



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

# TRABAJO DE FIN DE GRADO

---

## GRADO EN FISIOTERAPIA

### **Efectos del entrenamiento de fuerza de miembro inferior en pacientes con daño cerebral adquirido**

Effects of lower limb resistance training in patients with acquired brain injury

Efectos do adestramento de forza de membro inferior en pacientes con dano cerebral adquirido



Facultad de Fisioterapia

**Alumna:** Dña. Cristina Álvarez Morgade

**DNI:** 47.436.352 W

**Tutor:** Dña. María Eugenia Amado Vázquez

**Convocatoria:** Junio 2019

## ÍNDICE

1. Resumen .....	7
1. Abstract.....	8
1. Resumen .....	9
2. Introducción.....	10
2.1. Tipo de trabajo .....	10
3. Contextualización.....	10
3.1. Antecedentes.....	10
3.1.1. Definición .....	10
3.1.2. Epidemiología y repercusiones .....	12
3.1.3. Debilidad y fuerza muscular .....	13
3.1.4. Ejercicio físico y nivel de actividad .....	15
3.2 Justificación del trabajo.....	19
4. Objetivos.....	20
4.1. Pregunta de investigación .....	20
4.2. Objetivos .....	20
4.2.1 Objetivo general.....	20
4.2.2 Objetivos específicos .....	20
5. Material y método.....	21
5.1 Fecha y bases de datos.....	21
5.2 Criterios de selección .....	21
5.3 Estrategia de búsqueda .....	21
5.4 Gestión de la bibliografía .....	23
5.5 Selección de artículos .....	23
5.6 Variables de estudio .....	24
6. Resultados .....	29
6.2 Características de los estudios.....	29
6.3 Resultados de los estudios .....	30
6.3.1 Nivel musculoesquelético (fuerza, tono y masa muscular).....	30
6.3.2 Funcionalidad .....	32
6.3.3 Marcadores secundarios .....	33
6.3.3.1 Marcha .....	33
6.3.3.2 Equilibrio .....	33

6.3.3.4 Aspectos psicosociales .....	34
6.3.3.5 Parámetros bioquímicos .....	34
7. Discusión .....	36
7.1.1 Nivel musculoesquelético.....	36
7.1.2 Funcionalidad.....	38
7.1.3 Marcadores secundarios .....	39
7.1.3.1 Marcha .....	39
7.1.3.2 Equilibrio.....	40
7.1.3.3 Factores psicosociales .....	40
7.1.3.4 Parámetros bioquímicos .....	41
7.2 Efectos, repercusiones y características del entrenamiento de fuerza.....	42
7.3 Limitaciones.....	45
7.4 Recomendaciones.....	45
8. Conclusiones .....	46
9. Bibliografía .....	47
10. Anexos.....	53
10.1 Anexo I. Tabla de resultados .....	53

## **ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla I. Estrategia de búsqueda en las bases de datos.....	23
Tabla II. Variables de estudio e instrumentos de medida.....	25

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura I. Diagrama de flujo de información de la selección de artículos .....	24
---	----

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ACV	Accidente Cerebro Vascular
AVD	Actividades de la Vida Diaria
BBS	Escala de equilibrio de Berg
BDI	Inventario de Depresión de Beck
CG	Grupo control
CIF	Clasificación Internacional del Funcionamiento, Discapacidad y la Salud
CV	Calidad de Vida
DCA	Daño Cerebral Adquirido
DGI	Índice de Marcha Dinámica
DXA	Absorciometría dual de rayos X
EG	Grupo experimental (entrenamiento)
EMG	Electromiografía
FC	Frecuencia cardíaca
FEDACE	Federación Española de Daño Cerebral
FMA-LE	Evaluación de la extremidad inferior de Fugl-Meyer
Hb A1c	Hemoglobina glucosilada
HDL	Colesterol de lipoproteínas de alta densidad

HOMA-IR	Evaluación del modelo de homeostasis de la resistencia a la insulina
IB	Índice de Barthel
IMC	Índice de masa corporal
LDL	Colesterol de lipoproteínas baja densidad
MAS	Escala de Asworth modificada
MMII / MI	Miembros inferiores / miembro inferior
OGTT	Prueba de tolerancia oral a la glucosa
PBE	Práctica basada en la evidencia
PICO	Paciente (P), Intervención (I), Comparación (C) y "Outcomes" (O)
SF-36	Cuestionario Calidad de Vida relacionada con la salud
SIRT-1	Sirtuina 1
SNC	Sistema nervioso central
TCE	Traumatismo cráneo-encefálico
TUG	Timed Up-and-Go
1RM	Prueba de una repetición/fuerza máxima
6MWT	Test 6 minutos marcha

## **1. Resumen**

### **Introducción**

El Daño Cerebral Adquirido (DCA) es la primera causa de discapacidad en nuestro país. Es una lesión brusca y repentina en el cerebro caracterizada por un conjunto de secuelas (sensitivomotoras, perceptivas, cognitivas, etc.), en función del tipo, localización y gravedad de la lesión. Entre estas se encuentra la pérdida de fuerza, como uno de los principales contribuyentes en la limitación de la movilidad.

El tratamiento de los pacientes tras un DCA debe ser precoz, individualizado, intensivo e interdisciplinar. La Fisioterapia desempeña un papel muy importante en su rehabilitación, encontrándose dentro de esta el entrenamiento de fuerza como una estrategia terapéutica dirigida a fomentar la recuperación e independencia funcional.

### **Objetivo**

Evaluar los efectos del entrenamiento de fuerza de miembros inferiores en pacientes con DCA según la literatura científica publicada.

### **Material y método**

Se realiza una búsqueda bibliográfica en las bases de datos Cochrane Library, PubMed, Scopus, PEDro, Web Of Science y CINAHL, incluyendo artículos publicados en los últimos 5 años.

### **Resultados**

Se seleccionan 10 documentos, encontrándose que el entrenamiento de fuerza, particularmente en excéntrico, mejora la fuerza muscular, aumentando la funcionalidad, rendimiento durante la marcha, equilibrio y calidad de vida.

### **Conclusiones**

La evidencia científica sugiere que el entrenamiento de fuerza de miembros inferiores, especialmente cuando se encuentra orientado a la tarea, puede ser una herramienta de gran utilidad en la recuperación de la funcionalidad tras un DCA.

### **Palabrasclave**

Daño Cerebral Adquirido, entrenamiento de fuerza, miembro inferior, fuerza muscular.

## **1. Abstract**

### **Background**

Acquired Brain Injury (ABI) is the leading cause of disability in our country. It is a sudden injury in the brain characterized by a set of sequelae (sensorimotor, perceptive, cognitive, etc.), depending on the type, location and severity of the injury. Among these, the loss of strength is one of the main contributors in limitation of mobility.

The treatment of patients should be early, individualized, intensive and interdisciplinary. Physiotherapy plays a very important role in its rehabilitation, it is within this strength training as a therapeutic strategy to promote recovery and functional independence.

### **Objective**

To evaluate the effects of lower limb strength training in patients with ABI according to published scientific literature.

### **Material and methods**

A bibliographic search was performed in the Cochrane Library, PubMed, Scopus, PEDro, Web Of Science and CINAHL databases, including articles published in the last 5 years.

### **Results**

Ten documents are selected for analysis, finding that strength training, particularly eccentric training, improves muscle strength, increasing functionality, performance during walking, balance and quality of life.

### **Conclusions**

Current scientific evidence suggests that lower limbs strength training, especially when it is task-oriented, can be a very useful tool in the recovery of functionality after ABI.

### **Keywords**

Acquired Brain Injury, strength training, lower limb, muscle strength.



## **1. Resumo**

### **Introdución**

O Dano Cerebral Adquirido (DCA) é a primeira causa de discapacidade no noso país. É unha lesión brusca e repentina no cerebro, caracterizada por un conxunto de secuelas (sensitivomotoras, perceptivas, cognitivas, etc.), en función do tipo, localización e gravidade da lesión. Entre estas atópase a perda de forza, coma un dos principais contribuíntes na limitación da mobilidade.

O tratamento dos pacientes tras un DCA debe ser precoz, individualizado, intensivo e interdisciplinar. A Fisioterapia presenta un papel moi importante na súa rehabilitación, atopándose dentro desta o adestramento de forza, como unha estratexia terapéutica dirixida a fomentar a recuperación e independencia funcional.

### **Obxectivo**

Evaluar os efectos do adestramento de forza de membros inferiores en pacientes con DCA segundo a literatura científica publicada.

### **Material e método**

Realízase unha búsqueda bibliográfica nas bases de datos Cochrane Library, PubMed, Scopus, PEDro, Web Of Science e CINAHL, incluíndo artigos publicados nos últimos 5 anos.

### **Resultados**

Selecciónanse 10 documentos, atopándose que o adestramento de forza, particularmente en excéntrico, mellora a forza muscular, aumentando a funcionalidade, rendemento durante a marcha, equilibrio e calidade de vida.

### **Conclusións**

A evidencia científica suxire que o adestramento de forza de membros inferiores, especialmente cando se atopa orientado á tarefa, pode ser unha ferramenta de gran utilidade na recuperación da funcionalidade tras un DCA.

### **Palabras chave**

Dano Cerebral Adquirido, adestramento de forza, membro inferior, forza muscular.

## **2. Introducción**

### **2.1. Tipo de trabajo**

El presente trabajo es una revisión bibliográfica de la literatura existente respecto a los programas de fuerza en MI y su utilización como tratamiento en los pacientes con DCA.

Las revisiones bibliográficas tienen como objetivo la localización y recuperación de información relevante para un usuario que quiere dar respuesta a cualquier duda relacionada con su práctica, siendo esta clínica, docente, investigadora o de gestión (1). En este caso se escoge este tipo de trabajo dada la ausencia de un trabajo de revisión que responda a la pregunta de investigación. Al realizar una revisión sobre este tema, se identificarán, a su vez, vacíos en la investigación actual y se proporciona un marco para la posible investigación posterior.

### **2.2. Motivación personal**

En primer lugar, me he interesado por el tema de estudio debido a mi propia inquietud en la patología neurológica y, en concreto, en el DCA, por su alta incidencia e impacto en la vida de los pacientes. Por otra parte, el trabajo o entrenamiento de fuerza, dentro del programa de rehabilitación de estos pacientes, es una cuestión sobre la que he ido teniendo cada vez más interés tras conocer y tratar a estos pacientes, así como por el aumento de la evidencia científica sobre ejercicio terapéutico y su aplicación en el tratamiento de pacientes con diversas patologías neurológicas.

Así, decido realizar esta revisión con el fin de profundizar en los conocimientos actuales sobre el tema, que sumados a los adquiridos durante la formación de Grado pueden repercutir en mi futuro profesional y en beneficio de los pacientes.

## **3. Contextualización**

### **3.1. Antecedentes**

#### **3.1.1. Definición**

El DCA es un concepto heterogéneo que puede deberse a múltiples causas y, por tanto, no tiene una etiología concreta; tampoco se trata de un síndrome clínico

claramente definido por un conjunto de síntomas. Su evolución también es variable, debiendo cumplir la premisa de que su inicio sea agudo y de la existencia de una deficiencia o secuela (2). Por ello, el DCA se define como una lesión producida de forma inesperada en una parte o en la totalidad del encéfalo (cerebro, tronco cerebral y cerebelo). La mayoría de las personas que han sobrevivido a un DCA presentan secuelas que afectan a componentes sensoriomotores, cognitivos, emocionales o conductuales (3).

Desde el punto de vista de su frecuencia de aparición, nos encontramos fundamentalmente con dos grandes grupos: el accidente cerebrovascular (ACV) y el traumatismo craneoencefálico (TCE). La tercera causa en frecuencia es la encefalopatía anóxica, seguida de otro grupo de enfermedades menos frecuentes como las infecciones del sistema nervioso central (SNC), el efecto de tóxicos y algunos tumores cerebrales. Entre las etiologías menos comunes se encontrarían las enfermedades inflamatorias autoinmunes del SNC, como la vasculitis y la encefalomiелitis aguda diseminada (4).

El ACV se produce por la interrupción repentina del flujo sanguíneo en un área del cerebro (ACV isquémico) o debido a una ruptura de los vasos sanguíneos (ACV hemorrágico). Es la principal causa de discapacidad en adultos en el mundo occidental (5), de forma que el 44% de las personas que sobreviven presentan, como consecuencia, una discapacidad grave (6). El impacto y las consecuencias clínicas dependen de las regiones anatómicas afectadas y de la extensión del daño, que se pondrán de manifiesto en el lado contralateral de la lesión cerebral (7).

Cuando el origen de la lesión cerebral es un golpe, se denomina TCE. La mayor parte de los TCE que causan un daño cerebral se producen por accidentes de tráfico, seguidos de los accidentes laborales, las caídas y las agresiones físicas. El daño cerebral es producido por fuerzas externas, como impactos directos, aceleraciones o desaceleraciones rápidas, lesiones penetrantes o por las ondas explosivas de una explosión (4). Estas fuerzas externas pueden variar en intensidad, dirección y duración, determinando la naturaleza de la lesión. El impacto inmediato conduce a una alteración de la función neurológica en forma de pérdida de conciencia, pérdida de memoria para eventos inmediatamente anteriores o posteriores a la lesión, o déficits neurológicos focales, permanentes o transitorios, en las capacidades físicas, cognitivas, regulación emocional y conducta, entre otros (8).

### **3.1.2. Epidemiología y repercusiones**

Durante la última década, el número de pacientes que sobreviven a un DCA se ha incrementado un 30% en todo el mundo y su incidencia va en aumento en individuos cada vez más jóvenes. Datos recientes del Instituto Nacional de Estadística (2) indican que en España viven 420.064 personas con DCA, de las cuales un alto porcentaje se debe a un ACV, el 78%.

El principal motivo se debe al aumento de la esperanza de vida de la población mundial, a la epidemia de obesidad, diabetes, insuficiencia cardíaca y a la inactividad física en la población general. Por su parte, la OMS anticipa que la incidencia del TCE también aumentará en los próximos años debido a los accidentes de vehículos motorizados en los países en desarrollo, así como a los conflictos militares (9).

De acuerdo con el informe realizado por FEDACE con la colaboración del Real Patronato sobre Discapacidad en el año 2015, en España viven 420.000 personas con DCA, produciéndose cada año se producen 104.701 nuevos casos: 99.284 por ACV, 4.937 por TCE y 481 por anoxias. Al considerar el sexo y la edad, se observa que 52,5% de las personas con DCA son mujeres frente a un 47,5% de varones, mientras que el 65,03% se encuentra por encima de los 65 años (10).

Aunque los ACV representan un mayor porcentaje de pacientes con discapacidad moderada o grave, la media de edad de la población afectada es notablemente más joven en los TCE. En lo que respecta a los tumores del SNC, estos no deberían entrar a formar parte de la definición de DCA, puesto que no es frecuente que su inicio clínico sea agudo o repentino y su pronóstico general viene determinado por su pronóstico vital, que dependerá más de la evolución de la enfermedad neoplásica que de las deficiencias neurológicas (3).

Las enfermedades cerebrovasculares se encuentran entre las principales causas de morbilidad y discapacidad en los países desarrollados; los avances en la atención y asistencia sanitaria en el periodo agudo han supuesto un aumento de la supervivencia de estos pacientes y, por consiguiente, de las secuelas de los mismos (7). Así, los costes de estas discapacidades serán cada vez mayores, no solo para las personas afectadas y sus familias, sino también para la sociedad en general, viéndose afectados todos los dominios de la Clasificación Internacional del Funcionamiento, la Discapacidad y la Salud (CIF), y ocasionando limitaciones en la actividad y restricciones en su participación (11).

Por todo ello, entre las repercusiones funcionales, cabe mencionar la hemiparesia, definida como una debilidad muscular o parálisis parcial de la mitad del cuerpo, que se observa en tres cuartos de los pacientes después de un ACV. Así, de estos pacientes, aproximadamente dos tercios presentan limitaciones en la capacidad para la marcha y el 72% muestran importantes déficits motores en los MMII durante la etapa subaguda y crónica (12).

Como una de las principales consecuencias funcionales, la dificultad para caminar se caracteriza por una disminución de la velocidad de la marcha, menor eficiencia y asimetrías entre las extremidades en la longitud del paso y la transferencia de peso. La musculatura de la cadera, particularmente extensores y aductores, así como cuádriceps e isquiotibiales, es la más debilitada en pacientes con ACV crónico, estando relacionada con mayores alteraciones en la simetría durante la marcha (13).

Diversos autores ponen de relevancia que la fuerza de los músculos flexores de cadera, extensores de rodilla y flexores plantares del tobillo del MI afecto determinan la velocidad y fluidez durante la marcha, demostrándose que la marcha patológica puede suponer un coste de energía doble en comparación con la de un sujeto sano (14,15). Asimismo, estos pacientes suelen presentar alteraciones en el equilibrio, que pueden ser provocados por déficits sensoriales, visuales, perceptivos y/o vestibulares, y que se relacionan con un mayor riesgo de caídas, de modo que esta inestabilidad limitará la función y aumentará la necesidad de asistencia durante la realización de las AVD (16).

Además de las alteraciones funcionales, hasta el 80% de las personas con ACV muestran algún grado de disfunción cognitiva, lo que también repercute en sus AVD, interfiere en la recuperación funcional y aumenta la dependencia (17,18).

### **3.1.3. Debilidad y fuerza muscular**

La pérdida o limitación de la función muscular es una consecuencia física habitual tras un DCA. La pérdida de tejido muscular, causada por el propio daño y por el consiguiente incremento de la inactividad y el sedentarismo tras el mismo, puede conducir a la limitación de movimiento, movilidad y capacidad funcional, así como a trastornos relacionados con el sistema metabólico y endocrino.

La debilidad muscular se considera como *“la incapacidad para generar niveles normales de fuerza”*, produciendo un deterioro importante en la función motora”. Los

efectos de la debilidad muscular traen consigo la dificultad para iniciar y mantener la actividad muscular, así como la dificultad para generar fuerza y la falta de destreza. En muchos casos, una vez disminuida la espasticidad y normalizado el tono, el músculo puede revelar una importante debilidad (19).

Según el marco de la CIF (20), la pérdida de fuerza después de un DCA es el principal impedimento que contribuye a las limitaciones de la actividad y a las restricciones en la participación de estos pacientes dentro de su comunidad.

La disminución de la fuerza muscular puede ocurrir como consecuencia de cambios estructurales y funcionales en la musculatura espástica. Estas modificaciones incluyen el tamaño de la fibra muscular, la distribución del tipo de fibra, la proliferación de material de la matriz extracelular y el aumento de la rigidez de las células musculares. El muslo del MI afecto presenta un 20% menos de área muscular y un 25% más de grasa intramuscular que el no afecto, lo que demuestra una atrofia sustancial y un cambio en la composición muscular (21).

En la fase crónica después de un ACV, el entrenamiento de fuerza puede maximizar la capacidad de activación neuromuscular voluntaria (22). Este aumento de la fuerza muscular podría ser capaz de promover una mejora funcional sin efectos adversos (como el aumento de la hipertonia o el dolor).

Asimismo, los déficits de fuerza en la musculatura del MI son las variables que mejor predicen la participación de la persona en las AVD dentro de su entorno. La participación es un concepto multidimensional, definido por la CIF como *“la participación de los individuos en situaciones de la vida”* (20). Después de un DCA, muchas personas experimentan restricciones en la participación, debido a las interacciones entre las deficiencias residuales, limitaciones de la actividad, factores ambientales y características personales.

La debilidad muscular tiene el potencial de contribuir a las restricciones en la participación después de un DCA, ya que la escasa capacidad para generar potencia muscular se asocia con limitaciones en la realización de actividades, como alcances, manipulaciones, marcha y desplazamientos dentro de la comunidad (con obstáculos, escaleras, etc.) (23).

Se ha demostrado que la pérdida de fuerza está asociada con limitaciones en actividades funcionales como levantarse de una silla, ponerse de pie, subir escaleras y alcanzar y manipular objetos, incluso en aquellos pacientes que caminan de forma

independiente (24). Sin embargo, a pesar del gran impacto en la vida de los pacientes, la información sobre el grado de pérdida de fuerza después del ACV y la fuerza de los músculos de las extremidades inferiores es limitada.

#### **3.1.4. Ejercicio físico y nivel de actividad**

En términos generales, la actividad física de los pacientes tras un DCA es menor que la de los adultos con otras afecciones crónicas del sistema musculoesquelético o cardiovascular. Estos pacientes se encuentran predispuestos a un estilo de vida sedentario que afecta negativamente a su desempeño en las actividades de la vida diaria (AVD), aumenta el riesgo de caídas y que puede contribuir a un mayor riesgo de ACV recurrente y otras enfermedades cardiovasculares, viéndose agravado el impacto sobre su capacidad funcional.

La disminución de la actividad y la menor tolerancia al ejercicio, puede conducir a complicaciones secundarias, como la reducción de la capacidad cardiorrespiratoria, el aumento de la fatigabilidad, atrofia muscular y debilidad, osteoporosis, y alteración de la circulación en las extremidades inferiores. Además, la disminución de la autoeficacia, un incremento del nivel de dependencia para las AVD y la disminución de la capacidad para las interacciones sociales pueden tener un profundo impacto psicológico en el paciente (25).

El entrenamiento basado en diversas modalidades de ejercicio terapéutico puede romper el círculo de inactividad y desacondicionamiento físico con un importante efecto en la mejora del desempeño funcional de los pacientes con DCA (26). En este sentido, desde fisioterapia, se aborda como uno de los principales objetivos optimizar la recuperación de la función, minimizar la discapacidad a largo plazo y permitir el mayor grado de independencia posible en la vida diaria de estos pacientes.

El ejercicio físico se refiere a un subconjunto de actividad física planificada, estructurada, repetitiva, y diseñada para mejorar o mantener uno o más componentes de la condición física, el rendimiento físico o la salud (27). La idea de que el ejercicio físico produce efectos positivos en los pacientes está ampliamente extendida. Este no solo ha demostrado ser una herramienta de prevención de la salud y de la mortalidad, sino que también puede ser utilizado como tratamiento para múltiples enfermedades crónicas (27). Es particularmente importante para la prevención de las complicaciones secundarias relacionadas con el ACV recurrente y otras enfermedades

cardiovasculares. Existe evidencia de los efectos beneficiosos de la actividad física regular y el ejercicio en los factores de riesgo de enfermedades cardiovasculares, como la hipertensión, la función arterial y la respuesta a la insulina. De este modo, puede atenuar diversos efectos secundarios e incrementar las tasas de supervivencia en patologías potencialmente mortales para la población (28).

Por su parte, la creencia de que el ejercicio físico puede tener influencia en nuestro cerebro es más reciente, puesto que la investigación científica en materia de plasticidad cerebral comenzó alrededor del año 1940. Los mecanismos por los que el ejercicio físico ejerce efectos neuroprotectores incluyen cambios en la integridad estructural del cerebro, determinados por el aumento de la formación de sinapsis, el aumento de la angiogénesis y la neurogénesis en el hipocampo y en regiones del cerebro relacionadas con la locomoción (como el cerebelo y la corteza motora primaria), así como el aumento del flujo sanguíneo cerebral y de la producción de los factores de crecimiento y moléculas que promueven la plasticidad neuronal y, por lo tanto, la recuperación funcional (29).

Aunque se ha utilizado principalmente para mejorar la función física después de un ACV, las investigaciones emergentes sugieren que también puede tener beneficios sobre los síntomas depresivos, algunos aspectos relacionados con el funcionamiento ejecutivo y la memoria, así como la calidad de vida relacionada con la salud y la fatiga (30).

Por lo tanto, el ejercicio físico (incluso de intensidad moderada-alta) parece ser un método seguro y no invasivo de rehabilitación, proporcionando efectos positivos para tratar tanto las alteraciones a nivel físico como cognitivo tras un DCA en etapas crónicas (29). La evidencia actual sugiere efectos positivos a nivel físico, psicosocial y en el funcionamiento cognitivo global en pacientes con DCA, después de un programa de ejercicio terapéutico intensivo combinado con un entrenamiento de fuerza (30).

Teniendo en cuenta estos factores, se ha introducido el concepto de entrenamiento de fuerza en la rehabilitación del DCA como una forma de ejercicio físico terapéutico, dado que puede mejorar la capacidad de generación de la fuerza, la eficiencia de la musculatura que se encuentra debilitada y el desempeño funcional de los pacientes (19).



### **3.1.5. Trabajo de fuerza**

En el pasado, el entrenamiento de fuerza en personas cuya patología cursa con espasticidad ha sido motivo de controversia. Entre otros autores, Bobath defendía que la disminución de la fuerza muscular en estos pacientes no se debía a la debilidad muscular, sino a la oposición de antagonistas espásticos y que la actividad vigorosa aumentaría la espasticidad y reforzaría el movimiento anormal. Por lo tanto, las personas con ACV han llevado a cabo programas de ejercicio moderado, con gran parte del tratamiento destinado a la inhibición del tono muscular anormal y la facilitación de los patrones normales de movimiento. Sin embargo, en la actualidad, la rehabilitación del DCA ha experimentado una importante reevaluación basada en la evidencia fisiológica y clínica disponible, ya que aunque existe evidencia de que el entrenamiento de fuerza por sí mismo puede mejorar la fuerza muscular, se necesita evidencia adicional para determinar sus efectos en las tareas funcionales (9).

La investigación clínica ha demostrado que el entrenamiento de fuerza no aumenta la espasticidad de los grupos musculares involucrados, sino que la disminuye, mejorando el rendimiento funcional y la fuerza muscular (19). Por ello, el efecto del entrenamiento de fuerza en la función todavía debe ser explorado en mayor profundidad para desterrar por completo mitos y falsas creencias.

El entrenamiento de fuerza tiene grandes beneficios a la hora de revertir los cambios estructurales y funcionales que ocurren en el envejecimiento. Comúnmente, se realiza entrenamiento progresivo, con una intensidad que aumenta a lo largo del entrenamiento, alcanzando desde intensidades moderadas a altas (31). Además, se han documentado otros beneficios entre los que se incluyen mejoras en la función respiratoria, en la función cognitiva, control de tronco, propiocepción, equilibrio y en aspectos como la ansiedad en pacientes con ACV crónico (32).

Evaluaciones electrofisiológicas de reclutamiento de unidades motoras han estimado que el número de unidades motoras funcionales después de un DCA se reduce. Además, los análisis histoquímicos de biopsias musculares han encontrado atrofia selectiva de fibras musculares tipo II y un aumento del porcentaje de fibras tipo I. La naturaleza de la atrofia depende de la musculatura analizada, del tiempo tras el ACV y el nivel de actividad física previo del paciente (9).

Un mecanismo neurofisiológico adicional que subyace a los déficits de control de fuerza después del ACV incluye cambios en el control de la unidad motora (por ejemplo, activación anormal de la unidad motora y de la velocidad de disparo). La

alteración en la producción de fuerzas isométricas se atribuye a un número menor de unidades motoras reclutadas, así como a una tasa de disparo de fibras musculares más baja (33). Las unidades motoras del lado afecto se reclutan en bajos niveles de fuerza absoluta en comparación con el lado no afecto y existe un retraso en el inicio de la contracción muscular medida por la actividad EMG (34).

Además, otros aspectos como la densidad ósea, pueden beneficiarse del entrenamiento de fuerza, ya que los pacientes con ACV presentan un mayor riesgo de desarrollar osteoporosis en el lado afecto, lo que unido a las posibles alteraciones en el equilibrio y déficits sensoriales, visuales y perceptivos, provocan un incremento siete veces mayor en el riesgo de fractura dentro del primer año después de la hospitalización (9).

La inactividad física induce importantes adaptaciones fisiológicas, pudiendo llegar a producir cambios en la composición del tipo de fibra muscular y una atrofia grave de los músculos afectados. Así, entre los beneficios del entrenamiento de fuerza se encuentra la producción de hipertrofia muscular y pérdida de la grasa intramuscular en personas con ACV crónico, al tiempo que reduce la expresión de la miostatina en el músculo esquelético, un regulador significativo del desarrollo y tamaño del músculo esquelético (35).

El fortalecimiento implica el aprendizaje motor, cambios fisiológicos en los músculos y efectos mecánicos, como el aumento de la estabilidad articular. En este contexto, siempre con la incorporación de actividades funcionales, los efectos positivos a nivel funcional se acompañan de una mejor auto-percepción en los pacientes con DCA (9). El fortalecimiento muscular utiliza el principio de fuerza máxima (1 RM) definido por DeLorme en 1948 (36). Para sujetos sanos, esto consiste en 1 a 3 series de 8 a 12 repeticiones al 60–80% de la 1 RM. Para sujetos con DCA, algunos autores prescriben ejercicios que conllevan repeticiones más numerosas, entre 10 y 15, pero con una carga de trabajo reducida. Diferentes autores han evaluado las ganancias en la fuerza para cargas de trabajo de entre el 40% y el 80%, concluyendo que una carga de solo el 40% también tiene efectos positivos (15). Dados los diferentes métodos de fortalecimiento muscular disponibles, proporcionamos a continuación una descripción de ciertos tipos de ejercicio terapéutico utilizado dentro del proceso de intervención de fisioterapia en pacientes tras un DCA:

- Entrenamiento de fuerza progresiva: El fortalecimiento muscular mediante ejercicios de fuerza progresiva se basa en una carga de trabajo de 70 a 80%

de la fuerza máxima (1 RM). Esto significa que 1 RM debe medirse regularmente para adaptar la carga de trabajo a las mejoras constantes en el paciente mediante dispositivos isocinéticos, dinamómetros manuales o pruebas manuales (37).

- Entrenamiento específico orientado a la tarea: Es un entrenamiento cuyo objetivo final es la mejora funcional. Por ejemplo, levantarse de una silla (paso de sedestación a bipedestación) es una tarea motora compleja que requiere un control postural adecuado y un movimiento dinámico (que implica fuerza muscular, coordinación y equilibrio) (38).
- Ejercicio aeróbico intensivo: Implica la combinación de fortalecimiento muscular y ejercicio aeróbico (39). Entre los pacientes con ACV, la intensidad del ejercicio aeróbico es de 50 a 70% de la FC de reserva (diferencia entre la FC máxima y la FC en reposo), que se puede calcular con la fórmula de Karvonen (40).

### **3.2 Justificación del trabajo**

Una vez comentadas las implicaciones y repercusiones del DCA en la vida de los pacientes, y en qué consiste el entrenamiento de fuerza dentro del programa de rehabilitación, es necesario justificar el porqué de este trabajo. Durante el análisis de los factores relacionados con DCA se observa que la evidencia científica apunta hacia la multidimensionalidad de esta alteración, para la cual son necesarios nuevos tratamientos que aborden la repercusión funcional y la participación de la persona (35). Así pues, el entrenamiento de fuerza ofrece una forma de integrar la evidencia científica actual en la práctica clínica, siendo un concepto de gran relevancia y contribución para la fisioterapia. Sin embargo, no se conoce con claridad cuáles son los resultados clínicos que ofrece, por lo que se sugiere esta revisión bibliográfica como un modo de averiguar el estado actual de la evidencia científica respecto de sus efectos en el DCA, especialmente en relación al dolor y a la discapacidad. Por ello, el principal objetivo del presente estudio es explorar la evidencia científica disponible con el fin de conocer los efectos del trabajo de fuerza enfocado en el MI en personas con DCA.

## 4. Objetivos

### 4.1. Pregunta de investigación

La Práctica Basada en la Evidencia (PBE) propone que los problemas clínicos que surgen durante la práctica, asistencia de enseñanza o investigación, sean descompuestos y luego organizados, utilizándose la estrategia **PICO**. Esta representa cada una de las partes sucesivas en relación al paciente (**P**), la intervención (**I**), la comparación (**C**) y “*Outcomes*” (**O**) o resultados (41).

Dentro de la PBE, estos cuatro componentes son los elementos fundamentales de la pregunta de investigación y de la construcción de la misma para la búsqueda bibliográfica posterior (29). En este caso, la **estrategia PICO** sería:

**P:** Pacientes con DCA

**I:** Programas de fuerza

**C:** Intervención habitual en DCA (estudios en los que exista grupo de comparación/control)

**O:** Evaluar los efectos de los programas de fuerza en pacientes con DCA

En consecuencia, la **pregunta de investigación** que se plantea es: ¿Cuál es la evidencia científica disponible sobre los programas de fuerza en pacientes con DCA?

### 4.2. Objetivos

#### 4.2.1 Objetivo general

Evaluar los efectos de los programas de fuerza en pacientes con DCA según la literatura científica publicada.

#### 4.2.2 Objetivos específicos

- Conocer los efectos de la intervención a nivel musculoesquelético (fuerza, tono y masa muscular).
- Determinar los efectos de la intervención respecto de la funcionalidad a corto y largo plazo.
- Conocer los efectos de la intervención en marcadores secundarios relacionados con la patología (marcha, equilibrio, aspectos psicosociales y parámetros bioquímicos).

## **5. Material y método**

### **5.1 Fecha y bases de datos**

Las búsquedas de información se realizaron entre febrero y marzo de 2019.

Se emplearon bases de datos propias de Ciencias de la Salud y otras multidisciplinares: Cochrane Library, PubMed, Scopus, PEDro, Web Of Science y CINAHL. Inicialmente se realiza una búsqueda en Cochrane y PEDro, bases de datos especializadas en revisiones sistemáticas y Fisioterapia respectivamente, comprobando que no existe ningún trabajo sobre el tema, para ampliar posteriormente la búsqueda al resto de bases anteriormente mencionadas.

### **5.2 Criterios de selección**

#### **5.2.1 Criterios de inclusión**

- Estudios en los que se realice una intervención basada en un entrenamiento de fuerza de MI en paciente/s con DCA.
- Tipos de estudio: estudios de caso, estudio clínico, ensayo clínico, estudio comparativo, ensayo clínico controlado, ensayo clínico aleatorizado, meta-análisis, revisión y revisión sistemática.
- Idioma: inglés, español, portugués.
- Estudios publicados en los últimos 5 años.

#### **5.2.2 Criterios de exclusión**

- Estudios que realicen intervenciones basadas en un programa de fuerza muscular en paciente/s con patologías diferentes al DCA.
- Estudios cuya intervención se base en un programa específico de entrenamiento de la musculatura respiratoria.

### **5.3 Estrategia de búsqueda**

Para realizar la búsqueda, se identifican las diferentes palabras clave de la pregunta clínica planteada anteriormente. En este caso las palabras clave son “programas de fuerza”, “miembro inferior” y “daño cerebral adquirido”.

A continuación se presenta la Tabla I con la información sobre la búsqueda en las distintas bases de datos.

Efectos del entrenamiento de fuerza de miembro inferior en pacientes con DCA

Base de datos	Estrategia de búsqueda	Resultados iniciales	Filtros aplicados	Resultados seleccionados
<b>Cochrane Library</b>	("brain injury"):ti,ab,kw OR ("brain laceration"):ti,ab,kw OR ("stroke"):ti,ab,kw OR ("cerebrovascular disorder"):ti,ab,kw OR ("brain disease"):ti,ab,kw AND ("resistance training"):ti,ab,kw OR ("strength training"):ti,ab,kw OR ("Strengthening Program"):ti,ab,kw OR ("exercise program"):ti,ab,kw OR ("therapeutic exercise"):ti,ab,kw AND ("Lower Extremity"):ti,ab,kw OR ("lower limb"):ti,ab,kw OR ("lower extremities"):ti,ab,kw OR ("lower body"):ti,ab,kw	257	Fecha publicación: últimos 5 años	13
<b>PubMed</b>	((("Brain Injuries"[Mesh] OR "Brain Damage, Chronic"[Mesh])) OR (((("brain injury" [tiab] OR "brain injuries" [tiab] OR "brain laceration" [tiab] OR "stroke" [tiab] OR "cerebrovascular disorder" [tiab] OR "brain disease" [tiab] OR "brain infarction" [tiab]))) AND (((("Resistance Training"[Mesh] OR (((("Resistance training" [tiab] OR "strength training" [tiab] OR "Strengthening Program" [tiab] OR "exercise program" [tiab] OR "therapeutic exercise" [tiab]))) AND (((("Lower Extremity"[Mesh] OR ("lower limb" [tiab] OR "lower extremities" [tiab] OR "lower body" [tiab])))	121	Fecha publicación: últimos 5 años  Tipo de estudio: estudio de caso, estudio clínico, ensayo clínico, estudio comparativo, ensayo clínico controlado, ensayo clínico pragmático, ensayo clínico aleatorizado, metaanálisis, revisión sistemática	12
<b>CINAHL</b>	TI (( brain injury or head injury or traumatic brain injury or acquired brain injury ) OR TI ( stroke or cerebrovascular accident or cva ) OR TI brain damage) AND TI (( resistance training or strength training or weight training or resistance exercise ) OR TI ( resistance training or strengthen training or muscle strengthening )) AND TI (( lower limb or lower extremity or leg ) OR TI lower body)	7	Fecha de publicación: últimos 5 años.	3
<b>Scopus</b>	( TITLE-ABS-KEY ( "Brain Injuries" OR "Brain Damage, Chronic" OR "brain injury" OR "brain injuries" OR "brain laceration" OR "stroke" OR "cerebrovascular disorder" OR "brain disease" OR "brain infarction" ) ) AND ( TITLE-ABS-KEY ( "Resistance training" OR "strength training" OR "Strengthening Program" OR "exercise program"	146	Fecha de publicación: últimos 5 años.  Tipo de documento: artículo.  Idioma: Inglés	19

	OR "therapeutic exercise" ) ) AND ( TITLE-ABS-KEY ( "Lower Extremity" OR "lower limb" OR "lower extremities" OR "lower body" ) )			
<b>PEDro</b>	"brain injury" AND "strength training"	8	Fecha de publicación: últimos 5 años	0
<b>Web Of Science</b>	TI=("brain injury" OR "brain injuries" OR "brain laceration" OR "stroke" OR "cerebrovascular disorder" OR "brain disease" OR "brain infarction") AND TI=("Resistance training" OR "strength training" OR "Strengthening Program" OR "exercise program" OR "therapeutic exercise") AND TI=("Lower Extremity" OR "lower limb" OR "lower extremities" OR "lower body")	9	Subdisciplina: Neurología Fecha de publicación: últimos 5 años	1

Tabla I. Estrategia de búsqueda en las bases de datos

#### 5.4 Gestión de la bibliografía

Para la selección de los documentos, se realiza una lectura del título y resumen de los resultados iniciales en cada una de las bases de datos. Una vez excluidos aquellos artículos que no cumplen los criterios de inclusión, se guardan los resultados con el gestor de bibliografía Mendeley, donde posteriormente se eliminan los duplicados y se obtienen los resultados finales a analizar.

#### 5.5 Selección de artículos

Tras localizar 441, se seleccionan aquellos artículos que cumplen los criterios de inclusión, eliminando los duplicados y los artículos que no cumplen con los criterios de exclusión expuestos. En la Figura I, se adjunta un diagrama de flujo para representar gráficamente dicho proceso de selección.

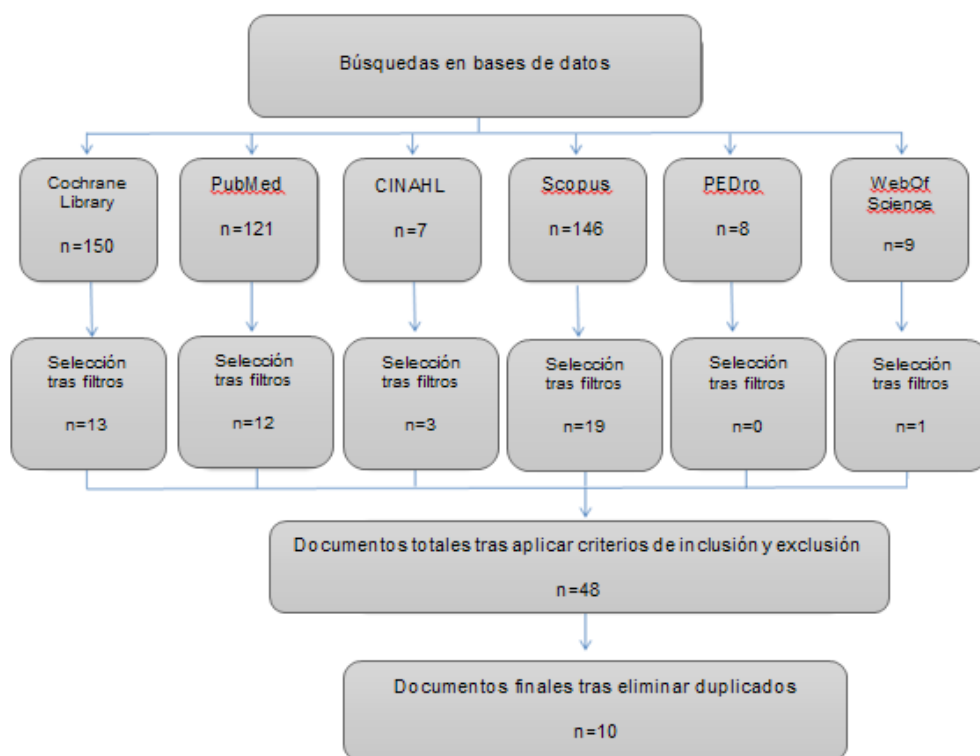


Figura I. Diagrama de flujo de información de la selección de artículos

## 5.6 Variables de estudio

Las variables de estudio más medidas, expresadas en la *Tabla 3* junto a las escalas de medición empleadas, fueron las siguientes:



Variable medida	Instrumento de medida
Nivel musculoquelético (fuerza, tono y masa muscular)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prueba 1RM</li> <li>- Escala de Ashworth modificada (MAS)</li> <li>- Área de sección transversal</li> </ul>
Funcionalidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Evaluación de las extremidades inferiores de Fugl-Meyer (FMA-LE)</li> <li>- Índice de Barthel (IB)</li> </ul>
Marcha	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prueba de 6 minutos marcha (6MWT)</li> <li>- Timed Up-and-Go (TUG)</li> <li>- Índice de marcha dinámico (DGI)</li> </ul>
Equilibrio	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Escala de equilibrio de Berg (BBS)</li> </ul>
Factores psicosociales	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cuestionario calidad de vida SF-36</li> <li>- Inventario de Depresión de Beck (BDI)</li> </ul>
Parámetros bioquímicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Análisis de sangre</li> <li>- Prueba de tolerancia oral a la glucosa (OGTT)</li> <li>- Evaluación del modelo de homeostasis de la resistencia a la insulina (HOMA-IR)</li> <li>- Análisis de hemoglobina glucosilada en sangre (HbA1c)</li> </ul>

Tabla II. Variables de estudio e instrumentos de medida

Las distintas escalas se definen brevemente a continuación:

- A nivel musculoesquelético (fuerza, tono y masa muscular):
  - Prueba de una repetición máxima (1RM): ampliamente reconocida como estándar de referencia para evaluar la fuerza muscular. En todos los entrenamientos de fuerza se calculó para establecer la carga máxima para cada participante. Requiere que el paciente levante la carga más pesada posible una sola vez a través de un rango completo de movimiento. La prueba es precedida por un calentamiento con aproximadamente el 50% de la carga que se usará en el primer intento de la 1RM para familiarizar al paciente con la misma. En la mayoría de los casos, se volvió a realizar durante el entrenamiento para determinar mejoras durante el mismo y adaptar los cambios a la nueva situación.
  - Escala de Ashworth modificada (MAS): escala ordinal de 6 puntos para graduar la espasticidad evaluada mediante estiramiento pasivo de grupos musculares específicos, que varía de 0 (sin aumento en el tono muscular) a 4 (partes afectadas rígidas en flexión o extensión).
- Para la funcionalidad:
  - Evaluación de las extremidades inferiores de Fugl-Meyer (The Fugl-Meyer Lower Extremity Assessment, FMA-LE): indica la recuperación motora funcional de los MMII. Refleja aspectos como la hiperreflexia, sinergia flexo-extensora y habilidad para realizar movimientos selectivos, con puntuaciones desde 0 (no realiza la prueba), 1 (realización parcial) o 2 (realización completa) y máximo de 34 puntos.
  - Índice de Barthel (BI): evalúa el nivel de autonomía en 10 AVD relacionadas con el autocuidado y movilidad. Cada actividad se clasifica de acuerdo con el nivel de asistencia necesario, desde la imposibilidad para realizarla hasta la independencia total (máximo de 100 puntos).
- Para los marcadores secundarios (marcha):
  - Prueba de 6 minutos marcha (6MWT): para determinar la resistencia a la marcha, evaluando simultáneamente la FC, la saturación de oxígeno y el grado de disnea. Mide la distancia máxima que puede recorrer un

paciente en 6 minutos, reflejando la capacidad para el ejercicio submáximo (necesario para realizar las AVD).

- Timed Up-and-Go (TUG): permite evaluar el equilibrio, el riesgo de caídas y la marcha. Valora el tiempo que tarda una persona en levantarse de una silla, caminar 3 metros, dar la vuelta, caminar hacia la silla y sentarse. Durante la prueba, se espera que la persona use su calzado habitual y cualquier dispositivo para la movilidad que precise.
  - Índice de Marcha Dinámico (DGI): mide el equilibrio general y específico orientado a la tarea, la movilidad funcional y el riesgo de caídas. Analiza la marcha en estático y durante actividades en diferentes superficies con puntuación total de 24 (desde deterioro grave hasta la normalidad).
- Para los marcadores secundarios (equilibrio):
- Escala de equilibrio de Berg (BBS): identifica el riesgo de caídas después de un ACV y es sensible a cambios en el equilibrio, permitiendo medir los resultados en los programas de rehabilitación. Comprende 14 elementos que evalúan el equilibrio al realizar actividades descritas, clasificándose de 0 (incapacidad para realizar la tarea) a 4 (independencia y seguridad), con un máximo de 56 puntos.
- Para los marcadores secundarios (factores psicosociales):
- Cuestionario genérico de la calidad de vida (SF 36): consta de 36 preguntas, relacionadas con la capacidad funcional, aspectos físicos, dolor, estado de salud, vitalidad, aspectos sociales, aspectos emocionales, salud mental y con el estado de salud actual y un año después del ACV. Los puntajes varían de 0 a 100 (unidades arbitrarias), indicando mejor calidad de vida a mayor puntuación.
  - Inventario de Depresión de Beck (BDI): autoevaluación de la depresión de 21 ítems, con puntuación de 0 a 3 (sin depresión o mínima, depresión leve a moderada; moderada a severa y depresión severa). Hace referencia a sentimientos de tristeza, pesimismo, fracaso, falta de satisfacción, culpa, sentido de castigo, auto-desprecio, auto-acusaciones, ideas suicidas, llanto, irritabilidad, retraimiento social, indecisión, distorsión de la imagen corporal, trastornos del sueño, fatiga, pérdida de apetito, pérdida de peso o disminución de la libido.

- Para los marcadores secundarios (parámetros bioquímicos):
  - Prueba de tolerancia oral a la glucosa (OGTT): diagnostica la prediabetes, diabetes mellitus tipo 2 o diabetes gestacional, midiendo la respuesta al azúcar (glucosa). Los valores sanguíneos normales son: 60 a 100 mg/dl en ayunas y menos de 140 mg/dl a las 2 horas; entre 140 y 200 mg/dl implica deterioro en la tolerancia a la glucosa (prediabetes) y nivel mayor o igual a 200 mg/dl es un signo de diabetes.
  - Evaluación del modelo de homeostasis de la resistencia a la insulina (HOMA-IR): analiza la glucosa e insulina en ayunas, valorando la resistencia periférica a la acción de la insulina e indirectamente la función de las células beta del páncreas. Cuando existe "Resistencia a la Insulina" se presenta una disminución de la función biológica de esta hormona que obliga a incrementar sus concentraciones plasmáticas para mantener la homeostasis, siendo un factor de riesgo para enfermedades cardiovasculares o desarrollo de diabetes mellitus.
  - Análisis de hemoglobina glucosilada en sangre (HbA1c): indica la cantidad de hemoglobina de la sangre unida a la glucosa. Es un indicador del tiempo que ha permanecido excesivamente elevada la glucemia, siendo su porcentaje normal entre 6% y 7%.

Puede que no todas las variables secundarias se presenten de modo uniforme en todos los estudios, por lo que serán analizadas de modo individual en cada estudio y a nivel global en caso de presentarse en la mayor parte de los mismos.

## **6. Resultados**

Tras la búsqueda y análisis de los estudios, se incorporan a esta revisión bibliográfica 10 documentos de los 48 iniciales.

### **6.1. Tipos de estudio**

De estos 10 estudios, 7 de ellos corresponden a ensayos clínicos aleatorizados (42-48), 2 meta-análisis (49-50) y 1 estudio piloto (51).

### **6.2 Características de los estudios**

En cuanto al tamaño muestral, los estudios presentaban entre 8-56 pacientes con edades comprendidas entre los 18 y 76 años.

Respecto al DCA, todos los estudios se centran en pacientes con ACV, siendo la mayor parte de ellos de tipo isquémico. Del total de artículos solo 1 presenta ACV en fase aguda, encontrándose todos los demás en una fase crónica.

En la mayor parte de los estudios la intervención duró 12 semanas, a excepción de 2 artículos cuya duración fue de 8 semanas, con una frecuencia media de 3 veces/semana.

En todos los estudios analizados la intervención consiste en un protocolo de entrenamiento de fuerza dirigido a los MMII, siendo los pacientes tratados en base a alguna de las modalidades de dicho entrenamiento y siendo adaptado en función de sus características personales.

El entrenamiento ha sido llevado a cabo en los estudios empleando alguna de sus formas de aplicación: mediante equipos y máquinas de entrenamiento, ejercicios que utilizan el propio peso corporal o mediante el uso de pesos libres como mancuernas, barras y/o bandas elásticas de diferentes resistencias.

Para el análisis de los estudios se realiza una tabla donde se muestran sus características, como el objetivo del estudio, población del estudio, intervención, medidas pre y post intervención (con sus escalas de medida) y resultados finales. Se añade un apartado de Observaciones donde se incluyen datos que no pueden ser clasificados en ninguna de las categorías anteriores, como características o necesidades durante la intervención, anotaciones sobre el estudio o cualquier dato relevante sobre el mismo que no haya sido comentado en ninguno de los apartados anteriores. Esta tabla se incluye en el Anexo I.

## 6.3 Resultados de los estudios

### 6.3.1 Nivel musculoesquelético (fuerza, tono y masa muscular)

En el estudio de **Morgan et al.** (42), cuyo objetivo era examinar los efectos del entrenamiento de fuerza en la marcha y la función en 12 pacientes con ACV crónico, los participantes realizaron un entrenamiento que incluía press de piernas, puntillas (calf raises) y entrenamiento de saltos a alta velocidad, empleando maquinas adaptadas. Los autores refieren mejoras significativas en la fuerza de la musculatura de los MMII con un aumento de 25% en el MI afecto y un 23'3% en el no afecto en los flexores plantares, así como un aumento del 14'8% en el MI afecto y del 16% en el no afecto en los extensores de rodilla, medida con un dinamómetro isocinético tras el entrenamiento de fuerza.

En el estudio de **Fernández-Gonzalo et al.** (43), en relación a los efectos del entrenamiento de fuerza sobre el tamaño, fuerza y función del músculo, los 32 pacientes con ACV crónico, asignados al EG realizaron ejercicios excéntricos de press de pierna en el MI afecto en cadena cinética cerrada, mientras que el CG realizó una intervención convencional sin entrenamiento de fuerza. En él, el valor para la MAS pre-intervención fue de 1.18 (0.88) en el EG y 0.79 (0.89) en el CG, mientras que al finalizar el entrenamiento, el EG alcanzó el 0.94 (0.71) y el CG el 0.65 (0.71). La medición del área del cuádriceps afecto (cm<sup>3</sup>) fue de 665.4 (260.0) en el EG y 755.6 (258.9) en el CG, aumentando hasta 727.9 (283.6) en el EG y 757.8 (256.9) en el CG tras la intervención. La fuerza del miembro afecto y del no afecto aumentó un 48'2% y un 28'1%, respectivamente; mientras que la masa muscular aumentó un 9'4%, produciéndose una hipertrofia del cuádriceps del lado afecto.

En el estudio de **Aidar et al.** (44), acerca de la influencia del entrenamiento de fuerza sobre los indicadores de depresión de 24 personas con ACV isquémico, el EG llevó a cabo un entrenamiento de fuerza mediante ejercicios de sentadillas, press de banca con máquina, press de piernas horizontal, press militar con máquina, abdominales y zancadas guiadas con barra; mientras que el CG realizó una intervención convencional. Se obtuvieron puntuaciones de 32.9±14.2 para la fuerza muscular del EG en la prueba de sentadillas, 19.1±3.4 en press de banca, 56.6±16.5 en press de pierna, 12.1±4.3 en press militar y 29.5±6.7 en zancadas. Tras la intervención, se encontraron diferencias significativas en el EG, alcanzándose valores finales de 44.4±12.4 en sentadillas, 36.1±6.4 para press de banca, 80.2±20.4 en press de pierna, 21.5±4.8 en press militar y 41.9±6.7 en zancadas.

Los autores **Zou et al.** (45), que buscaban estudiar los efectos del entrenamiento de fuerza de MMII sobre los valores de hiperglucemia y dislipemia en 56 pacientes con ACV crónico, no diabéticos, realizan un entrenamiento que consistió en press de pierna, extensión de pierna (cuádriceps) y curl de isquiotibiales unilaterales en máquinas en el EG; mientras que el CG realizó ejercicios de estiramiento activos y pasivos supervisados. El estudio presenta valores iniciales de fuerza del MI afecto (libras) de  $294\pm 32$  para press de pierna y  $50\pm 10$  para extensión de pierna. Tras el entrenamiento, en el EG se observaron mejoras en la fuerza muscular de la pierna afectada (press pierna:  $362\pm 27$  y extensión de pierna:  $73\pm 8$ ).

**Ryan et al.** (46), en su estudio acerca de los efectos del entrenamiento de fuerza sobre los marcadores vasculares e inflamatorios sistémicos, y la expresión del ARNm y SIRT1 en el músculo esquelético en 18 pacientes con ACV crónico, refieren mediciones pre-intervención de  $299\pm 145$  para press de pierna y  $57\pm 35$  para extensión de pierna en el MI afecto (en libras). Tras la intervención, la fuerza del MI afecto aumentó entre un 30-50% (press de pierna  $378\pm 151$  y extensión de pierna  $84\pm 39$ ). En la evaluación del área del vasto lateral del miembro afecto (inicialmente  $63.2\pm 10.6$ ), se estableció un aumento del volumen del muslo de hasta  $73.7\pm 13.1$  tras la intervención.

En el estudio de **Ivey et al.** (47) con respecto a los efectos del entrenamiento de fuerza de MMII sobre la sensibilidad a la insulina en 10 pacientes con ACV isquémico, los valores iniciales (libras) fueron press de pierna de  $303\pm 37$  y extensión de pierna de  $56\pm 11$  en el MI afecto, produciéndose, después de la intervención, un aumento en la fuerza del MI en un 23% para el press de pierna ( $370\pm 42$ ) y en un 45% para la extensión de pierna ( $81\pm 14$ ).

En el estudio de **Aaron et al.** (48) acerca de las respuestas del entrenamiento de fuerza en relación a la velocidad de la marcha tras un ACV, los 17 participantes realizaron un entrenamiento de press de pierna bilateral, entrenamiento con saltos bipodales y monopodales, puntillas, sentadillas, y escalones/steps, añadiendo chalecos de peso para progresar en intensidad. Los valores iniciales fueron de  $51.27 \pm 46.5$  en la fuerza muscular a la extensión de rodilla del MI afecto y  $152.83 \pm 64.5$  en el miembro no afecto (libras), medida con un dinamómetro. Tras la intervención, se obtuvieron valores de  $64.25 \pm 46.0$  en el MI afecto y de  $219.04 \pm 71.5$  en el no afecto.

En el estudio de **Fernandes et al.** (49), en el que se investigaban los efectos del entrenamiento de fuerza del MI afecto en combinación con un entrenamiento orientado a tareas, el EG realizó un programa para aumentar la coordinación y la

fuerza muscular, mediante actividades que requieren respuestas posturales específicas y ejercicios de fortalecimiento del MI afecto (isométricos, isotónicos, excéntricos y concéntricos en cadenas cinéticas abiertas y cerradas); mientras que el CG realizó una intervención orientada a la tarea mediante las mismas actividades, sin ejercicios de fortalecimiento específicos. Se obtuvieron valores pre-intervención de 1 para la MAS en la evaluación de la extensión de rodilla y flexión plantar de tobillo; y 0 para la flexión de rodilla y flexión dorsal de tobillo tanto en el EG como en el CG, sin diferencias en ninguna de las medidas post-intervención.

En el estudio de **Andersen et al.** (50) sobre las características de las fibras musculares en el MI afecto y no afecto de 8 participantes, el entrenamiento consistió en press de piernas y trabajo de isquiotibiales con extensión de rodilla, y entrenamiento funcional individual. Las mediciones realizadas pre-intervención indican los siguientes valores de % de fibra en el miembro afecto: tipo I (34.0 (23.7-44.2)), tipo IIA (9.6 (5.3-13.9)) y tipo IIX (29.8 (22.4-37.2)); valores de % de fibra en el miembro no afecto: I (50.7 (40.4-60.9)), IIA (1.5 (-2.9-5.8)) y IIX (9.6 (2.2-17.0)); y capilarización ( $\text{mm}^2$ ) del miembro afecto (605 (505-705)) y del no afecto (495 (396-595)), mediante el análisis de biopsias de los músculos vastos laterales. Tras la intervención, se produce un aumento del % de fibra tipo IIA, a expensas del tipo IIX, en el MI afecto (10.1 (5.8-14.5)). No hay cambios en el tamaño de la fibra de tipo I: 37.5 (27.2-47.7) y tipo IIX: 14.3 (6.9-21.7), ni tampoco en la capilarización (miembro afecto: 588 (488-688) y miembro no afecto 515 (415-614)). Un año después de la intervención el aumento en las fibras tipo IIA volvió a los valores previos (8.5 (4.2-12.8)) y la capilarización en el miembro afecto y no afecto fue de 485 (385-585) y 491 (391-590) respectivamente.

### 6.3.2 Funcionalidad

Para valorar la funcionalidad, los estudios emplearon el FMA-LE o el IB. En este caso, los autores **Morgan et al.** (42) refieren valores pre-intervención de FMA-LE  $14.6 \pm 5.4$ , aumentando hasta un valor de  $15.5 \pm 5.1$  tras el entrenamiento; mientras que en los resultados a largo plazo (8 semanas después de la intervención) se obtuvo un valor de FMA-LE  $14.7 \pm 4.7$ .

De nuevo, los autores **Zou et al.** (45), presentan un incremento en los valores de funcionalidad, siendo los valores iniciales de los MMII de FMA-LE  $19.3 \pm 4.1$  en el EG, y alcanzando una puntuación de FMA-LE  $23.1 \pm 3.8$ , al finalizar la intervención.



El estudio de **Aaron et al.** (48), presenta valores iniciales de  $17.81 \pm 5.7$  en el FMA-LE, aumentando hasta FMA-LE  $18.88 \pm 7.3$ , post-entrenamiento.

En el estudio de **Fernandes et al.** (49), la funcionalidad se evaluó mediante el IB, siendo este valor inicial de 46 (33–80) en el EG y 74 (51–84) en el CG, observándose mejoras en el nivel de independencia en ambos grupos tras el entrenamiento (EG en 39 puntos (IB 98) y el CG en 22 puntos (IB 96)).

### 6.3.3 Marcadores secundarios

#### 6.3.3.1 Marcha

En el estudio de **Morgan et al.** (42) se presentan puntuaciones de  $16.9 \pm 5.1$  para DGI y  $264.7 \pm 147.3$  para el 6MWT. Tras el entrenamiento, se obtuvo un valor de  $16.5 \pm 6.3$  en DGI y  $319.1 \pm 160.6$  para el 6MWT (con aumento de 72 metros en la distancia recorrida e incremento de 0,21 m/s en la velocidad). En los resultados a largo plazo (8 semanas después de la intervención) se obtuvo un valor de  $18.0 \pm 4.4$  en la DGI y  $338.2 \pm 167.9$  en 6MWT.

El estudio de **Fernández-Gonzalo et al.** (43) obtiene puntuaciones iniciales para la velocidad de la marcha de TUG 20.3 (14.5) para el EG y TUG 17.6 (16.0) para el CG. Tras la intervención, la velocidad de la marcha aumentó un 10'6% en el EG (TUG 18.2 (13.9)) en comparación con el CG (TUG 17.6 (14.8)).

En el estudio de **Aaron et al.** (48) para describir las respuestas del entrenamiento de fuerza en relación a la velocidad de la marcha, los participantes presentaban medidas iniciales de  $13.69 \pm 4.2$  en el DGI y  $624.39 \pm 476.0$  en el 6MWT. Los valores post-entrenamiento fueron de DGI  $13.44 \pm 4.5$  y 6MWT  $730.92 \pm 473.3$ , con un aumento de 0.16 m/s en la velocidad de la marcha.

#### 6.3.3.2 Equilibrio

**Morgan et al.** (42) obtuvieron un valor inicial de BBS  $44.7 \pm 11.6$ , que alcanzó el  $45.0 \pm 10.9$  tras entrenamiento; mientras que en los resultados a largo plazo (8 semanas después de la intervención) se obtuvo un valor de BBS  $46.8 \pm 12.4$ .

En el estudio de **Fernández-Gonzalo et al.** (43) la medición del equilibrio presentaba valores pre-intervención de BBS 42.2 (9.5) en el EG y BBS 45.6 (8.7) en el CG. Tras la intervención, hubo un aumento del 8'9% en el equilibrio del EG (BBS 45.9 (9.1)) en comparación con el CG (BBS 44.0 (9.6)).

**Fernandes et al.** (49), en su estudio sobre los efectos del entrenamiento de fuerza del MI afecto en combinación con un entrenamiento orientado a tareas, determinaron valores iniciales de BBS 25 (5-44) en el EG y 36 (28-40) en el CG. Tras la intervención, hubo un aumento de 26 puntos en el equilibrio del EG (BBS 52) y 11 en el CG (BBS 47).

#### **6.3.3.4 Aspectos psicosociales**

##### **6.3.3.4.1 Calidad de vida**

**Aidar et al.** (51), en su estudio sobre el efecto del entrenamiento de fuerza en la CV de 24 pacientes con ACV isquémico, realizaron un entrenamiento de sentadillas guiadas, press de banca, press de piernas horizontal, press militar, abdominales y zancadas. En las mediciones pre-intervención obtuvieron puntuaciones de  $58.8 \pm 7.9$  en el SF-36 en el EG y  $59.6 \pm 6.8$  en el CG. Tras la intervención, los resultados indican un aumento en el SF-36 del 21.47% en el EG (pasando a  $70.5 \pm 4.2$ ), sin cambios en el CG ( $59.3 \pm 6.9$ ).

El estudio de **Fernández-Gonzalo et al.** (43) obtiene valores iniciales en el SF-36 de 33.1 (21.8) para el EG y 38.3 (25.6) para el CG, aumentando estos tras la intervención hasta 38.9 (28.4) en el EG y 44.0 (32.8) en el CG.

##### **6.3.3.4.2 Depresión**

En otro estudio de **Aidar et al.** (44), las medidas pre-intervención de los participantes reflejaron niveles de depresión leve a moderada ( $17.7 \pm 8.2$  para el EG y  $16.9 \pm 8.6$  para el CG) en el BDI. Los niveles iniciales se redujeron en ambos grupos tras la intervención (EG  $13.9 \pm 7.4$  y CG  $16.4 \pm 7.9$ ), produciéndose una mejora del 21.47% en el EG según el BDI.

##### **6.3.3.5 Parámetros bioquímicos**

En las medidas pre-intervención de su estudio, **Zou et al.** (45) incluyen el nivel de glucosa en ayunas ( $5.11 \pm 0.51$ ), insulina en ayunas ( $8.52 \pm 1.01$ ), glucosa en sangre (OGTT  $9.41 \pm 1.16$ ), resistencia a la insulina (HOMA-IR  $1.86 \pm 0.41$ ), hemoglobina glucosilada (Hb A1c  $5.24 \pm 0.48$ ), triglicéridos totales ( $1.45 \pm 0.42$ ), colesterol total ( $5.89 \pm 0.49$ ), colesterol de lipoproteínas de alta densidad (HDL  $1.11 \pm 0.08$ ) y de baja densidad (LDL  $3.38 \pm 0.51$ ), e índice de masa corporal (IMC  $25.7 \pm 3.1$ ). Tras el entrenamiento, en el EG se observaron mejoras en la insulina en ayunas ( $7.0 \pm 1.11$ ),

glucosa en sangre ( $7.58\pm 0.77$ ), HOMA-IR ( $1.32\pm 0.44$ ), colesterol total ( $5.09\pm 0.38$ ), colesterol HDL ( $1.29\pm 0.07$ ) y LDL ( $2.59\pm 0.42$ ). Por el contrario, apenas se observaron cambios en la glucosa en ayunas ( $4.77\pm 0.33$ ), Hb A1c ( $5.21\pm 0.55$ ), triglicéridos ( $1.40\pm 0.44$ ) e IMC ( $25.9\pm 3.1$ ).

En el estudio de **Ryan et al.** (46) las mediciones pre-intervención incluían el pico de  $VO_2$  ( $21.2\pm 7.0$ ), la medición de la masa grasa ( $30.2\pm 9.2$ ), masa de tejido magro ( $55.0\pm 10.5$ ) y % de grasa corporal ( $35.2\pm 7.7$ ); la glucosa ayunas ( $97\pm 8$ ), la insulina ayunas ( $118\pm 54$ ), la glucosa ( $138\pm 46$ ) y la insulina ( $690\pm 250$ ). En los resultados finales, la masa grasa ( $29.7\pm 9.6$ ), la masa de tejido magro ( $55.6\pm 10.6$ ), el % de grasa corporal ( $34.9\pm 8.1$ ) y el pico de  $VO_2$  ( $21.4\pm 6.6$ ) apenas cambiaron, ni se produjeron cambios importantes en los marcadores inflamatorios sistémicos: glucosa ayunas ( $96\pm 8$ ), insulina ayunas ( $122\pm 88$ ), glucosa ( $137\pm 49$ ) e insulina ( $667\pm 330$ ); pero se obtuvo una reducción final de SIRT-1 del 24% en la musculatura afectada y no afectada.

**Ivey et al.** (47) obtienen, en sus mediciones pre-intervención, el pico de  $VO_2$  ( $18.6\pm 2.5$ ), masa grasa ( $30.4\pm 3.4$ ), masa de tejido magro ( $54.3\pm 2.8$ ) y el % de grasa corporal ( $35.5\pm 2.9$ ). Sus resultados muestran una disminución de la insulina en ayunas del 23% y un aumento del 31% en la sensibilidad a la insulina. No hubo un cambio significativo en las medidas del pico de  $VO_2$  ( $19.7\pm 2.5$ ), masa grasa ( $29.7\pm 3$ ), masa de tejido magro ( $53.9\pm 2.5$ ) ni % de grasa corporal ( $35.1\pm 3.0$ ).

## 7. Discusión

Todos los artículos analizados en esta revisión se centran en el ACV, no habiendo sido encontrada ni incluida ninguna otra patología en relación con el DCA (TCE, encefalopatía anóxica, infecciones del SNC, etc.). Este hecho se debe a que la evidencia científica se centra principalmente en esta causa, presentando el ACV como una de las patologías neurológicas con mayor incidencia en la actualidad (3). Del mismo modo, se observa un predominio del ACV de tipo isquémico en los artículos, lo que coincide con el mayor porcentaje de este tipo de ACV (frente al hemorrágico) a nivel mundial, según la literatura científica publicada (4,5).

### 7.1.1 Nivel musculoesquelético

En relación a la fuerza muscular, todos los estudios (42-50) refieren un incremento de la misma post-entrenamiento, medida a través de la prueba 1RM.

En concreto, en estudios con grupo control como el de **Fernández-Gonzalo et al.** (43), se produjo un incremento de la fuerza muscular en ambos MMII, siendo este mayor en el MI afecto. En otros como el **Aidar et al.** (44), también se evidencia un aumento de la fuerza en todos los ejercicios evaluados, principalmente en la prueba de sentadillas y en press de banca, mientras que **Morgan et al.** (42) obtuvieron mejoras en el aumento de la fuerza muscular de los flexores plantares y extensores de rodilla tanto en el MI afecto como en el no afecto. En el estudio de **Zou et al.** (45), al igual que en el de **Ivey et al.** (47) se produce un aumento de la fuerza muscular en press de pierna y extensión de pierna en el MI afecto.

En el estudio de **Aaron et al.** (48) se concluye que existe una importante diferencia en el estado general inicial de los participantes, considerando la fuerza de la rodilla del lado afecto como un factor importante en la forma que el paciente responde a este tipo de entrenamiento (ya que esta fuerza se asocia con la velocidad y la resistencia al caminar). Se pone de manifiesto el potencial del entrenamiento de fuerza para mejorar la función locomotora general (mejorando aspectos como la resistencia, distancia y velocidad, con un aumento de 0.16 m/s), así como su asociación con la generación de fuerza en ambos MMII, según los resultados obtenidos por los autores.

En cuanto al tono muscular, el único estudio que lo evalúa es el de **Fernandes et al.** (49), en el que no hubo diferencias post-intervención según la MAS, lo que demuestra que en este estudio no se produjo un aumento de la espasticidad tras el

entrenamiento en ninguno de los parámetros analizados (flexión y extensión de rodilla, flexión plantar y dorsal de tobillo).

Con respecto a la masa muscular, en el estudio de **Fernández-Gonzalo et al.** (43) se produjo una hipertrofia del cuádriceps del lado afecto, tras un aumento del 9'4% en la masa muscular. Por su parte, **Ryan et al.** (46) no observaron cambios en la composición corporal de los pacientes tras la intervención.

El estudio de **Andersen et al.** (50) planteaba la hipótesis de que el MI afecto tendría niveles más altos de fibras tipo IIX (de menor resistencia), menos capilares por fibra y un menor tamaño de fibras musculares. Entre los resultados obtenidos cabe destacar que aunque el entrenamiento de fuerza de alta intensidad no parece inducir cambios en el tamaño de la fibra tipo I y IIX o en la capilarización, sí que se produce un aumento del porcentaje de fibra tipo IIA, a expensas del tipo IIX, en el MI afecto, lo que puede contribuir a la velocidad de la marcha, a la potencia muscular y a la resistencia, cruciales para la capacidad funcional. No obstante, un año después de la intervención (volviendo los participantes a los niveles de actividad previos) el aumento en estas fibras volvió a los valores iniciales, lo que parece indicar la necesidad de un esfuerzo de entrenamiento regular para mantener los resultados. En este caso, pueden existir varias explicaciones para no observar aumentos significativos en el tamaño de la fibra muscular en el MI afecto después del período de entrenamiento, principalmente debido a la influencia de una posible alteración del SNC, que puede repercutir en la activación de la musculatura en los pacientes tras un ACV.

Hay autores que refieren que, en individuos sanos, el entrenamiento de fuerza induce adaptaciones fisiológicas neuronales y a nivel celular muscular, incluyendo cambios en la expresión de la isoforma de miosina e hipertrofia de las fibras musculares. Si bien se puede suponer que estas adaptaciones ocurren de forma similar en los pacientes con ACV, la debilidad muscular presente puede limitar la intensidad del entrenamiento, repercutiendo en el resultado alcanzado y las consiguientes adaptaciones fisiológicas (52).

Los resultados obtenidos concuerdan con diversos estudios que han demostrado que el entrenamiento de fuerza produce hipertrofia muscular, al tiempo que reduce la expresión de miostatina en el músculo esquelético (un regulador importante del desarrollo y tamaño del músculo esquelético), puesto que hay autores que describen que el muslo afecto de los pacientes con ACV tiene un 20% menos de

área muscular y un 25% más de grasa intramuscular que el no afecto, lo que demuestra una atrofia sustancial y un cambio en la composición muscular (21).

Cabe destacar que aunque los ejercicios de sentadilla se han utilizado para aumentar la fuerza y mejorar el control motor en los pacientes con ACV, es posible que durante su realización estos tiendan a utilizar predominantemente la pierna no afectada, evitando transferir peso al lado afecto durante el movimiento. La dificultad o incapacidad para soportar peso en la pierna afectada puede producirse debido a la presencia de dolor, espasticidad, déficits de equilibrio, alteraciones somatosensoriales, heminegligencia, debilidad muscular y/o cambios en el control postural (53). Así, al realizar el paso de sedestación a bipedestación, los pacientes pueden adoptar estrategias compensatorias que provocan una asimetría corporal. Por ello, es importante mover el peso hacia el lado afecto, colocando la extremidad no afectada en una posición de desventaja biomecánica durante los ejercicios de sentadilla. De esta forma, el aumento de peso sobre el lado afecto requiere mayor reclutamiento de la musculatura del cuádriceps para mantener la posición de sentadilla (54).

### 7.1.2 Funcionalidad

Con respecto a la funcionalidad, todos los estudios coinciden en que se produce una mejora a corto plazo (42, 45, 48, 49). En tres de los artículos la funcionalidad ha sido evaluada utilizando el FMA-LE (42, 45, 48), mientras que en uno (49) se ha empleado el IB.

**Zou et al.** (45) informa que a pesar de las puntuaciones motoras de FMA-LE relativamente bajas ( $23.1 \pm 3.8$ ), todos los participantes lograron una independencia funcional básica tras la intervención. En los estudios de **Morgan et al.** (42) y **Aaron et al.** (48), los participantes mostraron aumentos de 1 punto en el FMA-LE, post-entrenamiento. En el estudio de **Fernandes et al.** (49) con grupo control, ambos grupos mostraron mejoras en la funcionalidad, siendo estas mayores cuando la intervención incluye un entrenamiento orientado a la tarea junto con el fortalecimiento del MI afecto, objetivándose efectos positivos en la funcionalidad en AVD como la alimentación, la higiene personal y la marcha por terrenos regulares.

Con respecto a la funcionalidad a largo plazo, el único estudio que mide esta variable es el de **Morgan et al.** (42), manifestando que esta mejora no se mantiene 8 semanas después de finalizar la intervención, volviendo los resultados obtenidos a los valores iniciales. Por lo que, cabe esperar que se produjo un descenso en el nivel de

actividad de los pacientes después de la intervención, indicando la necesidad de un esfuerzo de entrenamiento regular para mantener los resultados a largo plazo.

Cabe destacar que otros autores como Aidar et al. ponen de manifiesto que el entrenamiento con ejercicio físico, en general, y el entrenamiento de fuerza, en particular, producen mejoras en la funcionalidad de aquellas personas con ACV (55).

### 7.1.3 Marcadores secundarios

#### 7.1.3.1 Marcha

En lo que respecta a la marcha, esta es analizada en tres estudios (42, 43, 48), utilizando el 6MWT, TUG y/o DGI como instrumentos de evaluación.

**Morgan et al.** (42) obtuvieron mejoras en la velocidad de la marcha (que se vio incrementada en 0,21 m/s), con un incremento promedio de 72 metros que superó el cambio mínimo detectable (de 54,1 metros). Estas mejoras se mantuvieron a largo plazo (8 semanas después de la intervención) para el DGI y el 6MWT, medidas que también presentaron mejoras en el estudio de **Aaron et al.** (48) con un aumento de 0.16 m/s en la velocidad de la marcha. Por su parte, **Fernández-Gonzalo et al.** (43) concluyen un mayor rendimiento durante la marcha post-intervención con un aumento del 10'6% de la velocidad de la marcha y una reducción del riesgo de caídas.

Así, una mejora en la velocidad de la marcha de 0,16 m/s puede reducir el nivel de asistencia en pacientes con ACV subagudo y es considerada como la diferencia mínima clínicamente significativa. Cabe destacar que el control de la marcha implica la planificación y ejecución desde múltiples áreas corticales, como la corteza secundaria y premotora. De este modo, tras un ACV, a menudo se producen alteraciones de la marcha, que implican la disminución de la velocidad y la asimetría en los distintos ciclos de la misma, como resultado de la reorganización cortical (56).

Aunque varios factores desempeñan un papel fundamental durante los movimientos complejos, en relación con el trabajo de fuerza, el entrenamiento y fortalecimiento de algunos músculos parece tener mayor importancia cuando el objetivo se enfoca en la mejora de la capacidad para la marcha. Específicamente, la fuerza de la musculatura involucrada en la flexión dorsal del tobillo (tibial anterior), la flexión de la rodilla (bíceps femoral y semitendinoso), la extensión (vasto medial y lateral), así como la flexión de la cadera (psoas ilíaco) de la pierna afectada, han demostrado correlacionarse con la capacidad de caminar en pacientes con ACV (57).

### 7.1.3.2 Equilibrio

El equilibrio ha sido analizado en tres de los artículos (42, 43, 49), mediante la BBS. En el estudio de **Morgan et al.** (42) se obtuvo una mejora del equilibrio, que se mantuvo a largo plazo, 8 semanas después de la intervención. **Fernandes et al.** (49) obtuvo aumentos de 26 puntos en el EG y 11 puntos en el CG tras la intervención; mientras que **Fernández-Gonzalo et al.** (43) concluyen que el entrenamiento de fuerza trae consigo mejoras del 8'9% en el equilibrio en el EG, así como una reducción del riesgo de caídas.

En relación con este aspecto, la literatura señala que las personas que han sufrido un ACV ven incrementado el tiempo de respuesta necesario para equilibrar las perturbaciones y desestabilizaciones, presentando un enlentecimiento de la respuesta motora, mayor en el lado afecto, y siendo este uno de los factores que aumenta el riesgo de caídas (49).

### 7.1.3.3 Factores psicosociales

Los factores psicosociales, entre los que se incluyen la CV relacionada con la salud y la depresión, son estudiados en tres de los artículos, empleando el SF-36 y el BDI.

Tanto el estudio de **Fernández-Gonzalo et al.** (43) como el de **Aidar et al.** (51) informan de aumentos de los valores del SF-36, con mejoras del 21'47% en el EG y sin apenas cambios en el CG post-intervención.

En el estudio de **Aidar et al.** (44), las medidas de evaluación pre-intervención de los participantes reflejaron niveles de depresión leve a moderada en el BDI, los cuales se redujeron en ambos grupos con un aumento del 21'4% en el EG, poniéndose de manifiesto una correlación entre las ganancias de fuerza y la reducción de los niveles de depresión tras el entrenamiento.

Al igual que muestran los resultados de esta revisión, otros estudios ponen de manifiesto que el ejercicio físico regular, incluido el entrenamiento de fuerza, tiende a mejorar la CV, la capacidad de trabajar y el ocio, reduciendo la incidencia de nuevos eventos de ACV en los participantes (55). Además de las ganancias en fuerza y la función, algunos estudios han demostrado avances en el nivel de participación y en la CV relacionada con la salud como resultado del entrenamiento de fuerza después del



ACV. Otros estudios también han demostrado una influencia positiva en rasgos como la depresión, ansiedad e incluso la función cognitiva (58).

En cuanto a la depresión, esta se considera una condición relevante en la investigación y tratamiento, ya que representa un factor de riesgo significativo para la mortalidad por suicidio en pacientes con DCA (59). En relación a otro estudio de **Aidar et al.** (44), las secuelas de un ACV se consideran una de las causas más comunes de discapacidad, produciendo un gran impacto en la vida de la persona, limitando el desempeño y la participación en las AVD y comprometiendo las actividades de ocio y relaciones sociales. Así, los síntomas depresivos presentan una mayor incidencia en esta población y, como consecuencia, la repercusión en el estado psicológico se traduce en una menor adherencia al tratamiento, habiendo además pocos estudios que relacionen el estado funcional con indicadores psicosociales (55).

La evidencia apunta a que la participación en actividades físicas es la principal forma de reducir el estrés en las personas con discapacidad, lo que resulta en mejoras en diversos aspectos sociales y emocionales. El entrenamiento de fuerza actúa como un medio importante para minimizar los efectos y prevenir el estado depresivo tras un ACV y disminuye la incidencia de nuevos episodios, con la consiguiente mejora en el estado funcional y los niveles de depresión (60).

#### **7.1.3.4 Parámetros bioquímicos**

Tres estudios (45-47) evalúan los parámetros bioquímicos, mediante análisis de sangre, la prueba OGTT, HOMA-IR y HbA1c. En el estudio de **Zou et al.** (45) se observaron mejoras significativas en la insulina en ayunas, niveles de glucosa en sangre, HOMA-IR, colesterol total, colesterol HDL y LDL en el EG. Los autores concluyen que el entrenamiento de fuerza puede jugar un papel importante en la mejora del perfil lipídico, la hiperglucemia y la dislipemia, altamente prevalentes entre los pacientes de mediana edad, no diabéticos, con ACV crónico. Por el contrario, los escasos cambios en los niveles totales de triglicéridos, Hb A1c e IMC pueden explicarse por el tamaño relativamente pequeño de las muestras o por las posibles modificaciones en la ingesta de alimentos de los pacientes. Los autores inciden en que, debido al hecho de que la hiperglucemia y la dislipemia están estrechamente relacionadas con la morbilidad y la mortalidad tras un ACV, el control y la estabilización de estos trastornos metabólicos debe enfatizarse desde la perspectiva de la prevención de la enfermedad vascular secundaria.

El estudio de **Ryan et al.** (46) es uno de los primeros que ha examinado los cambios inducidos por el entrenamiento de fuerza en biomarcadores inflamatorios y metabólicos clave en la circulación después del ACV y su papel en el músculo esquelético. En su estudio, la masa grasa, la masa de tejido magro, el % de grasa corporal y el pico de  $VO_2$  apenas cambiaron, ni se produjeron cambios importantes en los marcadores inflamatorios sistémicos: glucosa ayunas, insulina ayunas, glucosa e insulina. No obstante, los autores concluyen que el entrenamiento de fuerza induce cambios en la expresión génica de los reguladores del metabolismo del músculo esquelético, incluyendo una reducción de SIRT-1 (enzima deacetilasa que contribuye a la regulación celular) del 24% en la musculatura afecta y no afecta, reduciendo la hiperinsulinemia y mejorando la acción de la insulina.

Por su parte, **Ivey et al.** (47), utilizando la técnica de pinza hiperglucémica, muestran una disminución de la insulina en ayunas del 23% y un aumento del 31% en la sensibilidad a la insulina, con la consiguiente reducción de la hiperinsulinemia después del entrenamiento. No hubo un cambio significativo en las medidas del pico de  $VO_2$ , masa grasa, masa tejido magro ni % de grasa corporal. No obstante, los resultados de este estudio tienen gran relevancia clínica ya que la resistencia a la insulina se reconoce cada vez más como un factor de riesgo para el ACV y la enfermedad cardiovascular, una de las principales causas de muerte en los pacientes con ACV. La resistencia a la insulina y el metabolismo anormal de la glucosa prevalecen durante las fases subaguda y crónica de la recuperación del ACV, lo que predispone a los pacientes a complicaciones macrovasculares y microvasculares que empeoran la morbilidad y la mortalidad.

En otro estudio de Ivey et al., se hace referencia a que un estilo de vida inactivo y los cambios secundarios en las propiedades musculares después de un ACV pueden empeorar los trastornos metabólicos (61). De este modo, tal y como apuntan los hallazgos de esta revisión, el entrenamiento de fuerza puede incluir mejoras en los niveles de glucosa en sangre y perfiles lipídicos séricos en los pacientes tras un ACV.

## **7.2 Efectos, repercusiones y características del entrenamiento de fuerza**

En lo que respecta al tipo de entrenamiento, no existe un consenso acerca de cuál es el método de entrenamiento más beneficioso en pacientes con DCA. Diversos autores refieren que el entrenamiento con máquinas parece inducir niveles ligeramente mayores de actividad muscular en comparación con la utilización de resistencias

elásticas durante el entrenamiento de los MMII y sugieren que los ejercicios con resistencia elástica son más difíciles de realizar debido, probablemente, a un mayor nivel de inestabilidad y necesidad de mayor coordinación durante el movimiento. En base a la literatura, las bandas de resistencia elásticas pueden inducir niveles de actividad muscular similares al entrenamiento con máquinas convencionales en sujetos sanos, pero niveles ligeramente más bajos en pacientes con ACV crónico (62).

En sujetos sanos, también se ha demostrado que los ejercicios unilaterales y bilaterales de MMII proporcionan respuestas neuromusculares y hormonales similares cuando se realizan con la misma carga. Sin embargo, en pacientes con ACV crónico, los ejercicios que emplean el peso corporal activan gran parte de los músculos de los MMII (glúteo mayor y medio, psoas ilíaco, bíceps femoral, semitendinoso y tibial anterior) a niveles comparables con la activación realizada utilizando una máquina en press de pierna bilateral, incluso siendo el press de pierna unilateral el método que mayor activación muscular produce en el MI (57).

Además, se ha confirmado que el entrenamiento unilateral influye positivamente en la activación muscular y fuerza del lado contralateral, lo que significa que el entrenamiento unilateral del MI no afecto debe ser realizado al inicio de la rehabilitación cuando la pierna afecta todavía no puede realizar dicho fortalecimiento. Así, teniendo en cuenta los bajos niveles de actividad física observados después del ACV, la utilización de ejercicios de peso corporal que no requieran el mismo nivel de supervisión que el entrenamiento con máquinas convencionales sería una forma eficaz de comenzar la rehabilitación de la manera más precoz posible (57).

En lo que respecta a las características del entrenamiento, existe gran disparidad en los diferentes artículos. En la mayor parte, los pacientes comienzan con una carga de trabajo adaptada, que aumenta gradualmente hasta un porcentaje predefinido en función de sus características personales.

En relación al tipo de contracción, los pacientes con ACV muestran una reducción en la fuerza muscular excéntrica (ECC; alargamiento) frente a la concéntrica (CON; acortamiento), de modo que el entrenamiento de fuerza ofrece un estímulo insuficiente durante la acción excéntrica a la hora de optimizar las adaptaciones musculares en estos pacientes (63). Además, la amplitud y área de actividad cerebral es mayor durante la acción excéntrica frente a la concéntrica, lo que indica que las regiones más funcionales del cerebro están involucradas en estas acciones (64).

Por otra parte, aunque los estudios han demostrado mejoras en la fuerza muscular y otras variables analizadas, la extrapolación de esta ganancia en el incremento de la función ha sido limitada (65). La razón de esto sigue sin estar clara; una revisión sistemática de **Ada et al.** (66) sugiere una serie de posibles factores, incluyendo entrenamientos con intensidades subóptimas, una inadecuada elección de los músculos entrenados y la falta de una adecuada progresión en las intervenciones. Una revisión Cochrane de 2013 concluye que las intervenciones que implican solo entrenamiento de fuerza no aumentan la función de manera efectiva a menos que se combinen con entrenamiento funcional (25).

Del mismo modo, el Colegio Americano de Medicina Deportiva (ACSM) enfatiza que los programas de entrenamiento de fuerza más efectivos, en personas sanas, son aquellos específicos para el objetivo de entrenamiento y que las adaptaciones fisiológicas serán específicas en función del estímulo aplicado, por lo tanto, se deben considerar las acciones musculares involucradas, la velocidad y el rango de movimiento, los grupos musculares entrenados y los sistemas energéticos involucrados (34). El ACSM proporciona 51 recomendaciones basadas en la evidencia para implementar el entrenamiento de fuerza, incluyendo frecuencia, intensidad, tipo, repeticiones, series, patrones y progresión de los programas de entrenamiento (67).

Así, el entrenamiento de fuerza debe combinarse con entrenamiento específico para cada tarea, ya que la práctica de actividades específicas permite volver a adquirir la capacidad para realizarlas de manera independiente, mejorando la función de manera efectiva (57).

Finalmente, entre los requisitos para producir un efecto metabólico se encuentran una duración de entrenamiento mayor a 6 semanas, una frecuencia de entrenamiento de 3 a 5 sesiones por semana, 30 minutos de sesión con al menos 2 series de cada ejercicio y 8 a 20 repeticiones; una carga inicial de entrenamiento del 40% que va aumentando hasta el 80-90% de 1RM, pudiendo determinarse la intensidad de acuerdo a la tolerancia o al nivel de esfuerzo percibido (44,47).

De modo general en los estudios no se reportaron eventos adversos relacionados con el entrenamiento, lo que demuestra que los principios del entrenamiento de fuerza se pueden aplicar de manera segura y efectiva en personas con ACV como un componente fundamental de la rehabilitación. Estos hallazgos tienen importantes implicaciones en el abordaje clínico, contribuyendo así a la práctica basada en la evidencia (25).

La falta de predominio de un enfoque o tipo concreto de entrenamiento en los estudios analizados puede reflejar la heterogeneidad y la variedad de alteraciones presentes en la población después del ACV, siendo necesaria más evidencia para comprender si existe un tipo de entrenamiento más beneficioso para los pacientes.

### **7.3 Limitaciones**

La principal limitación en esta revisión bibliográfica ha sido la escasez de artículos existentes sobre el tema de estudio en los últimos 5 años, junto al pequeño tamaño muestral de todos ellos. Asimismo, solo pueden ser aportados los datos de aquellos estudios cuya patología es el ACV, y no el conjunto del DCA, no incluyéndose ninguno de ellos por no cumplir los criterios de selección de esta revisión.

Por otra parte, la heterogeneidad de la metodología en la evaluación, las intervenciones, así como la descripción y características de las mismas dificultan la comparación de los resultados entre los estudios. Por ello, en el futuro sería conveniente establecer un consenso en cuanto a las características de la metodología que nos permita obtener conclusiones más claras.

### **7.4 Recomendaciones**

Por todo ello, es necesario que se publiquen mayor cantidad de estudios, con mayor muestra y grupos control relevantes para determinar si existe una diferencia entre el entrenamiento de fuerza y otros abordajes en el tratamiento del DCA. Sería conveniente que los tamaños muestrales fueran más amplios, centrándose en la fase subaguda para observar las repercusiones en estos pacientes, puesto que solo un artículo (49) incluye participantes con ACV agudo o subagudo. También sería interesante determinar la duración de los efectos después de la intervención, ya que el análisis de este estudio no permite extrapolar conclusiones sólidas.

Además, diversos autores postulan que el entrenamiento de fuerza debe implicar la monitorización de la FC, de la presión arterial y los sentimientos subjetivos del paciente, para maximizar la consecución de mejoras en la funcionalidad, aspectos psicosociales y CV (30). Es necesario tener en cuenta que, debido a la elevada incidencia de hipertensión y enfermedad cardiaca en pacientes con ACV, los factores que afectan a las respuestas hemodinámicas durante el entrenamiento de fuerza y la forma en que pueden verse influenciados por la prescripción del entrenamiento deben ser considerados (9).

## 8. Conclusiones

Tras el análisis de la literatura científica publicada sobre el entrenamiento de fuerza enfocado a los miembros inferiores en pacientes con DCA, se puede concluir:

- La intervención mediante el entrenamiento de fuerza de los miembros inferiores puede producir beneficios a nivel neuromusculoesquelético, funcional, metabólico, bioquímico y psicosocial en los pacientes tras un ACV crónico.
- El entrenamiento de fuerza de los miembros inferiores parece ser eficaz en el incremento de la fuerza y masa muscular, sin provocar un aumento del tono en personas con ACV, en base a los estudios analizados.
- La aplicación del entrenamiento de fuerza de miembros inferiores muestra mejoras en los resultados en cuanto a la funcionalidad a corto plazo en los estudios analizados, pero no está claro su impacto en los resultados a largo plazo sin la continuidad del programa.
- En cuanto a las variables secundarias, el entrenamiento de fuerza de miembros inferiores parece ser eficaz para mejorar la marcha, aumentando la velocidad de la misma y la distancia recorrida, así como en el equilibrio. En otras variables como los aspectos psicosociales (calidad de vida y depresión) y parámetros bioquímicos, parece haber mejoras; sin embargo, no hay uniformidad a la hora de realizar mediciones, existiendo pocos artículos que evalúen estas variables.
- Es necesaria la realización de estudios para comprobar la viabilidad de estos resultados con grupos mayores y grupos control similares, especialmente en la fase aguda tras el ACV, así como su efecto a largo plazo.

## 9. Bibliografía

1. Gálvez A. La Revisión Bibliográfica: Usos Y Utilidades. *Matronas Profesión*. 2002;10:25–31.
2. Quezada M. El daño cerebral adquirido (DCA) en España: principales resultados a partir de la encuesta EDAD-2008. *Boletín del Observatorio Estatal de la Discapacidad*. 2011;3:39-59.
3. Castellanos-Pinedo F, Cid-Gala M, Duque P, Ramirez-Moreno JM, Zurdo-Hernández JM. Acquired brain injury: a proposal for its definition, diagnostic criteria and classification. *Rev. Neurol*. 16 de marzo de 2012;54(6):357-66.
4. García-Altés A, Pérez K, Novoa A, Suelves JM, Bernabeu M, Vidal J, et al. Spinal cord injury and traumatic brain injury: a cost-of-illness study. *Neuroepidemiology*. 2012;39(2):103-8. 24
5. Dorsch S, Ada L, Alloggia D. Progressive resistance training increases strength after stroke but this may not carry over to activity: a systematic review. *Journal of Physiotherapy*. 2018;64(2):84-90
6. Heart and Stroke Foundation. What is a stroke? [Internet]. Ottawa, ON: Heart and Stroke Foundation; 2012. Disponible en: [http://www.heartandstroke.com/site/c.iklQLcMWJtE/b.3483935/k.736A/Stroke\\_What\\_is\\_Stroke.htm](http://www.heartandstroke.com/site/c.iklQLcMWJtE/b.3483935/k.736A/Stroke_What_is_Stroke.htm)
7. Chan B. Effect of Increased Intensity of Physiotherapy on Patient Outcomes After Stroke: An Economic Literature Review and Cost-Effectiveness Analysis. *Ontario health technology assessment series*. 2015;15(7):1-43.
8. Gertler P, Tate R, Cameron I. Non-pharmacological interventions for depression in adults and children with traumatic brain injury (Review). *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2015 (12).
9. Eng JJ. Strength Training in Individuals with Stroke. *Physiother Can*. 2004;56(4):189–201.
10. Federación Española de Daño Cerebral (FEDACE). *Las personas con Daño Cerebral Adquirido en España*. Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad, 2014.
11. World Health Organization. *International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF)*. Geneva, Switzerland: WHO; 2001.
12. Danielsson A, Willen C, Sunnerhagen KS: Physical activity, ambulation, and motor impairment late after stroke. *Stroke Res Treat*, 2012.

13. Dorsch S, Ada L, Canning CG: Lower limb strength is significantly impaired in all muscle groups in ambulatory people with chronic stroke: a cross-sectional study. *Arch Phys Med Rehabil* 2016;97:522–527.
14. Hsu A-L, Tang P-F, Jan M-H. Analysis of impairments influencing gait velocity and asymmetry of hemiplegic patients after mild to moderate stroke. *Arch Phys Med Rehabil* 2003;84:1185–93.
15. Cramp MC, Greenwood R, Gill M, Rothwell J, Scott OM. Low intensity strength training for ambulatory stroke patients. *Disabil Rehabil* 2006;28: 883–9.
16. Dubey L, Karthikbabu S, Mohan D. Effects of Pelvic Stability Training on Movement Control, Hip Muscles Strength, Walking Speed and Daily Activities after Stroke: A Randomized Controlled Trial. *Ann Neurosci*. 2018;25(2):80–89.
17. Jaillard A, Naegele B, Trabucco-Miguel S, LeBas JF, Hommel M. Hidden dysfunctioning in subacute stroke. *Stroke*. 2009;40:2473–9.
18. Lesniak M, Bak T, Czepiel W, Seniow J, Czlonkowska A. Frequency and prognostic value of cognitive disorders in stroke patients. *Dement Geriatr Cogn Disord*. 2008;26:356–63.
19. Agni P, Kulkarni V. Effect of strength training, functional task related training and combined strength and functional task related training on upper extremity in post stroke patients. *International Journal of Physiotherapy*. 2017;4(3).
20. World Health Organization. Towards a Common Language for Functioning, Disability and Health. The International Classification of Functioning, Disability and Health. 2002. Disponible en: <http://www.who.int/classifications/icf/icfbeginnersguide.pdf> [January 2019].
21. Ryan AS, Buscemi A, Forrester L, Hafer-Macko CE, Ivey FM. Atrophy and intramuscular fat in specific muscles of the thigh: Associated weakness and hyperinsulinemia in stroke survivors. *Neurorehabil Neural Repair*. 2011;25:865–872.
22. Da Silva P, Antunes F, Graef P, Cechetti F, Pagnussat A. Strength Training Associated with Task-Oriented Training to Enhance Upper-Limb Motor Function in Elderly Patients with Mild Impairment After Stroke. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*. 2015;94(1):11-19.
23. Faria-Fortini I, Basílio M, Polese J, Menezes K, Faria C, Scianni A. Strength deficits of the paretic lower extremity muscles were the impairment variables that best explained restrictions in participation after stroke. *Disability and Rehabilitation*. 2017;39(21) pp:2158-2163.



24. Dorsch S, Ada L, Canning CG. Lower limb strength is significantly impaired in all muscle groups in ambulatory people with chronic stroke: a cross-sectional study. *Arch Phys Med Rehabil.* 2016;97(4):522-527.
25. Saunders DH, Sanderson M, Hayes S, Kilrane M, Greig CA, Brazzelli M et al. Physical fitness training for stroke patients. *Cochrane Database of Systematic Reviews.* 2016,3.
26. Billinger S, Arena R, Bernhardt J, Eng J, Franklin B, Johnson C. Physical Activity and Exercise Recommendations for Stroke Survivors. *Stroke.* 2014;45(8):2532-2553.
27. US Department of Health and Human Services Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion. Physical Activity Guidelines Advisory Committee Report. Atlanta: Centers for Disease Control and Prevention, 2018.
28. Kreber L, Griesbach G. The interplay between neuropathology and activity based rehabilitation after traumatic brain injury. *Brain Research.* 2016;1640:152-163.
29. Vanderbeken I, Kerckhofs E. A systematic review of the effect of physical exercise on cognition in stroke and traumatic brain injury patients. *NeuroRehabilitation.* 2017;40(1):33-48.
30. Han P, Zhang W, Kang L, Ma Y, Fu L, Jia L, et al. Clinical Evidence of Exercise Benefits for Stroke. *Advances in experimental medicine and biology.* 2017;1000:131-151.
31. Kanegusuku H, Queiroz AC, Silva VJ, de Mello MT, Ugrinowitsch C, Forjaz CL. High-Intensity Progressive Resistance Training Increases Strength With No Change in Cardiovascular Function and Autonomic Neural Regulation in Older Adults. *J Aging Phys Act.* 2015;23(3):339-45.
32. Clinical Evidencie of Exercise Benefits] , [Jung K, Kim Y, Chung Y et al. Weight-shift training improves trunk control, proprioception, and balance in patients with chronic hemiparetic stroke. *Tohoku J Exp Med,* 2014;232(3):195–199
33. Kang N, Cauraugh J. Force control in chronic stroke. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews.* 2015;52:38-48
34. Salter K, Musovic A, Taylor NF. In the first 3 months after stroke is progressive resistance training safe and does it improve activity? A systematic review. *Top Stroke Rehabil.* 2016;23:366–375.
35. Faria-Fortini I, Basílio ML, Polese JC, Menezes KP, Faria CD, Scianni AA et al. Strength deficits of the paretic lower extremity muscles were the impairment

variables that best explained restrictions in participation after stroke, *Disability and Rehabilitation*, 2016.

36. Todd JS, Shurley JP, Todd TC, Thomas L. DeLorme and the science of progressive resistance exercise. *J Strength Cond Res* 2012;26:2913–23.
37. Ouellette MM, LeBrasseur NK, Bean JF, Phillips E, Stein J, Frontera WR, et al. High-intensity resistance training improves muscle strength, self-reported function, and disability in long-term stroke survivors. *Stroke* 2004;35:1404–9.
38. Scianni A, Teixeira-Salmela LF, Ada L. Effect of strengthening exercise in addition to task-specific gait training after stroke: a randomised trial. *Int J Stroke* 2010;5:329–35.
39. Ivey FM, Hafer-Macko CE, Macko RF. Task-oriented treadmill exercise training in chronic hemiparetic stroke. *J Rehabil Res Dev* 2008;45:249.
40. Wist S, Clivaz J, Sattelmayer M. Muscle strengthening for hemiparesis after stroke: A meta-analysis. *Ann Phys Rehabil Med*. 2014;59(2):114-24.
41. Mamédio C, Roberto M, Nobre C. the PICO Strategy for the Research Question. *Rev latino-am Enferm*. 2007;15(3):1–4.
42. Morgan P, Embry A, Perry L, Holthaus K, Gregory CM. Feasibility of lower-limb muscle power training to enhance locomotor function poststroke. *J Rehabil Res Dev*. 2015;52(1):77–84.
43. Fernández-Gonzalo R, Fernández-Gonzalo S, Turon M, Prieto C, Tesch PA, García-Carreira MC. Muscle, functional and cognitive adaptations after flywheel resistance training in stroke patients: a pilot randomized controlled trial. *J Neuroeng Rehabil*. 2016;13:37.
44. Aidar F, Gama de Matos D, Jacó de Oliveira R, Carneiro A, Tinôco Cabral B, Moreira Silva Dantas P, et al. Relationship Between Depression and Strength Training in Survivors of the Ischemic Stroke. *Journal of Human Kinetics*. 2014;43(1):7-15.
45. Zou J, Wang Z, Qu Q, Wang L. Resistance training improves hyperglycemia and dyslipidemia, highly prevalent among nonelderly, nondiabetic, chronically disabled stroke patients. *Arch Phys Med Rehabil*. 2015;96(7):1291-6.
46. Ryan AS, Li G, Hafer-Macko C, Ivey FM. Resistive Training and Molecular Regulators of Vascular-Metabolic Risk in Chronic Stroke. *J Stroke Cerebrovasc Dis*. 2017;26(5):962–968.
47. Ivey FM, Ryan AS. Resistive training improves insulin sensitivity after stroke. *J Stroke Cerebrovasc Dis*. 2014;23(2):225–229.

48. Aaron SE, Hunnicutt JL, Embry AE, Bowden MG, Gregory CM. Power training in chronic stroke individuals: differences between responders and nonresponders. *Top Stroke Rehabil.* 2017;24(7):496–502.
49. Fernandes B, Ferreira M, Batista F, Evangelista I, Prates L, Silveira-Sérgio J. Task-oriented training and lower limb strengthening to improve balance and function after stroke: A pilot study. *Eur J Phys.* 2015;17(2):74-80.
50. Andersen J, Jørgensen J, Zeeman P, Bech-Pedersen D, Sørensen J, Ara I et al. Effects of high-intensity physical training on muscle fiber characteristics in poststroke patients. *Muscle & Nerve.* 2017;56(5):954-962.
51. Aidar F, de Oliveira R, Gama de Matos D, Mazini Filho M, Moreira O, de Oliveira C et al. A Randomized Trial Investigating the Influence of Strength Training on Quality of Life in Ischemic Stroke. *Top Stroke Rehabil.* 2016;23(2):84-89.
52. Flansbjer UB, Miller M, Downham D, Lexell J. Progressive resistance training after stroke: effects on muscle strength, muscle tone, gait performance and perceived participation. *J Rehabil Med* 2008;40:42– 48
53. Eng JJ, Chu KS. Reliability and comparison of weight-bearing ability during standing tasks for individuals with chronic stroke. *Arch Phys Med Rehabil.* 2002;83(8):1138–1144.
54. Lee D, An D, Yoo W, Hwang B, Kim T, Oh J. The effect of isolating the paretic limb on weight-bearing distribution and EMG activity during squats in hemiplegic and healthy individuals. *Topics in Stroke Rehabil.* 2016;24(4):223–227.
55. Aidar FJ, de Oliveira RJ, Silva AJ, de Matos DG, et al. The influence of the level of physical activity and human development in the quality of life in survivors of stroke. *Health Qual Life Outcomes.* 2011;9: 89–94.
56. Drew T, Marigold D. Taking the next step: cortical contributions to the control of locomotion. *Current Opinion in Neurobiology.* 2015;(33):25–33.
57. Vinstrup J, Calatayud J, Jakobsen MD, Sundstrup E, Jay K, Brandt M, et al. Electromyographic comparison of conventional machine strength training versus bodyweight exercises in patients with chronic stroke. *Top Stroke Rehabil.* 2017;24(4):242-249.
58. Aidar FJ, de Oliveira RJ, Silva AJ, et al The influence of resistance exercise training on the levels of anxiety in ischemic stroke. *Stroke Res Treat.* 2012;2012:1–6.

59. Gertler P, Tate RL, Cameron ID. Non-pharmacological interventions for depression in adults and children with traumatic brain injury. *Cochrane Database Syst Rev.* 2015;14(12).
60. Carod-Artal FJ. Post-stroke depression (II): its differential diagnosis, complications and treatment. *Neurology J,* 2006;42(4):238.
61. Ivey FM, Hafer-Macko CE, Macko MF, et al. Exercise training for cardiometabolic adaptation after stroke. *J Cardiopulm Rehabil Prev* 2008;28:2-11.
62. Vinstrup J, Calatayud J, Jakobsen MD, Sundstrup E, Jay K, Brandt M, et al. Electromyographic comparison of elastic resistance and machine exercises for high-intensity strength training in patients with chronic stroke. *Arch Phys Med Rehabil.* 2016;97(3):429-36.
63. Hedlund M, Sojka P, Lundstrom R, Lindstrom B. Insufficient loading in stroke subjects during conventional resistance training. *Adv Physiother.* 2012;14:18–28.
64. Clark DJ, Patten C. Eccentric versus concentric resistance training to enhance neuromuscular activation and walking speed following stroke. *Neurorehabil Neural Repair.* 2013;27:335–44.
65. Williams G, Kahn M, Randall A. Strength training for walking in neurologic rehabilitation is not task specific: a focused review. *Am J Phys Med Rehabil* 2014;93:511-22.
66. Ada L, Dorsch S, Canning C. Strengthening interventions increase strength and improve activity after stroke: a systematic review. *Aust J Physiother* 2006;52:241-8.
67. Hendrey G, Holland AE, Mentiplay BF, Clark RA, Williams G. Do Trials of Resistance Training to Improve Mobility After Stroke Adhere to the American College of Sports Medicine Guidelines? A Systematic Review. *Arch Phys Med Rehabil.* 2018;99(3):584-597.

10. Anexos

10.1 Anexo I. Tabla de resultados

Autores y fecha de publicación	Tipo de estudio	Objetivo del estudio	Población	Intervención	Medidas pre Intervención	Medidas post intervención	Conclusiones	Observaciones
<b>Aidar F et al, 2016 (51)</b>	Ensayo clínico aleatorizado	Determinar el efecto del entrenamiento de fuerza en la CV de pacientes con ACV isquémico	n=24 Pacientes con edad media de 52 años y > 1 año de evolución  Grupo experimental (EG) n=11 Grupo control (CG) n=13	Duración: 12 semanas  Frecuencia: 3 veces/semana  EG: calentamiento de 10-15 min de marcha y entrenamiento de fuerza (sentadillas guiadas, press de banca, press de piernas horizontal, press militar, abdominales y zancadas)  CG: intervención convencional sin entrenamiento de fuerza	SF-36: - EG: 58.8 ± 7.9 - CG: 59.6 ± 6.8	SF-36: - EG: 70.5 ± 4.2 - CG: 59.3 ± 6.9  SF-36 (EG): aumento del 21.47%	El EG presentó mejoría en la CV relacionada con la salud y una correlación con el aumento de fuerza en todos los ejercicios	Aceptados en el programa únicamente aquellos que se encontraban clínicamente estables
<b>Morgan P et al, 2015 (42)</b>	Estudio clínico aleatorizado	Examinar los efectos del entrenamiento unilateral de fuerza explosivo en la marcha y la	n=12 Pacientes entre 19 y 70 años con ACV >6 meses	Duración: 8 semanas  Frecuencia: 3 veces/semana  Entrenamiento:	FMA-LE: 14.6 ± 5.4  BBS: 44.7 ± 11.6 DGI: 16.9 ± 5.1 6MWT: 264.7 ±	FMA-LE: 15.5 ± 5.1  FMA-LE (tras 8 sem): 14.7 ± 4.7 BBS: 45.0 ± 10.9 BBS (tras 8 sem):	Mejoras en la fuerza y potencia de la musculatura de los MMII y en la velocidad de la marcha (>0,21 m/s)	

Efectos del entrenamiento de fuerza de miembro inferior en pacientes con DCA

		función muscular en pacientes con ACV		press de piernas, puntillas (calf raises) y entrenamiento de saltos a alta velocidad, empleando maquinas adaptadas.	147.3	46.8 ± 12.4 DGI: 16.5 ± 6.3 DGI (tras 8 sem): 18.0 ± 4.4 6MWT: 319.1 ± 160.6 (>72 m) 6MWT (tras 8 sem): 338.2 ± 167.9 Dinamómetro: - Flex plantares: mejora del 25% en MI afecto y 23'3% no afecto - Ext rodilla: 14'8% en MI afecto y 16% no afecto	
<b>Fernández-Gonzalo R et al, 2016 (43)</b>	Ensayo clínico aleatorizado	Examinar los efectos del entrenamiento de fuerza sobre el tamaño, fuerza, función del músculo y función cognitiva	n=32 Pacientes > 40 años con ACV crónico (≥ 6 meses) Grupo entrenamiento (EG) n=16 Grupo control (CG) n=16	Duración: 12 semanas Frecuencia: 2 veces/semana EG: entrenamiento excéntrico (press de pierna en cadena cinética cerrada) CG: intervención convencional sin entrenamiento de fuerza	BBS: - EG: 42.2 (9.5) - CG: 45.6 (8.7) TUG (seg): - EG: 20.3 (14.5) - CG: 17.6 (16.0) MAS: - EG: 1.18 (0.88) - CG: 0.79 (0.89) SF-36: - EG: 33.1 (21.8) - CG: 38.3 (25.6) Área del cuádriceps MI afecto (cm <sup>3</sup> ): - EG: 665.4 (260.0) - CG: 755.6 (258.9)	Fuerza: - MI afecto: aumento 48'2% - MI no afecto: aumento 28'1% BBS: - EG: 45.9 (9.1). Aumento de 8'9%. - CG: 44.0 (9.6) TUG (seg): - EG: 18.2 (13.9) Aumento de 10'6% - CG: 17.6 (14.8) MAS: - EG: 0.94 (0.71) - CG: 0.65 (0.71)	EG: Aumento masa muscular y la funcionalidad, aumento de la fuerza muscular dinámica en ambos MMII, hipertrofia del cuádriceps del MI afecto, mayor equilibrio, reducción riesgo de caídas, mayor rendimiento durante la marcha y en dobles tareas CG: no mostró cambios

Efectos del entrenamiento de fuerza de miembro inferior en pacientes con DCA

						SF-36: - EG: 38.9 (28.4) - CG: 44.0 (32.8)		
						Área cuádriceps MI afecto (cm <sup>3</sup> ): - EG: 727.9 (283.6) - CG: 757.8 (256.9)		
						Masa muscular: aumento 9'4%		
<b>Aidar F et al, 2014 (44)</b>	Ensayo clínico aleatorizado	Analizar la influencia del entrenamiento de fuerza sobre los indicadores de depresión en personas con ACV isquémico	n= 24 (edad media 52 años)  Grupo experimental (EG) n=11  Grupo control (CG) n=13	Duración: 12 semanas  Frecuencia: 3 veces/semana  EG: sentadillas, press de banca, press de piernas horizontal, press militar, abdominales y zancadas guiadas con barra  CG: realizó intervención convencional	BDI: - EG: 17.7±8.2 - CG: 16.9±8.6  Fuerza EG (kg): - Sentadillas: 32.9±14.2 - Press de banca: 19.1±3.4 - Press de pierna: 56.6±16.5 - Press militar: 12.1±4.3 - Zancadas: 29.5±6.7	BDI: - EG: 13.9±7.4. Aumento del 21.47% - CG: 16.4±7.9  Fuerza EG (kg): - Sentadillas: 44.4±12.4 - Press de banca: 36.1±6.4 - Press de piernas: 80.2±20.4 - Press militar: 21.5±4.8 - Zancadas: 41.9±6.7	Reducción del nivel de depresión en ambos grupos  EG: Aumento de la fuerza en relación con el CG y correlación con la reducción de la depresión	
<b>Zou J et al, 2015 (45)</b>	Ensayo clínico aleatorizado	Estudiar los efectos del entrenamiento de fuerza de MMII sobre los valores de hiperglucemia y dislipemia en pacientes con ACV	n= 56  Pacientes con ACV crónico (>6 meses), menores de 60 años y no diabéticos.  Grupo	Duración: 8 semanas  Frecuencia: 3 veces/semana  EG: press de pierna, extensión de pierna y curl de	Glucosa ayunas: 5.11±0.51  Insulina ayunas: 8.52±1.01  OGTT: 9.41±1.16  HOMA-IR: 1.86±0.41	Glucosa ayunas: 4.77±0.33  Insulina ayunas: 7.0±1.11  OGTT: 7.58±0.77  HOMA-IR: 1.32±0.44	EG: mejora del perfil lipídico, la hiperglucemia y la dislipemia, fuerza muscular MI afecto  Todos los participantes lograron una	La definición diagnóstica de hiperglucemia fue nivel de glucosa en ayunas >6,1 mmol/L, un nivel de glucosa en sangre >7,8 mmol/L. La dislipemia se

Efectos del entrenamiento de fuerza de miembro inferior en pacientes con DCA

			experimental (EG) n=28	isquiotibiales unilaterales en máquinas	Hb A1c: 5.24±0.48	Hb A1c: 5.21±0.55	independencia funcional básica	diagnosticó cuando: colesterol total en suero>5.72 mmol/L, triglicéridos totales>1.7 mmol/L, LDL>3.64 mmol/L o HDL <1.04mmol/L
			Grupo control (CG) n=28	CG: ejercicios de estiramiento activos y pasivos supervisados	Triglicéridos: 1.45±0.42	Triglicéridos: 1.40±0.44		
					Colesterol total: 5.89±0.49	Colesterol total: 5.09±0.38		
					HDL: 1.11±0.08	HDL: 1.29±0.07		
					LDL: 3.38±0.51	LDL: 2.59±0.42		
					IMC: 25.7±3.1	IMC: 25.9±3.1		
					Fuerza: - Press pierna: 294±32 - Extensión: 50±10	Fuerza: - Press pierna: 362±27 - Extensión: 73±8		
					FMA-LE: 19.3±4.1	FMA-LE: 23.1±3.8		
<b>Ryan A et al, 2017 (46)</b>	Ensayo clínico aleatorizado	Determinar los efectos del entrenamiento de fuerza sobre los marcadores vasculares e inflamatorios sistémicos, y la expresión del ARNm, PGC-1α y SIRT1 en el músculo esquelético afecto y no afecto tras un ACV	n=18  Pacientes de entre 50 y 76 años con ACV crónico (>6 meses)	Duración: 12 semanas  Frecuencia: 3 veces/semana  Entrenamiento: press de piernas, extensión de piernas y curl de isquiotibiales en cada MI con máquinas	Fuerza: - Press pierna: 299±145 - Extensión: 57±35  Composición corporal: - Masa grasa: 30.2±9.2 - Masa tejido magro: 55.0±10.5 - % grasa corporal: 35.2±7.7  Área MI afecto: 63.2±10.6  Pico VO <sub>2</sub> : 21.2±7.0  Glucosa ayunas:	Fuerza: - Press pierna: 378±151 - Extensión: 84±39  Composición corporal: - Masa grasa: 29.7±9.6 - Masa tejido magro: 55.6±10.6 - % grasa corporal: 34.9±8.1  Área MI afecto: 73.7±13.1  Pico VO <sub>2</sub> : 21.4±6.6  Glucosa ayunas:	Se producen cambios en la expresión génica de los reguladores del metabolismo del músculo esquelético, incluyendo una reducción de SIRT-1 en la musculatura afecta, reduciendo la hiperinsulinemia y mejorando la acción de la insulina	



Efectos del entrenamiento de fuerza de miembro inferior en pacientes con DCA

					97±8	96±8		
					Insulina ayunas: 118±54	Insulina ayunas: 122±88		
					Glucosa: 138±46	Glucosa: 137±49		
					Insulina: 690±250	Insulina: 667±330		
						SIRT-1 disminuye un 24% en el afecto		
<b>Ivey F et al, 2014 (47)</b>	Ensayo clínico aleatorizado	Determinar efectos del entrenamiento de fuerza unilateral de MMII sobre la sensibilidad a la insulina en pacientes con ACV isquémico	n=10 Pacientes con ACV (>6 meses) con una edad media de 65 años y alteración de la marcha	Duración: 12 semanas Frecuencia 3 veces/semana Entrenamiento: press de piernas, extensión de piernas y curl femoral en cada MI	Fuerza: - Press pierna: 303±37 - Extensión: 56±11 Pico VO <sub>2</sub> : 18.6±2.5 Composición corporal: - Masa grasa: 30.4±3.4 - Masa tejido magro: 54.3±2.8 - % grasa corporal: 35.5±2.9	Fuerza: - Press pierna: 370±42 (aumento del 23%) - Extensión: 81±14 (aumento del 45%) Pico VO <sub>2</sub> : 19.7±2.5 Composición corporal: - Masa grasa: 29.7±3.4 - Masa tejido magro: 53.9±2.5 - % grasa corporal: 35.1±3.0 Insulina ayunas: disminuye un 23% Sensibilidad a la insulina: aumenta 31%	Reducción en la insulina en ayunas y en la respuesta de la insulina a la glucosa, mejoras en la sensibilidad a la insulina y reducción de la hiperinsulinemia	Los participantes entrenaron cada pierna por separado para poder tener en cuenta las diferencias en los requisitos de fuerza y progresión entre ambos MMII
<b>Andersen J et al. 2017 (50)</b>	Meta-análisis	Investigar las características de las fibras musculares de los MMII en	n=8 Pacientes con una media de 46 años de	Duración: 12 semanas Frecuencia: 3 veces/semana	% Tipo fibra MI afecto: - I: 34.0 (23.7-44.2) - IIA: 9.6 (5.3-13.9) - IIX: 29.8 (22.4-	No se producen cambios en el tamaño de la fibra en ninguno de los tipos entre MI	El entrenamiento no parece inducir cambios en el tamaño de la fibra o capilarización	

Efectos del entrenamiento de fuerza de miembro inferior en pacientes con DCA

pacientes tras un ACV	edad y ACV crónico (>6 meses)	Entrenamiento: press de piernas y curl de isquiotibiales con extensión de rodilla y entrenamiento funcional individual (marcha, escaleras) para la transferencia a las AVD	<p>37.2)</p> <p>% Tipo fibra MI no afecto:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- I: 50.7 (40.4-60,9)</li> <li>- IIA: 1.5 (-2.9-5.8)</li> <li>- IIX: 9.6 (2.2-17.0)</li> </ul> <p>Capilarización (mm<sup>2</sup>):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- MI afecto: 605 (505-705)</li> <li>- MI no afecto: 495 (396-595)</li> </ul>	<p>afecto y no afecto</p> <p>% Tipo fibra MI afecto:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- I: 37.5 (27.2-47.7)</li> <li>- IIA: 10.1 (5.8-14.5)</li> <li>- IIX: 14.3 (6.9-21.7)</li> </ul> <p>% Tipo fibra MI no afecto:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- I: 47.7 (37.4-57,9)</li> <li>- IIA: 3.0 (-1.3-7.4)</li> <li>- IIX: 5.4 (-2.0-12.8)</li> </ul> <p>% Tipo fibra MI afecto (tras 1 año):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- I: 35.9 (25.7-46.2)</li> <li>- IIA: 8.5 (4.2-12.8)</li> <li>- IIX: 17.6 (10.2-25.0)</li> </ul> <p>% Tipo fibra MI no afecto (tras 1 año):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- I: 55.3 (45.0-65,5)</li> <li>- IIA: 2.3 (-2.0-6.7)</li> <li>- IIX: 10.9 (3.5-18.2)</li> </ul> <p>Capilarización:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- MI afecto: 588 (488-688)</li> <li>- MI no afecto: 515 (415-614)</li> </ul> <p>Capilarización (tras 1 año):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- MI afecto: 485 (385-585)</li> <li>- MI no afecto: 491 (391-590)</li> </ul>	Se produce un aumento del porcentaje de fibra tipo IIA, a expensas del tipo IIX, en el MI afecto y un incremento de la velocidad de la marcha, potencia y resistencia muscular
-----------------------	-------------------------------	--	--	--	--

Efectos del entrenamiento de fuerza de miembro inferior en pacientes con DCA

<b>Aaron S et al. 2017 (48)</b>	Meta-análisis	Describir las respuestas al entrenamiento de fuerza de alta intensidad en relación a la velocidad de la marcha tras un ACV	n=17 Pacientes de entre 18 y 70 años con ACV crónico (>6 meses)	Duración: 12 semanas Frecuencia: 2-3 veces/semana Entrenamiento: press de pierna bilat, saltos bi y monopodales, puntillas, sentadillas y steps con chaleco de peso	FMA-LE: 17.81 ± 5.7 DGI: 13.69 ± 4.2 6-MWT: 624.39 ± 476.0 Fuerza: - MI afecto: 51.27 ± 46.5 - MI no afecto: 152.83 ± 64.5	FMA-LE: 18.88 ± 7.3 DGI: 13.44 ± 4.5 6-MWT: 730.92 ± 473.3 Fuerza: - MI afecto: 64.25 ± 46.0 - MI no afecto: 219.04 ± 71.5	El entrenamiento de alta intensidad mejora la función locomotora general (fuerza/resistencia, velocidad y distancia caminada)	
<b>Fernandes B et al, 2015 (49)</b>	Estudio piloto	Investigar los efectos de un entrenamiento orientado a tareas centrado en el equilibrio y un entrenamiento de fuerza del MI afecto tras un ACV	n=16 Pacientes con ACV agudo (<1 mes) con una edad media de 58 años Grupo experimental (EG) n=9 Grupo control (CG) n=7	Duración: 12 semanas Frecuencia: 4 veces/semana EG: ejercicios isométricos, excéntricos y concéntricos en cadena cinética abierta y cerrada GC: intervención orientada a la tarea sin fortalecimiento específico	BBS: - EG: 25 (5–44) - CG: 36 (28–40) IB: - EG: 46 (33–80) - CG: 74 (51–84) MAS (EG y CG): - Ext rodilla: 1 (0–2) - Flex rodilla: 0(0–0) - Flex dorsal tobillo: 0 (0–0) - Flex plantar tobillo: 1 (0–2)	BBS: - EG: 52 - CG: 47 IB: - EG: 98 - CG: 96 MAS (EG y CG): - Ext rodilla: 1 - Flex rodilla: 0 - Flex dorsal tobillo: 0 - Flex plantar tobillo: 1	Las mejoras en el equilibrio fueron mayores cuando la intervención incluyó entrenamiento orientado a tarea junto con el fortalecimiento de la pierna afecta sin producir aumento de la espasticidad	Exclusión de pacientes con condiciones comórbidas (ej. insuficiencia cardíaca, disfunciones musculoesqueléticas en MMII o inestabilidad postural)  Efectos positivos en la funcionalidad en AVD como alimentación, higiene personal y marcha

**ACV:** Accidente cerebrovascular; **BBS:** Escala de equilibrio de Berg; **BDI:** Inventario de Depresión de Beck; **CG:** Grupo control; **CV:** Calidad de vida; **DGI:** Índice de Marcha Dinámica; **DXA:** Absorciometría dual de rayos X; **EG:** Grupo experimental; **FMA-LE:** Evaluación de la extremidad inferior de Fugl-Meyer; **Hb A1c:** Hemoglobina glucosilada; **HDL:** Nivel de colesterol de lipoproteínas de alta densidad; **HOMA-IR:** Evaluación del modelo de homeostasis de la resistencia a la insulina; **IB:** Índice de Barthel; **IMC:** Índice de masa corporal; **LDL:** Nivel de colesterol de lipoproteínas de baja densidad; **MAS:** Escala de Asworth modificada; **MI/MMII:** Miembro/s inferior/es; **OGTT:** Prueba de tolerancia oral a la glucosa; **SIRT-1:** Sirtuina 1; **SF-36:** Cuestionario de CV relacionada con la salud; **1RM:** Prueba de una repetición máxima; **6MWT:** Test 6 minutos marcha.