. La calidad de todos los ensayos en PEDro se evaluaron de forma independiente. Estas calificaciones de calidad se utilizan para guiar rápidamente a los usuarios a los ensayos que son más propensos a ser válidos y que puedan contener información suficiente para guiar la práctica clínica. PEDro está financiada por el Centro de Fisioterapia Basada en la Evidencia en el George Institute for Global Health.³⁸

CINAHL Complete es una base de datos especialmente diseñada para responder a las necesidades de los profesionales de enfermería, fisioterapia y terapia ocupacional, así como otros relacionados. Facilita acceso a prácticamente todas las

revistas sobre enfermería, fisioterapia y terapia ocupacional publicadas en inglés, a las publicaciones de la American Nurses' Association y la National League for Nursing, así como revistas procedentes de otras 17 disciplinas relacionadas con la salud. Además, dispone del acceso a los textos completos de más de 1400 títulos de revistas.³⁹

Scopus es la mayor base de datos de resúmenes y citas de la literatura revisada por pares: revistas científicas, libros y actas de congresos. Para la entrega de una visión global de la producción mundial de investigación en los campos de la ciencia, la tecnología, la medicina, las ciencias sociales y artes y humanidades, Scopus cuenta con herramientas inteligentes de rastreo, análisis y visualización. Está editada por Elsevier y tiene acceso gratuito para sus suscriptores.⁴⁰

Debido a la especificidad del tema y el reducido número de artículos encontrados tras la búsqueda bibliográfica inicial en las citadas bases de datos, se procedió posteriormente a una búsqueda manual de artículos que cumplieren los criterios de selección.

5.2. Criterios de selección

Criterios de inclusión:

- Tipo de estudio: ensayos clínicos controlados (ECC) y ensayos clínicos sin grupo control.
- Idiomas: inglés, portugués y español.
- Sujetos diagnosticados de PCI.
- Sin límite de edad.
- Estudios que apliquen programas de entrenamiento dirigidos al fortalecimiento muscular.
- Estudios en los que se haya medido la espasticidad de forma directa o indirecta.

Criterios de exclusión:

- Artículos que incluyan grupos que hayan recibido tratamiento quirúrgico o farmacológico previo.
- Artículos sin acceso de forma gratuita.
- Estudios no completados o indebidamente documentados.

5.3. Estrategia de búsqueda y gestión de la bibliografía localizada.

La primera base de datos consultada fue Pubmed. Para la elaboración de la frase de búsqueda en esta base se tuvieron en cuenta tres bloques diferentes, en función de la agrupación de los distintos términos clave incluidos en la misma. Estos bloques fueron los siguientes:

- Bloque 1: este apartado incluyó las palabras clave relacionadas con la modalidad terapéutica aplicada: el trabajo de fortalecimiento muscular. Los términos incluidos fueron: “resistance training”[Mesh], “resistance training” “resistance exercise”, “strength training”, “strengthening” y “strength”.
- Bloque 2: este bloque incluyó todas las palabras clave en relación a la patología abordada: la parálisis cerebral. Los términos empleados para la búsqueda fueron: “cerebral palsy”[Mesh], “cerebral palsy”, “spastic diplegia”, “spastic hemiplegia”, “spastic quadriplegia” y “spastic paraplegia”.
- Bloque 3: en este apartado se incluyeron las palabras clave relacionadas con el factor sometido a análisis en esta revisión: la espasticidad. Los términos incluidos fueron: “muscle spasticity”[Mesh], “spasticity”, “Ashworth” y “Tardieu”.

La combinación de estos tres bloques tuvo como resultado la frase de búsqueda global para la base de datos Pubmed. El resultado definitivo tras la eliminación de términos que no aportaron resultados aparece reflejado en la Tabla 3.

La búsqueda en PEDro se realizó incluyendo los siguientes términos: “strength training” y “cerebral palsy”.

Para realizar la búsqueda en la base de ciencias de la salud CINAHL se siguió el mismo método de fragmentación en bloques que el aplicado para la búsqueda en Pubmed, utilizándose las palabras clave: “cerebral palsy”, “spastic diplegia”, “spastic hemiplegia”, “resistance training”, “resistance exercise”, “strength training”, “strength exercise”, “strengthening”, “strength” y “spasticity”.

Por último, para realizar la búsqueda en Scopus se incluyeron las siguientes palabras clave: “cerebral palsy”, “resistance training”, “resistance exercise”, “strength training”, “strength exercise”, “strengthening”, “strength” y “spasticity”.

La Tabla 3 recoge la forma en la que fueron combinadas las diferentes palabras clave en cada buscador.

Tabla 3. Frases de búsqueda.

Base de datos	Estrategia de búsqueda
Pubmed	("Resistance training"[Mesh] OR "Resistance training"[TIAB] OR "Resistance exercise"[TIAB] OR "Strength Training"[TIAB] OR "Strengthening"[TIAB] OR "Strength"[TIAB]) AND ("Cerebral Palsy"[Mesh] OR "Cerebral Palsy"[TIAB] OR "Spastic diplegia"[TIAB] OR "Spastic hemiplegia"[TIAB]) OR "Spastic"[TIAB]) AND ("Muscle spasticity"[Mesh] OR "Spasticity"[TIAB] OR "Ashworth"[TIAB])
PEDro	"Cerebral Palsy" AND "Strength Training"
CINAHL	("Cerebral Palsy" OR "Spastic Diplegia" OR "Spastic hemiplegia") AND ("Resistance Training" OR "Resistance Exercise" OR "Strength Training" OR "Strength Exercise" OR "Strengthening" OR "Strength") AND ("Spasticity")
Scopus	("Cerebral Palsy") AND ("Resistance Training" OR "Resistance Exercise" OR "Strength Training" OR "Strength Exercise" OR "Strengthening" OR "Strength") AND ("Spasticity")

Inicialmente, fueron consultados los títulos y los resúmenes de los artículos obtenidos para realizar la selección inicial de los mismos. En caso de duda, se procedió a la lectura y análisis del texto completo. Para la gestión de la bibliografía localizada se empleó el gestor bibliográfico gratuito Zotero.

5.4. Evaluación de la calidad metodológica

Para evaluar la calidad de los artículos seleccionados se utilizó la escala PEDro³⁸, cuyo fin es analizar la *validez interna* presentada por los ensayos clínicos y la *interpretabilidad* de sus resultados. Está basada en un total de 11 ítems, otorgándosele una puntuación de 1 punto a cada uno de ellos, excepto al primero que no se tendría en cuenta para el cómputo final.

La validez interna es abordada por los puntos del 2 al 9, mientras la interpretabilidad la analizan los puntos 10 y 11. El contenido de los mismos se indica en la Tabla 4. La última modificación de la escala PEDro se realizó el 21 de junio de 1999, y la traducción al español finalizó el 30 de diciembre de 2012.

Tabla 4. Escala PEDro.³⁸

1	El artículo describe la fuente de obtención de los sujetos y un listado de criterios que tienen que cumplir para poder ser incluidos en el estudio.
2	Se cumple si el artículo utilizó una asignación aleatoria. El método de aleatorización no tiene por qué ser especificado.
3	La persona que determina si un sujeto es susceptible de ser incluido en un estudio desconoce a qué grupo va a ser asignado cuando se toma la decisión.
4	El artículo debe describir al menos una medida de severidad de la condición tratada y al menos una medida diferente del resultado clave de inicio.
5	La persona en cuestión no conocía a que grupo había sido asignada, siendo incapaz de distinguir el tratamiento recibido.
6	El terapeuta no conocía a que grupo había sido asignado el sujeto, y por lo tanto no podía distinguir entre los tratamientos administrados a los diferentes grupos.
7	El evaluador no conocía a que grupo había sido asignado el sujeto, y por lo tanto no podía distinguir si había recibido terapia o no.
8	Se cumple si el artículo aporta explícitamente tanto el número de sujetos inicialmente asignados a los grupos como el número de sujetos de los que se obtuvieron medidas de los resultados clave.
9	Esto significa que donde no todos los sujetos recibieron tratamiento (o la condición de control) según fueron asignado y donde las medidas de los resultados estuvieron disponibles, el análisis se realizó como si los sujetos hubiesen recibido tratamiento (o la condición de control) al que fueron asignados.
10	La comparación estadística entre grupos implica la comparación estadística de un grupo con otro. El análisis puede ser una comparación simple de los resultados medidos después del tratamiento administrado o una comparación del cambio experimentado por un grupo y el cambio experimentado por el otro grupo.
11	Una estimación puntual es una medida del tamaño del efecto del tratamiento. El efecto del tratamiento debe ser descrito como la diferencia en los resultados de los grupos o como el resultado de todos los grupos. ³⁸

5.5. Evaluación de evidencia disponible

Para la realización de este apartado se utilizaron los criterios postulados por Van Tulder et al.⁴¹ sobre la base de la puntuación de la calidad metodológica de la Escala PEDro (Tabla 5). Este método clasifica los estudios según 5 niveles de evidencia: 1) evidencia fuerte, 2) evidencia moderada, 3) evidencia limitada, 4) hallazgos significativos, y 5) no evidencia o evidencia insuficiente.

Tabla 5. Criterios de Van Tulder para la evaluación de la evidencia.⁴¹

Evidencia fuerte	Resultados significativos en medidas de resultados en por lo menos 2 ECAs de alta calidad, con una puntuación en la escala PEDro de por lo menos 4 puntos.
Evidencia moderada	Resultados significativos por lo menos en un ECA de alta calidad, y un ECA de baja calidad (puntuación inferior o igual a 3 en PEDro) o un ECC de alta calidad.
Evidencia limitada	Resultados significativos en medidas de resultado en por los menos un ECA de alta calidad o por lo menos dos ECCs de alta calidad.
Hallazgos significativos	Resultados significativos en un ECC de alta calidad o ECA de baja calidad, o dos estudios de naturaleza no experimental con calidad insuficiente.
No evidencia o evidencia insuficiente	En el caso de que los resultados de los estudios elegidos no cumplan los criterios para alguno de los niveles indicados arriba o, en el caso de que existan conflictos en los resultados de los ECCs o ECAs o, en el caso de que no haya estudios elegibles.

*ECA= Ensayo Clínico Controlado y Aleatorizado; ECC= Ensayo Clínico Controlado.

6. RESULTADOS

6.1. Resultados de búsqueda

Tras realizar la búsqueda de artículos en las citadas bases de datos (Pubmed, PEDro, CINAHL y Scopus) los resultados obtenidos fueron los siguientes:

- Pubmed: 289 artículos iniciales de los cuales 8 cumplieron los criterios de inclusión.
- PEDro: 79 artículos. De los no duplicados ninguno cumplió los criterios de selección.
- CINAHL: 161 artículos. No se encontró ningún artículo que cumpliera los criterios de inclusión a mayores de los duplicados
- Scopus: 342 artículos, de los cuales ninguno fue seleccionado.

Los resultados obtenidos tras la realización de la búsqueda bibliográfica manual reportaron un total de 3 artículos, de los cuales ninguno pudo ser incluido al no disponer una versión de acceso libre, uno de los criterios de exclusión tenidos en cuenta para esta revisión.

De un total de 678 artículos encontrados, 18 se encontraban duplicados, 652 no cumplieron los criterios de selección pautados, y tan sólo 8 fueron incluidos en esta revisión sistemática. La Tabla 6 recoge los resultados fraccionados de las búsquedas.

Tabla 6. Diagrama de búsqueda.

Pubmed		
289 resultados	Criterios inclusion	} Descartados: 283
	+	
	Criterios exclusion	Seleccionados: 8
PEDro		
79 resultados	Criterios inclusion	} Duplicados: 5
	+	
	Criterios exclusion	Descartados: 79
		Seleccionados: 0
CINAHL		
161 resultados	Criterios inclusion	} Duplicados: 5
	+	
	Criterios exclusion	Descartados: 156
		Seleccionados: 0
Scopus		
342 resultados	Criterios inclusion	} Duplicados: 8
	+	
	Criterios exclusion	Descartados: 342
		Seleccionados: 0

6.2. Características de los estudios incluidos

6.2.1. Resumen de los artículos

A continuación, en la tabla 7, se recogen las características principales de los estudios consultados en esta revisión: número de participantes, criterios de selección, tratamiento, frecuencia de aplicación, medidas de análisis y resultados.

Tabla 7. Características de los estudios.

Estudio	Nº	Criterios de inclusión	Tratamiento	Frecuencia aplicación	Medidas análisis	Resultado	Frecuencia de mediciones
Scholtes et al. ⁴²	49	-Sujetos con PCI espástica uni o bilateral -Entre 6 y 13 años -Ambulantes con o sin ayudas -Capacidad para seguir órdenes verbales	<i>Grupo de intervención:</i> Ejercicios de fuerza progresivos: -Prensa de piernas adaptada -Ejercicios funcionales con chaleco de lastre () <i>Grupo control</i> -Fisioterapia convencional 1-3 veces por semana.	-3 sesiones semanales de 60 minutos de duración durante 12 semanas -Volumen de carga: 3 series de 8 repeticiones para cada ejercicio con una carga variable del peso corporal al 100% del 8RM.	Capacidad de caminar: -10 MWT -1MFWT -TST -Cuestionario CAPE Fuerza Espasticidad ROM	Tras 12 semanas de entrenamiento la fuerza muscular aumenta, sin embargo, esto no ocurre con la capacidad de caminar. La espasticidad aumentó en mediciones intermedias ya al término del programa, recuperando valores normales en una medición posterior. Los ROM a nivel de rodilla se vieron disminuidos.	-Pre-entrenamiento -6 semanas -12 semanas -18 semanas

Johnston et al. ¹⁵	26	<p>-PC espástica -Función ambulatoria -Capacidad para dar ocho pasos independiente con o sin dispositivos externos -Peso inferior a 68 kg. -Entre 6 y 13 años. -Capacidad para seguir comandos.</p>	<p><i>Grupo I:</i> Programa de ejercicio sobre tapiz rodante con suspensión.</p> <p><i>Grupo II:</i> Entrenamiento de fuerza y levantamiento de pesos (sentadillas, ejercicios de fuerza progresivos, y fortalecimiento del "core").</p>	<p>-Fase intensiva: 10 sesiones semanales de 30 minutos de duración, 5 días a la semana durante un total de 2 semanas. -Fase doméstica 5 sesiones semanales de 30 minutos durante 10 semanas.</p>	<p>Espasticidad -Dinamómetro</p> <p>Fuerza (en flexores dorsales y plantares y flexores de rodilla) Control motor de cuádriceps -Dinamómetro</p> <p>GMFMS</p> <p>PODCI</p>	<p>No se encontraron diferencias significativas en cuanto a la fuerza, control motor dentro o entre grupos. La espasticidad presentó cambios al término de programa que no se mantuvieron en mediciones posteriores. La velocidad de la marcha aumentó, pero solo se mantuvo en aquellos niños que participaron en el grupo de ejercicio y no en el control. Sin embargo la longitud de zancada disminuyó en ambos casos.</p>	<p>-Pre-entrenamiento -12 semanas -16 semanas</p>
Eek et al. ⁴³	16	<p>-PC espástica bilateral -Edad entre 10 y 15 años -MGFMS niveles I y II. -Capacidad de seguir órdenes -Sin cirugías previas o tratamiento con TBA</p>	<p>Entrenamiento de la fuerza muscular en MMII</p>	<p>-3 sesiones semanales durante un total de 8 semanas. 3 series de 10 repeticiones para cada grupo muscular en tres niveles. -La sesión se dividió en cuatro partes: 1-Warm-up en bicicleta 2-Estiramiento 3-Ejercicios de fuerza* 4-Juegos y vuelta a la calma</p>	<p>Fuerza muscular -Miómetro de mano</p> <p>GMFMS</p> <p>Análisis marcha -Sistema de captura de movimiento 3D</p> <p>ROM</p> <p>Espasticidad -Ashworth</p>	<p>Entrenamiento de fuerza de 8 semanas de duración en niños con PC espástica ha demostrado ser útil para la mejoría de la fuerza y la función en los participantes en este estudio. La espasticidad se ha mantenido sin cambios.</p>	<p>Pre- y post-entrenamiento.</p>

Ahlborg et al. ²⁹	14	<p>-Diagnóstico de diplegia espástica</p> <p>-Capacidad para caminar con o sin ayuda.</p> <p>-Capacidad para comprender las instrucciones.</p> <p>-Sujetos no sometidos a ningún tipo de programa de entrenamiento de fuerza en los últimos 6 meses.</p>	<p><i>Grupo I (GI):</i></p> <p>Terapia sobre una plataforma vibratoria de cuerpo completo</p> <p><i>Grupo II (GII):</i></p> <p>Programa de ejercicios de fortalecimiento</p>	<p><i>Grupo I:</i></p> <p>-3 sesiones por semana durante 8 semanas. División de la sesión:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 5 minutos de calentamiento. 2. 6 minutos de trabajo sobre plataforma de vibración. 3. Estiramiento muscular. <p><i>Grupo II:</i></p> <p>-3 sesiones por semana durante 8 semanas. La fase de calentamiento y estiramiento se realizaron de igual forma al grupo anterior. La fase de ejercicio de fortalecimiento consistió en:</p> <p>3 series de 10-15 repeticiones con 2 minutos de descanso entre ellas, incrementándose el volumen de carga de modo progresivo en función del 70% de 1RM.</p>	<p>Espasticidad</p> <p>-Ashworth (en flexores y aductores de cadera, flexores y extensores de rodilla y flexores dorsales de tobillo.</p> <p>Fuerza muscular isocinética, concéntrica y excéntrica y velocidad angular.</p> <p>-Dinamómetro Isocinético.</p> <p>Capacidad de caminar</p> <p>-6 MWT</p> <p>Equilibrio</p> <p>-TUG (Time Up and Go)</p> <p>GMFMS</p>	<p>La espasticidad se mantuvo sin cambios en ambos grupos.</p> <p>El grupo sometido a entrenamiento de fuerza progresivo registró un aumento significativo de la fuerza excéntrica y velocidad angular en la pierna más débil, mientras el grupo sometido a terapia vibratoria registró cambios poco significativos en este aspecto.</p> <p>En cuanto al trabajo concéntrico, los resultados fueron poco significativos para ambos grupos, siendo mayor la mejoría para el GII.</p> <p>La capacidad de caminar y el equilibrio no sufrieron cambios en ninguno de los grupos. La función motora gruesa mejoró sólo en el GI.</p>	Pre- y post-entrenamiento.
------------------------------	----	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------

<p>Fowler et al.⁴⁴</p>	<p>24 PC</p> <p>12 sin PC</p>	<p>Criterios de selección general:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Edades entre 7 y 18 años. -Buen estado de salud general. -Capacidad para seguir órdenes verbales. -Sin cirugía en MMII en los últimos 12 meses. -Capacidad de movimiento de rodilla de 45 a 90° en posición sentada. <p>Adicionales a los sujetos con PC:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Diagnóstico de diplegia espástica -Capacidad de realizar el movimiento de rodilla sin extensión de cadera. -Capacidad de deambulación con ayuda máxima de un lado -Sin consumo de fármacos o cirugías de abordaje de la espasticidad previas. 	<p><i>Grupo PC:</i></p> <p>Ejercicios de fuerza en cuádriceps derecho. Sesión única.</p> <p><i>Grupo control sin PC:</i></p> <p>Ejercicios de fuerza en cuádriceps derecho. Sesión única.</p>	<p>-Series de 5 repeticiones de cada ejercicio, distribuidos de forma aleatoria:</p> <p><i>Isométricos:</i> a 60° y 5 segundos de mantenimiento por repetición.</p> <p><i>Isocinéticos:</i> a una velocidad de 60°/s desde 90° de flexión.</p> <p><i>Isotónicos:</i> con lastre en tobillo tras cálculo de 5RM. Punto de inicio a 90° de flexión.</p>	<p>Las mediciones se realizaron en ambas piernas:</p> <p>Espasticidad</p> <p>-Prueba del péndulo (con electrogoniómetro). Se solicitó extensión de rodilla en sedestación.</p> <p>EMG: en vasto lateral, bíceps femoral, tibial anterior y gemelo interno en ambas piernas.</p>	<p>No se observó ningún cambio en la espasticidad en el cuádriceps femoral de los sujetos con PC, siendo los resultados obtenidos similares a los registrados en el grupo control sin PC.</p>	<p>Pre- y post-entrenamiento</p>
-----------------------------------	-------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------

Damiano et al. ⁴⁵	8	<p>-Diagnóstico de diplegia espástica</p> <p>-Edad entre 5 y 17 años.</p> <p>-GMFMS I-III</p> <p>-No haber sido sometido a cirugía ni a tratamiento con TBA mínimo en 1 año y 6 meses respectivamente.</p> <p>-Flexión y extensión de rodilla de 90°</p> <p>-Aducción y rotación de cadera</p> <p>-Menos de 20° de flexión dorsal de tobillo</p>	Programa de entrenamiento de la fuerza para extensores de cadera y rodilla bilateral.	<p>-3 sesiones semanales de 1 hora de duración durante un total de 8 semanas. Los ejercicios pautados fueron:</p> <p>Ejercicios de glúteo medio y cuádriceps en cadena cinética cerrada (series de 8-10 repeticiones en función del 10RM)</p> <p>-Calentamiento y vuelta a la calma estuvieron compuestos por estiramientos y 5 minutos de marcha en tapiz rodante o pista interior.</p>	<p>Marcha</p> <p>-Análisis 3D</p> <p>Fuerza isocinética</p> <p>-En extensores de cadera y de rodilla a una velocidad de 30°/segundo.</p> <p>Espasticidad</p> <p>-Ashworth</p> <p>ROM</p>	<p>El análisis de la marcha no reflejó cambios significativos.</p> <p>La mitad de los sujetos mostraron mejoría en la fuerza muscular de al menos 3 de los 4 grupos musculares analizados. En el resto los cambios fueron insignificantes</p> <p>Los cambios fueron mucho más significativos en la cadera (79,4%) que en la cadera (18,0%)</p> <p>La espasticidad no cambió de un modo significativo entre antes y después del tratamiento.</p>	Pre- y post-entrenamiento
Andersson et al. ⁴⁶	18	<p>-Diagnóstico de PC espástica</p> <p>-Capacidad para caminar, con o sin ayudas.</p> <p>-Pérdida de capacidad para caminar a lo largo de los últimos años.</p> <p>-Sujetos que no hubiesen participado en programas de entrenamiento de</p>	<p><i>Grupo de intervención:</i></p> <p>Entrenamiento de fuerza en MMII.</p> <p><i>Grupo control:</i></p> <p>No recibió tratamiento durante las mediciones.</p>	<p>-2 sesiones por semana durante un total de 10 semanas. 10 ejercicios de fuerza en MMII y posterior estiramiento.</p> <p>-Se realizaron 3 series de 10 repeticiones de cada ejercicio al 70% de 1RM.</p>	<p>Espasticidad</p> <p>-Ashworth Mod</p> <p>ROM pasivo</p> <p>-Flexo-extensión en cadera y rodilla.</p> <p>Fuerza muscular isométrica e isocinética:</p> <p>-Dinamómetro</p>	<p>No se registraron cambios en la espasticidad, sin embargo todos los sujetos del grupo de entrenamiento manifestaron una sensación de disminución de la misma entre 2-6 horas después del entrenamiento.</p> <p>Aumento de los ROM en cadera.</p>	Pre- y post-entrenamiento

		fuerza durante el último año.			GMFMS Capacidad de caminar: -6 MWT -TUG	Aumento de la fuerza isométrica en extensores y aductores de cadera. Mejora del tiempo concéntrico pero no del excéntrico. La correlación entre la velocidad de la marcha y la fuerza muscular fue buena.	
Lee et al. ⁴⁷	9	-GMFMS I-III -Edad entre 6 y 18 años. -Comprensión de las órdenes -No capacidad de marcha independiente. -No tratamiento con TBA o cirugía en los últimos 6 meses.	Entrenamiento de fuerza en MMII con máquina de delizamiento.	-2 sesiones a la semana, durante un total de ocho semanas, con una duración de 30 minutos por sesión.	Espasticidad -Tardieu -Ashworth modificada Fuerza: -Dinamómetro isocinético Capacidad de caminar: -6 MWT -10MWT -TUG	La espasticidad no mostró cambios. La fuerza muscular aumentó en extensores de rodilla, pero no así en flexores. Se recogieron mejorías en la capacidad e caminar en el 6MWT, en el 10MWT y en el TUG.	Pre- y post-entrenamiento

*10 MWT: 10 Minutes Walking Test; 1MFWT: 1 Minute Fast Walking Test; TST: Timed Stair Test; TUG: Time Up and Go; 6 MWT: 6 Minutes Walking Test; ROM: Rango de Movimiento; PODCI: Pediatric Outcomes Data Collection Instrument; TBA: Toxina Botulínica Tipo-A; GMFMS: Gross Motor Function Measurement Scale.

6.2.2. Tipo de estudios.

De los 8 artículos analizados en esta revisión, 3 eran ensayos clínicos controlados aleatorizados^{15, 29, 42}, 2 eran ensayos clínicos controlados^{44, 46}, y 3 artículos se correspondían con ensayos clínicos sin grupo control^{43, 45, 47}.

6.2.3. Participantes.

Un total de 176 sujetos fueron estudiados entre los 8 artículos seleccionados, con una media de edad de 17,1 años (rango de 5,4 a 48 años). De los participantes, 164 fueron diagnosticados de PCI espástica con afectación de uno o ambos miembros inferiores; mientras que un total de 12 sujetos, pertenecientes al grupo de control del estudio de Fowler et al.⁴⁴, estaban sanos. Debido a la falta de homogeneidad presentada por los diferentes estudios con respecto a la clasificación de sus participantes por géneros y edades, las características individuales de cada uno de ellos aparecen recogidas a continuación:

- Scholtes et al.⁴²: el grupo de intervención estuvo compuesto por 8 niñas y 16 niños, con una edad media de 10 años y 4 meses. El grupo control lo formaron 12 niñas y 13 niños, con una media de edad de 10 años y 3 meses.
- Johnston et al.²⁰: el grupo de entrenamiento en cinta rodante estuvo compuesto por un total de 9 niños y 7 niñas, con una media de edad de 9 años y 7 meses. El grupo de entrenamiento de fuerza los compusieron 7 niños y 5 niñas con una media de edad de 9 años y 8 meses.
- Eek et al.⁴³: un total de 16 participantes, 14 niños y 2 niñas. La media de edad fue de 12,8 ±1,2 años.
- Ahlborg et al.²⁹: el grupo de entrenamiento de fuerza lo formaron 4 hombres y 3 mujeres, con media de edad de 30,28 años. El grupo de terapia de vibratoria los compusieron 4 hombres y 3 mujeres de una media de edad de 32,14 años.
- Fowler et al.⁴⁴: el grupo de intervención (sujetos con diagnóstico de PCI) estaba compuesto por un total de 24 niños con una media de edad de 11,4 años. El grupo control (sujetos sin diagnóstico de PCI), quedó formado por 12 niños de edad media de 11,6 años.
- Damiano et al.⁴⁵: este estudio incluyó a 3 niños y a 5 niñas con edades comprendidas entre los 5,5 y los 13,4 años.
- Andersson et al.⁴⁶: el grupo de entrenamiento de fuerza progresivo estuvo compuesto por 7 hombres y 3 mujeres, con una media de edad de 30,6 años.

El grupo de control lo compusieron 4 hombres y 3 mujeres, con media de edad de 32,7 años.

- Lee et al.⁴⁷: el grupo de entrenamiento estuvo compuesto por un total de 9 sujetos, 6 niños y 3 niñas, con una media de edad de 13,2 años.

6.2.4. Tipo de intervención.

Las estrategias de intervención empleadas en los estudios seleccionados aparecen especificadas a continuación:

Siguiendo los criterios de inclusión establecidos, el tratamiento aplicado en todos los estudios, ya fuese de forma única o comparativa con otra modalidad, fue el trabajo de fuerza muscular. Además, todos los artículos hicieron hincapié en su incidencia a nivel de los miembros inferiores.

Scholtes et al.⁴² utilizaron el trabajo de fortalecimiento progresivo con prensa de piernas, combinado con tres tipos de ejercicio funcional con chaleco de lastre: sentarse y levantarse, paso lateral sobre cajón y media elevación de rodilla. De cada ejercicio se realizaron 3 series de 8 repeticiones al 100% de 8RM (Tabla 7).

Dos estudios realizaron la comparativa entre el trabajo de fuerza muscular y otro tipo de intervención. En el estudio de Johnston et al.¹⁵, un grupo realizó una terapia de entrenamiento en suspensión sobre tapiz rodante, mientras el otro grupo participó en un programa de fortalecimiento en miembros superiores e inferiores compuesto por sentadillas, trabajo progresivo de fuerza con carga y estabilización del "core". El estudio de Ahlborg et al.²⁹, emplearon la terapia de vibración de cuerpo entero a uno de los grupos, y un entrenamiento de fuerza en prensa de piernas (3 series de 10-15 repeticiones al 70% de 1 RM) en el otro.

Eek et al.⁴³ utilizó tres niveles de progresión en su programa de fortalecimiento muscular: fácil (peso corporal de los sujetos y bandas elásticas), medio (resistencia con bandas elásticas y uso lastres) y difícil (uso de lastres). Se entrenaron de forma específica un total de ocho grupos musculares en el miembro inferior; realizando 3 series de 10 repeticiones en cada grupo al 100% de 10RM.

En el estudio de Andersson et al.⁴⁶, el entrenamiento de fuerza progresivo se realizó sobre una base de 10 ejercicios, haciendo énfasis en los miembros inferiores, realizando un total de 3 series de 10 repeticiones para cada uno al 70% de 1RM. Los ejercicios aparecen recogidos en la Tabla 7.

Damiano et al.⁴⁵, emplearon en su estudio un programa de entrenamiento progresivo con pesos libres y máquinas (cadena cinética cerrada) para glúteo mayor y cuádriceps de forma bilateral. El número de series y repeticiones se calculó en función de la fatiga.

El estudio de Fowler et al.⁴⁴, aplicó una sesión única de fortalecimiento muscular en cuádriceps con tres tipos de ejercicios: isométrico, isotónico e isocinético. Se realizaron 5 repeticiones de cada ejercicio, y mediciones entre ellas.

Lee et al.⁴⁷ empleó una máquina con plano de deslizamiento inclinado para el trabajo de fortalecimiento muscular de miembros inferiores. La inclinación del plano fue regulada en función del peso soportado por el paciente.

6.2.5. Duración de los programas:

Como se puede observar en la Tabla 7, dos estudios emplearon un tiempo de aplicación de 12 semanas para el fortalecimiento muscular (Scholtes et al.⁴², Johnston et al.²⁰). Se encontró un ensayo que dedicó un total de 10 semanas para este aspecto (Andersson et al.⁴⁶). Otros cuatro ensayos se basaron en tiempos de aplicación de 8 semanas (Ahlborg et al.²⁹, Eek et al.⁴³, Damiano et al.⁴⁵, y Lee et al.⁴⁷). Por último, el estudio de Fowler et al.⁴⁴ basó sus resultados en una única sesión de entrenamiento.

6.2.6. Medidas de resultado para la fuerza y la espasticidad.

Se encontraron 7 estudios que midieron la fuerza y la espasticidad (Scholtes et al.⁴², Johnston et al.¹⁵, Ahlborg et al.²⁹, Eek et al.⁴³, Andersson et al.⁴⁶, Damiano et al.⁴⁵ y Lee et al.⁴⁷). Un estudio midió únicamente la espasticidad antes y después del entrenamiento (Fowler et al.⁴⁴).

La medición de la fuerza isométrica se recogió en 2 de los estudios consultados (Scholtes et al.⁴² y Andersson et al.⁴⁶). La fuerza concéntrica tras el entrenamiento fue medida en 6 artículos (Johnston et al.¹⁵, Ahlborg et al.²⁹, Andersson et al.⁴⁶, Eek et al.⁴³, Damiano et al.⁴⁵ y Lee et al.⁴⁷). La fuerza excéntrica se midió en 2 estudios (Ahlborg et al.²⁹ y Andersson et al.⁴⁶)

La espasticidad fue medida antes y después del entrenamiento en todos los estudios. Un total de 4 artículos emplearon la Escala Ashworth, ya fuese en su versión clásica o Modificada (Ahlborg et al.²⁹, Eek et al.⁴³, Damiano et al.⁴⁵, y Lee et al.⁴⁷). Además, Lee et al.⁴⁷ reforzaron sus mediciones con la escala de Tardieu. En el estudio de Fowler et al.⁴⁴, se utilizó la Prueba del Péndulo para realizar la medición. Johnston et al.¹⁵, midió la espasticidad con un dinamómetro isocinético a diferentes velocidades

angulares (15°/s, 60°/s, 90°/s y 180°/s). Por último, Scholtes et al.⁴² utilizaron el estiramiento pasivo a alta velocidad (<1s) para calcular la presencia o no de espasticidad en los sujetos sometidos a análisis.

6.2.7. Evaluación de la calidad metodológica.

Los resultados obtenidos tras pasar la escala PEDro de evaluación de la calidad metodológica a los artículos seleccionados aparecen recogidos en la Tabla 8.

Tabla 8. Calidad metodológica de los artículos

	Criterios elección	Asignación aleatoria	Asignación oculta	Grupos similares	Sujetos cegados	Terapeutas cegados	Evaluadores cegados	Seguimiento adecuado	Análisis por intención de tratar	Comparación entre grupos	Medidas puntuales y de variabilidad	Puntuación total
Scholtes et al. ⁴²	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	8/10
Johnston et al. ¹⁵	Sí	Sí	No	Sí	No	No	No	No	No	Sí	Sí	4/10
Eek et al. ⁴³	Sí	No	No	No	No	No	No	Sí	No	No	Sí	2/10
Ahlborg et al. ²⁹	Sí	Sí	No	Sí	No	No	No	Sí	No	No	Sí	4/10
Fowler et al. ⁴⁴	Sí	Sí	Sí	No	No	No	No	Sí	No	Sí	Sí	5/10
Damiano et al. ⁴⁵	Sí	No	No	No	No	No	No	Sí	No	No	Sí	2/10
Andersson et al. ⁴⁶	Sí	No	Sí	Sí	No	No	Sí	Sí	No	Sí	Sí	6/10
Lee et al. ⁴⁷	Sí	No	No	No	No	No	No	No	No	No	Sí	1/10

6.3. Efectos de los programas de fortalecimiento muscular sobre la espasticidad.

De los 8 estudios evaluados, un total de 6 no mostraron cambios entre las mediciones realizadas sobre la espasticidad al inicio del programa de entrenamiento y al término del mismo^{29,43,44,45,46,47}. Ninguno de estos estudios realizó mediciones intermedias de este parámetro para conocer el efecto durante el tratamiento.

Únicamente dos estudios mostraron cambios en el comportamiento de la espasticidad entre el inicio y el final del programa. Scholtes et al.⁴² (8/10 en la escala

PEDro), recogieron un aumento de la espasticidad durante la intervención en al menos uno de los cinco grupos musculares de los sujetos analizados. Este dato aparece recogido tanto en la medición final, a las 12 semanas de entrenamiento, como en una medición intermedia realizada a las 6 semanas de iniciar el mismo. En un estudio previo, Johnston et al.¹⁵ (4/10 en PEDro), observaron que la espasticidad se mantuvo sin cambios en los flexores plantares de tobillo en el grupo de entrenamiento de fuerza; sin embargo, los valores referidos al mismo campo para los flexores de rodilla aparecieron duplicados al término del programa (semana 12).

La evidencia del efecto de los programas de fortalecimiento muscular sobre la espasticidad al término de los mismos es insuficiente, ya que un ensayo clínico controlado aleatorizado y dos ensayos controlados con puntuación PEDro superior a 4/10 puntos no mostraron cambios sobre la espasticidad, y dos ensayos clínicos controlados aleatorizados con puntuación superior a 4/10 puntos en los que la espasticidad si registrado su aumento de esta, generando conflicto.

Las mediciones del comportamiento de la espasticidad a largo plazo fueron analizadas únicamente por los dos ensayos controlados aleatorizados que mostraron variaciones en la espasticidad, el de Scholtes et al.⁴² (8/10) y el de Johnston et al.¹⁵ (4/10), a las 6 y 4 semanas tras el término del programa de entrenamiento respectivamente. En ambos estudios, los valores para la espasticidad se volvieron a aproximar a los registrados antes del comienzo de los programas; presentando una evidencia fuerte de que los cambios obtenidos no se mantienen en el tiempo.

6.4. Efectos de los programas de fortalecimiento sobre la fuerza muscular.

A pesar de que los criterios de inclusión hacían referencia únicamente a artículos en los que fuese medida la espasticidad, excluyendo de esta forma ensayos en los cuales la fuerza pudiese ser analizada de forma exclusiva, se ha estudiado el comportamiento de la fuerza muscular en los ensayos seleccionados.

6.4.1. Fuerza isométrica

La fuerza muscular isométrica mejoró en los dos estudios en los que fue medida^{42,46} tal y como refleja la Tabla 7. Un ensayo clínico controlado aleatorizado⁴² con puntuación PEDro de 8/10 puntos; y un ensayo clínico controlado⁴⁶ con puntuación de 6/10, otorgan una evidencia moderada.

En el estudio de Scholtes et al.⁴², esta medición se realizó a nivel de cinco grupos musculares: flexores de cadera, abductores de cadera, flexores de rodilla, extensores de rodilla y flexores plantares. En todos los grupos la fuerza isométrica se

vio aumentada al término del tratamiento excepto en los flexores de rodilla. El grupo que registró un mayor aumento fueron los flexores plantares.

El otro estudio que midió la fuerza isométrica fue el de Andersson et al.⁴⁶. Los grupos musculares analizados fueron los extensores y los abductores de cadera, casi duplicando los niveles de fuerza ambos al término del entrenamiento.

En los grupos control no se registraron cambios significativos.

6.4.2. Fuerza concéntrica

La fuerza muscular concéntrica mostró mejoría en los 6 artículos en los que fue analizada^{15,29,43,45,46,47}. La evidencia hallada es fuerte, puesto que entre los artículos evaluados se encuentran dos ensayos clínicos aleatorizados con una puntuación igual o superior a 4/10 puntos en la escala PEDro.

Los extensores de rodilla fueron el único grupo muscular valorado en todos los artículos, presentando mejoría en sus cifras de medición al final de la intervención en todos los casos. En cuatro de los estudios la medición de la fuerza muscular concéntrica se realizó de forma isocinética, siendo mayores los resultados obtenidos a velocidades angulares bajas (entre 10-30°/s).

Los flexores de rodilla fueron incluidos en las mediciones de tres estudios. Los programas de fortalecimiento utilizados por Johnston et al.¹⁵ y Lee et al.⁴⁷ mostraron mejorías significativas al respecto. La fuerza concéntrica de los flexores de rodilla no sufrió cambios importantes al final de la intervención en el estudio de Eek et al.⁴³.

Dos ensayos clínicos sin grupo control, Eek et al.⁴³ y Damiano et al.⁴⁵, midieron la fuerza concéntrica en los extensores de cadera, obteniendo en ambos casos valores de mejoría significativos.

Johnston et al.¹⁵ y Eek et al.⁴⁷ recogieron datos en sus artículos para los flexores plantares y para los flexores dorsales del tobillo. En el primer caso no se encontró apenas variación entre los valores de medición al inicio y al término del programa para ninguno de los grupos musculares. La flexión dorsal tampoco mostró cambios significativos en el estudio de Eek et al.⁴⁷; sin embargo, la fuerza concéntrica de los flexores plantares si registró un ligero aumento.

La fuerza muscular concéntrica en flexores, abductores y aductores de cadera fue medida únicamente en el artículo publicado por Eek et al.⁴⁷. El programa de fortalecimiento muscular empleado en este estudio mostró mejoras significativas de fuerza muscular en los tres apartados.

6.4.3. Fuerza excéntrica

Dos artículos incluyeron la medición de la fuerza muscular excéntrica pre- y post-entrenamiento en extensores de rodilla^{29,46}, obteniéndose resultados dispares. En ambos casos, se empleó un dinamómetro isocinético para realizar la medición, empleado velocidades de 30°/s y 90°/s.

En el estudio de Ahlborg et al.²⁹, la fuerza muscular excéntrica mejoró, aportando datos superiores a la concéntrica, al término del programa de fortalecimiento. Estos datos fueron mucho más significativos a una velocidad angular baja. El estudio de Andersson et al.⁴⁶, sin embargo, no registró cambios en la fuerza muscular excéntrica en ninguna de las velocidades. La evidencia hallada para el comportamiento de la fuerza excéntrica tras el entrenamiento de fortalecimiento muscular es insuficiente, ya que existe conflicto en los resultados de los ensayos clínicos.

6.5. Duración de los cambios en la fuerza muscular tras el tratamiento.

Solo dos estudios analizaron los efectos del entrenamiento semanas después del término del mismo^{15,42}. En el estudio publicado por Scholtes et al.⁴² (8/10), esta medición se realizó a la semana dieciocho, es decir, seis semanas después de la conclusión del mismo. Johnston et al.¹⁵ (4/10), realizaron una última medición a las dieciséis semanas del inicio del programa, cuatro semanas después de su conclusión.

En el caso de Scholtes et al.⁴², los valores de la fuerza isométrica disminuyeron ligeramente, y de forma generalizada en todos los grupos musculares, respecto a los valores obtenidos al finalizar el programa. A pesar de esta disminución, las cifras totales continuaron manteniéndose por encima de las mediciones de inicio, salvo en el grupo muscular de los flexores de rodilla, que apenas había registrado cambios.

En el estudio de Johnston et al.¹⁵, los valores de fuerza concéntrica para flexores y extensores de rodilla también se vieron reducidos con respecto a la última medición. Aun así, estos continuaron siendo superiores a los valores de inicio. Con respecto a los flexores plantares del pie, que apenas habían sufrido cambios en las mediciones pre- y post-entrenamiento, encontramos un ligero aumento de la fuerza muscular concéntrica no significativo.

6.6. Posibles efectos adversos del tratamiento.

Scholtes et al.⁴², encontraron un acortamiento significativo en los extensores de rodilla en los sujetos analizados tras la aplicación del programa de fortalecimiento muscular. Este hallazgo, supuso una reducción de más de 10° en el movimiento

pasivo de flexión de rodilla. De los otros tres artículos que tuvieron en cuenta la medición de la movilidad pasiva tanto previa como posterior al entrenamiento, ninguno encontró hallazgos significativos^{43,45,46}. Los resultados son conflictivos, y la evidencia de los posibles efectos adversos producidos tras el tratamiento insuficiente.

No se mencionaron otros aspectos adversos en ninguno de los estudios analizados.

7. DISCUSIÓN

6.1. Resumen y discusión de los principales resultados

Para llevar a cabo esta revisión sistemática se tuvieron en cuenta un total de 8 ensayos clínicos, en los cuales participaron 176 sujetos (164 diagnosticados de PCI y 12 sujetos sanos correspondientes al grupo control del estudio de Eek et al). La puntuación media de los artículos en la Escala PEDro fue de 4 sobre 10 puntos.

Los resultados de los estudios demostraron que no existe evidencia suficiente de que la espasticidad sea un factor susceptible de aumento al término de la aplicación de programas de fortalecimiento muscular en sujetos con parálisis cerebral, siendo 6 de los 8 artículos incluidos los que no encontraron ningún cambio. Además, en aquellos casos en los que la espasticidad había mostrado algún tipo de empeoramiento significativo, Scholtes et al. (8/10) y Johnston et al. (4/10), los datos de la misma se vieron normalizados entre 4 y 6 semanas tras la aplicación del mismo, presentándose una evidencia fuerte de que estas modificaciones no se mantienen en el tiempo. De este modo, esta revisión no puede desmentir completamente la creencia de que el esfuerzo muscular, en forma de irradiaciones o patrones de reclutamiento muscular y, especialmente a través del aumento de los reflejos tónicos, pueda ser un factor exacerbante de la espasticidad^{19,32,33}. Sin embargo, si podemos concluir que en caso de producirse cambios, ninguno de estos tendrá lugar de forma permanente. El número de estudios en los que se basa esta afirmación es reducido, y la inclusión de este tipo de mediciones en futuros ensayos ayudaría a ampliar estas conclusiones.

Teniendo en cuenta estos factores, sería interesante la realización de mediciones de seguimiento de la espasticidad con frecuencia durante la práctica de cualquier programa de fortalecimiento muscular, con el fin de ejercer un control sobre el comportamiento de la misma y actuar en función de cualquier posible cambio.

En cuanto al fortalecimiento muscular, los programas analizados han mostrado una evidencia moderada en cuanto a la mejoría de la fuerza isométrica y una

evidencia fuerte en lo referente a la fuerza concéntrica en prácticamente todos los grupos musculares. La diferencia existente entre los distintos programas de entrenamiento aplicados, y la similitud entre las mejoras registradas en los grupos musculares susceptibles de comparación, impidieron obtener datos concluyentes sobre cuál de ellos pudo resultar más efectivo. Además, la variabilidad de los grupos musculares analizados entre los diferentes artículos, dificultó en muchos casos establecer dicha comparativa.

En lo referente a los resultados obtenidos para el comportamiento de la fuerza excéntrica se encontraron datos conflictivos. La evidencia encontrada fue insuficiente para confirmar o desmentir los posibles efectos positivos de los programas de fortalecimiento muscular analizados sobre este aspecto. Si bien, cabe destacar que ninguno de estos programas incluyó entrenamiento excéntrico específico, y el principal componente de los ejercicios pautados era de carácter concéntrico. Ambos estudios incluyeron pacientes adultos con medias de edad similares, y la dosificación de los programas aplicados y las mediciones realizadas fueron las mismas^{29,46}. No se ha encontrado bibliografía que analice las repercusiones del trabajo de fortalecimiento muscular sobre su componente excéntrico en pacientes con PCI, impidiendo establecer una correlación con nuestros hallazgos.

El hecho de que entre los criterios de inclusión se encontrase la medición obligatoria de la espasticidad, descartó de nuestra bibliografía de análisis muchos artículos que sí median la fuerza, y cuya inclusión podría haber modificado los resultados hasta aquí presentados en términos de fuerza muscular.

Con respecto al tiempo de mantenimiento de los cambios obtenidos, medidos hasta un máximo de 6 semanas, se encontró una evidencia fuerte de que los éstos permanecían tras este periodo a nivel de fuerza muscular isométrica y de fuerza concéntrica, las dos variables medidas en los estudios. Si profundizamos un poco más en este análisis, podemos observar una ligera disminución en los valores referentes a la fuerza muscular de algunos de los grupos musculares. Estos cambios no fueron significativos, y probablemente se relacionen con una ligera desadaptación inicial producida tras la fase de entrenamiento. Como ya se expuso anteriormente, solo dos ensayos clínicos aleatorizados^{15,42}, con puntuación superior o igual a 4/10 puntos, realizaron estas mediciones, y habría resultado de interés el análisis de las mismas en el resto de estudios de los que se compone la presente revisión. Este hallazgo, sumado a la normalización de los valores de la espasticidad en los casos en los que se había alterado, nos permite confirmar la eficacia del trabajo de fortalecimiento

muscular a medio y a largo plazo, respondiendo de este modo a la pregunta de investigación que sirvió de base a esta revisión.

Por último, la posible aparición de otros efectos negativos fue recogida por un ensayo controlado aleatorizado⁴² en términos de acortamiento muscular. Este hallazgo no pudo ser reforzado por otros ensayos clínicos que midieron los rangos de movimiento, existiendo evidencia insuficiente para realizar afirmaciones al respecto. El ensayo de Scholtes et al.⁴², aparte de ser uno de los que incluyen una mayor duración del programa, siendo esta de un total de 12 semanas, también incluyó cargas de trabajo elevadas al 100% de 8RM. Estos factores, sumados al aumento de la espasticidad registrado durante el tratamiento y justo al término del mismo, pudieron ser influyentes en la obtención de estos datos.

6.2. Acuerdos y desacuerdos con otras revisiones.

Una revisión sistemática con meta-análisis realizada por Park et al.³⁵ en 2013 informó de los beneficios de los programas de fortalecimiento muscular en miembros inferiores, destacando los resultados obtenidos en los grupos musculares extensores así como en abductores y aductores de cadera. Nuestra revisión, refleja la unanimidad existente en cuanto a la mejoría registrada en la musculatura extensora de los miembros inferiores tras someterse los sujetos a los diferentes programas de entrenamiento, reafirmando los datos aportados por Park et al. De los trece artículos consultados por Park et al.³⁵, tan solo dos hacían referencia a mediciones de la espasticidad tras el entrenamiento, lo cual impidió a los autores la obtención de datos concluyentes y extrapolables sobre este aspecto.

Steele et al.³⁴ realizaron una revisión sistemática en 2012 en la que también se midieron los cambios producidos en la fuerza de los extensores de rodilla tras un programa de fortalecimiento muscular y su repercusión en la marcha. Como resultado, se encontró un aumento significativo en la fuerza muscular de los extensores de rodilla. Nuestra revisión aporta datos coincidentes en este aspecto, siendo la fuerza de la musculatura extensora de rodilla la variable que más resultados positivos ha presentado.

Además, en el trabajo de Steele et al.³⁴, se hizo referencia a una posible disminución del rango de movimiento hacia la extensión de rodilla sin aumentos en la espasticidad en la musculatura flexora. Esto puede guardar relación con las alteraciones registradas por nuestra revisión en cuanto al ROM muscular aunque, finalmente, la heterogeneidad en sus resultados no nos permitió sacar conclusiones firmes. Este sería un aspecto interesante a tener en cuenta para futuras revisiones.

Scianni et al.³⁶ realizaron una revisión sistemática en 2009 en la que analizaron diferentes modalidades de ejercicio de fortalecimiento muscular en pacientes con PCI. Las conclusiones aportadas por estos autores fueron que los programas de fortalecimiento muscular no fueron efectivos en términos de fuerza y espasticidad. Sin embargo, las intervenciones consideradas por esa revisión fueron muy variadas, incluyendo desde la electroestimulación al trabajo en cicloergómetro o tapiz rodante; y la espasticidad solo fue medida en uno de los artículos consultados. Nuestra revisión, ha tenido en cuenta programas específicos de fortalecimiento muscular, eliminando esta variabilidad, y en todos ellos la espasticidad había sido medida antes y después del entrenamiento. Nuestros resultados demostraron que los programas de fortalecimiento si tenían efectividad sobre la debilidad en niños con PCI, y su repercusión sobre la espasticidad era mínima o inexistente.

Dodd et al.⁴ realizaron una revisión sistemática en el año 2002 en la que concluyeron que el ejercicio de fortalecimiento muscular resulta beneficioso para la ganancia de fuerza en pacientes con PCI, sin aportar efectos negativos sobre el rango de movimiento ni la espasticidad. Al igual que las revisiones citadas anteriormente, la espasticidad solo apareció reflejada en dos de los artículos consultados, limitando la evidencia de sus afirmaciones. Sin embargo, los ROM fueron medidos por un número de artículos muy superior al de nuestra revisión, lo cual refuerza nuestra idea inicial de que las alteraciones presentadas se corresponden un hecho puntual.

6.3. Limitaciones de la revisión.

La presente revisión cuenta con distintos factores de limitación. Estos, se exponen a continuación:

En primer lugar, la selección y el análisis de los estudios fue realizada por un único evaluador, siendo el error de interpretación personal un posible factor a tener en cuenta.

La escasa bibliografía encontrada sobre el tema, cumpliendo los criterios de selección propuestos al inicio, obligó al autor a incluir ensayos clínicos no aleatorizados y ensayos clínicos sin grupo control. Además, dentro de los ensayos controlados, en dos casos el grupo control recibió algún tipo de intervención con la que posteriormente se buscó establecer una comparación.

Incluir únicamente artículos a los cuales fue posible acceder de forma gratuita supuso una limitación importante que provocó la exclusión de estudios o revisiones que hubiesen podido resultar de interés para la búsqueda.

Además, la propia inclusión del término espasticidad en la frase de búsqueda, siendo el principal objetivo de esta revisión valorar la influencia del fortalecimiento muscular sobre la misma, excluye gran cantidad de ensayos donde se haya medido la repercusión de los programas de fortalecimiento sobre la fuerza muscular, impidiendo que las afirmaciones aquí presentadas al respecto puedan hacerse en términos generales.

6.4. Implicaciones para la práctica clínica.

Los resultados obtenidos por esta revisión demuestran que la realización de programas de fortalecimiento muscular para combatir la debilidad en niños con PCI presenta resultados positivos en términos de ganancia de fuerza muscular, sin afectar negativamente a la espasticidad o, en caso de producirse algún aumento, no siendo éste mantenido en el tiempo.

Aunque la evidencia aportada por esta revisión acerca del comportamiento de la espasticidad el término de la aplicación de un programa de fortalecimiento muscular es insuficiente; nuestros resultados pueden servir de contrapunto a las corrientes y enfoques clásicos que contraindicaban en términos absolutos el trabajo de fuerza en este tipo de patologías.^{32,33}

Por lo tanto, no sin cierta precaución y aunque consideramos que deben realizarse más estudios que cumplan las características aquí mencionadas para en un futuro poder realizar afirmaciones más rotundas, consideramos que la inclusión de los programas de fortalecimiento muscular para el tratamiento de la debilidad en sujetos con diagnóstico de parálisis cerebral, siempre con una cuidada dosificación de sus parámetros y un adecuado seguimiento de los mismos, será un factor recomendable de cara a la práctica clínica actual de esta patología.

6.5. Implicaciones para la investigación

Actualmente, al igual concluían Steele et al.³⁴ en una revisión sistemática en el año 2012, siguen siendo pocos los artículos que tengan en cuenta mediciones cuantitativas de la espasticidad y evalúen la misma de diferentes grupos musculares antes y después del entrenamiento de la fuerza muscular.

Se necesitan ensayos de estas características de mayor calidad, con grupos control y tamaños de muestra más grandes, donde el seguimiento se realice de una forma correcta y no implique solo el período de intervención, sino la medición de sus efectos más allá de este.

7. CONCLUSIONES

- No existe evidencia suficiente de que el trabajo de fortalecimiento muscular tenga efectos negativos sobre la espasticidad en sujetos con PCI.
- Existe evidencia fuerte de que cualquier posible alteración en la espasticidad no se tiempo después de la conclusión de los programas de fortalecimiento muscular en sujetos con PCI
- Existe evidencia moderada del aumento de la fuerza isométrica tras la aplicación de los programas de fortalecimiento muscular.
- La evidencia registrada sobre la mejoría de la fuerza concéntrica es fuerte en sujetos con PCI.
- La evidencia disponible sobre la repercusión del trabajo de fortalecimiento muscular en la fuerza excéntrica en sujetos con PCI es insuficiente.
- Existe evidencia fuerte de que los cambios obtenidos sobre la fuerza muscular se mantienen en el tiempo al menos hasta 4 o 6 semanas después del entrenamiento.
- No existe evidencia suficiente de la existencia otros posibles efectos adversos tras la aplicación de un programa de fortalecimiento muscular en personas con PCI.

8- BIBLIOGRAFÍA

- 1- Meca J. S. Cómo realizar una revisión sistemática y un meta-análisis. *Aula abierta*, 2010; 38(2):53-64.
- 2- González IF, Urrútia G, Alonso-Coello P. Revisiones sistemáticas y metaanálisis: bases conceptuales e interpretación. *Revista Española de Cardiología* 2011;64(8):688-696.
- 3- Ross SA, Engsberg JR. Spasticity and Strength Relations in Cerebral Palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology* 2002, 44:148–157
- 4- 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 Aug;83(8):1157-64.
- 5- Brust JCM. *Neurología. Diagnóstico y tratamiento*. Madrid: McGraw Hill; 2008.
- 6- Poo Argüelles P. Parálisis Cerebral. En: Fejerman N, Fernández Álvarez E. *Neurología Pediátrica (3ª edición)*. Buenos Aires: Editorial Panamericana; 2007. p. 431-446.
- 7- Stokes M. *Fisioterapia en la rehabilitación neurológica (2ª edición)*. Editorial Elsevier. 2008.
- 8- Scholtes VA, Dallmeijer AJ, Rameckers EA, Verschuren O, Tempelaars E, Hensen M, Becher JG. Lower limb strength training in children with cerebral palsy—a randomized controlled trial protocol for functional strength training based on progressive resistance exercise principles. *BMC Pediatr*. 2008 Oct 8;8:41.
- 9- Asociación de Parálisis Cerebral. [2016]. Disponible en: <http://www.aspace.org/pagina/17/algunos-datos>. Acceso en Abril, 2016.
- 10- Fernández-Jaén A, Calleja-Pérez B. La parálisis cerebral infantil desde la atención primaria. *Med Integral* 2002;40(4):148-58.
- 11- Lorente I. La parálisis cerebral infantil. Actualización del concepto, diagnóstico y tratamiento. *Pediatr Integral* 2007;XI(8):687-698.
- 12- Palisano R, Rosenbaum P, Walter S, Russell D, Wood E, Galuppi B. Development and reliability of a system to classify gross motor function in children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*. 1997 Apr;39(4):214-23
- 13- Hadders-Algra M. Early diagnosis and early intervention in cerebral palsy. *Front Neurol*. 2014 Sep 24;5:185.
- 14- Bax M, Goldstein M, Rosenbaum P, Leviton A, Paneth N, Dan B, Jacobsson B, Damiano D; Executive Committee for the Definition of Cerebral Palsy. Proposed definition and classification of cerebral palsy, April 2005. *Dev Med Child Neurol*. 2005 Aug;47(8):571-6.

- 15- Johnston TE, Watson KE, Ross SA, Gates PE, Gaughan JP, Lauer RT, Tucker CA, Engsberg JR. Effects of a supported speed treadmill training exercise program on impairment and function for children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*. 2011 Aug;53(8):742-50.
- 16- 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 Sep;88(9):1114-20.
- 17- Ohata K, Tsuboyama T, Haruta T, Ichihashi N, Kato T, Nakamura T. Relation between muscle thickness, spasticity, and activity limitations in children and adolescents with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*. 2008 Feb;50(2):152-6.
- 18- Lance JW. Disordered muscle tone and movement. *Clin Exp Neurol*. 1981;18:27-35.
- 19- Tilton A. Management of spasticity in children with cerebral palsy. *Semin Pediatr Neurol*. 2009 Jun; 16(2): 82-9.
- 20- Bradley WG, Daroff RB, Fenichel GM, Jankovic J. *Neurología clínica (5ª edición)*. Barcelona: Ed. Elsevier; 2010.
- 21- Scholtes VA, Becher JG, Beelen A, Lankhorst GJ. Clinical assessment of spasticity in children with cerebral palsy: a critical review of available instruments. *Dev Med Child Neurol*. 2006 Jan;48(1):64-73.
- 22- Papavasiliou AS. Management of motor problems in cerebral palsy: a critical update for the clinician. *Eur J Paediatr Neurol*. 2009 Sep;13(5):387-96.
- 23- Grunt S, Fieggan AG, Vermeulen RJ, Becher JG, Langerak NG. Selection criteria for selective dorsal rhizotomy in children with spastic cerebral palsy: a systematic review of the literature. *Dev Med Child Neurol*. 2014 Apr;56(4):302-12.
- 24- Smania N, Picelli A, Munari D, Geroin C, Ianes P, Waldner A, Gandolfi M. Rehabilitation procedures in the management of spasticity. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2010 Sep;46(3):423-38.
- 25- Boyd R, Sakzewski L, Ziviani J, Abbott DF, Badawy R, Gilmore R, Provan K, Tournier JD, Macdonell RA, Jackson GD. INCITE: A randomised trial comparing constraint induced movement therapy and bimanual training in children with congenital hemiplegia. *BMC Neurol*. 2010 Jan 12;10:4.
- 26- Bertoti DB. Effect of therapeutic horseback riding on posture in children with cerebral palsy. *Phys Ther*. 1988 Oct;68(10):1505-12.
- 27- Sterba JA, Rogers BT, France AP, Vokes DA. Horseback riding in children with cerebral palsy: effect on gross motor function. *Dev Med Child Neurol*. 2002 May;44(5):301-8.

- 28- Unger M, Jelsma J, Stark C. Effect of a trunk-targeted intervention using vibration on posture and gait in children with spastic type cerebral palsy: a randomized control trial. *Dev Neurorehabil.* 2013;16(2):79-88.
- 29- Ahlborg L, Andersson C, Julin P. Whole-body vibration training compared with resistance training: effect on spasticity, muscle strength and motor performance in adults with cerebral palsy. *J Rehabil Med.* 2006 Sep;38(5):302-8.
- 30- Kamper DG, Yasukawa AM, Barrett KM, Gaebler-Spira DJ. Effects of neuromuscular electrical stimulation treatment of cerebral palsy on potential impairment mechanisms: a pilot study. *Pediatr Phys Ther.* 2006 Spring;18(1):31-8.
- 31- Vaz DV, Mancini MC, da Fonseca ST, Arantes NF, Pinto TP, de Araújo PA. Effects of strength training aided by electrical stimulation on wrist muscle characteristics and hand function of children with hemiplegic cerebral palsy. *Phys Occup Ther Pediatr.* 2008;28(4):309-25.
- 32- Bobath B. The treatment of neuromuscular disorders by improving patterns of coordination. *Physiotherapy.* 1969; 55: 18-22.
- 33- Bobath B. Abnormal postural reflex activity caused by brain lesion. Rockville, Md: Aspen Publishing; 1985.
- 34- Steele KM, Damiano DL, Eek MN, Unger M, Delp SL. Characteristics associated with improved knee extension after strength training for individuals with cerebral palsy and crouch gait. *J Pediatr Rehabil Med.* 2012;5(2):99-106.
- 35- Park EY, Kim WH. Meta-analysis of the effect of strengthening interventions in individuals with cerebral palsy. *Res Dev Disabil.* 2014 Feb;35(2):239-49.
- 36- Scianni A, Butler JM, Ada L, Teixeira-Salmela LF. Muscle strengthening is not effective in children and adolescents with cerebral palsy: a systematic review. *Aust J Physiother.* 2009;55(2):81-7.
- 37- U.S.National Library of Medicine. 2016; Available at: <http://www.nlm.nih.gov/services/pubmed.html>. Accessed April, 2016.
- 38- Physiotherapy Evidence Database (PEDro). 2016; Available at: <http://www.pedro.org.au/spanish/>. Accessed April, 2016.
- 39- EBSCO host. 2016; Available at: <https://www.ebscohost.com/academic> Accessed April, 2016.
- 40- Scopus. 2016; Available at: <http://www.elsevier.com/solutions/scopus>. Accessed April, 2016.
- 41- Van Tulder MW, Cherkin DC, Berman B, Lao L, Koes BW. The effectiveness of acupuncture in the management of acute and chronic low back pain. A

systematic review within the framework of the Cochrane Collaboration Back Review Group. *Spine (Phila Pa 1976)* 1999 Jun 1;24 (11): 1113-1123.

- 42- 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 Jan-Feb;33(1):181-8.
- 43- Eek MN, Tranberg R, Zügner R, Alkema K, Beckung E. Muscle strength training to improve gait function in children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol.* 2008 Oct;50(10):759-64.
- 44- Fowler EG, Ho TW, Nwigwe AI, Dorey FJ. The effect of quadriceps femoris muscle strengthening exercises on spasticity in children with cerebral palsy. *Phys Ther.* 2001 Jun;81(6):1215-23.
- 45- Damiano DL, Arnold AS, Steele KM, Delp SL. Can strength training predictably improve gait kinematics? A pilot study on the effects of hip and knee extensor strengthening on lower-extremity alignment in cerebral palsy. *Phys Ther.* 2010 Feb;90(2):269-79.
- 46- 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 Apr;45(4):220-8.