

# TRABAJO FIN DE GRADO

“EFECTOS DE LOS PROGRAMAS DE ACTIVIDAD FÍSICA PARA  
LA MEJORA DE LAS CAPACIDADES FUNCIONALES DE  
PERSONAS CON PARÁLISIS CEREBRAL: UNA REVISIÓN  
SISTEMÁTICA”



AUTORA

HERAS

GONZALEZ

NEREA

DIRECTOR

YANCI

IRIGOYEN

JAVIER

GRADO EN CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y EL DEPORTE

2017/2018

## ÍNDICE

RESUMEN .....	2
INTRODUCCIÓN .....	3
MÉTODO.....	9
Búsqueda estratégica .....	9
Criterios de inclusión .....	9
Evaluación de calidad del título/resumen y colección de estudios.....	9
Extracción y síntesis de datos .....	10
RESULTADOS .....	11
Resultados generales de la búsqueda.....	11
Programas de entrenamiento funcional .....	12
Programas de intervención de capacidades condicionales .....	13
Revisiones sistemáticas.....	14
DISCUSIÓN .....	16
Programas de entrenamiento funcionales .....	16
Programas de intervención de capacidades condicionales .....	17
Revisiones sistémicas .....	18
Variables de confusión y conflictos entre artículos .....	19
Limitaciones del estudio .....	20
Consideraciones para futuras investigaciones.....	20
CONCLUSIONES.....	21
FIGURAS Y TABLAS .....	22
Figura 1.....	22
Tabla 1.....	23
Tabla 2.....	27
Tabla 3.....	34
BIBLIOGRAFÍA .....	36

## RESUMEN

El objetivo de esta revisión fue conocer los efectos de los programas de AF en la mejora de las capacidades funcionales y físicas de personas con parálisis cerebral (PC), especialmente de aquellas personas dependientes de silla de ruedas. Para ello se realizó una revisión sistemática de los distintos programas de actividad física (AF) en cinco bases de datos distintas. 24 artículos cumplieron los criterios de inclusión. Se encontró evidencia de la mejora de las capacidades funcionales mediante distintos programas de AF, siendo los de capacidad aeróbica, los de fuerza y los mixtos (capacidad aeróbica y fuerza) los más utilizados y analizados en la literatura científica. De todos ellos, los programas mixtos parecen ser los más idóneos, ya que se ha observado que es en estos donde mayores mejoras se producen de las capacidades funcionales. Además, para aquellas personas dependientes de silla de ruedas parecen ser una muy buena opción para el trabajo de propulsión de la silla de ruedas. Sin embargo es necesaria una mayor investigación ya que son escasos los artículos dirigidos excesivamente a las personas con PC dependientes de silla de ruedas.

**Palabras clave:** daño cerebral, ejercicio, programa de entrenamiento, silla de ruedas, discapacidad.

## INTRODUCCIÓN

La parálisis cerebral (PC) se ha definido como un grupo de trastornos neurológicos (cerebrales) que afectan a la función motora, a los movimientos corporales y a la coordinación de los músculos (Bax et al., 2005; Darrah, Wessel, Nearingburg, & O'Connor, 1999; Ruíz Ibáñez & Santamaría Vázquez, 2017; Ryan, Cassidy, Noorduyn, & O'Connell, 2017; Suárez Iglesias, 2017). La PC es debida a un defecto o lesión del cerebro inmaduro (Bax et al., 2005). Generalmente suele deberse a alguna alteración del sistema nervioso central (SNC) durante el desarrollo fetal del recién nacido (Bax et al., 2005). Sin embargo, tal y como han expuesto algunos autores, también podría deberse a una lesión cerebral en la época prenatal o perinatal (incluso hasta los 3 o 5 años de edad) (Cano & Medina, 2012; Cardona, Alcocer, Lerma, Martínez, & Pérez Ruiz, 2011; Latorre-García, Rodríguez Doncel, Baena García, Sánchez López, & Aguilar Cordero, 2017). Los trastornos motores de la PC van a menudo acompañados por alteraciones de la sensibilidad, la cognición, la comunicación, la percepción, el comportamiento, y/o el trastorno convulsivo (Bax et al., 2005). La PC es la discapacidad infantil con mayor tasa (1,5-3,8 por cada 1000 nacidos) (Ryan et al., 2017).

La PC prenatal supone un 44% de las causas totales de PC y son debidas a síndromes genéticos o anormalidades cromosómicas en el primer cuatrimestre del embarazo y a infecciones intrauterinas o problemas de la función fetal/placentaria en el segundo cuatrimestre. Con respecto a las causas durante el parto, las más comunes son la pre-eclampsia o partos distónicos (19%), la septicemia, las infecciones del SNC, la asfixia o los prematuros en perinatales (8%), o por meningitis, lesión cerebral traumática o anónima (lesión cerebral por inmersión tóxica) en la niñez (5%) (Cardona et al., 2011).

Tradicionalmente, la PC se ha clasificado de acuerdo al tipo de afectación motora y la distribución anatómica de la misma (Argüelles, 2008). Teniendo en cuenta el tipo de afectación motora, básicamente podemos encontrar los siguientes tipos de PC:

Espástica: es la forma más frecuente de PC. Se produce cuando hay afectación de la corteza motora o vías subcorticales intracerebrales (principalmente vía piramidal) (Cano & Medina, 2012). Su principal característica es la hipertonía de los músculos antigravitatorios principalmente (Damiano, Martellotta, Sullivan, Granata, & Abel, 2000; Moreau, Li, Geaghan, & Damiano, 2009) y puede reconocerse mediante una resistencia continua a un estiramiento pasivo de toda la extensión del movimiento (Cano & Medina, 2012).

Discinética: es la forma de PC más relacionada con los factores perinatales (60-70% de los casos) (Argüelles, 2008). Se produce cuando hay afectaciones del sistema extrapiramidal (Cano & Medina, 2012). Se caracteriza por alteraciones del tono muscular con fluctuaciones, presentándose de este modo movimientos involuntarios y persistencia de una manifestación de reflejos arcaicos. Se pueden diferenciar diferentes tipos de movimientos: corea, atetosis, temblor, balismo y distonía (Argüelles, 2008; Cano & Medina, 2012).

Atáxica: desde un punto de vista clínico se distinguen tres formas diferentes, la diplejía atáxica, la ataxia simple y el síndrome de desequilibrio (Argüelles, 2008; Cano & Medina, 2012), las cuales tienen en común la existencia de hipotonía muscular, incoordinación del movimiento y trastornos del equilibrio en distintos grados. Asiduamente aparece en combinación con la espasticidad y la atetosis (Argüelles, 2008).

Mixta: combinaciones de diversos trastornos motores y extra piramidales con distintos tipos de alteración del tono y combinaciones de ataxia y distonía o distonía con espasticidad (Argüelles, 2008; Cano & Medina, 2012). Estas formas mixtas son muy frecuentes (Cano & Medina, 2012).

Atendiendo a las regiones anatómicas afectadas, también se puede clasificar la PC en:

Tetraplejía/tetraparesia: es la más grave, ya que afecta a las cuatro extremidades y tronco, con predominio en miembros superiores (Argüelles, 2008; Cano & Medina, 2012).

Cuadriplejía/cuadriparesia: afectadas las cuatro extremidades, superiores e inferiores pero con ligera afectación del tronco (Cano & Medina, 2012).

Triplejía/triparesia: afectación de las extremidades inferiores y una superior (Argüelles, 2008; Cano & Medina, 2012).

Diplejía/diparesia: es la más frecuente y afecta a las extremidades inferiores (Argüelles, 2008).

Hemiplejía/hemiparesia: afecta a las dos extremidades de un mismo lado (hemicuerpo), aunque existe una prevalencia en el miembro superior (Argüelles, 2008; Cano & Medina, 2012).

Monoplejía: afecta únicamente a una sola extremidad (brazo o pierna) (Cano & Medina, 2012).

Otra de las posibles clasificaciones de la PC es la que atiende al modo en que afectan al tono muscular (Cano & Medina, 2012):

Isotónica: tono muscular normal.

Hipertónica: aumento del tono muscular.

Hipotónica: disminución del tono muscular.

Variable: variación constante del tono muscular.

Además de esta clasificación, recientemente, se han desarrollado sistemas que permiten la categorización de personas con PC de acuerdo con su nivel de deterioro funcional. Estos sistemas de clasificación de la PC surgen debido a la necesidad de conseguir un sistema estandarizado de medición riguroso, que permita conocer la severidad de la discapacidad respecto al movimiento o funcionalidad (Cardona et al., 2011). Concretamente se ha utilizado el Sistema de Clasificación de Funciones Motoras Gruesas (GMFCS) (Ryan et al., 2017). El GMFCS es un sistema de clasificación de la PC *“que está basado en el movimiento auto-iniciado por el paciente con énfasis en la sedestación (control del tronco), las transferencias y la movilidad.”* (Arellano Martínez, Viñals Labañino, & Arellano Sadaña, 2007). Mediante esta clasificación se diferencian

5 niveles de PC (Arellano Martínez et al., 2007; George, Varghese, & Manoj, 2015; Ryan et al., 2017):

Nivel I: camina sin restricciones. Pueden caminar dentro y fuera del recinto sin ayuda y pueden realizar habilidades motoras cruzadas, como correr y saltar.

Nivel II: camina sin limitaciones. Pueden caminar dentro y fuera del hogar sin ayuda, pero tienen una capacidad mínima para realizar habilidades motoras gruesas, como correr y saltar.

Nivel III: requieren de un dispositivo manual auxiliar de la marcha (muletas, bastones, andadores, etc.) para caminar dentro y fuera y pueden requerir de silla de ruedas para viajar largas distancias.

Nivel IV: auto-movilidad limitada, es posible que utilice movilidad motorizada.

Nivel V: transportados en silla de ruedas, pues tienen una capacidad limitada para mantener por sí solos la cabeza recta o alineada al resto del cuerpo, las posturas del tronco y para controlar los movimientos del brazo y la pierna.

Con estas distinciones y definiciones de las diferentes clasificaciones, se puede conseguir proporcionar detalladamente el nivel funcional en el que se encuentra cada sujeto con PC (naturaleza del problema y su gravedad); también permite a los profesionales que trabajan con personas con PC (médicos, fisioterapeutas o profesionales de actividad física (AF), conocer las necesidades actuales y futuras que necesiten o puedan necesitar, poder comparar las características de nuestros sujetos con otros casos similares con los que ya se haya trabajado y por último permite una evaluación de cambio a lo largo de los diferentes puntos en el tiempo (Bax et al., 2005).

Independientemente de la clasificación funcional, se ha descrito que las personas con PC, con el paso del tiempo, sufren un mayor deterioro funcional y de condición física que las personas sin PC (González Carbonell, Brizuela, & Romero Ávila, 2015; Taylor, Dodd, & Larkin, 2004) y que aumentan la posibilidad de padecer dolor crónico, fatiga o deformación de las articulaciones e incluso la mortalidad prematura, asociada a los altos niveles de sedentarismo (González Carbonell et al., 2015; Suárez Iglesias, 2017; Taylor et al., 2004).

Este último aspecto es aún más relevante en personas dependientes de silla de ruedas. Se ha expuesto que *“desde un punto de vista energético, las personas que se desplazan habitualmente en silla de ruedas tienen un gasto energético (GE) considerablemente menor que el resto de la población”* (González Carbonell et al., 2015). Debido a estas cuestiones, la práctica de AF puede ser uno de los componentes determinantes en la mejora de la calidad de las personas con PC (González Carbonell et al., 2015). Una adecuada practica de AF que incluya programas encaminados a la mejora de comportamientos motores de la vida diaria/cotidiana, como el simple hecho de manejar una silla de ruedas para desplazarse o realizar diversos tipos de movimientos específicos de puestos de trabajo o de tareas domesticas, puede ser beneficiosa para las personas con PC. En este sentido, la AF puede ser un adecuado medio para la mejora o el mantenimiento de distintos aspectos funcionales y de condición física en personas con PC (Satonaka & Suzuki, 2018).

La fuerza muscular y la capacidad aeróbica se consideran los principales componentes de la forma física relacionada con la salud ya que se ha observado que una mejora de estas dos capacidades está directamente relacionada con la mejora de la salud ( Verschuren, Darrah, Novak, Ketelaar, & Wiart, 2014). Las personas con PC generalmente tienen un importante nivel de sedentarismo por lo que estas dos capacidades se ven afectadas (Taylor et al., 2004). Además, se ha observado que existe una asociación entre el aumento de la fuerza muscular y la mejora de la propulsión en la silla de ruedas (O’Connell, Barnhart, & Parks, 1992). En la misma línea, un estudio reciente observó que en personas en silla de ruedas, tras realizar programas de ejercicio aeróbico mejoraban la capacidad aeróbica (Hutzler, Chacham, Bergman, & Szeinberg, 1998; Terada, Satonaka, Terada, & Suzuki, 2017).

A pesar de la importancia que puede tener la AF en la calidad de vida y en la mejora de las capacidades funcionales y físicas de las personas con PC, desde un punto de vista científico, existe poca investigación respecto a que programas de intervención de AF son los más adecuados. La mayor parte de investigaciones que analizan los efectos de programas de AF en personas con

PC presentan una gran diversidad y variedad en cuanto a tipos de programas, duración y características de los participantes, por lo que es extremadamente difícil conocer qué tipo de programas son efectivos en personas con PC y especialmente en usuarios habituales de silla de ruedas. Por lo tanto, el objetivo principal de este trabajo fue conocer los efectos de los programas de AF en la mejora de las capacidades funcionales y físicas de personas con PC y especialmente de las usuarias de silla de ruedas.

## **MÉTODO**

### *Búsqueda estratégica*

Desde noviembre de 2017 hasta enero de 2018 se realizó una búsqueda exhaustiva en las siguientes bases de datos: PubMed, Eric, Google Académico, Dialnet y Researchgate. La estrategia de búsqueda se limitó a los estudios escritos tanto en inglés como en castellano, sin límite de fecha de publicación, y utilizando las palabras clave: (1) cerebral palsy o brain impairment (parálisis cerebral o deterioro cerebral, en bases de datos en castellano); (2) y physical activity o physical exercise o exercise training (actividad física o ejercicio físico); (3) y training program o coaching program o sport programs (programa de entrenamiento o programa deportivo); (4) y wheelchair (silla de ruedas); (5) y functional capability o motor ability (capacidad funcional o capacidad motora). Se realizó una búsqueda bibliográfica complementaria de la literatura en un intento de encontrar artículos perdidos por la búsqueda en las bases de datos mencionadas.

### *Criterios de inclusión*

Los estudios fueron evaluados de acuerdo con los siguientes criterios de selección para su inclusión: 1) personas con PC; 2) aplicación de programas de intervención de AF (AF vs. grupo control o dos o más programas de AF distintos) con evaluación inicial (pretest) y final (postest) de la condición física, habilidades motoras o calidad de vida; 3) descripción específica de los contenidos de los programas de AF y 4) evaluación de los efectos de los diferentes programas en función de la edad, afectación o entre hombres y mujeres. Los potenciales estudios a incluir en la presente revisión fueron: 1) estudios de cohorte, 2) estudios comparativos o longitudinales; 3) revisiones bibliográficas sistemáticas y 4) metaanálisis.

### *Evaluación de calidad del título/resumen y colección de estudios*

La búsqueda fue realizada por dos investigadores de forma independiente en todas las bases de datos y utilizando los criterios de búsqueda. Una vez realizada la búsqueda completa, se eliminaron los artículos duplicados. Con los resultados obtenidos, se realizó una lectura del título y resumen para obtener

artículos potenciales de inclusión en la revisión. Posteriormente, se evaluaron los textos completos de los artículos seleccionados con el fin de determinar si cumplían con los criterios de inclusión establecidos. Finalmente, aquellos artículos que cumplían los criterios de inclusión fueron revisados en profundidad. La búsqueda recuperó 683 referencias, de las cuales, después de eliminar duplicados y referencias no adecuadas por título y resumen, se obtuvo el texto completo de 55 artículos. Tras una revisión de los textos completos se incluyeron 24 artículos que cumplían con los criterios de inclusión establecidos en el presente estudio (Figura 1).

#### *Extracción y síntesis de datos*

Los datos extraídos de cada estudio incluyeron edad de los sujetos, afectación, tipo de discapacidad, rangos de movilidad (GMFCS), número de participantes, tipos de programas de AF, detalles de la intervención, tipos de test utilizados, resultados y conclusiones.

## RESULTADOS

### *Resultados generales de la búsqueda*

En la presente revisión se incluyeron cinco programas de entrenamiento funcionales, de los cuales dos de ellos se realizaron en el medio acuático (Cano & Medina, 2012; Hutzler et al., 1998). Los tres programas restantes fueron programas de fitness en los que los programas de intervención tenían el objetivo de mejorar diferentes capacidades físicas para la mejora de su vida cotidiana (Darrah et al., 1999; Lauruschkus, Hallström, Westbom, & Nordmark, 2015; Van den Berg-Emons, Van Baak, Speth, & Saris, 1998).

Por otro lado, también fueron incluidos 10 estudios que implementaban programas de intervención de capacidades condicionales. Uno de ellos se basaba en los efectos a largo plazo de un programa de equilibrio y centro de presión (Uzun, 2013). Otros cuatro de estos programas implementaban programas de entrenamiento de fuerza (Andersson, Grooten, Hellsten, Kaping, & Mattsson, 2003; Olsen, Ross, Foreman, & Engsberg, 2013; Taylor et al., 2004). Los cinco restantes de este subgrupo fueron artículos que utilizaban programas de contenidos de resistencia, con contenidos aeróbicos (Verschuren et al., 2013; Wu, Kim, Arora, Gaebler-Spira, & Zhang, 2017) o programas para la mejora de la propulsión de la silla de ruedas (González Carbonell, Brizuela, & Romero Ávila, 2015; O'Connell, Barnhart, & Parks, 1992; O'Connell & Barnhart, 1995).

Por último se incluyeron 9 revisiones sistemáticas de las cuales cinco de ellas analizaban los efectos de programas de intervención de ejercicio físico (Cardona et al., 2011; O'Brien et al., 2016; Ryan et al., 2017; Satonaka & Suzuki, 2018; Olaf Verschuren, Ketelaar, Takken, Helder, & Gorter, 2008), dos en los efectos de programas de entrenamiento aeróbico (Butler, Scianni, & Ada, 2010; Rogers, Furler, Brinks, & Darrah, 2008), uno en la propulsión de la silla de ruedas (Zwinkels, Verschuren, Janssen, Ketelaar, & Takken, 2014) y por último uno sobre los efectos del entrenamiento en el medio acuático (Latorre-García et al., 2017).

### *Programas de entrenamiento funcional*

En la **Tabla 1** se muestra una descripción detallada de los estudios incluidos que utilizaban programas de entrenamiento funcionales. Dentro de este grupo se recopilaron cinco artículos, de los cuales dos de ellos utilizaban programas en el medio acuático (Cano & Medina, 2012; Hutzler et al., 1998) y los tres restantes implementaron programas de fitness (Darrah et al., 1999; Lauruschkus et al., 2015; Van den Berg-Emons et al., 1998). Los participantes de los distintos estudios tenían una edad comprendida entre los 5 y los 20 años, un total de 40 diplejías (Darrah et al., 1999; Hutzler et al., 1998; Van den Berg-Emons et al., 1998), 36 hemiplejías (Cano & Medina, 2012; Darrah et al., 1999; Hutzler et al., 1998), 4 tetraplejías (Van den Berg-Emons et al., 1998), 9 cuadriplejías (Darrah et al., 1999; Hutzler et al., 1998), 4 ataxias (Hutzler et al., 1998) y 1 distonia (Darrah et al., 1999). Tres artículos utilizaron la clasificación funcional GMFCS, con 3 participantes en el nivel I (Lauruschkus et al., 2015), 2 en nivel II (Lauruschkus et al., 2015), 17 en nivel III (Hutzler et al., 1998; Lauruschkus et al., 2015), 7 en nivel IV (Hutzler et al., 1998; Lauruschkus et al., 2015) y 7 en el nivel V (Hutzler et al., 1998; Lauruschkus et al., 2015). Los programas funcionales utilizados en los distintos estudios analizados lograron mejorar la capacidad aeróbica de los participantes, haciéndoles físicamente más activos, capaces de pasar a realizar de 60 min iniciales de actividad a 106 min (Lauruschkus et al., 2015) y mejorar su capacidad vital, medida mediante un espirómetro, entre un 21% y un 65% (Hutzler et al., 1998; Van den Berg-Emons et al., 1998). En la misma línea, varios estudios obtuvieron mejoras significativas después de la aplicación de programas funcionales en la fuerza muscular (Cano & Medina, 2012; Darrah et al., 1999; Van den Berg-Emons et al., 1998), en el equilibrio, en la flotabilidad, en el desplazamiento en el agua (Cano & Medina, 2012) y en la flexibilidad (Darrah et al., 1999). Sin embargo un estudio concluyó que dos días de AF semanal durante un periodo de 39 semanas no producía mejoras significativas en el gasto calórico y la capacidad aeróbica y que eran necesarios cuatro días de AF semanal para conseguir mejoras significativas en el gasto calórico y la capacidad aeróbica (Van den Berg-Emons et al., 1998). Demostró frente a un grupo control, que el realizar AF únicamente dos días a la semana no suponían cambios significativos pero

que con cuatro días se incrementaba hasta en un 50%. Por otro lado, teniendo en cuenta la duración de los programas, un estudio observó que los programas con una duración superior a 3 semanas obtenían mejores efectos que aquellos que no alcanzaban las 3 semanas (Cano & Medina, 2012).

### *Programas de intervención de capacidades condicionales*

En la **Tabla 2** se muestra una descripción detallada de los estudios incluidos en la presente revisión que han utilizado un programa específico para la mejora de las capacidades condicionales. Dentro de este grupo se recopilaron 10 artículos de los cuales en uno de ellos el programa de intervención era de equilibrio (Uzun, 2013), en otros tres el contenido era el entrenamiento de fuerza (Andersson et al., 2003; Olsen et al., 2013; Taylor et al., 2004) y por último los seis restantes se centraron en programas de intervención de resistencia (González Carbonell et al., 2015; O'Connell et al., 1992; O'Connell & Barnhart, 1995; Terada et al., 2017; Verschuren et al., 2013; Wu et al., 2017). En total fueron 95 los participantes con PC que tomaron parte en esos programas con edades comprendidas entre los 5 años y llegando hasta los 67 años. Entre los participantes incluidos en los distintos estudios 28 fueron clasificados con diplejía (O'Connell et al., 1992; O'Connell & Barnhart, 1995; Taylor et al., 2004; Uzun, 2013; Wu et al., 2017), uno con hemiplejía (Uzun, 2013), uno con tetraplejía (Wu et al., 2017) y 20 con cuadriplejía (O'Connell et al., 1992; O'Connell & Barnhart, 1995; Uzun, 2013; Wu et al., 2017). Además dos participantes tenían espasticidad unilateral (Verschuren et al., 2013) y 21 casos tenían espasticidad bilateral (Verschuren et al., 2013). En 5 estudios los participantes fueron clasificados siguiendo el criterio de clasificación GMFCS, de los cuales seis participantes se encontraban en el nivel I (Olsen et al., 2013; Uzun, 2013; Wu et al., 2017), 12 en el nivel II (Uzun, 2013; Wu et al., 2017), 14 en el nivel III (Olsen et al., 2013; Olaf Verschuren et al., 2013; Wu et al., 2017), 10 en el nivel IV (Verschuren et al., 2013; Wu et al., 2017) y seis en el nivel V (Terada et al., 2017). Los programas de intervención analizados obtuvieron mejoras significativas en el equilibrio postural (Olsen et al., 2013; Uzun, 2013; Wu et al., 2017), pudiendo llegar a dar en el caso de sujetos con tetraplejía entre 8-10 pasos (Uzun, 2013). En dos estudios se observó un aumento

significativo en la fuerza de los músculos flexo-extensores de la cadera (Andersson et al., 2003; Uzun, 2013). De la misma forma, el programa de intervención basado en el entrenamiento de fuerza en gimnasio, con 7 sujetos dependientes de silla de ruedas, llegó a producir mejoras de la fuerza de un 22% en las extremidades inferiores y de un 17% en las extremidades superiores (Taylor et al., 2004). Además, se observó que un programa basado en el entrenamiento de fuerza provocó una ganancia de fuerza de la función motora gruesa del pie (Andersson et al., 2003) y un programa basado especialmente en el fortalecimiento de flexión plantar de tobillo, mejoró tanto la fuerza excéntrica de como la concéntrica (Olsen et al., 2013). También se encontró en varios estudios una correlación significativa entre el entrenamiento de fuerza y la mejora de la propulsión de la silla de ruedas (O'Connell et al., 1992; O'Connell & Barnhart, 1995), expresada como una mejora del 29% en el test de 12 min. Sin embargo, en otro de los programas en este estudio solo resultó ser significativa la mejora en el test de 12 min y de la fuerza de extensión del codo (O'Connell et al., 1992). Por otro lado, dos estudios que aplicaron programas de intervención con contenidos de resistencia en sujetos dependientes de silla de ruedas, mostraron como el entrenamiento del pedaleo de brazos, o actividades aeróbicas mediante el baile produjeron aumentos en la capacidad aeróbica de los participantes (González Carbonell et al., 2015; Terada et al., 2017).

### *Revisiones sistemáticas*

En la **Tabla 3** se muestra una descripción detallada de los estudios de revisión incluidos. De entre todas las revisiones encontradas, 4 se centraban en los efectos de diferentes programas de ejercicio para la mejora de las capacidades condicionales (resistencia, fuerza, equilibrio, etc.) (Cardona et al., 2011; Ryan et al., 2017; Verschuren et al., 2008; Zwinkels et al., 2014). Por otro lado también se incluyeron 3 revisiones que analizaban los efectos de programas de fitness para mejorar la capacidad aeróbica (Butler et al., 2010; Rogers et al., 2008; Satonaka & Suzuki, 2018). Un trabajo de revisión se centró en el estudio de los programas de fitness para mejorar las capacidades físicas (O'Brien et al., 2016). Por último, una de las revisiones se centró en los efectos que tenían los

programas acuáticos en personas con PC (Latorre-García et al., 2017). La mayor parte de las revisiones concluyen que se obtienen mejoras en los resultados fisiológicos y la capacidad aeróbica gracias al ejercicio cardiovascular (Butler et al., 2010; Latorre-García et al., 2017; Rogers et al., 2008; Satonaka & Suzuki, 2018; Olaf Verschuren et al., 2008; Zwinkels et al., 2014). Por otro lado para las mejoras funcionales otros autores sugieren los programas de entrenamiento de fuerza (Cardona et al., 2011; O'Brien et al., 2016; Verschuren et al., 2008) y equilibrio (Cardona et al., 2011), además de considerar que los programas de fuerza pueden ser más relevantes para las personas con PC que los cardiovasculares (Cardona et al., 2011; O'Brien et al., 2016). De este modo, varios autores han llegado a la conclusión de que lo más idóneo es un trabajo mixto, entre los programas de resistencia y fuerza (O'Brien et al., 2016; O. Verschuren et al., 2014; Olaf Verschuren et al., 2008). En cuanto a la duración de los programas, se sugieren programas a largo plazo (Butler et al., 2010; Ryan et al., 2017), dado que existe una gran controversia entre si los programas a corto plazo son beneficios o no (Latorre-García et al., 2017, Ryan et al., 2017). Respecto a la propulsión de silla de ruedas, los estudios parecen indicar que los programas de entrenamiento tenían un efecto positivo (Zwinkels et al., 2014) y que los programas de ejercicio físico son aptos para personas en silla de ruedas (O'Brien et al., 2016).

## DISCUSIÓN

El propósito de esta revisión sistemática fue conocer la evidencia científica existente sobre los efectos que producen los programas de AF en la mejora de las capacidades funcionales en personas con PC, especialmente en aquellas dependientes de silla de ruedas. Se incluyeron un total de 24 artículos que ponen de manifiesto que los diferentes tipos de programas implementados pueden ayudar a mejorar la capacidad aeróbica (González Carbonell et al., 2015; Hutzler et al., 1998; Lauruschkus et al., 2015; Terada et al., 2017; Van den Berg-Emons et al., 1998), la fuerza de las diferentes extremidades (Andersson et al., 2003; Cano & Medina, 2012; Darrah et al., 1999; Olsen et al., 2013; Taylor et al., 2004; Uzun, 2013; Van den Berg-Emons et al., 1998), el equilibrio postural (Cano & Medina, 2012; Olsen et al., 2013; Uzun, 2013; Wu et al., 2017), la flotabilidad (Cano & Medina, 2012), el rango de movimiento (flexibilidad) (Darrah et al., 1999) y la propulsión de silla de ruedas (O'Connell et al., 1992; O'Connell & Barnhart, 1995). Los resultados obtenidos en los distintos estudios parecen evidenciar que los programas de AF en general tienen efectos positivos en la funcionalidad de las personas con PC.

### *Programas de entrenamiento funcionales*

En un estudio donde se aplicó un programa de hidroterapia mostró que las capacidades funcionales de personas con PC mejoraban considerablemente, llegando a conseguir que un 66.37% de los participantes lograsen caminar en el agua (Cano & Medina, 2012). Parece ser que caminar en el agua permite un mayor control postural de las personas con PC y trabajar la fuerza de las extremidades inferiores. Por otro lado, otro estudio donde se analizaron los efectos de un programa de natación frente a un grupo control que realizaba un tratamiento fisioterapéutico, mostró que los ejercicios acuáticos mejoraban la capacidad vital del paciente en un 65% en comparación al 23% del grupo control (Hutzler et al., 1998). Por tanto, parece ser que los programas de entrenamiento en el medio acuático pueden proporcionar un efecto de mejora del equilibrio postural, de la fuerza muscular, de la capacidad aeróbica y pueden ser beneficiosos para personas con PC.

En la misma línea, los programas de AF en los cuales se combina un trabajo aeróbico con uno de fuerza y en el que se realizan estiramientos, mostraron tener un aumento de la capacidad aeróbica del 21-35% (Van den Berg-Emons et al., 1998), mejoras en la flexibilidad (Darrah et al., 1999) y un aumento del tiempo total de AF que realizaban al día las personas con PC (Lauruschkus et al., 2015). Sin embargo se desconoce si este tipo de programas realmente producen adherencia a la práctica de AF en personas con PC una vez finalizado el programa de intervención supervisado, por lo que sería interesante analizar este aspecto en futuras investigaciones.

Atendiendo a la investigación científica revisada, posiblemente un programa de natación en el que se trabajen ejercicios funcionales acuáticos junto con ejercicios de hidroterapia, pueden ser efectivos para una mejora de la capacidad aeróbica. Además este tipo de programas permitiría trabajar también el equilibrio postural y la fuerza. Respecto a la frecuencia semanal de las sesiones en la literatura científica existe cierta controversia. Mientras que un estudio mostro beneficios tras la aplicación de un programa de natación con una frecuencia semanal de uno o dos días (Hutzler et al., 1998, Van den Berg-Emons et al. (1998), observarán que un programa de intervención de dos días a la semana no obtenía mejoras y por el contrario un programa con cuatro días semanales si las obtenía. Son necesarios mas estudios que analicen la frecuencia semanal adecuada de los programas de intervencion en personas con PC. Respecto a la duración del programa, la evidencia científica parece indicar que debería de estar entre 26 y 52 semanas, ya que con estas duraciones se han observado los mayores efectos (Cano & Medina, 2012; Hutzler et al., 1998; Van den Berg-Emons et al., 1998).

#### *Programas de intervención de capacidades condicionales*

Con respecto a los programas de fuerza, se puede observar que el objetivo de cada estudio analizado es muy distinto, lo que dificulta su comparación. Sin embargo, parece evidente que la aplicación de programas de intervención de fuerza en personas con PC provocan efectos positivos. La evidencia científica parece indicar que los programas de intervención de fuerza pueden ser adecuados para la mejora de las capacidades físicas como el aumento de la

flexión de cadera (Andersson et al., 2003), la ganancia de fuerza en las extremidades inferiores, logrando que alguno de los sujetos den sus primeros pasos (Olsen et al., 2013; Taylor et al., 2004; Uzun, 2013) o el aumento de fuerza para la propulsión de la silla de ruedas de las personas con PC (Uzun, 2013, O'Connell et al., 1992; O'Connell & Barnhart, 1995; Uzun, 2013).

Respecto a la mejora de la capacidad aeróbica los estudios realizados al respecto muestran que un programa de baile en silla de ruedas provocaron mejoras en la FC (Terada et al., 2017) y que un trabajo de pedaleo en ergómetro obtuvo mejoras significativas en distintas variables cardiovasculares. Posiblemente un entrenamiento dirigido a la mejora de la capacidad aeróbica puede ser beneficioso para personas con PC. Teniendo en cuenta que tanto el trabajo de fuerza como el trabajo aeróbico son beneficiosos para las personas con PC, sería interesante analizar si los programas combinados (mixtos de fuerza y aeróbicos) podrían ser también efectivos para la mejora de la fuerza de las extremidades inferiores y superiores, la capacidad para caminar, el equilibrio, otras funciones de movimiento como la flexión de cadera y para la capacidad aeróbica.

Con respecto a la frecuencia y la duración de los programas encaminados a la mejora de las capacidades condicionales, la evidencia científica apunta a que los programas deben tener al menos 10 semanas de duración y realizarse tres sesiones por semana.

#### *Revisiones sistémicas*

Los estudios de revisión analizados en los que se analizaban los efectos de programas para la mejora de la capacidad aeróbica mostraron como la práctica breve (unos 30 min) realizada entre dos y cuatro días por semana, con una intensidad moderada entre el 50-80% de su FC máxima, durante un periodo largo de tiempo, provocaba mejoras en la capacidad cardiovascular (Butler et al., 2010; Satonaka & Suzuki, 2018; Verschuren et al., 2008; Zwinkels et al., 2014), en las habilidades físicas (Rogers et al., 2008) y en la función motora gruesa (O'Brien et al., 2016) de personas con PC. Los programas en el medio

acuático, también mostraron obtener mejoras en la capacidad cardiovascular (Latorre-García et al., 2017).

Respeto a los programas de fuerza varios artículos evidenciaron que un trabajo de fuerza para la mano no necesariamente era lo más eficaz para mejorar la cadencia de la propulsión de la silla de ruedas (Zwinkels et al., 2014). Sin embargo, un entrenamiento de fuerza general parece ser clave para las mejoras funcionales (Cardona et al., 2011). Estos autores exponen que el desarrollo de la fuerza y el desarrollo de las habilidades motrices básicas deben ser el objetivo inicial en personas con PC, antes de perseguir mejoras metabólicas o cardiovasculares (Cardona et al., 2011). Por otro lado, el entrenamiento interválico evidenció una mejora significativa del 18-64% en la capacidad de propulsión en silla de ruedas (Zwinkels et al., 2014), poniendo de manifiesto que este método de entrenamiento puede ser adecuado para personas con PC.

A pesar, de que estos programas obtienen mejoras de las capacidades funcionales, varios estudios exponen que lo más efectivo es la realización de programas mixtos, incrementando la capacidad vital, centrándose en la fuerza muscular de tren inferior o tren superior y una combinación de ambos (Verschuren et al., 2008; Zwinkels et al., 2014). En cuanto a la duración de los programas, parece ser que los programas a corto plazo no producen mejoras significativas (Butler et al., 2010; Ryan et al., 2017), obteniéndose mayores beneficios con los programas mixtos de entre cuatro semanas a seis meses de duración (Verschuren et al., 2008).

#### *Variables de confusión y conflictos entre artículos*

De todos los artículos incluidos en la revisión, no en todos se describen adecuadamente las características del programa de intervención. A pesar de que uno de los criterios de inclusión de artículos en este estudio fue que el programa estuviera descrito, hay variables como la frecuencia, el volumen, la carga, la intensidad o la progresión individual que en algunos casos precisarían más detalle. Este aspecto dificultó la comparación exhaustiva entre los estudios. Por otro lado, no todos los programas tenían los mismos objetivos por lo que la variedad de estudios es importante y algunos programas no

proporcionaban con detalle el tipo de afectación de PC que tenían los participantes. Estos dos aspectos también dificultaron la comparación entre estudios.

#### *Limitaciones del estudio*

Hay una serie de consideraciones que deben tenerse en cuenta al interpretar los resultados de esta revisión sistemática. En primer lugar, al encontrar poca investigación sobre estudios que aplicaran los programas de intervención de AF en personas con PC y dependientes de silla de ruedas, se tuvo que ampliar la búsqueda e incluir aquellos estudios que analizaban los efectos de programas de AF en personas con PC aunque no fueran dependientes de silla de ruedas. En segundo lugar, la gran variedad de tipos de afectación de la PC en los participantes de los distintos estudios, los programas utilizados y los tipos de mediciones realizadas dificultó la comparación entre estudios. Por último, debido a que la búsqueda se realizó en los idiomas inglés y español, en las bases de datos PubMed, Eric, Google Académico, Dialnet y Researchgate puede ser que haya más artículos relacionados con el tema en otras bases de datos relevantes y en otros idiomas que no se hayan incluido en esta revisión sistemática.

#### *Consideraciones para futuras investigaciones*

La fuerza y la capacidad aeróbica son las principales características que los sujetos con PC necesitan mejorar y aunque se conocen numerables estudios sobre el tema, la gran mayoría utilizaron como muestra personas con niveles del GMFCS I-II-III, los cuales suelen no depender de silla de ruedas. Por ello sería interesante en futuras investigaciones profundizar en los efectos de distintos programas de intervención con AF en personas de PC con niveles del GMFCS IV y V, es decir, dependientes de silla de ruedas. Teniendo en cuenta que son muchas las personas con PC que se encuentran en esta situación de dependencia de silla de ruedas y son los que más afectaciones motores tienen dentro de las personas con PC, conocer los efectos de los programas de AF sería de gran ayuda para obtener una mejor calidad de vida y aumentar su esperanza de vida.

## **CONCLUSIONES**

Esta revisión sistemática proporciona la evidencia de que los programas mixtos en los cuales se trabaje tanto la capacidad aeróbica como la fuerza, son los más efectivos para la mejora de las capacidades funcionales de las personas con PC. Aunque se ha podido observar que existe una mayor tendencia al estudio de los efectos de los programas de fuerza, posiblemente porque se considera que es la mejor forma de trabajo desde un punto de vista de la motricidad y en el caso de las personas con PC dependientes de silla de ruedas, porque es la mejor opción para la mejora de la propulsión de la silla, la evidencia científica manifiesta que es necesario también realizar un trabajo aeróbico para poder mejorar la capacidad vital. Por tanto, los programas mixtos podrían ser la mejor opción para aumentar la capacidad vital, la forma física/funcional y alargar la esperanza de vida de las personas con PC.

## FIGURAS Y TABLAS

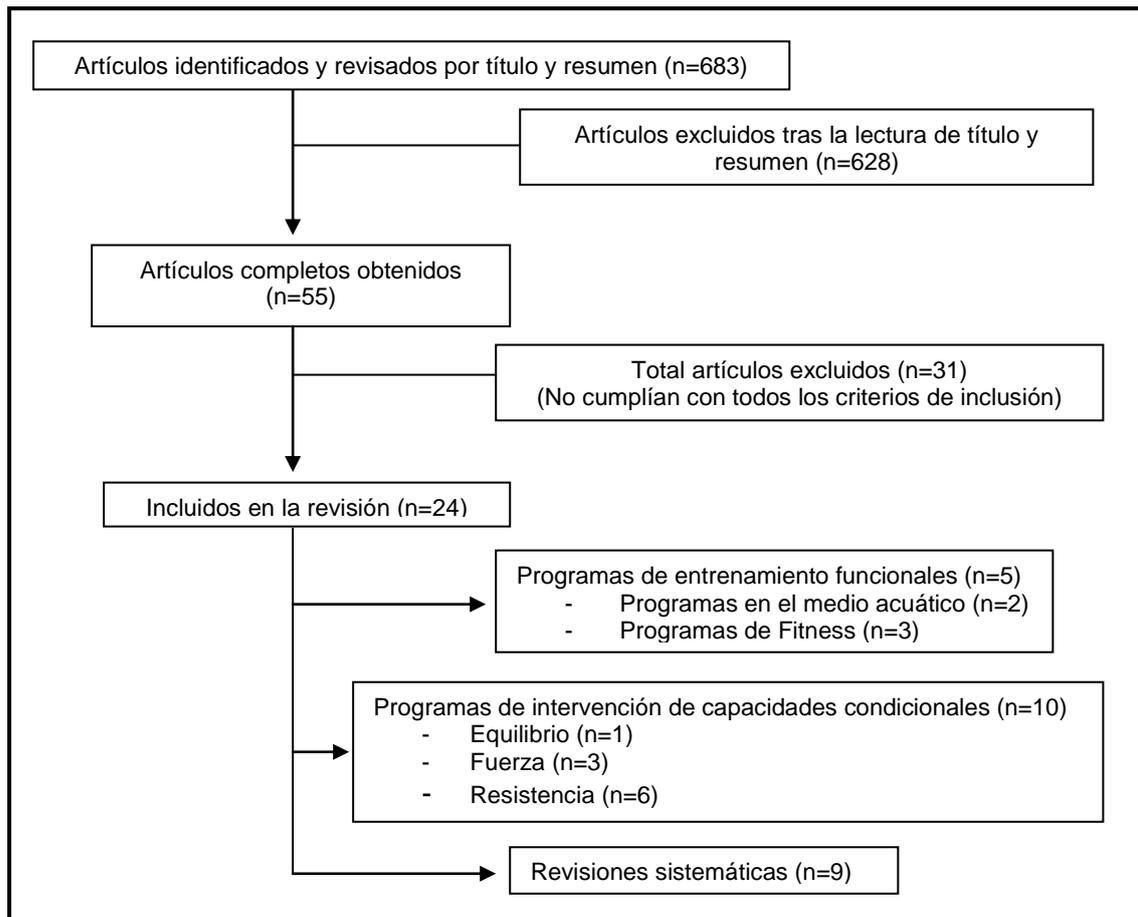


Figura 2. Diagrama de flujo de la búsqueda bibliográfica.

**Tabla 1.** Descripción de los artículos incluidos en la revisión que realizan programas de intervención funcionales (n = 5).

Estudio	Muestra	Características de la muestra	Programa de intervención	Tareas en el programa de intervención	Duración de la intervención	Frecuencia semanal	Test o mediciones	Resultados obtenidos
(Cano & Medina, 2012)	6 niños de entre 5-7 años con PC	6 hemipléjicos	Hidroterapia	Ejercicios de: Adaptación al medio acuático. Equilibrio (desplazamientos cortos). Flotación (coordinación brazo patada) Desplazamiento (sin apoyo) Caminar	52 semanas	-	Ficha de observación del proceso de la aplicación de hidroterapia. Ficha de las áreas de la motricidad gruesa. Encuestas a padres de familia, aspectos relacionados con la hidroterapia y su incidencia en la psicomotricidad en los jóvenes con parálisis cerebral.	Mejoras del 100% en adaptación, equilibrio, flotabilidad y desplazamiento. El 66.37% de los participantes lograron caminar en el agua y los restantes se quedaron en proceso. Sin embargo si nos encontramos con que un 33.3% no logro ni saltar ni correr en el agua. El uso del flotador para la ganancia de equilibrio no parece ser efectivo, pues un 83.3% no lo logro y tan solo el 16.7% (1) estuvo en proceso.
(Hutzler et al., 1998)	GI = 23 niños de entre 6-7 años con PC	9 dipléjicos, 7 hemipléjicos, 4 cuadripléjicos, 3 atetósicos. De los cuales 12 ambulantes, 7 dependientes de	Natación	Ejercicios acuáticos Ejercicio de movimiento grupal	26 semanas	2 días semana 1 día a la semana	Pruebas de función respiratoria (espirómetro). Versión adaptada de la Lista de Verificación de la Orientación del Agua. 23 items para las	El programa del GI mejoró los resultados de capacidad vital inicial en un 65%, mientras que los niños en el GC mejoraron solo en un 23% con la fisioterapia.

		andadores, 1 dependiente de muletas y 3 dependientes de silla de ruedas					habilidades en el agua.	
	GC = 23 niños de entre 5-7 años con PC	10 dipléjicos, 10 hemipléjicos, 2 cuadripléjicos, 1 atetósico. De los cuales 9 ambulantes, 9 dependientes de andadores, 2 dependiente de muletas y 3 dependientes de silla de ruedas	Fisioterapia	-	36 semanas	4 días semana	Pruebas de función respiratoria (espirómetro)	
(Darrah et al., 1999)	23 adolescentes de entre 11-20 años con PC	5 displéjicos, 13 hemipléjicos, 2 cuadripléjicos, 1 atetósico y 1 distónico. 2 de ellos dependientes de silla de ruedas.	Fitness	Ejercicios aeróbicos Ejercicios de fuerza: 6 repeticiones de cada tipo de ejercicio. Estiramientos: 10-15 s cada uno.	10 semanas	3 días semana	Indice de Gasto Energético Dinamómetro de mano para fuerza muscular Test de sentarse y alcanzar; test de alcance detrás de la espalda y distancia intermaleolar (flexibilidad) Frecuencia Cardíaca	Se produjeron cambios significativos (p <0,01) desde la prueba previa hasta la prueba posterior en la fuerza muscular y la percepción de la apariencia física. En 3 sesiones se observó una mejora de la flexibilidad de los sujetos.

							(FC) Autopercepción para adolescentes (SPPA) y para niños (SPPC)	
(Van den Berg-Emons et al., 1998)	GI =10 niños de 7 a 13 años con PC	16 displéjicos y 4 tetrapléjicos.  10 dependientes de silla de ruedas y los otros 10 ambulantes.	Deportivo	Ejercicios aeróbicos y anaeróbicos: bici, nadar, manejar la silla de ruedas...  El segundo año se deja la práctica de natación y se añade el trabajo de fuerza isocinética.	39 semanas cada año (2 años)	2-4 días semana	Medidas antropométricas  Nivel diario de gasto calórico  Wilcoxon test para la comparación pareada y Mann-Whitney para la comparación desparejada en los análisis estadísticos.	Respecto a la AF aquellos sujetos que practicaban 2 días a la semana AF frente al grupo control que no realizaba no supusieron cambios significativos.  Pero realizando 4 días semanales AF si se obtuvieron cambios significativos en un 50% de aumento.  El entrenamiento del GI elevó el tope de la capacidad aeróbica en un 21-35%
	GC = 10 niños de 7 a 13 años con PC			-	-	39 semanas cada año (2 años)		
(Lauruschkus et al., 2015)	11 niños de entre 7-11 años con PC	GMFCS:  Nivel I – 3  Nivel II – 2  Nivel III – 1  Nivel IV – 4	Actividad Física	Actividades realizadas en la escuela y fuera de ella.	47 semanas	7 días semana	IPAQ  COPM y GAS para seleccionar las actividades a cada paciente.  Diario de actividad  Acelerómetro ActiTrainer	La AF y el tiempo sin actividad con acelerómetros mostraron que 7 niños fueron físicamente activos a niveles vigorosos moderados durante más de 60' / día en ambas evaluaciones, y la media para todo el grupo fue de 84' / día en línea de base y 106' / día después de 8
				GMFCS III:  Hockey en silla de ruedas.	22 semanas	1 día semana		
				GMFCS IV:	17 semanas	2 días		

		Nivel V – 1		Andar 15'		semana	Pulsómetro	meses.  Para los niveles IV y V desde la base hasta los 8 meses, mejoras en todos los aspectos, pero no tan altas como se esperaban, pues la AF total disminuyo (105' vs 75').
				Nadar	17 semanas	1 día semana		
				Entrenamiento de 20' en casa.	17 semanas	3 días semana		
				Ejercicios de Innowalk	19-22 semanas	5-7 días semana		
				Caminar con soporte 10 veces al día	19 semanas	Todos los días		
				GMFCS V: Ejercicios de Innowalk	19 semanas	7 días semana		

**Tabla 2.** Descripción de los artículos incluidos en la revisión que realizaron programas de intervención para la mejora de las capacidades condicionales (n = 10).

Estudio	Muestra	Características de la muestra	Programa de intervención	Tareas en el programa de intervención	Duración de la intervención	Frecuencia semanal	Test o mediciones	Resultados obtenidos
(Uzun, 2013)	4 niños de entre 5-13 años con PC	1 hemipléjico, 1 dipléjico, 2 cuadriléjicos.	Entrenamiento de larga duración	<p>Ejercicios de fortalecimiento 20-30'</p> <p>Ejercicios de equilibrio 15-20'</p> <p>Flexibilidad 10'</p> <p>Ejercicios de coordinación 15'</p>	28 semanas	<p>3 días semana</p> <p>1-2 días semana</p>	<p>Medidas antropométricas</p> <p>Placa de fuerza y equilibrio (432 x 368 x 5 mm)</p> <p>Sistema TekScanMatScan® se usó con una velocidad de escaneo de 100Hz.</p> <p>Berg Balance Scale (BBS), para evaluar las habilidades funcionales.</p> <p>Modified Apley Test, para medir la flexibilidad.</p> <p>Handgrip test, para medir la fuerza máxima del agarre de la mano.</p>	<p>El sujeto hemipléjico no pudo mejorar la fuerza de su agarre para el lado afectado, pero hubo un aumento de la fuerza del 134.6% para el lado no afectado.</p> <p>El sujeto dipléjico mostró un cambio positivo mínimo del 6.3% para la izquierda y 4.35% para el entrenamiento de la fuerza de agarre de la mano derecha. La fuerza de agarre aumentó tanto en la mano izquierda (S1: 68.66%; S2: 90.14%) como en la derecha (S1: 58.82%; S2: 52.98%) para dos sujetos tetrapléjicos.</p> <p>Un tetrapléjico fue capaz de al final de las 16 semanas de entrenamiento comenzar a tomar de 8 a 10 pasos sin apoyo por primera vez. Además, un niño hemipléjico pudo permanecer de pie con el no afectado después de completar un programa de entrenamiento de 16 semanas.</p>

(Taylor et al., 2004)	10 adultos mayores de 40 años con PC	7 dependientes de silla de ruedas manual 3 no dependientes de silla de ruedas	Fuerza	Press de pierna Extensión de rodilla Jalón Press de banca Remo sentado Abdominales 8-10 x 2	10 semanas	2 días semana	International Classification of Functioning (ICF)  Prueba cronometrada de sentado a pie  Una auto-selección cronometrada de 10 m	Se aumento la fuerza de las piernas en un 22% (siendo la media 11.1 kg) y un aumento del 17,2% en la fuerza del brazo (aumento medio de 3,8 kg).  Hubo una tendencia a una mayor velocidad de locomoción autoseleccionada (19,1% de aumento medio de 0,09 m/s).  No hubo cambios significativos en la velocidad de locomoción rápida.
(Andersson et al., 2003)	GI: 10	10 dipléjicos 5 dependen de silla de ruedas ocasionalmente. 5 dependen de silla de ruedas a menudo.	Fuerza	Bici, 5' Extensión de rodilla 3*10 Extensión de cadera 3*10 Pull-downs 3*10 Dips 3*10 Press de pierna 3*10 Levantamiento talones 3*15 Abducción de cadera 3*15 (cada pierna)	10 semanas	2 días semana	Test 1RM Prueba de marcha de 6 minutos (m / s) Escala de Borg (6-20) Tiempo acumulado y marcha (s)	No cambios en espasticidad  Rango de movimiento: aumento significativo en la flexión de la cadera tanto en piernas derechas (p = 0.02) como izquierdas (p = 0.01) y un aumento significativo en la extensión de cadera (p = 0.02) en piernas derechas.  La prueba de 6min. y la escala percepción obtuvieron cambios significativos (p=0.02) comparadas al grupo control.

				Abdominales 2*20 Elevación brazo y pierna sobre cuadrupedia 2*20 Estiramientos 15'				
	GC: 7	7 dipléjicos 2 dependen de silla de ruedas ocasionalmente. 3 dependen de silla de ruedas a menudo. 2 no dependientes de silla de ruedas.	-	-		-		
(Olsen et al., 2013)	GI: 2	GMFCS: Nivel I – 1 Nivel III – 1	Fortalecimiento de flexión plantar de tobillo	Ejercicios flexo-plantares	12 semanas	3 días semana	Dinamómetro isocinético KimCom Regla trapezoidal EMG Procesador MATLAB	Participante 1: la fuerza excéntrica en los músculos plantares mejoró en un factor de 166 en el tobillo derecho (0,02 a 4,0 N * m/kg) y un factor de 139 en el tobillo izquierdo (0,02 a 3,2 N * m/kg)  Participante 2: se consiguió igualar la fuerza concéntrica en ambas piernas. Fuerza concéntrica en la prueba previa (0.16 vs. 0.24 N * m / kg), las dos piernas mostraron salidas de fuerza similares (2.6 vs.
	GC: 1	-	-	-		-		

								2.5 N * m / kg) en la prueba posterior.
(Wu et al., 2017)	G. Cinta rodante: 12	GMFCS: Nivel I – 2 Nivel II – 3 Nivel III – 5 Nivel IV – 2	Entrenamiento en cinta rodante	Caminar sobre una cinta rodante 30-40'	6 semanas	3 días semana	3DCaLT, se usó para aplicar fuerzas controladas a la pelvis y las piernas durante la caminata.  Programa LabVIEW	La velocidad al caminar aumento en cinta robotica (p=0,03)  La cinta rodante no obtuvo ningún cambio significativo (p<0,05)
	G. Cinta robótica: 11	GMFCS: Nivel I – 1 Nivel II – 6 Nivel III – 3 Nivel IV – 1	Entrenamiento en cinta robótica	Caminar sobre una cinta robótica 30-40'				
(Dennis G. O'Connell & Barnhart, 1995)	6	3 con PC: 1 displéjico y 2 cuadripléjicos  3 con mielomeningocele	Fuerza	Flexión y extensión de codo.  Abducción de hombro, flexión, extensión, rotación interna y externa, y una extensión combinada de flexión-arco del hombro supino	9 semanas	3 días semana	Test de 50m  Test de 12 min	La prueba de 12 minutos mejoro en un 29% y si fue estadísticamente significativo (p=0.031)  Se mejoró el tiempo medio de rendimiento del tablero de 50 m disminuyéndose en un 20,2% pero sin ser estadísticamente significativa.  Se observaron mejoras estadísticamente significativas

				(movimiento de press de banca). 6*3*30"				(p=0.018 a 0.031) en las resistencias medias utilizadas durante los ejercicios de 6 RM en la prueba posterior versus la prueba previa.
(Denis G. O'Connell et al., 1992)	6	3 con PC: 1 dipléjico y 2 cuadripléjicos 3 con mielomeningocele Todos dependientes de silla de ruedas	Fuerza para la propulsión de la silla de ruedas	Flexión y extensión de codo  Abducción de hombro, flexión, extensión, rotación interna y externa, y una extensión combinada de flexión-arco del hombro supino (movimiento de press de banca).	8 semanas	-	Test de 50m  Test de 12 min	Exceptuando el test de 12 minutos y la extensión del codo 6RM (p ≤ 0.05) no se encontraron mejoras significativas.
(González Carbonell et al., 2015)	GI: 16	4 Lesión Medular C5-C6 4 Lesión Medular C6-C7 4 Ataxia de Friedreich 4 PC: GMFCS: Nivel IV – 3 Nivel V – 1	Pedaleo de brazos	Calentamiento en ergómetro (6-8')  Pedaleo de brazos en ergómetro (2x5')1-2' = 20'	-	-	Ergómetro de brazos MONARK  Analizador de gases portátil Cosmed k4b2 (FC, FR, VT, VE, VO <sub>2</sub> R, VO <sub>2</sub> /FC, VE/VO <sub>2</sub> , VE/VCO <sub>2</sub> , R)  Escala de Borg modificada (0-10)	La interacción entre los factores Intensidad y Grupo resultó significativa (p < 0,001) para FR, VT, VE, VO <sub>2</sub> /FC, VE/VO <sub>2</sub> , R, PE  La interacción entre los factores Intensidad y Grupo no resultó significativa (p > 0,05) para VO <sub>2</sub> R  La interacción entre los factores Intensidad y Grupo resultó significativa (p = 0,0005) para

	GC: 16	Estudiantes universitarios, practicantes habituales de EF y/o Deporte, sin ningún tipo de afectación.	-	-	-	-		VE/VCO <sub>2</sub>
(Olaf Verschuren et al., 2013)	23	2 con espasticidad unilateral y 21 con espasticidad bilateral.  GMFCS: Nivel III– 3  Nivel IV – 20	Pruebas de rendimiento para la propulsión de la silla de ruedas.	MPST  10 x 5-m sprint test  WAnT	2 semanas	3 sesiones	GMFCS-E&R  Functional Mobility Scale  Muscle Power Sprint Test (anaerobic performance)  10x5-m sprint test (agility)  The arm-cranking Wingate Anaerobic Test (anaerobic performance)	Correlaciones significativas entre WAnT y MPST con ICC de 0,99 (con IC del 95% entre 0,98 y 1,0).
(Terada et al., 2017)	6	GMFCS:  Nivel V – 6	Baile en silla de ruedas.	Bailar el vals y el jive 6-15'	52 semanas	2 días semana	Antropométricas  VO <sub>2</sub> y FC durante y después	A partir del 6 <sup>to</sup> mes se el O <sub>2</sub> P durante el vals (2.80 ± 0.77 mL / latido, P = 0.026) se incrementó significativamente en comparación con el resto (2.01 ± 0.33 mL / latido) y lo mismo pasó con el jive (3.29±0.63 mL/latido, P=0.026) en comparación con el resto

								(2.01±0.33 mL/latido)
--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------------

**Tabla 3.** Descripción de los artículos de revisión incluidos (n = 9).

Estudio	Temática principal de la revisión	Nº artículos incluidos en la revisión	Conclusiones generales
(Rogers et al., 2008)	Programa de intervención mediante ejercicios aeróbicos	13	<p>La evidencia sugiere que el ejercicio aeróbico aplicado en niños con PC puede mejorar sus capacidades cardiovasculares y las habilidades físicas, pero se desconoce hasta que punto estas mejoras son debidas al programa y no a las actividades que realizan normalmente los pacientes.</p> <p>La investigación futura necesita un rigor metodológico mejorado para determinar un conjunto específico de pautas de ejercicio y consideraciones de seguridad.</p>
(Satonaka & Suzuki, 2018)	Programas de intervención de fitness	NR	<p>Las investigaciones sugieren que la actividad física diaria breve y frecuente puede tener mayores efectos que el ejercicio prescrito regularmente durante 30 min, en la mejora de los niveles de capacidad aeróbica en adultos con PC.</p>
(Butler et al., 2010)	Programas de intervención de fitness	3	<p>Los tres estudios informaron de un aumento en la capacidad aeróbica de entre el 26 y el 41% a largo plazo.</p> <p>El efecto del entrenamiento cardiorrespiratorio en la actividad a corto plazo no es significativo.</p> <p>Esta revisión sistemática sugiere que el entrenamiento cardiorrespiratorio puede aumentar la capacidad aeróbica en niños con PC, pero que es poco probable que tras el programa continúen realizando la actividad.</p>
(Cardona et al., 2011)	Diferentes programas de actividad física	NR	<p>El entrenamiento de fuerza y equilibrio parecen absolutamente claves para las mejoras funcionales.</p> <p>El entrenamiento de fuerza y flexibilidad variado, que incluya el uso de plataformas de vibración, puede permitir mayores mejoras o mejor mantenimiento de las mismas.</p> <p>El desarrollo de la fuerza y el desarrollo de las habilidades motrices básicas deben ser el objetivo inicial, antes de obtener mejoras metabólicas o cardiovasculares posteriores.</p>
(Ryan et al., 2017)	<p>Programas de resistencia</p> <p>Programas de fuerza</p> <p>Programas mixtos</p>	29	<p>No se encontraron evidencias de que a corto plazo y plazo intermedio, tanto el ejercicio aeróbico como los entrenamientos de resistencia mejorasen la función motora gruesa y la velocidad de la marcha.</p> <p>Se requiere investigación para determinar si las pautas actuales de ejercicio para la población en general son efectivas y factibles para las personas con PC.</p>
(Olaf Verschuren et al., 2008)	<p>Programas de resistencia</p> <p>Programas mixtos</p>	20	<p>Poca evidencia para identificar el modo óptimo, la frecuencia, la intensidad, el establecimiento, la supervisión y la duración de la actividad en programas de ejercicio.</p> <p>Para la capacidad aeróbica lo más recomendable es: 6 semanas 2-4 días por semana.</p> <p>Para los programas Mixtos se ha observado que entre 4 semanas a 6 meses se obtienen mayores mejoras a nivel corporal</p>

	*para extremidades inferiores		y motor, incrementando la capacidad vital y la percepción de la apariencia física. Aunque los resultados son bajos, parece que los niños con parálisis cerebral pueden beneficiarse de la mejora de los programas de ejercicios que se centran en la fuerza muscular de tren inferior, idoneidad cardiovascular y una combinación de ambos.
(Zwinkels et al., 2014)	Programas de fuerza Programas mixtos Programas de resistencia Programas interválicos	21	Todos los estudios de entrenamiento interválico evidenciaron una mejora significativa del 18-64% en la capacidad de propulsión en silla de ruedas. En tres de cinco estudios de entrenamiento de resistencia se encontró una mejora significativa en el entrenamiento aeróbico moderado entre el 50-80% de la FC max. Se evidencio que un trabajo de la fuerza para la mano no necesariamente era lo más eficaz para la cadencia de la propulsión de la silla de ruedas.
(Latorre-García et al., 2017)	Programas acuáticos	8	La estimulación temprana durante 1 año resulta efectiva para el neurodesarrollo. Un tratamiento intensivo (más de 3 semanas) suele tener mayor efecto. Los programas acuáticos también aportan mejoras en la frecuencia cardiaca. Aunque no hay suficientes estudios, viendo lo positivo que es la hidroterapia para la población general, también se concluye beneficiosa para niños y adolescentes con PC.
(O'Brien et al., 2016)	Programas de fitness	31	A pesar de que el entrenamiento de resistencia funcional solo mejoró temporalmente la función motora gruesa, el resto de prácticas que se estudiaron obtuvieron beneficios tanto en la función motora gruesa como en la ayuda a caminar. Estos estudios muestran que los niños que usan sillas de ruedas son capaces de participar en diversas actividades físicas y ejercicio, y hacerlo de manera segura. Además todas las actividades lograron mejorar la salud y el bienestar de los participantes.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Andersson, C., Grooten, W., Hellsten, M., Kaping, K., & Mattsson, E. (2003). Adults with cerebral palsy: walking ability after progressive strength training. *Developmental Medicine and Child Neurology*, *45*, 220–228. <https://doi.org/10.1017/S0012162203000446>
2. Arellano Martínez, I. T., Viñals Labañino, C. P., & Arellano Sadaña, M. E. (2007). GMFCS – E & R; R Clasificación de la Función Motora Gruesa Extendida y Revisada. *CanChild*, *1*, 1–5.
3. Argüelles, P. P. (2008). Parálisis cerebral infantil. *Hospital Sant Joan de Dèu*, 271–277. [https://doi.org/10.1016/S1696-2818\(05\)73263-7](https://doi.org/10.1016/S1696-2818(05)73263-7)
4. Bax, M., Goldstein, M., Rosenbaum, P., Leviton, A., Paneth, N., Dan, B., ... Damiano, D. (2005). Proposed definition and classification of cerebral palsy, April 2005. Executive Committee for the Definition of Cerebral Palsy. *Developmental Medicine and Child Neurology*, *47*, 571–576. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1017/S001216220500112X>
5. Butler, J. M., Scianni, A., & Ada, L. (2010). Effect of cardiorespiratory training on aerobic fitness and carryover to activity in children with cerebral palsy: A systematic review. *International Journal of Rehabilitation Research*, *33*(2), 97–103. <https://doi.org/10.1097/MRR.0b013e328331c555>
6. Cano, A. F., & Medina, L. A. (2012). *La hidroterapia y su importancia en la Psicomotricidad de los jóvenes con Parálisis Cerebral: hemiplejía, que asisten a la piscina Municipal N°3- Casmul Loja periodo 2011-2012*. Universidad Nacional de Loja. Universidad Nacional de Loja.
7. Cardona, C., Alcocer, A., Lerma, S., Martínez, I., & Pérez Ruiz, M. (2011). Ejercicio físico en niños con parálisis cerebral. *Kronos. Actividad Física y Salud*, *10*(2), 13–24.
8. Damiano, D. L., Martellotta, T. L., Sullivan, D. J., Granata, K. P., & Abel, M. F. (2000). Muscle force production and functional performance in spastic cerebral palsy: Relationship of cocontraction. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, *81*(7), 895–900. <https://doi.org/10.1053/apmr.2000.5579>
9. Darrah, J., Wessel, J., Nearingburg, P., & O'Connor, M. (1999). Evaluation of a Community Fitness Program for Adolescents with Cerebral Palsy.

*Pediatric Physical Therapy*, 45, 18-23.

10. George, C., Varghese, B. G., & Manoj, T. I. (2015). Effect of structured physical activity programme on gross motor function of adolescence with cerebral palsy. *International Journal in Management and Social Science*, 3(11), 50–56.
11. González Carbonell, I., Brizuela, G., & Romero Ávila, J. L. (2015). Pedaleo de brazos en personas con lesión medular, parálisis cerebral o ataxia cerebelosa: Parámetros fisiológicos. *RICYDE: Revista Internacional de Ciencias Del Deporte*, 11(41), 226–244. <https://doi.org/10.5232/ricyde>
12. Hutzler, Y., Chacham, A., Bergman, U., & Szeinberg, A. (1998). Effects of a movement and swimming program on vital capacity and water orientation skills of children with cerebral palsy. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 40(3), 176–81. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.1998.tb15443.x>
13. Latorre-García, J., Rodríguez Doncel, M. L., Baena García, L., Sánchez López, A. M., & Aguilar Cordero, M. J. (2017). Influencia de la fisioterapia acuática sobre las habilidades motoras gruesas de los niños afectados de parálisis cerebral: Revisión sistemática. *Journal of Negative and No Positive Results*, 2(5), 210–216. <https://doi.org/10.19230/JONNPR.1408>
14. Lauruschkus, K., Hallström, I., Westbom, L., & Nordmark, E. (2015). Participation in physical activities for children with physical disabilities: feasibility and effectiveness of individualised physical activity referrals. *Physiotherapy*, 101, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.physio.2015.03.1655>
15. Moreau, N. G., Li, L., Geaghan, J. P., & Damiano, D. L. (2009). Contributors to fatigue resistance of the hamstrings and quadriceps in cerebral palsy. *Clinical Biomechanics*, 24(4), 355–360. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2009.01.012>
16. O'Brien, T. D., Noyes, J., Spencer, L. H., Kubis, H.-P., Hastings, R. P., & Whitaker, R. (2016). Systematic review of physical activity and exercise interventions to improve health, fitness and well-being of children and young people who use wheelchairs. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*, 2(1), e000109. <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2016-000109>
17. O'Connell, D. G., & Barnhart, R. (1995). Improvement in wheelchair propulsion in pediatric wheelchair users through resistance training: A pilot

- study. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 76(4), 368–372.  
[https://doi.org/10.1016/S0003-9993\(95\)80663-6](https://doi.org/10.1016/S0003-9993(95)80663-6)
18. O'Connell, D. G., Barnhart, R., & Parks, L. (1992). Muscular endurance and wheelchair propulsion in children with cerebral palsy or myelomeningocele. *Archives of Physical Medicine & Rehabilitation*, 73(8), 709–711.
19. Olsen, J. E., Ross, S. A., Foreman, M. H., & Engsberg, J. R. (2013). Changes in Muscle Activation Following Ankle Strength Training in Children with Spastic Cerebral Palsy: An Electromyography Feasibility Case Report. *Physical & Occupational Therapy In Pediatrics*, 33(2), 230–242.  
<https://doi.org/10.3109/01942638.2012.723116>
20. Rogers, A., Furler, B.-L., Brinks, S., & Darrah, J. (2008). A systematic review of the effectiveness of aerobic exercise interventions for children with cerebral palsy: an AACPD evidence report. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 50(11), 808–814. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.2008.03134.x>
21. Ruíz Ibáñez, I., & Santamaría Vázquez, M. (2017). Relación entre espasticidad, función motora gruesa, habilidad manual e independencia en las actividades de la vida diaria en niños con parálisis cerebral. *Fisioterapia*, 39(2), 53–59. <https://doi.org/10.1016/j.ft.2016.03.001>
22. Ryan, J. M., Cassidy, E. E., Noorduyn, S. G., & O'Connell, N. E. (2017). Exercise interventions for cerebral palsy. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, (6), 1-199. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD011660.pub2>
23. Satonaka, A., & Suzuki, N. (2018). Aerobic fitness and lifestyle with non-exercise physical activity in adults with cerebral palsy. *The Journal of Physical Fitness and Sports Medicine*, 7(1), 1–7.  
<https://doi.org/10.7600/jpfsm.7.1>
24. Suárez Iglesias, D. (2017). *Práctica de actividades físico-deportivas en adultos institucionalizados con grave discapacidad: influencia en la rehabilitación de parámetros de condición física en relación con la salud.*
25. Taylor, N. F., Dodd, K. J., & Larkin, H. (2004). Adults with cerebral palsy benefit from participating in a strength training programme at a community gymnasium. *Disability and Rehabilitation*, 26(19), 1128–1134.  
<https://doi.org/10.1080/09638280410001712387>
26. Terada, K., Satonaka, A., Terada, Y., & Suzuki, N. (2017). Training effects

- of wheelchair dance on aerobic fitness in bedridden individuals with severe athetospastic cerebral palsy rated to GMFCS level V. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, 53(5), 744–750.  
<https://doi.org/10.23736/S1973-9087.17.04486-0>
27. Uzun, S. (2013). The effect of long-term training program on balance in children with cerebral palsy : Results of a pilot study for individually based functional exercises, 8(11), 747–757.  
<https://doi.org/10.5897/ERR2013.1454>
28. Van den Berg-Emons, R. J., Van Baak, M. a, Speth, L., & Saris, W. H. (1998). Physical training of school children with spastic cerebral palsy: effects on daily activity, fat mass and fitness. *International Journal of Rehabilitation Research*, 21(2), 179-194.
29. Verschuren, O., Darrah, J., Novak, I., Ketelaar, M., & Wiert, L. (2014). Health-Enhancing Physical Activity in Children With Cerebral Palsy: More of the Same Is Not Enough. *Physical Therapy*, 94(2), 297–305.  
<https://doi.org/10.2522/ptj.20130214>
30. Verschuren, O., Ketelaar, M., Takken, T., Helders, P. J. M., & Gorter, J. W. (2008). Exercise Programs for Children with Cerebral Palsy. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 87(5), 404–417.  
<https://doi.org/10.1097/PHM.0b013e31815b2675>
31. Verschuren, O., Zwinkels, M., Obeid, J., Kerkhof, N., Ketelaar, M., & Takken, T. (2013). Reliability and validity of short-term performance tests for wheelchair-using children and adolescents with cerebral palsy. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 55(12), 1129–1135.  
<https://doi.org/10.1111/dmcn.12214>
32. Wu, M., Kim, J., Arora, P., Gaebler-Spira, D. J., & Zhang, Y. (2017). Effects of the Integration of Dynamic Weight Shifting Training into Treadmill Training on Walking Function of Children with Cerebral Palsy: A Randomized Controlled Study. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 96(11), 765–772.  
<https://doi.org/10.1097/PHM.0000000000000776>
33. Zwinkels, M., Verschuren, O., Janssen, T. W. J., Ketelaar, M., & Takken, T. (2014). Exercise training programs to improve hand rim wheelchair propulsion capacity: A systematic review. *Clinical Rehabilitation*, 28(9),

847–861. <https://doi.org/10.1177/0269215514525181>