



UNIVERSIDAD DEL ROSARIO

EFFECTO DEL EJERCICIO FÍSICO SOBRE LA CAPACIDAD FÍSICA, FUERZA Y RESISTENCIA MUSCULAR, COMPOSICIÓN CORPORAL Y RENDIMIENTO FUNCIONAL EN ADULTOS CON LESIÓN MEDULAR: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA.

Presentado por: Daniel Efrén García González

Presentado a: Dr. Jorge Enrique Correa Bautista

Coordinador de Programa en Maestría en Actividad Física y Salud

Trabajo presentado como requisito para opción de grado en Maestría en Actividad Física y Salud

Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario Universidad del Rosario

Escuela de Medicina, Maestría en Actividad Física y Salud

Bogotá 31 de octubre del 2017

EFFECTO DEL EJERCICIO FÍSICO SOBRE LA CAPACIDAD FÍSICA, FUERZA Y RESISTENCIA MUSCULAR, COMPOSICIÓN CORPORAL Y RENDIMIENTO FUNCIONAL EN ADULTOS CON LESIÓN MEDULAR: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA

EFFECT OF PHYSICAL EXERCISE ON PHYSICAL CAPACITY, STRENGTH AND MUSCLE RESISTANCE, BODY COMPOSITION AND FUNCTIONAL PERFORMANCE IN ADULTS WITH MEDULAR INJURY: A SYSTEMATIC REVIEW

Daniel García-González, Paula Camila Ramírez**, Carolina Sandoval-Cuellar****

**Estudiante Cema. Centro de estudios para la medición de la actividad física. Cema. Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud, Universidad del Rosario, Bogotá DC, Colombia. Email: danielegg05@gmail.com*

*** Docente. Escuela de Fisioterapia, Universidad Industrial de Santander - UIS. Email: pcramire@uis.edu.co*

**** Docente. Centro de estudios para la medición de la actividad física. Cema. Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud, Universidad del Rosario, Bogotá DC, Colombia. Email: carolinasandovalmaestria@gmail.com*

Autor de Correspondencia: danielegg05@gmail.com.

Resumen

Objetivo: Determinar el efecto del ejercicio sobre la capacidad física, fuerza-resistencia muscular, composición corporal y rendimiento funcional en adultos con lesión medular (LM). **Método:** La búsqueda sistemática de la literatura se realizó en PubMed, Trip Medical Database, Scopus, Web of Science, Registro Cochrane Central de Ensayos Controlados, bibliotecas electrónicas Scielo y ScienceDirect entre 1990 y 2016. **Resultados:** Capacidad física mejora si es ≥ 16 semanas, 60 min/sesión, ≥ 2 días/semana y 65-80% FC. Fuerza-Resistencia, 4 series de 8-10 reps, 3 series de 12-15 reps, 65-80% FC, 2-3 días/semana. Composición corporal, aumenta masa magra, músculo magro y músculo magro en pierna, disminuye el peso, porcentaje graso, perímetro abdominal, IMC y grasa en pantorrilla. Rendimiento funcional mejora si es ≥ 4 semanas, 2-3 días/semana y amplitudes de onda de 8 a 125 mA. **Conclusiones:** El ejercicio mejora los componentes de la salud, capacidad física, fuerza-resistencia, composición corporal y rendimiento funcional en pacientes con (LM).

Palabras Clave: Spinal cord injury, exercise, randomized controlled trial, muscle strength, body composition, and physical endurance.

Summary

Objective: To determine the effect of exercise on physical capacity, muscular strength-endurance, body composition and functional performance in adults with spinal cord injury (SCI). **Method:** The systematic search of the literature was carried out in PubMed, Trip Medical Database, Scopus, Web of Science, Cochrane Central Register of Controlled Trials, Scielo electronic libraries and ScienceDirect between 1990 and 2016. **Results:** Physical capacity improves if it is ≥ 16 weeks, 60 min/session, ≥ 2 days/week and 65-80% FC. Strength-Resistance, 4 sets of 8-10 reps, 3 sets of 12-15 reps, 65-80% FC, 2-3 days/week. Body composition, increases lean mass, lean muscle and lean muscle in leg, decreases weight, fat percentage, abdominal perimeter, BMI and calf fat. Functional performance improves if it is ≥ 4 weeks, 2-3 days/week and wave amplitudes of 8 to 125 mA. **Conclusions:** Exercise improves the components of health, physical capacity, strength-resistance, body composition and functional performance in patients with (LM).

Key words: Spinal cord injury, exercise, randomized controlled trial, muscle strength, body composition, and physical endurance.

INTRODUCCIÓN

La Lesión Medular (LM) puede definirse como todo proceso patológico (conmoción, contusión, laceración, compresión o sección), de cualquier etiología (traumática y no traumática), que afecta la médula espinal y puede originar alteraciones de la función neurológica por debajo de la lesión: motoras, sensitivas y autonómicas (1).

No existen estimaciones fiables de la prevalencia mundial de LM, el rango 223-775 por millón de habitantes se considera insuficiente para representar una estimación global, pero se calcula que su incidencia mundial anual oscila entre 40 y 80 casos por millón de habitantes (2). Cerca de 250,000–400,000 individuos tienen LM en EEUU con aproximadamente 12,000 casos nuevos reportados anualmente (3). Los traumatismos constituyen la causa de aproximadamente el 60% de los casos de LM en países desarrollados, y cerca del 80% en países en vía de desarrollo como Colombia, en los que son ocasionados con mayor frecuencia por heridas de armas blancas o de fuego, accidentes de tránsito, caídas, zambullidas en aguas poco profundas, accidentes deportivos y laborales, con una frecuencia entre el 20 y el 60% (1). Este tipo de lesiones ocurren predominantemente con una distribución por sexo (hombre / mujer) de 4:1, entre los 15 a 35 años.

El nivel neurológico más frecuentemente afectado es el cervical C5 (2); en Colombia, un estudio realizado por el hospital san Vicente de Paul en la ciudad de Medellín, reportó prevalencias de 28,5% de lesiones cervicales, 41,5% torácicas altas y el 30% por debajo de T6 (1). Las lesiones medulares se asocian a menores tasas de escolarización y participación económica y suponen un costo importante tanto para quienes las padecen como para la sociedad en su conjunto (4).

A pesar de las principales complicaciones en salud secundarias a una LM tales como obesidad, enfermedades cardiovasculares, diabetes tipo 2, hipertensión arterial, síndrome metabólico, osteoporosis, dolor crónico e infecciones de la piel y de la vejiga (5), los avances médicos y el desarrollo de nuevas tecnologías han llevado a un aumento en la esperanza de vida en ésta población.

Los individuos con LM presentan alteraciones de los 4 componentes principales de la salud física: capacidad física, fuerza/resistencia muscular, composición corporal y rendimiento funcional. Dentro de las afecciones características en cada uno de los componentes, se evidencia una pérdida de la capacidad física, caracterizada por una disminución de la capacidad pulmonar y una alteración del control cardiovascular dada por la interrupción de la entrada descendente al sistema nervioso autónomo (SNA), teniendo un efecto significativo en la presión arterial, la frecuencia cardíaca y la regulación de la temperatura. También se presenta una serie de cambios en el sistema músculo esquelético, incluyendo la atrofia, que conlleva a la disminución de la fuerza muscular y resistencia a la fatiga, que se suma al desacondicionamiento físico (6).

Los cambios en la composición corporal son generados por la presencia de obesidad, debido a la capacidad reducida de los pacientes con LM de incorporar todos los músculos para la realización del ejercicio, lo que resulta en una pérdida marcada de masa muscular y un aumento de la adiposidad corporal (4). Se estima que la prevalencia de obesidad y sobrepeso en la población con LM es del 66%. La densidad mineral ósea (DMO) también disminuye rápidamente como resultado de cambios neurales, vasculares y hormonales, aumentando así el riesgo de osteoporosis y fracturas (6). Dada la disminución de la capacidad física y de la fuerza en adultos con LM, se presenta una función residual insuficiente que afecta el rendimiento funcional, haciendo difícil la realización de las actividades cotidianas de manera independiente y autónoma.

Entre las estrategias de intervención física, aplicadas en pacientes con LM se incluyen: la Electro Estimulación Funcional (EEF), el entrenamiento aeróbico, entrenamiento en circuitos, la actividad física asistida por robótica, participación en actividades deportivas (7), programas de rehabilitación con trabajo de peso libre, bandas elásticas, uso de máquinas de levantamiento de peso, ergometría del brazo, entrenamiento de la marcha en cinta rodante con soporte de peso y natación. Además de las intervenciones físicas con

ejercicio, deben ser consideradas las modificaciones en la dieta (4). Las estrategias de intervención, a menudo están orientadas a mejorar la resistencia, la salud cardiovascular, la habilidad y movilidad de las articulaciones, la extensibilidad muscular, evitar la pérdida ósea y reducir el dolor y la espasticidad (7). Con estas intervenciones, se pretende además obtener un resultado positivo que sea reflejado en el bienestar psicológico y por ende en una mejor calidad de vida (CV) (2), logrando así que el deporte pueda ser un catalizador que permita la participación social y la integración comunitaria (8).

Debido a la importancia de los 4 componentes de la salud física en individuos con LM, es primordial determinar como el ejercicio genera un efecto en cada uno de ellos. En la actualidad no hay evidencia suficiente para establecer conclusiones significativas como lo señala Hicks y cols (2011) (9) con respecto a los efectos del ejercicio, o los tipos específicos de ejercicio que impacten los cuatro componentes de la salud física en individuos con LM principalmente en lesiones agudas, requiriéndose para ello estudios de mayor calidad. Así mismo, Swinnen y cols (2010), reportaron evidencia ambigua con respecto a los efectos del ejercicio sobre la composición corporal y poca evidencia de calidad para concluir que el ejercicio mejora el rendimiento funcional en personas con LM (3).

Con base en lo anterior, se decidió realizar ésta revisión sistemática, buscando nueva evidencia que aporte información actualizada que permita determinar el efecto del ejercicio sobre la capacidad física, fuerza y resistencia muscular, composición corporal y rendimiento funcional en adultos con lesión medular.

MATERIALES Y MÉTODOS:

El estudio responde a una revisión sistemática de la literatura acorde con los lineamientos descritos en la declaración PRISMA (10) (11) y en el Manual Cochrane para la conducción de Revisiones Sistemáticas de Intervenciones versión 5.1.0 (12).

Dentro de los criterios de inclusión se tuvieron en cuenta ensayos clínicos controlados aleatorizados que fueran publicados del año 1990 al 2016, verificando el cumplimiento de los criterios de selección establecidos según la estrategia (PICO), agrupando la búsqueda en los siguientes temas: población (P), intervención (I), grupo control (C) y Outcome o resultado (O) (Tabla 1). Adicionalmente, los estudios seleccionados para ésta revisión fueron realizados en entornos residenciales u hospitalarios y fueron entregados por cualquier proveedor de servicios (asistencia social, profesionales de la salud, entre otros). Durante su desarrollo no se aplicaron limitaciones lingüísticas.

Se excluyeron las investigaciones realizadas donde la población fuesen pacientes ≤ 18 años, estudios realizados con experimentación animal, estudios que incluyan protocolos de intervención a los pacientes con actividades tales como: Yoga, Tai-chi, meditación, medicina alternativa, entre otras; investigaciones realizadas en las cuales su diseño no sea claro o no incluyan en su modelo un grupo control, estudios realizados en pacientes que no presenten algún tipo de lesión medular (completa e incompleta), y estudios que únicamente incluyan intervenciones farmacológicas en los pacientes con lesión medular.

Esta búsqueda sistemática se realizó en las bases de datos de PubMed, Trip Medical Database, Scopus, Web of Science y las bibliotecas electrónicas Scielo y ScienceDirect. Para ello, se utilizaron los operadores lógicos AND, OR y NOT los cuales fueron utilizados para combinar las palabras clave (Spinal cord injury, exercise, randomized controlled trial, muscle strength, body composition, and physical endurance) y así lograr una selección específica de la literatura.

La búsqueda fue realizada por dos autores cegados e independientes (DGG y PCR), durante el periodo diciembre del 2015 hasta Julio de 2016. La búsqueda tuvo en cuenta las recomendaciones de Robinson y Dickersin (13).

Los resultados presentados en la presente revisión se describieron de acuerdo a las características de los estudios incluidos, las características de los métodos de evaluación de los estudios incluidos y a las

características de los componentes en salud (capacidad física, fuerza-resistencia muscular, composición corporal y rendimiento funcional).

Tabla 1. Criterios de Selección

Población	Adultos con cualquier tipo de lesión medular (completa e incompleta), sin restricción a una etapa particular de diagnóstico o tratamiento.
Intervención	Intervenciones que tienen por objeto evaluar los beneficios del ejercicio físico, el cual se entiende como una forma de actividad física de tiempo libre que se realizó de una manera repetida durante un periodo de tiempo determinado, con la intención de mejorar la condición física, el rendimiento físico o la salud (14), para los componentes de la salud física (capacidad física, composición corporal, fuerza muscular-resistencia muscular y rendimiento funcional).
Comparación	Cualquier intervención educativa, sin intervención, con actividad física o dieta en el grupo control
Resultados	<p>-Capacidad física:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Capacidad aeróbica: consumo pico de oxígeno (VO₂pico), consumo máximo de oxígeno (VO₂max). • $VO_{2max} = \{kgm/min^{-1} \times 3.0 \text{ mL O}_2/kg^{-1} \text{ min}^{-1}\} + \{\text{peso [kg]} \times 3.5 \text{ mL O}_2/kg^{-1} \text{ min}^{-1}\}$ • The hybrid cycle (BerkelBike Pro, BerkelBike BV, St Michielsgestel, The Netherlands) ✓ Velocidad, flexibilidad, equilibrio, agilidad, movilidad articular. • 12 Nm Torque <p>-Potencia: potencia máxima, potencia pico.</p> <p>-Fuerza y resistencia muscular: puntaje de fuerza muscular/resistencia, Estimulación eléctrica funcional (EEF).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sistema de entrenamiento con pesas, accesible para silla de ruedas compuesto de varias estaciones (prensa de pecho, extensión de codo y maniobras de extensión de hombro) • Arm Crank Protocol • STIWELL med4 portable neuro-estimulador • WUSPI Shoulder Torque • Entrenamiento superficial de neuro-estimulación eléctrica (NMES) <p>-Composición Corporal: peso corporal, índice de masa corporal, masa de músculo magro y masa grasa.</p> <ul style="list-style-type: none"> • The hybrid cycle (BerkelBike Pro, BerkelBike BV, St Michielsgestel, The Netherlands) <p>-Rendimiento funcional: habilidades en silla de ruedas, medidas para caminar.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Loko70, Woodway, USA). Electro estimulación funcional utilizando 4 canales Compex Motion (Compex SA, Switzerland) • Programa de entrenamiento de Handcycle, Acelerómetros Body-Fixed Three-axis.

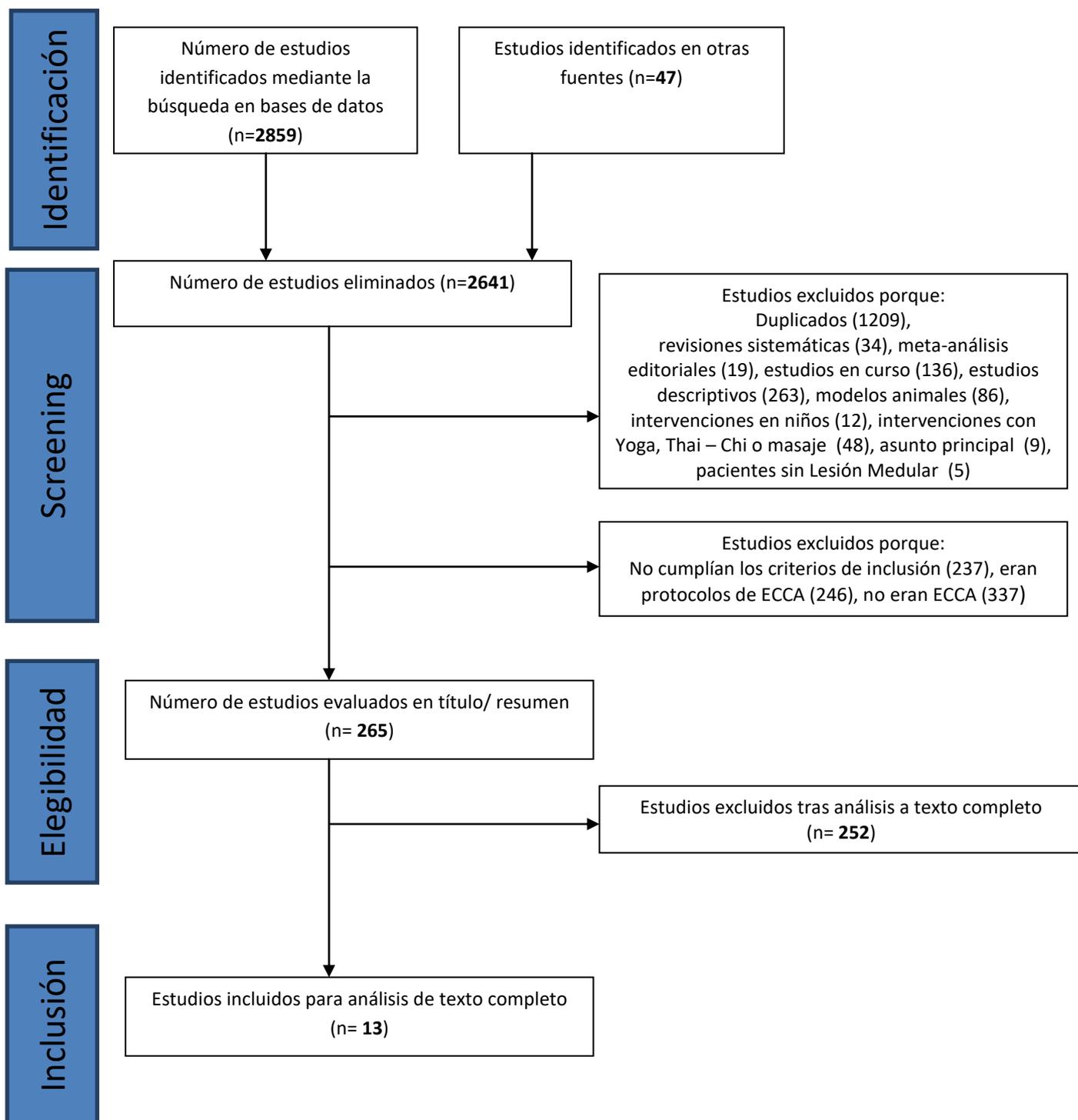
SELECCIÓN DE ESTUDIOS

La búsqueda y el proceso de selección de los artículos se realizaron mediante 4 fases, las cuales permitieron a los autores seleccionar los 13 artículos de la presente revisión, como muestra el diagrama de flujo. En la fase de identificación, se encontraron 2.859 estudios exclusivamente en las bases de datos anteriormente descritas y adicionalmente 47 en fuentes como repositorios, literatura gris y artículos cortos resultados de pósteres y ponencias de eventos científicos, para un total de 2906 estudios; de los cuales 2641 fueron eliminados: 1209 textos científicos duplicados, 612 entre meta-análisis, revisiones sistemáticas, estudios

descriptivos, estudios en curso, modelos con animales, intervenciones en niños, intervenciones con yoga, taichí o masaje, asunto principal e intervenciones en pacientes sin lesión medular y 820 que no eran ECA o eran protocolos de ECA.

Durante la segunda fase (screening) de acuerdo al título y resumen, se prescindió de un total de 13 por no cumplir los criterios de selección propuestos. En la tercera etapa de elegibilidad se buscó el cumplimiento a cabalidad de los criterios de selección a partir de la lectura del texto completo: se excluyeron 239 manuscritos, estableciendo en la cuarta y última etapa de inclusión 13 artículos científicos con los cuales se adelantó el presente estudio (fig. 1). Los resultados de la búsqueda fueron sintetizados en una hoja de cálculo de Excel 2013.

Fig. 1 Diagrama de flujo para los métodos de la estrategia de búsqueda de acuerdo a la declaración PRISMA.



EXTRACCIÓN DE DATOS

Dos autores (DGG – PCR) realizaron en forma independiente la extracción de los datos, que se registraron en una hoja de cálculo electrónica en Excel. Proceso verificado por un tercer autor (CSC) cegado frente a los resultados de los demás autores. Los datos extraídos de cada estudio fueron: autores, año de publicación, diseño del estudio, nivel de lesión, clasificación (American Spinal Injury Association) ASIA, tiempo después de la lesión, tamaño de la muestra, características de las intervenciones (intensidad, frecuencia y duración), modalidad (es) de actividad física, edad de los pacientes, instrumento y medidas de resultado.

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD METODOLÓGICA

Tres autores (DGG –PCR – CSC) realizaron la evaluación de la calidad metodológica y el riesgo de sesgo de los estudios incluidos, de manera independiente, utilizando la escala PEDro para la evaluación de la calidad metodológica (15), basada en la lista Delphi (12) (16). Esta escala establece a cada ítem una puntuación de 0 a 10 para determinar la calidad metodológica de los ensayos controlados aleatorizados. Cada estudio obtiene una calificación a través de la información disponible, tanto de la versión publicada como de la comunicación con los autores. El presente estudio estableció una puntuación de 5/10 como el valor mínimo para la inclusión de los ensayos en el mismo (17). Para ello, un autor (DGG) independiente y capacitado realizó el proceso, cada ítem se le asignó un Sí cumple (calificado como 1) o un No cumple (calificado como 0), siendo ponderados con igual importancia (Tabla 2).

Adicionalmente, para el ensayo que no fue encontrado durante el proceso de evaluación de calidad metodológica según la escala PEDro, un autor (DGG) independiente y capacitado, realizó la evaluación metodológica del mismo manualmente, bajo los criterios establecidos según la escala PEDro. Para ser incluido en la etapa de extracción de información y análisis de resultados, se estableció que el estudio debería cumplir al menos 5 ítems de la escala PEDro.

RESULTADOS

En total 7 de los 13 estudios (7), (18), (19), (20), (21), (22) y (23) tienen una calificación ≥ 8 en la escala PEDro; a su vez, (24) y (25) son estudios realizados con *Grupos Paralelos* y el estudio (26) fue un ECA multicéntrico. Los estudios (25) y (26) cumplieron con el ítem de evaluador ciego a pesar de obtener un recuento de ≥ 6 y ≥ 7 en la escala PEDro respectivamente. El estudio (27) fue el único en presentar un seguimiento adecuado de los 4 ECA que obtuvieron puntuaciones ≥ 6 y ≥ 7 según la escala PEDro. Ninguno de los estudios cumplió con los ítems de cegamiento a participantes y terapeutas; por otra parte, en todos los estudios se reporta la asignación aleatoria y las estimaciones puntuales y variabilidad. El estudio (28) obtuvo la menor puntuación, cumpliendo solo con el puntaje mínimo de ≥ 5 para ser incluido. Por último, el estudio (29) no se encuentra en la base de artículos evaluados por la escala PEDro, por lo cual fue evaluado manualmente por uno de los investigadores (DGG) bajo los criterios de la Escala PEDro; en éste se logra evidenciar que no cumple con el ítem de cegamiento a participantes, terapeutas y evaluador, de igual manera, no cumple con la asignación oculta ni el análisis por intención de tratar.

Tabla 2. Estudios evaluados por escala PEDro (15).

ARTÍCULOS	Hicks et al 2003	Harvey et al 2009	Harvey et al 2010	Mulroy et al 2011	Giangregorio et al 2012	Gorgey et al 2013	Hitzig et al 2013	Lavado et al 2013	Ralston et al 2013	Kapadia et al 2014	Bakkum et al 2015	Nooijen et al 2015	*Gorgey et al 2015
Criterio de Elegibilidad	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Asignación Aleatoria	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Asignación Oculta	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
Comparación de la Línea de Base	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
Sujetos Ciegos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Terapeutas Ciegos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Evaluador Ciego	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0
Seguimiento Adecuado	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1
Análisis por Intención de Tratar	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0
Comparación entre Grupos	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Estimaciones Puntuales y Variabilidad	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1= Si Cumple	5	8	9	8	8	7	6	9	9	6	7	9	6
0= No Cumple	6	3	2	3	3	4	5	2	2	5	4	2	5

Características de los estudios incluidos:

La evaluación metodológica para cada estudio de la presente revisión, es presentada en las tablas 2, las características particulares de cada intervención de acuerdo a la capacidad física, fuerza-resistencia, composición corporal y rendimiento funcional, son presentadas en las tablas 4, 5, 6, y 7. Se encontró que el 31% de los estudios fueron realizados en Canadá, el 46.1% en Estados Unidos y Australia, el 15.3% en Holanda y el 7.6% en Brasil, el 8% de los ECA reportó la raza/etnia de la población (latinos, afro y blancos), la población participante en los grupos experimentales en un 46% eran hombres y mujeres y el 54% solo incluyó hombres, el 100% de los estudios reportaron el protocolo de intervención utilizado en términos de longitud, duración, frecuencia e intensidad, el 46% de los estudios reportó niveles de lesión medular (C2-T12-ASIA C y D), el 75% reportó la edad promedio del grupo experimental mientras que el 15% no lo hizo.

Por otra parte, el 38% utilizó muestras ≤ 10 personas para el grupo experimental y el 23% para el grupo control. Se obtuvo un total de 211 personas pertenecientes al grupo experimental y 201 al grupo control, el 23% de los estudios reportó intervenciones ≤ 8 semanas y el 69% de los estudios reportó intensidades de trabajo entre el 60%-75%. También se encontró que sólo el 8% de los estudios realizó intervenciones basadas en flexibilidad y en secciones de entrenamiento fraccionadas por 10 minutos, mientras que el 77% utilizó intervenciones de ejercicio físico que favorecían la fuerza-resistencia, con sesiones de entrenamiento mínimo de 35 minutos. Por último, las intervenciones en los grupos controles se caracterizaron por estar en un 38% entre 8 y 16 semanas de intervención, el 15% fue intervenido con dieta (45% carbohidratos, 30% grasas y 25% proteína), el otro 47% recibieron acciones educativas, técnicas de relajación, manejo del dolor, videos de anatomía del hombro e instrucciones para acciones de la vida diaria.

Características de los métodos de evaluación de los estudios incluidos:

La presente revisión estableció que fuerza-resistencia muscular está constituida por dos componentes de la salud muscular. La fuerza muscular se refiere a la capacidad de un músculo o grupo muscular para generar la fuerza máxima, y la resistencia muscular se refiere a la capacidad de un músculo o grupo muscular para producir fuerza a través de múltiples repeticiones (30). Las pruebas de fuerza muscular y resistencia utilizadas en personas con LM incluyen: 1 repetición máxima (1 RM), 10 repeticiones máximas (10RM), pruebas isocinéticas, pruebas isométricas, pruebas facilitadas de forma manual, movimientos funcionales tales como flexión de brazos modificada, pull-up modificada, cambios de posición supina a posición sentado, press-up, entre otras (4).

Con base en la revisión de la literatura realizada, los siguientes fueron los instrumentos utilizados para evaluar la Fuerza-Resistencia muscular: Multi-estación de sistema de entrenamiento con pesas accesible para silla de ruedas (28), Protocolo de manivela (28), Neuroestimulador portátil med4 STIWELL (18), WUSPI Shoulder Pain (Wheelchair User's Shoulder Pain Index) (22), NMES (Surface neuromuscular electrical stimulation training) (29).

A su vez el rendimiento funcional medido mediante Loko70, Woodway, USA. FES (Functional Electrical Stimulation) fue entregado utilizando estimuladores eléctricos de 4 canales no invasivos Compex Motion (Compex SA, Switzerland) (25), el programa de entrenamiento Handcycle y acelerómetros Body-FixedThree-axis (21), Composición Corporal medida mediante Circunferencia de la cintura, Grasa de Tronco (kg), Grasa de Tronco (%), Grasa Androide (kg), Grasa Androide (%) (27) (20) (26) y la Capacidad Física medida mediante $VO_{2max} = \{kgm/min^{-1} \times 3.0 mL O_2/kg^{-1} min^{-1}\} + \{peso [kg] \times$

3.5 mL O₂/kg⁻¹ min⁻¹}} (19) y el ciclo híbrido (BerkelBike Pro, BerkelBike BV, StMichielsgestel, The Netherlands (26).

Capacidad Física: La disminución en la capacidad física es un evento común en pacientes con LM, ésta se puede atribuir a la reducción del impulso originado por el sistema simpático, la pérdida del control motor e inactividad relativa (31). Cinco estudios incluidos (7), (19), (26), (28) y (29) en la presente revisión demostraron que los protocolos de entrenamiento superiores a 16 semanas, con sesiones mayores a 60 minutos, frecuencias de entrenamiento ≥ 2 veces por semana y una intensidad de la frecuencia cardiaca entre el 65% y el 80%, producen beneficios en el organismo: disminución del dolor, disminución del estrés, aumento de la fuerza en los miembros superiores, aumento de la presión arterial sistólica, disminución de la presión arterial diastólica, aumento de la fuerza en los miembros inferiores, disminución del porcentaje de la grasa del tronco, aumento del VO₂ pico y disminución de la circunferencia abdominal. Los cambios evidenciados según la intervención para la capacidad física, se describen en la tabla 4.

Fuerza-Resistencia Muscular: Seis estudios (18), (19), (22), (25), (28) y (29) demuestran pruebas que el ejercicio físico realizado en ciclo-ergómetros de brazos, trabajo con bandas y el FES (functional electrical stimulation), con una frecuencia entre 2-3 veces por semana en protocolos de intensidad moderada a vigorosa, que involucren 3 series de 8-10 repeticiones para fuerza y 4 series de 12-15 repeticiones para resistencia, mayores a 8 semanas de intervención con mínimo 35 minutos de trabajo, repercuten de manera positiva en el organismo, generando adaptaciones fisiológicas y físicas como: aumento de la percepción física, amplitud en el rango de los movimientos articulares, aumento de la fuerza en el cuádriceps, aumento de la resistencia en el cuádriceps, disminución de la masa grasa corporal, aumento de la masa magra en la pierna y pantorrilla, aumento del área de sección transversal en el cuádriceps, aumento en la percepción de la calidad de vida y aumento en la longitud de la medida de la fascia muscular. Los cambios presentados en los grupos musculares que recibieron la intervención en fuerza-resistencia, se evidencian en la tabla 5.

Composición Corporal: Si bien es una de las variables más afectadas en las personas después de adquirir LM, generando cambios en peso, % grasa, aumento del perímetro abdominal, entre otras (32), cuatro estudios incluidos en la presente revisión (20), (23), (27) y (32) demuestran los cambios que se pueden obtener al realizar intervenciones con ejercicio físico y FES, dentro de ellos se pueden observar: disminución de la masa magra corporal, aumento del músculo magro corporal, aumento del músculo magro en pierna, disminución del peso, disminución del porcentaje de grasa, disminución del perímetro o circunferencia abdominal, disminución del IMC y disminución de la grasa en pantorrilla. La relación de los cambios presentados después de la intervención, se observan en la tabla 6.

Rendimiento Funcional: Cinco de los estudios incluidos (18), (21), (22), (24) y (25) demuestran evidencia en la mejoría de aspectos tales como: medidas de marcha pruebas de 6 minutos, incremento del número de minutos de actividad física/día, incrementos significativos en las medidas de independencia, incremento en la propulsión en la silla de ruedas y aumento en la medida de marcha para la prueba de los 10 minutos, cuando se utilizan protocolos de intervención con FES, FES Cycling y FES+Lokomat 70, en programas de intervención no menores a 4 semanas de entrenamiento, frecuencia de 2-3 veces por semana, con amplitudes de onda intervalos de 8 a 125 mA, frecuencia de pulso con mínimo 33Hz, permitiendo mejorar en aspectos tales como: Los cambios presentados en la población intervención, se evidencian en la tabla 7.

CARACTERÍSTICAS DE LOS ESTUDIOS INCLUIDOS:

Tabla 3.

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES Y RESULTADOS DE LOS ESTUDIOS INCLUIDOS											
AUTOR - AÑO DE ESTUDIO	DISEÑO DE ESTUDIO	POBLACIÓN		INTERVENCIÓN (I)					CONTROL	MEDICION DE LOS RESULTADOS	RESULTADOS OBTENIDOS EN EL ESTUDIO
	CATEGORÍA / CALIDAD METODOLÓGICA	NIVEL DE LESIÓN/ CLASIFICACIÓN ASIA	TAMAÑO DE LA MUESTRA	Capacidad aeróbica: VO2 max, VO2 Pico, FC, TA. Potencia: Potencia max, Potencia Pico Flexibilidad	Puntaje de Fuerza Muscular, Fuerza de prensión. Resistencia a la fatiga	Composición Corporal: Peso, IMC, Cantidad de músculo magro, masa grasa, circunferencia abdominal	Rendimiento Funcional: Habilidad en silla de ruedas, medidas para caminar	F.E.S			
Hicks et al 2003	RCT	C4 - L1/ A-D	34	Arm Crank Protocol/ 36sem*90-120'*2/7días*70%-80%	1RM Pecho banco plano, flexión de codo y maniobras de flexión de hombro				1 sesión de educación bimensual sobre fisiología del ejercicio para personas con SCI, osteoporosis después de SCI y técnicas de relajación.	<p>Pruebas de Rendimiento Ergométrico en los Brazos: University of Toronto Arm Crank Protocol (relaciones de frecuencia cardiaca / potencia en tres cargas de trabajo submáximas), Ergometros Monark (predice aprox 40%-60% y 80% de la FCmax ajustada por edad.</p> <p>Pruebas de Fuerza Muscular: Entrenamiento con pesas en sistema de varias estaciones para sillas de ruedas (Equalizer Exercise Machines, Red Deer, Alberta, Canada) (1RM) prensa de pecho, flexión de codo y maniobras de hombro</p>	<p>↑Potencia Submáxima (81%; P<0,005) ↑Fuerza en Miembro Superior (19-34%; P<0,005)</p> <p>↓Dolor, ↓Estrés y ↓Depresión después del entrenamiento, obtuvieron calificaciones mas altas en la Percepción de la función física que el CON y la Calidad de Vida (P<0,005)</p>
Harvey et al 2009	RCT	C2 - C7/ A-B	40	12 NM Torque/ 24sem*10'(m) + 10'(n)*5					Los tobillos de control no recibieron movimientos o estiramientos pasivos durante la duración del ensayo	<p>12Nm Torque: La dorsiflexión pasiva del tobillo se midió con la aplicación de seis pares pequeños (2, 3, 5, 7, 8 y 10 Nm). Tobillo derecho antes del izquierdo. 12Nm x 3' precondicional, inicia con 2Nm y terminó con 12Nm, cada 20" torsión antes de medir el ángulo del tobillo.</p>	<p>Adherencia al programa (96%), ↑2° (4) Dorsiflexión en EXP, ↓2° (4) en CON, Media del efecto en el rago de Dorsiflexión del tobillo fue de 4°, IC (95%)</p>

RCT: Randomized Controlled Trials

Continúa Tabla 3.1

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES Y RESULTADOS DE LOS ESTUDIOS INCLUIDOS										
AUTOR - AÑO DE ESTUDIO	DISEÑO DE ESTUDIO	POBLACIÓN		INTERVENCIÓN (I)					CONTROL	RESULTADOS OBTENIDOS EN EL ESTUDIO
	CATEGORÍA / CALIDAD METODOLÓGICA	NIVEL DE LESIÓN/ CLASIFICACIÓN ASIA	TAMAÑO DE LA MUESTRA	Capacidad aeróbica: VO2 max, VO2 Pico, FC, TA. Potencia: Potencia max, Potencia Pico Flexibilidad	Puntaje de Fuerza Muscular, Fuerza de prensión. Resistencia a la fatiga	Composición Corporal: Peso, IMC, Cantidad de músculo magro, masa grasa, circunferencia abdominal	Rendimiento Funcional: Habilidad en silla de ruedas, medidas para caminar	F.E.S		
Harvey et al 2010	RCT	C5 - L2/ A-C	20		8sem*12x10reps ext*2-3'des		PASIPD	50Hz Frecuencia, 300µ Pulso y 100 mA amplitud de estimulación	No recibieron intervención	<p>↑Fuerza Cuadriiceps en valores de media y SD pre y pos experimental: 46 (28); 58 (33), ↑Resistencia Cuadriiceps en valores de media y SD pre y pos experimental: 10 (0.3); 10 (0.4), ↑Fureza Cuadriiceps con F.E.S: 29 (15); 31 (19), ↑Resistencia Cuadriiceps con F.E.S: 0.7 (0.2), 0.7 (0.1), las diferencias de medias para fuerza y resistenciaa fueron: 14Nm (1-27; P<0.034) y 0.1 (-0.1 hasta 0.3; P<0.058) con un IC 95%</p>
Mulroy SJ et al 2011	RCT	C4 - L1/ A B C D	80		Fuerza: 16sem*60'*3Sx8reps*60%*1-2'des, Resistencia: 16sem*60'*3Sx15reps*60%*1-2'des		Velocidad de propulsión en silla de ruedas (m/s), WUSPI, PASIPD		Video de instrucción de 1h sobre la anatomía del hombro, mecanismos de lesión y conceptos generales en el manejo del dolor y se entregó folleto educativo.	<p>↑Fuerza/Resistencia con media y SD pre y pos experimental para: Aducción: 60.5 (31,8); 74.2 (28.3), ↑Rotación Externa: 25.8 (9.9); 30.5 (12.2), ↑Elevación Escapular: 37.3 (25.2); 49.3 (21.8), ↑Rotación Interna: 33.2 (16.7); 41.7 (19.3). Cambios en los resultados PASIPD: 1.5 (0.4); 1.5 (0.3), ↑Percepción de Calidad de Vida: 4.8 (1.3); 5.3 (0.9)</p>
Giangregorio et al 2012	RCT	C2 - T1/ C-D	34			Masa grasa corporal, músculo magro en pierna, grasa del músculo de la pierna, masa muscular en pantorrilla		Intervalo de 8 a 125 mA, Rango de Pulso 0-300 µs. Frecuencia 20 a 50 Hz	16sem*45'*3Sx15reps*60%-75%	<p>Cambios significativos en Composición Corporal para: ↓Masa Grasa Corporal: 25,4 (9.7); 24,1 (9.7), ↑Músculo Magro en Pierna: 14,9 (5,8); 17,1 (3,1), Masa del ↑Músculo en Pantorrilla: 7017 (1019); 7275 (1133), ↓Grasa en Pantorrilla: 2917 (1506); 2831 (1567), Cambio en el Área del Músculo: 212 (517) mm²s en FES. -136 (268) mm²s Con, P=0,026</p>

RCT: Randomized Controlled Trials

Continua Tabla 3.2

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES Y RESULTADOS DE LOS ESTUDIOS INCLUIDOS											
AUTOR - AÑO DE ESTUDIO	DISEÑO DE ESTUDIO	POBLACIÓN		INTERVENCIÓN (I)					F.E.S	CONTROL	RESULTADOS OBTENIDOS EN EL ESTUDIO
	CATEGORÍA / CALIDAD METODOLÓGICA	NIVEL DE LESIÓN/ CLASIFICACIÓN ASIA	TAMAÑO DE LA MUESTRA	Capacidad aeróbica: VO2 max, VO2 Pico, FC, TA. Potencia: Potencia max, Potencia Pico Flexibilidad	Puntaje de Fuerza Muscular, Fuerza de prensión. Resistencia a la fatiga	Composición Corporal: Peso, IMC, Cantidad de músculo magro, masa grasa, circunferencia abdominal	Rendimiento Funcional: Habilidad en silla de ruedas, medidas para caminar				
Gorgey et al 2013	RCT	C5 - T11/ A-B	9			IMC, masa libre de grasa, masa grasa, % de masa grasa, masa libre de grasa en pierna, masa grasa en pierna, % de masa grasa en pierna		RT+dieta : 12sem*4Sx10reps ext*60-75%*2' des	Dieta + Calorimetría Indirecta: (Vmax metabolic cart; SensorMedics Vmax, Yorba Linda, CA) + (45% de CHO, 30% de grasa y 25% de proteína)	Cambios significativos en Composición Corporal para: ↑Peso: 74 (14); 75 (14), IMC: 21 (5); 21 (4), ↑Masa Libre de Grasa: 51,5 (8); 52 (6), ↓Masa Grasa: 23,3 (9); 22,6 (8), ↓% de Masa Grasa: 30 (8); 29 (7), ↑Masa Libre de Grasa en Pierna: 6,8 (0,8); 7,5 (0,5), Masa Grasa en Pierna: 3,7 (1,7); 3,7 (1,7), ↓% de Masa Grasa en la Pierna: 34 (10), 28 (7). Hubo hipertrofia de los extensores y flexores de la pierna para el EXP.	
Hitzig et al 2013	RCT G.P	C2 - T12 C-D	34				Ejercicios de caminata asistida	Amplitudes de los impulsos 8 a 125 mA. Rango de pulso 0 a 300 μs. Frecuencia 20 a 50 Hz	16sem*45'*3Sx15reps*60%-75%*1' des	Cambios significativos en Calidad de Vida: ↑Medida de Independencia (SCIM): 17,27 (7,25); 21,33 (7,62), Escala de Satisfacción con la Vida (SWLS): 18,81 (7,17); 18,69 (9,6), Escala Instrumental de Actividades de la Vida Diaria (IADL): 20,25 (4,06); 18,5 (3,67), ↑Índice de Reintegración a la Vida Normal: 16,44 (4,59); 16,81 (3,87), ↑Técnica de Reporte de Evaluación de Movilidad (CHART): 79,81 (21); 85,28 (13,81), ↑Técnica de Evaluación Social (CHART): 89,94 (13,12); 90,31 (18,02), ↑Técnica de Evaluación Física (CHART): 92,32 (11,75); 93,02 (8,72). ↑ significativo en Medida de Independencia (SCIM) EXP 17,27 (7,25) Con 19,9 (17,1); 17,36 (5,5)	

RCT: Randomized Controlled Trials

RCT G.P: Randomized Controlled Trial (Grupos Paralelos)

Continúa Tabla 3.3

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES Y RESULTADOS DE LOS ESTUDIOS INCLUIDOS											
AUTOR - AÑO DE ESTUDIO	DISEÑO DE ESTUDIO	POBLACIÓN		INTERVENCIÓN (I)					F.E.S	CONTROL	RESULTADOS OBTENIDOS EN EL ESTUDIO
	CATEGORÍA / CALIDAD METODOLÓGICA	NIVEL DE LESIÓN/ CLASIFICACIÓN ASIA	TAMAÑO DE LA MUESTRA	Capacidad aeróbica: VO2 max, VO2 Pico, FC, TA. Potencia: Potencia max, Potencia Pico Flexibilidad	Puntaje de Fuerza Muscular, Fuerza de prensión. Resistencia a la fatiga	Composición Corporal: Peso, IMC, Cantidad de músculo magro, masa grasa, circunferencia abdominal	Rendimiento Funcional: Habilidad en silla de ruedas, medidas para caminar				
Lavado et al 2013	RCT	C5 - L2/ C-D	42	Vo2max = {kgm/min-1 × 3.0 mL O2/kg-1 min-1} + {weight [kg] × 3.5 mL O2/kg-1 min-1}; 16sem*60'*3días*70%-80%	Cicloergómetro: 150kg*3'*1'des					Instrucciones para mantener sus actividades de la vida diaria	↑VO2Pico: 939 (714-1215); 1154 (1005-1351) ml/min (P=0.009), ↓ Bacteriuria Asintomática Crónica:52.3% (29.8-74.3%) y 14.2% (3-36.3%) (P < 0.001)
Ralston et al 2013	RCT	C4 - T10/ A-B	14			Circunferencia de Pierna		Frecuencia 33Hz, longitud de onda 350λ y amplitud de estimulación de hasta 140mA, 4sem*4díasx2sem*60'		Durante la fase de control no recibieron FES	↑ Circunferencia de la Pierna: 49.2 (4.3); 49.3 (4.6). ↑Espasticidad (Ashworth) y PRISM fueron de: -0,1 cm (-1,5 a 1,2), -1,9 puntos (-4,9 a 1,2) y -5 puntos (-13 a 2), respectivamente. Todas las estimaciones puntuales de los efectos del tratamiento favorecieron el ciclismo FES.
Kapadia et al 2014	RCT G.P	C2 - T12/ C-D	34		16sem*45'x3días		Amplitudes del pulso De 8 a 125 Ma, Rango de pulso de 0 a 300 μs, Frecuencia de pulso de 40 Hz. Ejercicios de caminata asistida	Amplitudes del pulso. De 8 a 125 Ma, Rango de pulso de 0 a 300 μs, frecuencia de pulso de 40 Hz		16sem*60'*35x15repsx60-75%x3días	Cambios Significativos en Medidas de Marcha Prueba de los 6 min: ↑a los 2 min: 57.1 (43.2); 67.2 (46.2), ↑a los 4 min: 115.3 (79.6); 138.1 (82.1), ↑a los 6 min: 187.9 (123.4); 232.5 (138.9). ↑Medidas de Marcha Prueba de los 10 m (tiempo en segundos): 42.8 (46.2); 42.2 (67.7), ↑Escala de Movilidad al Caminar (WMS): 2.6 (1.4); 2.8 (1.4), ↓Medida de Equilibrio y Movilidad (TUG timed up and go test (s)): 43.6 (25.5); 32.2 (19.1), ↑Medida de Independencia Funcional (SCIM): 57.7 (17.8), 64.1 (19.2), ↑Medidas de Independencia Funcional (FIM): 4.7 (1.82); 5.19 (1.83)

RCT: Randomized Controlled Trials

RCT (G.P): Randomized Controlled Trials (Grupos Paralelos)

Continúa Tabla 3.4

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES Y RESULTADOS DE LOS ESTUDIOS INCLUIDOS										
AUTOR - AÑO DE ESTUDIO	DISEÑO DE ESTUDIO	POBLACIÓN		INTERVENCIÓN (I)					CONTROL	RESULTADOS OBTENIDOS EN EL ESTUDIO
	CATEGORÍA / CALIDAD METODOLÓGICA	NIVEL DE LESIÓN/ CLASIFICACIÓN ASIA	TAMAÑO DE LA MUESTRA	Capacidad aeróbica: VO2 max, VO2 Pico, FC, TA. Potencia: Potencia max, Potencia Pico Flexibilidad	Puntaje de Fuerza Muscular, Fuerza de prensión. Resistencia a la fatiga	Composición Corporal: Peso, IMC, Cantidad de músculo magro, masa grasa, circunferencia abdominal	Rendimiento Funcional: Habilidad en silla de ruedas, medidas para caminar	F.E.S		
Bakkum et al 2015	MRCT	C2 - L2/ A B C D	19	Hybrid Cycling: 16sem*35'*65%-75%		Circunferencia de cintura, grasa de tronco (kg), grasa de tronco (%), grasa androide (kg), grasa androide (%)			Hand Cycling: 16sem*35'*65%-75%	Cambios significativos en: ↓Presión Arterial Diastólica: 69 (3); 63(4) (P=0.003), ↑Presión Arterial Sistólica: 112 (6); 117 (9), ↓Circunferencia de Cintura: 91.8 (4.7); 87.8 (4), (P=0.001), ↓Grasa del Tronco (kg): 9.7 (1.6); 9.2 (1.5), ↓Grasa del Tronco (%): 27.5 (2.7); 25.9 (2.3) (P=0.04), ↓Grasa Androide (kg): 2.0 (0.4); 1.9 (0.4), ↓Grasa Androide (%): 33.4 (2.9); 31.3 (2.6) (P=0.02)
Gorgey et al 2015	RCT	C5 - T7/ A-B	7	NMES: Frecuencia 30Hz, duración del impulso 450 µs, amplitud de la onda de 0-200 mA + 12sem*2/7días*4Sx10reps alternadas*60%-75% + DIETA: 45% carbohidratos, 30% grasas, y 25% proteína		NMES: Frecuencia 30Hz, duración del impulso 450 µs, amplitud de la onda de 0-200 mA + 12sem*2/7días*4Sx10reps alternadas*60%-75% + DIETA: 45% carbohidratos, 30% grasas, y 25% proteína		NMES: Frecuencia 30Hz, duración del impulso 450 µs, amplitud de la onda de 0-200 mA + 12sem*2/7días*4Sx10reps alternadas*60%-75% + DIETA: 45% carbohidratos, 30% grasas, y 25% proteína	Dieta: 45% carbohidratos, 30% grasas, y 25% proteína	↑Fuerza en Muslo Derecho: 6.68 (2.7); 7.94 (3.1), ↑Fuerza en Muslo Izquierdo: 6.60 (2.0); 8.1 (2.1). En el grupo de dieta RT +, se observó un aumento no significativo del 8% en el área de sección transversal del tendón rotuliano (P = 0,14). ↑La longitud de la fascia intermuscular del muslo medio: 19% al 23% en las piernas derecha (P = 0,029) e izquierda (P = 0,015), respectivamente, sin cambios en el grupo control de la dieta.
Nooijen et al 2015	RCT	C5 - T1/ A-D	45			Handcycling training program: 8sem*3/7días*60' + 13 sesiones de intervención conductual en promoción de estilos de vida físicamente activos		Propulsión en silla de ruedas	Handcycling training program: 8sem*3/7días*60' + 13	↑Actividad Física (min/día): 65 (27); 73 (40), ↓Propulsión en Silla de Ruedas (min/día): 55 (25); 46 (25), ↑Handcycling: 10 (10); 26 (30)

Reps: Repeticiones, S: Series, Sem: Semanas, %: % de la F.C, EXP: Experimental, CON: Control, Des: Descanso, ##: días de trabajo por 7 días de la semana, ': Minutos, ": Segundos, ↑: Aumento, ↓: Disminución

MRCT: Multicenter Randomized Controlled Trials

CARACTERÍSTICAS DE LOS ESTUDIOS INCLUIDOS SEGÚN INTERVENCIÓN:

Capacidad Física (Tabla 4)

Autor-Año de estudio	Outcome	Capacidad aeróbica: VO2 max, VO2 Pico, FC, TA. Potencia: Potencia max, Potencia Pico Flexibilidad	Instrumento	Media Pre experimental	SD Pre experimental	Media Post experimental	SD Post experimental	Δ de cambio	Media pre Control	SD pre Control	Media post Control	SD post Control	Δ de cambio
Hicks 2003	Capacidad física	FC	Arm Crank Protocol	Tetra: 75.2 Para: 72.0	Tetra: 9.0 Para: 9.4	Tetra: 81.4 Para: 78.8	Tetra: 7.8 Para: 5.4	Tetra: ≥ 6.2 Para: ≥ 6-8	Tetra: 76.5 Para: 75.3	Tetra: 11.8 Para: 8.7	Tetra: 77.5 Para: 76.5	Tetra: 20.4 Para: 14.4	Tetra: ≥ 1.0 Para: ≥ 1.2
		Relación FC/Potencia	Arm Crank Protocol	Tetra: 61.3 Para: 33.7	Tetra: 43.3 Para: 36.1	Tetra: 8.1 Para: 3.0	Tetra: 4.1 Para: 1.5	Tetra: ≤ 53.2 Para: ≤ 30.7	Tetra: 23.3 Para: 10.3	Tetra: 12.0 Para: 14.6	Tetra: 22.0 Para: 4.4	Tetra: 11.7 Para: 2.0	Tetra: ≤ 1.3 Para: ≤ 6.1
		TAS	Arm Crank Protocol	Tetra: 102.2 Para: 125.0	Tetra: 20.5 Para: 22.8	Tetra: 101.2 Para: 126.5	Tetra: 12.7 Para: 21.4	Tetra: ≤ 1 Para: ≥ 1.5	Tetra: 95.7 Para: 132.7	Tetra: 22.2 Para: 19.4	Tetra: 102.0 Para: 131.2	Tetra: 20.2 Para: 11,7	Tetra: ≥ 5.5 Para: ≥ 5.7
		TAD	Arm Crank Protocol	Tetra: 69.0 Para: 71.5	Tetra: 8.6 Para: 15.8	Tetra: 68.6 Para: 74.0	Tetra: 6.7 Para: 17.8	Tetra: ≤ 1.6 Para: ≥ 3.5	Tetra: 67.2 Para: 85.0	Tetra: 13.7 Para: 14.4	Tetra: 67.5 Para: 81.2	Tetra: 9.6 Para: 6.5	Tetra: ≥ 0.3 Para: ≥ 4.8
Harvey et al 2009	Capacidad física	Flexibilidad	12 Nm Torque	Stretch Torque (Nm) 2: 81	Dos: 9	Dos: 81	Dos: 10	≥ 0.0	Dos: 81	Dos: 7	Dos: 78	Dos: 9	≤ 3.0
				Stretch Torque (Nm) 3: 81	Tres: 9	Tres: 83	Tres: 9	≥ 2.0	Tres: 81	Tres: 7	Tres: 80	Tres: 9	≤ 1.0
				Stretch Torque (Nm) 5: 83	Cinco: 9	Cinco: 84	Cinco: 9	≥ 1.0	Cinco: 82	Cinco: 10	Cinco: 81	Cinco: 9	≤ 1.0
				Stretch Torque (Nm) 7: 85	Siete: 9	Siete: 86	Siete: 10	≥ 1.0	Siete: 85	Siete: 7	Siete: 83	Siete: 9	≤ 2.0
				Stretch Torque (Nm) 8: 86	Ocho: 9	Ocho: 88	Ocho: 10	≥ 2.0	Ocho: 86	Ocho: 7	Ocho: 84	Ocho: 9	≤ 2.0
				Stretch Torque (Nm) 10: 87	Diez: 9	Diez: 89	Diez: 10	≥ 2.0	Diez: 87	Diez: 7	Diez: 85	Diez: 9	≤ 2.0
				Stretch Torque (Nm) 12: 88	Doce: 9	Doce: 91	Doce: 10	≥ 3.0	Doce: 89	Doce: 8	Doce: 87	Doce: 9	≤ 2.0
Lavado et al 2013	Capacidad física	VO2 Pico	Vo2max = {kgm/min-1 × 3.0 mL O2/kg-1 min-1} + {weight [kg] × 3.5 mL O2/kg-1 min-1})	939	(714-1215)	1154	(1005 - 1351)	≥ 215	896	(677 - 1158)	834	(711 - 1005)	≤ 62
Bakkum et al 2015	Capacidad física	SBP	The hybrid cycle (BerkelBike Pro, BerkelBike BV, St Michielsgestel, The Netherlands)	112	6	117	9	≥ 5	119	4	123	3	≥ 4
		DBP		69	3	63	4	≤ 7.0	72	3	70	4	≤ 2.0

Fuerza-Resistencia Muscular (Tabla5)

Autor													
Autor-Año de estudio	Outcome	Puntaje de Fuerza Muscular, Fuerza de prensión. Resistencia a la fatiga	Instrumento	Media Pre experimental	SD Pre experimental	Media Post experimental	SD Post experimental	Δ de Cambio	Media pre Control	SD pre Control	Media Post Control	SD post Control	Δ de Cambio
Hicks 2003	Fuerza/Resistencia	Fuerza	multi-station wheelchair accessible weight training system (chest press, elbow flexion, and shoulder flexion maneuvers)	Rigth Chest Tetra: 41.4	Rigth Chest: 28,2	Right Chest: 49.5	Right Chest: 31.5	Right Chest: ≥ 8.1	Right Chest: 44.2	Right Chest: 20.3	Right Chest: 44.0	Right Chest: 21.2	Right Chest: ≤ 0.2
	Fuerza/Resistencia			Left Chest: 41,6	Left Chest: 27.8	Left Chest: 51,3	Left Chest: 29,6	Left Chest: ≥ 10.3	Left Chest: 46.4	Left Chest: 20.0	Left Chest: 45.8	Left Chest: 20.3	Left Chest: ≤ 0.6
	Fuerza/Resistencia			Rigth Biceps: 13.8	Rigth Biceps: 4.8	Rigth Biceps: 18.1	Rigth Biceps: 7.3	Rigth Biceps: ≥ 5.9	Rigth Biceps: 13.5	Rigth Biceps: 4.2	Rigth Biceps: 13.2	Rigth Biceps: 6.2	Rigth Biceps: ≤ 0.2
	Fuerza/Resistencia			Left Biceps: 13.2	Left Biceps: 4.0	Left Biceps: 17.7	Left Biceps: 6.3	Left Biceps: ≥ 4.5	Left Biceps: 13.4	Left Biceps: 4.6	Left Biceps: 15.1	Left Biceps: 5.6	Left Biceps: ≥ 1.7
	Fuerza/Resistencia			Rigth Anterior Deltoid: 6.6	Rigth Anterior Deltoid: 3.4	Rigth Anterior Deltoid: 8.1	Rigth Anterior Deltoid: 3.7	Rigth Anterior Deltoid: ≥ 1.5	Rigth Anterior Deltoid: 7.4	Rigth Anterior Deltoid: 3.4	Rigth Anterior Deltoid: 7.4	Rigth Anterior Deltoid: 4.5	Rigth Anterior Deltoid: ≥ 0.0
	Fuerza/Resistencia			Left Anterior Deltoid: 6.5	Left Anterior Deltoid: 3.8	Left Anterior Deltoid: 7.8	Left Anterior Deltoid: 3.4	Left Anterior Deltoid: ≥ 1.3	Left Anterior Deltoid: 7.0	Left Anterior Deltoid: 3.8	Left Anterior Deltoid: 7.5	Left Anterior Deltoid: 4.4	Left Anterior Deltoid: ≥ 0.5
	Fuerza/Resistencia	Resistencia	Arm Crank Protocol	HR Tetra: 75,2	HR Tetra: 9,0	HR Tetra: 81,4	HR Tetra: 7,8	HR Tetra: ≥ 6.2	HR Tetra: 76,5	HR Tetra: 11,8	HR Tetra: 77,5	HR Tetra: 20,4	HR Tetra: ≥ 1.0
				HR Para: 72,0	HR Para: 9,4	HR Para: 78,8	HR Para: 5,4	HR Para: ≥ 6.8	HR Para: 75,3	HR Para: 8,7	HR Para: 76,5	HR Para: 14,4	HR Para: ≥ 1.2
				SBP Tetra: 102,2	SBP Tetra: 20,5	SBP Tetra: 101,2	SBP Tetra: 12,7	SBP Tetra: ≤ 1.0	SBP Tetra: 95,7	SBP Tetra: 22,2	SBP Tetra: 102,0	SBP Tetra: 20,2	SBP Tetra: ≥ 6.3
				SBP Para: 125,0	SBP Para: 22,8	SBP Para: 126,5	SBP Para: 21,4	SBP Para: ≥ 1.5	SBP Para: 132,7	SBP Para: 19,4	SBP Para: 131,2	SBP Para: 11,7	SBP Para: ≤ 1.5
				DBP Tetra: 69,0	DBP Tetra: 8,6	DBP Tetra: 68,6	DBP Tetra: 6,7	DBP Tetra: ≤ 0.4	DBP Tetra: 67,2	DBP Tetra: 13,7	DBP Tetra: 67,5	DBP Tetra: 9,6	DBP Tetra: ≥ 0.3
	DBP Para: 71,5	DBP Para: 15,8	DBP Para: 74,0	DBP Para: 17,8	DBP Para: ≥ 3.5	DBP Para: 85,0	DBP Para: 14,4	DBP Para: 81,2	DBP Para: 6,5	DBP Para: ≤ 3.8			

Continúa Tabla5.

Harvey et al 2010	Fuerza/Resistencia	Fuerza Voluntaria	STIWELL med4 portable neurostimulator	Cuádriceps: 46	Cuádriceps: 28	Cuádriceps: 58	Cuádriceps: 33	Cuádriceps: ≥ 12	Cuádriceps: 56	Cuádriceps: 41	Cuádriceps: 52	Cuádriceps: 28	Cuádriceps: ≤ 4.0
		Resistencia Voluntaria (fatigue ratio)	STIWELL med4 portable neurostimulator	Cuádriceps: 1,0	Cuádriceps: 0,3	Cuádriceps: 1,0	Cuádriceps: 0,4	Cuádriceps: ≥ 0.0	Cuádriceps: 0,9	Cuádriceps: 0,3	Cuádriceps: 0,9	Cuádriceps: 0,3	Cuádriceps: ≥ 0.0
		Fuerza Estimulada Eléctricamente	STIWELL med4 portable neurostimulator	Cuádriceps: 29	Cuádriceps: 15	Cuádriceps: 31	Cuádriceps: 19	Cuádriceps: ≥ 2.0	Cuádriceps: 28	Cuádriceps: 14	Cuádriceps: 30	Cuádriceps: 18	Cuádriceps: ≥ 2.0
		Resistencia Estimulada Eléctricamente (fatigue ratio)	STIWELL med4 portable neurostimulator	Cuádriceps: 0,7	Cuádriceps: 0,2	Cuádriceps: 0,7	Cuádriceps: 0,1	Cuádriceps: ≥ 0.0	Cuádriceps: 0,6	Cuádriceps: 0,1	Cuádriceps: 0,8	Cuádriceps: 0,2	Cuádriceps: ≥ 0.2
Mulroy SJ et al 2011	Fuerza/Resistencia	Fuerza/Resistencia	WUSPI Shoulder Torque	Adducción: 60,5	Adducción: 31,8	Adducción: 74,2	Adducción: 28,3	Adducción: ≥ 14.2	Adducción: 61,0	Adducción: 33,2	Adducción: 63,3	Adducción: 19,0	Adducción: ≥ 2.3
				Rotación externa: 25,8	Rotación externa: 9,9	Rotación externa: 30,5	Rotación externa: 12,2	Rotación externa: ≥ 4.7	Rotación externa: 26,3	Rotación externa: 11,2	Rotación externa: 25,7	Rotación externa: 11,3	Rotación externa: ≤ 0.6
				Elevación Escapular: 37,3	Elevación Escapular: 22,5	Elevación Escapular: 49,3	Elevación Escapular: 21,8	Elevación Escapular: ≥ 2.0	Elevación Escapular: 42,3	Elevación Escapular: 20,5	Elevación Escapular: 44,7	Elevación Escapular: 21,1	Elevación Escapular: ≥ 2.4
				Rotación Interna: 33,2	Rotación Interna: 16,7	Rotación Interna: 41,7	Rotación Interna: 19,3	Rotación Interna: ≥ 8.5	Rotación Interna: 33,7	Rotación Interna: 14,6	Rotación Interna: 32,8	Rotación Interna: 13,5	Rotación Interna: ≤ 0.9
Gorgey et al 2015	Fuerza/Resistencia	Fuerza	Surface neuromuscular electrical stimulation (NMES) training	Muslo Derecho: 6,68	Muslo Derecho: 2,7	Muslo Derecho: 7,94	Muslo Derecho: 3,1	Muslo Derecho: ≥ 1.26	Muslo Derecho: 7,13	Muslo Derecho: 2,4	Muslo Derecho: 7,75	Muslo Derecho: 2,5	Muslo Derecho: ≥ 0.62
				Muslo Izquierdo: 6,60	Muslo Izquierdo: 2,0	Muslo Izquierdo: 8,1	Muslo Izquierdo: 2,1	Muslo Izquierdo: ≥ 1.5	Muslo Izquierdo: 7	Muslo Izquierdo: 2,2	Muslo Izquierdo: 6,9	Muslo Izquierdo: 1,7	Muslo Izquierdo: ≤ 0.1

SD: Desviación estándar

Composición Corporal (Tabla 6)

Autor-Año de estudio	Outcome	Peso, IMC, Cantidad de músculo magro, masa grasa, circunferencia abdominal	Instrumento	Media Pre experimental	SD Pre experimental	Media Post experimental	SD Post experimental	Δ de Cambio	Media pre Control	SD pre Control	Media Post Control	SD post Control	Δ de Cambio
Giangregorio et al 2012	Composición corporal	Masa grasa corporal	Loko 70, Woodway USA Inc., Foster Ct, Waukesha, WI, USA.	25,4	9,7	24,1	9,7	≤1.3	23,2	10,8	24	12,7	≥0.8
		Músculo magro en la pierna		14,9	5,8	17,1	3,1	≥2.2	16,3	3,5	16	4,4	≤0.3
		Masa del Músculo de la pantorrilla		7017	1019	7275	1133	≥258	6763	1642	6356	1831	≤407
		Grasa del Músculo de la pantorrilla		2917	1506	2831	1567	≤86	2784	1719	3196	1934	≥412
Gorgey et al 2013	Composición Corporal	Peso	surface NMES and ankle weights	74	14	75	14	≥1.	76	8	75	8	≤1
		Índice de Masa Corporal		21	5	21	4	≥0.0	23	3	23	2	≥0.0
		Masa Libre de Grasa		51,5	8	52	6	≥0.5	51,7	7	51,3	6	≤0.4
		Masa Grasa		23,3	9	22,6	8	≤0.7	22	2	21	3	≤1
		% de Masa Grasa		30	8	29	7	≤1	29	3	28	3	≤1
		Masa Libre de Grasa en Pierna		6,8	0,8	7,5	0,5	≥0.7	6,5	1,6	6,2	1,5	≤0.3
		Masa Grasa en la Pierna		3,7	1,7	3,7	1,7	≥0.0	3,5	0,3	3,6	0,5	≥1
% de Masa Grasa en la Pierna	34	10	28	7	≤6	35	6	36	6	≥1			
Ralston et al 2013	Composición corporal	Circunferencia de la Pierna	Functional electrical stimulation (FES) cycling	49,2	4,3	49,3	4,6	≥0.1	49,6	3,7	49,8	4,1	≥0.2
Bakkum et al 2015	Composición corporal	Circunferencia de la Cintura	The hybrid cycle (BerkelBike Pro, BerkelBike BV, St Michielsgestel, The Netherlands)	91,8	4,7	87,8	4	≥4	89,7	3,5	87,3	2,9	≤0.4
		Grasa del Tronco (kg)		9,7	1,6	9,2	1,5	≥0.5	13,2	1,7	12,7	1,7	≤0.5
		Grasa del Tronco (%)		27,5	2,7	25,9	2,3	≤1.6	33,7	2,5	33	2,5	≤0.7
		Grasa Androide (kg)		2.0	0.4	1.9	0.4	≤0.1	2.6	0.4	2.6	0.4	≥0.0
		Grasa Androide (%)		33.4	2.9	31.3	2.6	≤2.1	38.6	3.7	37.2	3.3	≤1.4

SD: Desviación estándar

Rendimiento Funcional (Tabla 7):

Autor	Outcome	Habilidades en sillas de ruedas, medidas para caminar	Instrumento	Media Pre experimental	SD Pre experimental	Media Post experimental	SD Post experimental	Δ de Cambio	Media pre Control	SD pre Control	Media Post Control	SD post Control	Δ de Cambio
Mulroy SJ et al 2011	Rendimiento funcional	Habilidades en sillas de ruedas	PASIPD	1,5	0,4	1,5	0,3	≥ 0.0	1,6	0,4	1,6	0,4	≥ 0.0
Kapadia et al 2014	Rendimiento funcional	Medidas de Marcha, Prueba de los 6 min. Resultados a los 2 min	Loko70, Woodway, USA). FES was delivered using two non-invasive, 4 channel electric stimulators Complex Motion (Compex SA, Switzerland)	57,1	43,2	67,2	46,2	≥ 10.1	27,4	29,1	42,9	20,7	≥ 15.5
		Medidas de Marcha, Prueba de los 6 min. Resultados a los 4 min		115,3	79,6	138,1	82,1	≥ 22.8	52,9	56,5	86,6	45,6	≥ 33.7
		Medidas de Marcha, Prueba de los 6 min. Resultados a los 6 min		187,9	123,4	232,5	138,9	≥ 44.6	79,4	83,9	126,4	63,8	≥ 47
		Medidas de Marcha, Prueba de los 10 m Marcha (Tiempo en Segundos)		42,8	46,2	42,2	67,7	≤ 0.6	49,1	41,7	35,1	18,8	≤ 14
		Escala de Movilidad a Pie		2,6	1,4	2,8	1,4	≥ 0.2	2	1,2	3,4	3,2	≥ 1.4
		Medida de Equilibrio y Movilidad TUG		43,6	25,5	32,2	19,1	≤ 11.4	61,6	36,2	51,3	19,6	≥ 10.3
		Medidas de Independencia Funcional en Lesión Medular		57,7	17,8	64,1	19,2	≥ 6.4	63,9	18,9	64,8	13,4	≥ 0.9
		Medidas de Independencia Funcional		4,7	1,82	5,19	1,83	≥ 0.49	4,18	2,14	5,09	2,98	≥ 0.91
Nooijen et al 2015	Rendimiento funcional	Actividad Física (min/d)	Handcycle training program, Body-Fixed Three-axis accele rometers	65	27	73	40	≥ 8	80	35	50	39	≤ 30
		Propulsión en Silla de Ruedas (min/d)		55	25	46	25	≤ 11	68	34	38	28	≤ 30
		Episodios de 5- 10 seg		8	3	10	4	≥ 2	10	5	10	5	≥ 0.0
		Episodios de 10 - 60 seg		32	14	29	17	≤ 3	41	19	23	19	≤ 18
		Episodios de 1 min- 10 min		14	11	7	6	≤ 7	17	13	5	5	≤ 12
		Handcycling (min/d)		10	10	26	30	≥ 16	12	14	12	15	≥ 0.0
		Tiempo Sedentario en el día		147	100	254	174	≥ 107	119	104	244	180	≥ 125
		Motilidad (g)		16	5	17	5	≥ 1	17	4	14	6	≤ 3

Los ensayos clínicos (7), (20), (22) y (23), informaron sobre la presencia de efectos adversos con las intervenciones con actividad física y ejercicio físico, dentro de ellos se destacan los siguientes:

- ✓ Aumento del dolor del cuello y abrasión del codo.
- ✓ Pérdida de la conciencia o desmayo.
- ✓ Rodillas hinchadas.
- ✓ Dolor en el codo izquierdo.
- ✓ Sonido en los oídos y mareo.
- ✓ Úlcera de presión que requiere hospitalización.
- ✓ Infección renal que requiere hospitalización.
- ✓ Cirugía de la vejiga.
- ✓ Abandonos del estudio secundarios a problemas médicos.
- ✓ Abandonos del estudio debido a la asignación al azar.

DISCUSIÓN

La presente revisión sistemática señala la evidencia sobre los beneficios del ejercicio físico en pacientes con LM, cuando en la capacidad física se utilizan protocolos de intervención superiores a 16 semanas, con sesiones mayores a 60 minutos, frecuencias de entrenamiento ≥ 2 veces por semana y una intensidad de la frecuencia cardiaca entre el 65% y el 80%. Para la fuerza-resistencia demostró que los protocolos deberían contemplar una frecuencia de entrenamiento entre 2-3 veces por semana, intensidad moderada a vigorosa, que involucren 3 series de 8-10 repeticiones para fuerza y 4 series de 12-15 repeticiones para resistencia, mayores a 8 semanas de intervención con mínimo 35 minutos de trabajo.

En cuanto a la composición corporal, se presentan hallazgos de la disminución de la masa magra corporal, aumento del músculo magro corporal, aumento del músculo magro en pierna, disminución del peso, disminución del porcentaje graso, disminución del perímetro o circunferencia abdominal, disminución del IMC y disminución de la grasa en pantorrilla. El rendimiento funcional evidencia cambios en el organismo de acuerdo a los protocolos con FES, FES Cycling, FES+Lokomat 70, Robot-Assisted Gait Training y Body Weight-Supported Gait training, los programas de intervención deben ser no menores a 4 semanas de entrenamiento, frecuencia de 2-3 veces por semana y con amplitudes de onda de 8 a 125 mA; sin embargo, algunos autores como (Swinnen. E, et al, 2010) (33) reportaron en su estudio el incremento de la velocidad media de marcha en un 57%, para un grupo de caminata lenta, (Wirz, M, Zemon, DH, Rupp, R & otros, 2005) (34) encontraron un incremento significativo después de una sesión de entrenamiento de velocidad de marcha sobre el suelo del 56% y (Wessels. M, et al, 2010) (35) mencionan en su estudio que existe alguna mejoría en la función corporal (función motora) y en el desarrollo de limitaciones en actividades de la vida diaria.

Los protocolos de intervención utilizados en los estudios incluidos para cada uno de los componentes de la salud física en pacientes con LM fueron diferentes; aunque la capacidad física, mostró similitudes entre (Bakkum, A, Pulson, T, Bishop, N & otros, 2015) (26), quienes implementaron un protocolo de intervención supervisado, con una longitud de 16 semanas de entrenamiento, 35 minutos de trabajo por sesión con intensidades moderadas que oscilaban entre el 65% y el 75% de la frecuencia cardiaca de los sujetos y (Lavado, E, Cardoso, J, Silva, L & otros, 2013) (19) quienes definieron un protocolo supervisado con una longitud de 16 semanas de entrenamiento, 60 minutos de trabajo por sesión, con una frecuencia de 3 veces por semana, en intensidades que oscilaban entre el 70% y el 80% de la frecuencia cardiaca de los sujetos; de igual manera, (Hicks, Al, Martin Ginins, KA, Ditor, DS & otros, 2003) (28) establecieron un protocolo de intervención supervisado de 36 semanas de trabajo, con una frecuencia de 2 veces por semana, intensidad del 70% al 80% y 90 a 120 minutos de trabajo por sesión. Sólo uno de los

estudios (Harvey, LA, Lin, C-WC, Glinsky, JV & otros, 2009) (7) realizó intervenciones orientadas a mejorar la flexibilidad.

Por otra parte, el estudio realizado por (Mulroy, S, Thompson, L, Kemp, B & otros 2011) (22) implementaron un protocolo de intervención caracterizado por estar supervisado, contar con una longitud de trabajo de 16 semanas, una frecuencia de 3 veces por semana, 60 minutos de trabajo por sesión y una intensidad moderada que oscilaba entre el 60% y el 75% de la frecuencia cardíaca de los individuos, 10 a 15 repeticiones por ejercicio y un tiempo de descanso entre 1 minuto o 2 entre series; éste coincidió con protocolos de intervención realizados por diferentes autores en varios aspectos. En primera instancia (Kapadia, N, Masani, K, Craven, C & otros, 2014) (25) emplearon protocolos de intervención en fuerza-resistencia similares al anterior: longitud de trabajo de 16 semanas, frecuencia de 3 veces por semana, intensidad entre el 60% y el 75% de la frecuencia cardíaca, supervisado y con 45 minutos de trabajo por sesión de entrenamiento; en segunda instancia, (Harvey, LA, Fornusek, C, Bowden, JL & otros, 2010) (18) desarrollo un protocolo con las siguientes características: 24 semanas de intervención, frecuencia de 5 veces por semana, tiempo de trabajo fraccionado en el día 10 minutos en horas de la mañana y 10 minutos en horas de la tarde, intensidad entre el 60% y el 75% de la frecuencia cardíaca y 10 a 15 repeticiones por ejercicio; finalmente, (Lavado, E, Cardoso, J, Silva, L & otros, 2013) (19) definieron un protocolo supervisado con una longitud de 16 semanas de entrenamiento, 60 minutos de trabajo por sesión, con una frecuencia de 3 veces por semana, en intensidades que oscilaban entre el 70% y el 80% de la frecuencia cardíaca y un tiempo de descanso o recuperación empleado entre series de uno o dos minutos entre series.

De igual manera, (Ralston, K, Harvey, L, Batty, J & otros, 2013) (20) (Giangregorio, L, Crave, C, Richards, K & otros, 2012) (23), (Bakkum, A, Pulson, T, Bishop, N & otros, 2015) (26) (Gorgey, A, Khalil, R & otros, 2015) (27), coinciden en las siguientes medidas tomadas para la composición corporal: masa grasa corporal, músculo magro en pierna y masa grasa en la pantorrilla; sin embargo, (Bakkum, A, Pulson, T, Bishop, N & otros, 2015) (26), incluyó la medición de la circunferencia de la cintura y (Gorgey, A, Khalil, R & otros, 2015) (29) incluyeron en su estudio medición del peso corporal en (kg) e índice de masa corporal (I.M.C).

Por último, (Nooijen, C, Stam, H, Bergem, M & otros, 2016) (21) y (Mulroy, S, Thompson, L, Kemp, B & otros 2011) (22), realizaron mediciones similares en sus protocolos de intervención para ejercicios en silla de ruedas, dentro éstos involucraron: habilidades en silla de ruedas, propulsión en silla de ruedas y tiempo sedentario en el día, buscando evaluar el rendimiento funcional de los pacientes con LM.

La principal limitación del presente trabajo, fue la heterogeneidad clínica y metodológica de los estudios incluidos, específicamente en las intervenciones y sus componentes tales como duración, longitud, frecuencia e intensidad. Es así como (Ralston, K, Harvey, L, Batty, J & otros, 2013) (20) no reportaron la duración (min/sesión) ni la intensidad (porcentaje de frecuencia cardíaca), (Bakkum, A, Pulson, T, Bishop, N & otros, 2015) (26) no reportaron la frecuencia (sesiones/semana), ni la duración (min/sesión), (Gorgey, A, Mather, K, Cupp, HH & otros, 2012) (27) no reportaron la duración (min/sesión) y (Gorgey, A, Khalil, R & otros, 2015) (29) no reportaron la duración (min/sesión) ni la frecuencia (sesiones/semana). Así mismo, se presentó diversidad de protocolos relacionados con los componentes anteriormente mencionados. La evaluación de los componentes de salud como capacidad física, fuerza-resistencia, composición corporal y rendimiento funcional, reportó esta misma heterogeneidad.

De igual manera, la **Tabla No. 2**, permite evidenciar que existe dificultad para enmascarar participantes y terapeutas en éste tipo de intervenciones puesto que ninguno de los estudios incluidos para el presente estudio reportó éste ítem en la evaluación metodológica realizada con la Escala PEDro. Además, (Ralston, K, Harvey, L, Batty, J & otros, 2013) (20), (Gorgey, A, Mather, K, Cupp, HH & otros, 2012) (27), (Hicks, AL, Martin, KA, Ditor, Ds & otros, 2003) (28) y (Gorgey, A, Khalil, R & otros, 2015) (29), no presentaron el cálculo del tamaño de muestra, lo cual permite inferir que sus resultados deben ser tomados con

precaución. Por otra parte, (Harvey, LA, Fornusek, C, Bowden, JL & otros, 2010) (18), (Ralston, K, Harvey, L, Batty, J & otros, 2013) (20), (Giangregorio, L, Crave, C, Richards, K & otros, 2012) (23), (Bakkum, A, Pulson, T, Bishop, N & otros, 2015) (26), (Gorgey, A, Mather, K, Cupp, HH & otros, 2012) (27), (Hicks, AL, Martin, KA, Ditor, Ds & otros, 2003) (28) y (Gorgey, A, Khalil, R & otros, 2015) (29), presentan fallas en el proceso de reclutamiento de participantes y no hacen mención de dicho proceso.

Finalmente, (Harvey, LA, Fornusek, C, Bowden, JL & otros, 2010) (18), (Ralston, K, Harvey, L, Batty, J & otros, 2013) (20), (Nooijen, C, Stam, H, Bergem, M & otros, 2016) (21), (Kapadia, N, Masani, K, Craven, C & otros, 2014) (25), (Bakkum, A, Pulson, T, Bishop, N & otros, 2015) (26), (Hicks, AL, Martin, KA, Ditor, DS & otros, 2003) (28) y (Gorgey, A, Khalil, R & otros, 2015) (29), no reportaron los eventos adversos que pudieron haber tenido durante el desarrollo de sus estudios, lo cual hubiese sido importante para los procesos de intervención con actividad física y ejercicio físico en éste tipo de población.

Con base en lo anterior, es recomendable que las intervenciones con actividad física y ejercicio físico en pacientes con LM que se realicen en próximos ensayos clínicos aleatorizados, contemplen y reporten dentro de sus protocolos todos los componentes de la carga (duración, longitud, frecuencia e intensidad), el enmascaramiento de los participantes y terapeutas. También se recomienda dar cuenta de los eventos adversos que puedan presentarse durante el desarrollo de los próximos estudios para poder prever qué situaciones pueden presentarse en los grupos intervención cuando se establecen protocolos con ejercicio físico y actividad física. Igualmente, se recomienda describir los procesos de reclutamiento y del cálculo del tamaño de la muestra para poder tener confianza en los resultados.

CONCLUSIONES

La práctica del ejercicio físico y actividad física en pacientes con LM mejora los componentes de salud, capacidad física, fuerza-resistencia muscular, composición corporal y rendimiento funcional, cuando son implementados en intervenciones no convencionales, es decir sin tratamiento farmacológico o médico, de acuerdo a las características previamente descritas y manteniendo las particularidades específicas de los componentes de la carga (duración, frecuencia, intensidad y longitud) para cada uno de ellos. Con base en lo anterior, estudios como éste son la línea base o punto de partida para futuras investigaciones con protocolos de intervención en ejercicio físico o actividad física que deben ser utilizados en pacientes con lesión medular.

Algunos de los beneficios que pueden alcanzar los pacientes con LM cuando se intervienen con programas de ejercicio físico y actividad física son: aumento del músculo magro corporal, disminución del porcentaje graso corporal, disminución del perímetro o circunferencia abdominal, aumento de la fuerza de miembros superiores, independencia funcional, aumento de los niveles de actividad física, aumento de la resistencia cardíaca, aumenta de la velocidad de propulsión en silla de ruedas, aumento de la resistencia a la fatiga, aumento de la fuerza prensil, disminución del dolor, estrés y depresión, aumento de la percepción de la calidad de vida, disminución de la presión arterial diastólica, aumento de la presión arterial sistólica, aumento de los movimientos articulares del miembro superior (rotación externa de hombro, aducción, rotación interna de hombro y elevación escapular), aumento de la circunferencia de la pierna, aumento del VO₂ pico y disminución de la espasticidad.

Éste estudio permitirá suplir necesidades de conocimiento científico de calidad, debido a que el proceso de búsqueda de los estudios incluidos se realizó en las mejores bases de datos y buscadores de la literatura gris, se convertirá en una herramienta de toma de decisiones basada en evidencia científica; además, ésta revisión sistemática priorizó la relevancia clínica desde un enfoque práctico y servirá para guiar decisiones profesionales cuando se realicen futuras intervenciones en pacientes con LM. De igual forma, ésta revisión siguió los lineamientos metodológicos de la declaración Prisma, se estandarizaron los evaluadores en calidad mediante la evaluación de reproducibilidad inter-evaluador de la evaluación de calidad, la búsqueda se

realizó por dos investigadores de manera independiente (DGG) y (PCR), no se incluyó ningún estudio con calidad metodológica menor a 5 puntos en la Escala PEDro.

Finalmente, dentro del marco nacional, éstos hallazgos le permitirán a otros investigadores implementar estrategias de intervención y caracterización, con programas de ejercicio físico y actividad física, los cuales mejorarán los componentes de salud, capacidad física, fuerza-resistencia muscular, composición corporal y rendimiento funcional en pacientes con LM. El ministerio de salud, los centros médicos y hospitalarios, los programas de educación superior en salud y ejercicio físico del país, podrán contar con una herramienta de calidad que les permitirá tomar decisiones profesionales en la implementación de acciones investigativas y políticas públicas para mejorar la calidad de vida de dicha población.

CONFLICTO DE INTERÉS:

Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés.

AGRADECIMIENTOS:

Agradecemos a José Meneses Echávez quien impulsó, en primera instancia, la elaboración de éste proyecto y a la Médico y Cirujana Paola Andrea Muñoz Pérez quien facilitó sus conocimientos profesionales para esclarecer el proceso fisiopatológico de la LM

FINANCIACIÓN:

Los autores declaran que éste estudio no es patrocinado por ninguna entidad pública o privada y que todos los medios para adelantar el mismo fueron conseguidos bajo sus propios recursos económicos.

BIBLIOGRAFÍA:

1. Lema H, Pérez C, Parra J. Modelos Predictivo del grado de discapacidad en adultos con lesión medular: Resultados desde el Who-Das II. *Ciencias de la Salud*. 2011 May; 2(48).
2. Wyndaele C, Wyndaele J. Incident, prevalence and epidemiology of spinal cord injury: What learns a worldwide literature survey? *Spinal Cord*. 2006 Feb; 23(10).
3. Sisto A, Evans S, Nick. Activity and fitness in spinal cord injury: review and update. *Curriculum Physical Medical Rehabilitation*. 2014 Jun; 3(3).
4. OMS. World Health Organization. [Online].; 2013 [cited 2014 Abril 10. Available from: <http://www.who.int/mediacentre/factsheet/fs384/es/>.
5. Froelich-Grobe K, Lee J, Aaronson L, Nary D, Washburn R, Little T. Exercise for Everyone: A Randomized Controlled Trial of Project Workout on Wheels in Promoting Exercise Among Wheelchair Users.. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2014 Aug; 20(95).
6. Arsom K, Ginis M, Jorgensen S, Stapleton J. Exercise and Sport for Persons Whit Spinal Cord Injury. *Physical Medicine and Rehabilitation*. 2012 Apr; 27(84).
7. Harvey LA, Lin CW, Glinsky J, De Wolf A. The Effectiveness of Physical Interventions for People whit Spinal Cord Injuries: A Systematic Review. *Spinal Cord*. 2009 Jun; 47(71).
8. Kathleen A, Arbour-Nicitopoulus K, Ginis M, A.E L. Planning leasure-time physical activity and copy-self efficacy in persons whit spinal cord Injury: A randomized controlled trial. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2009 Dec; 90(19).
9. Hicks A, Martin Ginins K, Pelletier C, Ditor D, Folun B, Wolfe D. The effects of exercise training on physical capacity, strength, body composition and functional performance among adults with spinal cord injury: a systematic review. *Spinal Cord*. 2011 Junio; 49(23).
10. Liberati A, Douglas G A, Jennifer T, Cynthia M, Gotzche P, John P.A I, et al. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care Interventions: explanation and elaboration. *PLoS Medicine, BMJ, Journal of Clinical Epidemiology, and Open Medicine*. 2009 Julio; 6(7).
11. Moher D, Liberati A, Jennifer T, Altman D, Group atP. Reprint—preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *PLoS Medicine, BMJ, Journal of Clinical Edidemiology, and Open Medicine*. 2009 Septiembre; 89(9).
12. Higgins J, Green S. Cochrane collab. [Online].; 2011 [cited 2017 Abril 10. Available from: www.handbook.cochrane.org.
13. Robinson K, Dickersin K. Development of a highly sensitive search strategy for the retrieval of reports of controlled trials using PubMed. *International Journal of Epidemiology*. 2002 Octubre; 31(6).
14. McNeely M, Campbell K, Rowe B, Klassen T, Mackey J, Courneya K. Effects of exercise on breast cancer patients and survivors: a systematic review and meta-analysis. *Clinical Medicine Archives Journal*. 2006 Julio; 34(14).
15. Association AP. PEDro Physiotherapy evidence database. [Online].; 2017 [cited 2017 Septiembre 24. Available from: <https://www.pedro.org.au/>.

16. Verhagen A, de Vet H, de Bie R, Kessels A, Boers M, Bouter L, et al. The delphi list: A criteria List for quality assessment of randomized clinical trials for conducting systematic reviews developed by delphi consensus. *Journal Clinical of Epidemiology*. 1998 Febrero; 12(51).
17. Moseley A, Herbert R, Sherrington C, Mher C. Evidence for physiotherapy practice: A survey of the physiotherapy evidence database (PEDro). *Australian Journal of Physiotherapy*. 2002 Abril; 48(16).
18. Harvey L, Fornusek C, Bowden J, Pontifex N, Glinsky J, Middleton J, et al. Electrical stimulation plus progressive resistance training for leg strength in spinal cord injury: A randomized controlled trial. *Spinal Cord*. 2010 Enero; 48(17).
19. Lavado E, Cardoso J, Silva L, Dela Bela L, Atallah A. Effectiveness of aerobic physical training for treatment of chronic asymptomatic bacteriuria in subjects with spinal cord injury: a randomized controlled trial. *Clinical Rehabilitation*. 2013 Enero; 27(2).
20. Ralston K, Harvey L, Batty J, Lee B, Ben M, Cusmiani R, et al. Functional electrical stimulation cycling has no clear effect on urine output, lower limb swelling, and spasticity in people with spinal cord injury: a randomised cross-over trial. *Journal of Physiotherapy*. 2013 junio; 59(23).
21. Nooijen C, Stam H, Bergem M, Bongers-Janssen H, Valent L, van Lageveld S, et al. A behavioural intervention increase physical activity in people with subacute spinal cord injury: a randomised trial. *Journal of Physiotherapy*. 2016 enero; 62(17).
22. Mulroy S, Thompson L, Kemp B, Hatchett P, Newsan C, Gutierrez Lupold D, et al. Strengthening and optimal movements for painful shoulders (STOMPS) in chronic spinal cord injury: A randomized controlled trial. *Physical Therapy Clinical Research Network*. 2011 Marzo; 91(3).
23. Giangregorio L, Craven C, Richards K, Kapadia N, Hitzig S, Masani K, et al. A randomized trial of functional electrical stimulation for walking in incomplete spinal cord injury: Effects on body composition. *Journal of Spinal Cord Medicine*. 2012 Octubre; 35(5).
24. Hitzig S, Craven C, Panjwani A, Kapadia N, Giangregorio L, Richards K, et al. Randomized trial of functional electrical stimulation therapy for walking in incomplete spinal cord injury: effects on quality of life and community participation. *Spinal Cord Injury Rehabilitation*. 2013 marzo; 19(4).
25. Kapadia N, Masani K, Craven C, Giangregorio L, Hitzig S, Richards K, et al. A randomized trial of functional electrical stimulation for walking in incomplete spinal cord injury: Effects on walking competency. *Journal of Spinal Cord Medicine*. 2014 abril; 37(5).
26. Bakkum A, Paulson T, Bishop N, Goosey-Tolfrey V, Stolwijk-Swuste J, van Kuppelvelt D, et al. Effects of hybrid cycle and handcycle exercise on cardiovascular disease risk factor in people with spinal cord injury: A randomized controlled trial. *Journal of Rehabilitation Medicine*. 2015 Mayo; 47(15).
27. Gorgey A, Mather K, Cupp H, Gater D. Effects of resistance training on adiposity and metabolism after spinal cord injury. *Journal of the American College of Sports Medicine*. 2012 Agosto; 44(1).
28. Hicks A, Martin K, Ditor D, Latimer A, Craven C, Bugaresti J, et al. Long-term exercise training in persons with spinal cord injury: effects on strength, arm ergometry performance and psychological well-being. *Spinal Cord*. 2003 Mayo; 41(9).
29. Gorgey A, Khalil R. Neuromuscular electrical stimulation training increases intermuscular fascial length but not

tendon cross-sectional area after spinal cord injury. *Spinal Cord Injury Rehabilitation*. 2015 Junio; 21(1).

30. Jiménez B, Martín J, Abadía O, Herrero JA. resistance training program of the upper extremity in manual wheelchair users. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*. 2007 Septiembre; 7(27).
31. Ditor D, Latimer A, Martin Ginins K, Arbour K, McCartney N, Hicks A. Maintenance of exercise participation in individuals with spinal cord injury: effects on quality of life, stress and pain. *Spinal Cord*. 2003 Noviembre; 41(7).
32. Bakkum A, de Groot S, van der Woude L, Janssen T. The effects of hybrid cycle training in inactive people with long-term spinal cord injury: design of a multicenter randomized controlled trial. *Disability and Rehabilitation*. 2012 Junio; 8(16).
33. Swinnen E, Duerinck S, Baeyens JP, Meeusen R, Kerckhfs E. Effectiveness of robot-assisted gait training in persons with spinal cord injury: A systematic review. *Journal of Rehabilitation Medicine*. 2010 Enero; 42(9).
34. Wirz M, Zemon D, Rupp R, Schell A, Colomo G, Dietz V. Effectiveness of automated locomotor training in patients with chronic incomplete spinal cord injury: a multicenter trial. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2005 Agosto; 86(36).
35. Wessels M, Cees L, Inge E, de Groot S. body-weight-supported gait training for restoration of walking in people with an incomplete spinal cord injury: A systematic review: A SYSTEMATIC REVIEW. *Journal of Rehabilitation Medicine*. 2010 Enero; 42(11).
36. Hicks AL, Ginins M, Pelletiere C, Ditor D, Foulon B, Wolfe D. The Development of Evidence-Informed Physical Activity Guidelines for Adults with Spinal Cord Injury: A Systematic Review. *Spinal Cord*. 2011 Jun; 49.
37. Jiménez B, Martín J, Abadía O, Herrero JA. Resistance Training Program of the Upper Extremity in Manual Wheelchairs Users. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias del Deporte*. 2007 Septiembre; 7(27).
38. Harvey L, Herbert R, Glinsky J, Moseley A, J B. Effects of 6 months of regular passive movements on ankle joint mobility in people with spinal cord injury: a randomized controlled trial. *Spinal Cord*. 2009 Junio; 47.
39. AL Hicks KMGCPDDBFaDW. The effects of exercise training on physical capacity, strength, body composition and functional performance among adults with spinal cord injury: a systematic review. *Spinal Cord*. 2011 Junio; 49(1103–1127).
40. Cobos-Carbó A. Ensayos Clínicos Aleatorizados. *Medicina Clínica*. 2005; 27(7).