

REVISIÓN

Efectos del entrenamiento vibratorio de cuerpo completo en pacientes con esclerosis múltiple: una revisión sistemática

I. Castillo-Bueno^a, D.J. Ramos-Campo^{b,c} y J.A. Rubio-Arias^{b,c,*}

^a Cátedra de Fisiología del Deporte, Universidad Católica de Murcia, Murcia, España

^b Centro de Investigación en Alto Rendimiento (CIARD), Universidad Católica de Murcia, Murcia, España

^c Facultad de Deporte, Universidad Católica de Murcia, Murcia, España

Recibido el 31 de diciembre de 2015; aceptado el 11 de abril de 2016

Accesible en línea el 19 de julio de 2016

PALABRAS CLAVE

Equilibrio;
Fatiga;
Fuerza;
Mielina;
Resistencia;
Vibración

Resumen

Introducción: La esclerosis múltiple (EM) es una enfermedad inflamatoria autoinmune del sistema nervioso central. Se caracteriza por la desmielinización del nervio, pudiendo alterar la transmisión nerviosa y conducir a síntomas como fatiga, debilidad muscular y deterioro de la función motora. En España existen 47.000 personas afectadas de EM. El entrenamiento vibratorio puede ser una opción complementaria eficaz al ejercicio tradicional para el tratamiento de la EM. El objetivo fue determinar la efectividad de los programas de entrenamiento vibratorio en los sujetos con EM.

Desarrollo: Cinco bases de datos electrónicas (PubMed, SPORTDiscus, SciELO, Lilacs, IBECs e ISI Web of Knowledge) fueron consultadas para la búsqueda bibliográfica en agosto del 2015. Un conjunto de términos de búsqueda identificaron estudios que relacionaban el entrenamiento vibratorio y la EM. Se incluyeron ensayos clínicos controlados y aleatorizados que aplicaron un programa de entrenamiento vibratorio dirigido a pacientes con EM. Setenta y un artículos fueron obtenidos tras la búsqueda. Finalmente, se incluyeron 9 de ellos tras descartar los estudios duplicados y aquellos que no fueron relevantes sobre base de los criterios de selección. Se encontraron varios resultados entre los estudios.

Conclusiones: Algunos estudios hallaron mejoras en la fuerza muscular, la capacidad funcional, la coordinación, la resistencia, el equilibrio y algunas áreas del MSSS-88. Sin embargo, detectamos algunas limitaciones entre los estudios y son todavía pocas las publicaciones realizadas hasta la fecha sobre entrenamiento vibratorio y EM para certificar la efectividad de dicho entrenamiento en esta patología.

© 2016 Sociedad Española de Neurología. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: jararias@ucam.edu (J.A. Rubio-Arias).

KEYWORDS

Balance;
Fatigue;
Strength;
Myelin;
Resistance;
Vibration

**Effects of whole-body vibration training in patients with multiple sclerosis:
A systematic review****Abstract**

Introduction: Multiple sclerosis (MS) is an autoimmune inflammatory disease of the central nervous system. MS is characterised by nerve demyelination that can alter nerve transmission and lead to such symptoms as fatigue, muscle weakness, and impaired motor function. There are 47 000 people with MS in Spain. Vibration training can be an effective and complementary alternative to traditional exercise to treat patients with MS. The aim of this study was to analyse the effectiveness of vibration training programmes in patients with MS.

Development: We searched 5 electronic databases (PubMed, SPORTDiscus, SciELO, Lilacs, IBECs, and ISI Web of Knowledge) in August 2015. By using a set of keywords, we found studies linking vibration training and MS and included randomised controlled trials that applied vibration training to patients with MS. Our search yielded 71 studies. Only 9 of them were included after removing duplicate studies and those which were not relevant according to our selection criteria. These studies obtained different outcomes.

Conclusions: Some studies found improvements in muscle strength, functional capacity, coordination, resistance, balance, and some areas of MSSS-88. However, we identified limitations in some of these studies and there are still few publications on vibration training and multiple sclerosis to ensure training effectiveness.

© 2016 Sociedad Española de Neurología. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

Introducción

En la actualidad existen varias patologías que afectan al sistema nervioso, entre las que se encuentra la esclerosis múltiple (EM), siendo la enfermedad neurológica más frecuente en adultos jóvenes y una de las principales causas de invalidez de estos¹. La EM es una enfermedad inflamatoria autoinmune del sistema nervioso central. Se caracteriza por la desmielinización del nervio, producto de la inflamación y la progresiva degeneración de las vainas de mielina que envuelven los nervios del ojo, encéfalo, sustancia gris periventricular, tronco encefálico y médula espinal²⁻⁵. Este proceso puede dar lugar a múltiples placas (esclerosis) en la materia blanca del cerebro y la médula espinal. Estas placas pueden convertirse en cicatrices permanentes que alteran la transmisión nerviosa^{6,7} y conducir a una serie de síntomas, como fatiga, debilidad muscular y problemas de función motora^{3,8}.

En los países desarrollados la EM tiene una gran prevalencia⁹, registrándose 47.000 personas afectadas de EM en España, 600.000 en Europa y más de 2.000.000 en el mundo¹⁰. El diagnóstico de la EM se produce generalmente entre las edades de 20 y 50 años. Las mujeres parecen ser afectadas en casi el doble de la tasa que los hombres, en una proporción aproximada de 2 de cada 3^{9,10}. Actualmente es la primera causa de discapacidad neurológica en adultos jóvenes en los países desarrollados y su incidencia va en aumento⁹. La etiología de la EM se desconoce. La susceptibilidad a esta patología parece ser compleja¹¹ y multifactorial, posiblemente resultante de una interacción de factores genéticos, infecciosos y ambientales^{3,9,11-21}.

Debido a los síntomas de la EM, esta población suele ser sedentaria, presentando niveles de actividad física

generalmente inferiores a los del resto de las personas. La inactividad tiene consecuencias, como debilidad muscular, menor densidad ósea, menor forma cardiovascular y un aumento de la fatiga³.

Aunque no existe cura para la EM, los síntomas pueden ser tratados mediante ejercicio físico, pudiendo ayudar a mantener y mejorar el equilibrio, la movilidad y la calidad de vida de estas personas para continuar las tareas de su vida diaria³. El ejercicio físico mejora el deterioro de la función de la vejiga y el intestino en personas con EM, afecta positivamente a la salud psicológica y la calidad de vida^{22,23}, mejora la debilidad muscular²⁴, reduce potencialmente la fatiga sintomática, reduce los síntomas²⁵ y puede disminuir los factores de riesgo cardiovascular y enfermedad metabólica²⁶.

En cuanto al ejercicio aeróbico, las personas con EM que lo practican experimentan menores riesgos de exacerbación de la enfermedad²⁷ y mejoras sintomáticas²⁵. En lo que respecta al ejercicio de fuerza, este es fundamental para la capacidad funcional de estas personas (movilidad, independencia, tareas cotidianas, etc.)³. El entrenamiento de fuerza mejora la fuerza isométrica²⁸ y la potencia dinámica²⁴ por la vía de la adaptación neural (a corto plazo) y mediante hipertrofia muscular (a largo plazo)²⁹. Además, se logran ganancias funcionales, como mayor velocidad de la marcha³⁰, mayor resistencia muscular²⁴, menor fatiga sintomática²⁸ y mejor equilibrio³¹ y cinemática de la marcha³². Por último, se ha observado que la aplicación de un programa de flexibilidad puede contrarrestar la espasticidad, reducir o evitar las contracturas, incrementar el ROM, aumentar la longitud del músculo y mejorar la postura y el equilibrio, aspectos que se ven afectados junto con el rango de movimiento en las personas con EM³.

Entre los diferentes sistemas de entrenamiento en población con EM, el entrenamiento vibratorio como un medio terapéutico podría mejorar la función física y aliviar algunos síntomas y signos. Además, este tipo de entrenamiento reduce costes y causa menos fatiga en el paciente³³, aspectos que resultan fundamentales teniendo en cuenta que el limitante principal del entrenamiento en esta población es la fatiga. El entrenamiento vibratorio se basa principalmente en la transmisión de estímulos vibratorios a través del organismo mediante una plataforma vibratoria. Esta vibración activará una serie de receptores sensoriales, especialmente los husos musculares a través del estiramiento, que provocarán la activación refleja de las motoneuronas alfa y consecuentemente un reflejo tónico responsable de la contracción muscular refleja^{34,35}. Todo esto resulta en una mejora de la fuerza muscular y la funcionalidad, como lo demuestran varios estudios actuales que emplearon el entrenamiento vibratorio en personas sin EM, mostrando diversas mejoras significativas en parámetros de fuerza^{36,37} y disminución del riesgo de caída en personas mayores³⁸. Además, existe una evidencia moderada que apoya mejoras en la flexibilidad de los músculos isquiosurales en adultos físicamente activos tras seguir un programa de entrenamiento vibratorio³⁹, lo cual podría beneficiar la funcionalidad de la marcha. Las personas con EM suelen presentar limitaciones de la movilidad que pueden deteriorar la capacidad de realizar las tareas cotidianas³. Sin embargo, la evidencia acerca de la efectividad del entrenamiento vibratorio sobre la movilidad en personas con EM es aún bastante limitada. Por todo ello, el objetivo de esta revisión fue analizar el contenido de la literatura científica publicada en relación con el entrenamiento vibratorio y sus efectos en personas con EM. Además, se pretendió describir las variables que fueron medidas por los diferentes estudios incluidos y comparar los protocolos de entrenamiento vibratorio llevados a cabo por los estudios seleccionados.

Desarrollo

Para el desarrollo de la metodología del trabajo se han seguido las recomendaciones de la declaración PRISMA⁴⁰.

Fuentes

La búsqueda bibliográfica fue llevada a cabo en el mes de agosto del 2015 y se emplearon las siguientes estrategias: 1) («multiple sclerosis» [Mesh]) AND («vibration treatment» OR «whole-body vibration» OR «whole body vibration» OR «vibration therapy» OR «vibrotherapy» OR «vibration training» OR «vibration exercise»), y 2) («multiple sclerosis») AND («vibration treatment» OR «whole-body vibration» OR «whole body vibration» OR «vibration therapy» OR «vibrotherapy» OR «vibration training» OR «vibration exercise»).

La búsqueda se basó en las siguientes fuentes, obteniendo los resultados pertinentes (tabla 1).

Se incluyeron estudios experimentales en forma de ensayos clínicos controlados aleatorizados (por ser considerados la forma más viable de evidencia científica), formando parte de esta revisión aquellos estudios donde la población que

Tabla 1 Sintaxis de búsqueda

Bases de datos	Número de artículos obtenidos con la estrategia 1	Número de artículos obtenidos con la estrategia 2
PubMed	16	21
SPORTDiscus	—	5
SciELO	—	0
Lilacs	—	0
IBECs	—	0
ISI Web of Knowledge	—	29 ^a

^a Resultados obtenidos empleando los filtros «SPORT SCIENCES» y «REHABILITATION».

formó la muestra fue diagnosticada con «EM» y los estudios que emplearon el entrenamiento de tipo «vibratorio de cuerpo entero» como intervención y midieron los resultados de la aplicación de dicho programa en la población con EM. Con el fin de evitar posibles sesgos y alterar los resultados, se excluyeron los estudios donde los participantes realizaron formas de entrenamiento físico (orientadas a la mejora de una capacidad física básica específica) adyacentes al entrenamiento vibratorio durante la intervención, ya fuese por aplicación del propio estudio o por cuenta de los mismos sujetos.

Resultados

Se revisaron el título y el resumen de un total de 71 artículos recuperados mediante la estrategia de búsqueda. Tras descartar los estudios duplicados, permanecieron 34 publicaciones. Un total de 24 estudios de investigación que no fueron relevantes sobre la base de los criterios de inclusión anteriormente mencionados no fueron revisados. Se examinaron a texto completo 10 artículos restantes acorde con los criterios de inclusión. Finalmente, tras excluir un artículo, fueron seleccionados un total de 9 artículos para formar parte de esta revisión sistemática. Los resultados de esta búsqueda se muestran en la figura 1.

Se empleó la escala PEDro para evaluar la calidad metodológica de los diferentes artículos seleccionados. La presencia de indicadores de la calidad de las evidencias presentadas se califica con 1 punto y la no presencia con 0 puntos. En la tabla 2 se pueden observar las puntuaciones de los diferentes estudios.

Los 9 estudios seleccionados⁴¹⁻⁴⁹ se muestran en la tabla 3. Dos de los estudios^{42,43} llevaron a cabo un programa de rehabilitación general adyacente al programa propio del estudio, aunque dichos programas no se consideraron como entrenamiento físico, por lo que fueron incluidos.

La información referente al número, el sexo, la edad y el nivel de discapacidad de los participantes se muestra en la tabla 3. Los estudios incluidos⁴¹⁻⁴⁵ exploraron los efectos del entrenamiento vibratorio en personas diagnosticadas con EM. Se recoge la herramienta para especificar el nivel de discapacidad de los sujetos, siendo empleada en la mayoría de los estudios⁴¹⁻⁴⁷ la escala expandida del estado de discapacidad de Kurtzke. El grado de discapacidad de

Tabla 2 Evaluación de la calidad metodológica de los estudios según PEDro

Estudios	Ítems											Puntuación
	1. Criterio de elegibilidad ^a	2. Asignación aleatoria	3. Ocul-tación de la asignación	4. Posibi-lidad de com-parar los valores iniciales	5. Cega-miento de los sujetos	6. Cega-miento de los terapeu-tas	7. Cega-miento de los evalua-dores	8. Segui-miento de al menos el 85% de los parti-cipantes	9. Intención de tratar	10. Com-paración entre grupos	11. Esti-maciones puntua-les y variabili-dad	
Broekmans et al. ⁴¹	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	6
Claerbout et al. ⁴²	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	6
Hilgers et al. ⁴³	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	7
Jackson et al. ⁴⁴	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	4
Alguacil Diego et al. ⁴⁵	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	6
Wolfsegger et al. ⁴⁶	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	7
Schuhfried et al. ⁴⁷	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	9
Schyns et al. ⁴⁸	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	7
Uszynski et al. ⁴⁹	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	6

^a Este criterio no se utilizó para el cálculo de la puntuación por relacionarse con la validez externa.

Tabla 3 Síntesis de los estudios incluidos en esta revisión

Referencia	Muestra	Objetivo	Variables y mediciones pre-postentrenamiento	Protocolo de entrenamiento	Resultados	Conclusión
Alguacil Diego ⁴⁵ et al. (2012)	32 pacientes con EM leve a moderada (4,1 EDSS); 43 ± 6 años; GE = 17 (♀: n = 8, ♂: n = 9); GC = 15 (♀: n = 8, ♂: n = 7)	Evaluar los efectos de WBV sobre el control postural, la funcionalidad y la fatiga en pacientes con EM	TUG ₁ para medir el equilibrio dinámico y la movilidad funcional; BBS para medir el equilibrio; T10m para medir la velocidad de la marcha; FSS para la medición de la fatiga; PDC (SOT1, SOT2, SOT3, SOT4, SOT5, SOT6, MCT-LAT) para medir el equilibrio y control postural; COMP informa sobre el equilibrio global; EST informa sobre la estrategia postural	Programa con una duración de 5 días consecutivos. Una sesión diaria compuesta por 5 series de 1 min con descanso de 1 min entre series, a una frecuencia de 6 Hz y una amplitud de 3 mm Duración total de la intervención diaria: 10 min	El GE presentó mejoras significativas en SOT1, SOT3 y LAT, con tendencia a la significación en TUG ₁ . Hubo mejora entre grupos en MCT, disminuyendo significativamente la LAT. Sin diferencias significativas en SOT, BBS, FSS, TUG ₁ y T10 m	WBV fue útil en el control del equilibrio, aunque no influyó en la funcionalidad ni en la fatiga (debido posiblemente a la corta duración del programa)
Broekmans et al. ⁴¹ (2010)	25 pacientes con EM leve a moderada (4,3 ± 0,2 EDSS); 47,9 ± 1,9 años; GE = 11 (♀: n = 7, ♂: n = 4); GC = 14 (♀: n = 11, ♂: n = 3)	Determinar los efectos de un programa de WBV sobre el rendimiento y la función de la musculatura de la pierna en pacientes con EM	DI para medir la FIM de la flexión y la extensión de la rodilla, FDM, RMM y VMM de la extensión de la rodilla; BBS, TUG ₁ , 2MWT y T25FW para medir la capacidad funcional. Las mediciones se realizaron PRE, INT (10 semanas) y POST (20 semanas)	5 sesiones cada 2 semanas con un incremento sistemático —a lo largo de las 20 semanas de duración— de la duración de la vibración por sesión de 2,5 hasta 16,5 min (de 1 a 3 series por ejercicio, de 2 a 5 ejercicios, de 30 a 60 s la duración de la vibración sin descanso), de 20 a 45 Hz la frecuencia, disminuyendo de 120 a 30 s el descanso entre ejercicios y con una amplitud de vibración de 2,5 mm	En comparación con el GC, no existieron mejoras significativas en la FIM en extensores y flexores de rodilla. Tampoco la FDM, la RMM ni la VMM de la extensión de la rodilla mejoraron con el programa. Los test BBS, TUG ₁ , 2MWT y T25FW tampoco detectaron mejoras en la capacidad funcional. Sin embargo, la FIM en flexores fue significativamente menor al final del programa en el GC	El protocolo WBV es seguro pero probablemente no mejore el rendimiento y función de la musculatura de la pierna

Tabla 3 (continuación)

Referencia	Muestra	Objetivo	Variables y mediciones pre-postentrenamiento	Protocolo de entrenamiento	Resultados	Conclusión
Claerbout et al. ⁴² (2012)	55 pacientes con EM (5,5 EDSS); GE1 (WBV-full) = 20 (♀: n = 6, ♂: n = 14) (39,1 ± 8,2 años); GE2 (WBV-light) = 18 (♀: n = 4, ♂: n = 14) (43,8 ± 12,6); GC = 17 (♀: n = 11, ♂: n = 6) (47,6 ± 8,3)	Evaluar los efectos de un programa de ejercicio realizado en una plataforma vibratoria sobre la fuerza y movilidad funcional en pacientes con EM que siguen un programa de rehabilitación multidisciplinar	Dinamómetro de mano para medir la fuerza máxima de los músculos tibial anterior, cuádriceps, isquiosurales y glúteos medios; 3 MWT, TUG ₁ y BBS para medir la movilidad funcional	Programa de entrenamiento compuesto por 10 sesiones distribuidas a lo largo de 3 semanas, incrementando a lo largo de las cuales la duración del ejercicio de 30 a 60 s, el descanso entre ejercicios de 30 a 60 s y la frecuencia de 30 a 40 Hz, con una amplitud de 1,6 mm. Se emplearon colchonetas de 2 y 10 cm de grosor como superficie de contacto para los grupos WBV-full y WBV-light, respectivamente. Duración total del entrenamiento: 7 a 13 min	Los grupos mostraron mejoras significativas en la fuerza de todos los músculos analizados. El programa aportó mejoras significativas a la fuerza de los músculos cuádriceps e isquiosurales, encontrando dichas mejoras únicamente en el grupo WBV-full, con una tendencia a la significación en las mejoras obtenidas en los glúteos medios. Se encontraron incrementos significativos en todos los test funcionales, pero sin efectos de interacción significativos atribuibles al programa	Un programa de ejercicio de 3 semanas sobre una plataforma vibratoria mejoró significativamente la fuerza muscular pero no la funcionalidad en personas con EM
Hilgers et al. ⁴³	60 pacientes con EM leve a moderada (3,3 ± 1,5 EDSS); 43,3 ± 8,3 años; GE = 30 (♀: n = 22, ♂: n = 8); GC = 30 (♀: n = 23, ♂: n = 7)	Determinar los efectos de WBV sobre la función física o la capacidad para caminar en pacientes con EM que realizan un programa de rehabilitación estándar	SST para medir la fuerza; TUG ₂ para medir la coordinación; T10m para medir la velocidad de la marcha; 6 MWT para medir la resistencia	WBV durante 3 semanas, 3 veces por semana, realizando 3 series de 60 s, descansando 30 s (3 primeras sesiones) y 5 s (resto de las sesiones) entre series, a una frecuencia de 30 Hz y con una amplitud de 1 mm (6 primeras sesiones) y 2 mm (3 últimas sesiones). El GC realizó el mismo protocolo pero con la plataforma desconectada. Duración máxima de la sesión: 12 min	El 6 MWT fue el único parámetro relacionado con la capacidad de marcha que tuvo un cambio significativo con el programa, mostrando el GE un incremento de la distancia hasta 4,5 veces mayor que el GC. Ambos grupos mostraron mejoras significativas en su capacidad de marcha en todas las medidas de resultado: SST, TUG ₂ , T10m, 6 MWT	Los determinantes de la capacidad de marcha relacionados con la resistencia mejoraron con el entrenamiento vibratorio en personas con EM

Tabla 3 (continuación)

Referencia	Muestra	Objetivo	Variables y mediciones pre-postentrenamiento	Protocolo de entrenamiento	Resultados	Conclusión
Jackson et al. ⁴⁴	15 pacientes con EM ($4,2 \pm 2,3$ EDSS) $54,6 \pm 9,6$ años (♀: n = 12, ♂: n = 3)	Investigar los efectos agudos de WBV a alta frecuencia y baja frecuencia sobre el rendimiento muscular de cuádriceps e isquiosurales	DI para medir el TIM en cuádriceps e isquiosurales tras 1, 10 y 20 min después del sometimiento a la vibración	Se aplicó un programa donde los participantes fueron aleatorizados para recibir una frecuencia de vibración de 2 o 26 Hz en la primera sesión, realizando la segunda sesión una semana más tarde y alternando dicha frecuencia. La vibración duró 30 s a una amplitud de 6 mm	No hubo diferencias significativas para TIM entre los valores de base y los medidos tras 1, 10 y 20 min después de WBV para ambas frecuencias y grupos musculares, aunque para los cuádriceps hubo mejora significativa relacionada con el tiempo transcurrido: TIM se vio incrementado significativamente desde el primer minuto hasta el minuto 10 tras WBV en ambas frecuencias (2 y 26 Hz). En ambos grupos musculares, 26 Hz provocó respuestas de torque más altas que 2 Hz en todos los puntos, con tendencia a la mejora de la producción de torque hasta por lo menos 20 min tras aplicar WBV, aunque sin relevancia estadística	Está por determinar si WBV es una opción viable como calentamiento neuromuscular o como entrenamiento a largo plazo en personas con EM

Tabla 3 (continuación)

Referencia	Muestra	Objetivo	Variables y mediciones pre-postentrenamiento	Protocolo de entrenamiento	Resultados	Conclusión
Wolfsegger et al. ⁴⁶	17 pacientes con EM. WBV: EDSS = $2,5 \pm 1,0$, n = 9 (♀: n = 8, ♂: n = 1), 43,0 ± 13,4 años; CON: EDSS = $2,4 \pm 0,8$, n = 8 (♀: n = 7, ♂: n = 1), 39,3 ± 10,6 años. Un abandono	Investigar los efectos del entrenamiento vibratorio sobre la función de la marcha en personas con EM	TUG ₁ para evaluar la movilidad funcional; sistema de medición de la presión plantar durante la marcha para medir la velocidad de la marcha, longitud del paso, fase de doble apoyo y la variabilidad de un solo paso, bajo 4 condiciones: marcha cómoda; marcha cómoda en tapiz rodante; velocidad reducida en tapiz rodante; velocidad incrementada en tapiz rodante. Las mediciones se realizaron PRE, POST y una y 2 semanas después de la aplicación del programa	WBV con una duración de 3 semanas, una sesión por semana, aumentando el volumen e intensidad gradualmente de 5 a 7 series de 45 a 60 s, a una frecuencia de 2,5 a 5,0 Hz y con un descanso de 60 a 30 s	No fueron halladas mejoras significativas en las variables de la marcha estudiadas ni en la movilidad funcional	Este protocolo de entrenamiento vibratorio no influyó sobre la función de la marcha y la capacidad funcional en personas afectadas con EM moderada
Schuhfried et al. ⁴⁷	12 pacientes con EM. WBV: EDSS = $3,9 \pm 0,8$, n = 6 (♀: n = 5, ♂: n = 1), 49,3 ± 13,3 años; CON: EDSS = $3,7 \pm 0,8$, n = 6 (♀: n = 4, ♂: n = 2), 46 ± 12,7 años	Probar la efectividad del entrenamiento vibratorio en la mejora del control postural, el equilibrio y la movilidad en pacientes con EM	Posturografía dinámica usando el test de organización sensorial para medir el control postural; TUG ₁ para evaluar la movilidad funcional; Functional Reach Test para medir el equilibrio en bipedestación. Las mediciones se realizaron antes, 15 min, 1 y 2 semanas después de la aplicación	Sesión única de 9 min. Amplitud de 3 mm, frecuencia de 2 a 4,4 Hz (incremento según tolerancia), realizando 5 series de 1 min con descansos de 1 min. El GC control permaneció sobre la plataforma en la misma posición aunque recibió electroestimulación transcutánea para simular la vibración	Hubo mejoras significativas para el TUG ₁ una semana después de la intervención en el grupo de intervención en comparación con el grupo placebo	El entrenamiento vibratorio puede influir positivamente sobre el control postural y la movilidad en personas con EM

Tabla 3 (continuación)

Referencia	Muestra	Objetivo	Variables y mediciones pre-postentrenamiento	Protocolo de entrenamiento	Resultados	Conclusión
Schyns et al. ⁴⁸	16 pacientes con EM. HAI = 1-6. Grupo 1: n = 8 (♀: n = 5, ♂: n = 3), 45,8 ± 8,4 años; (grupo 2: n = 8 (♀: n = 7, ♂: n = 1), 49,5 ± 6,14 años; 4 abandonos	Examinar la efectividad del entrenamiento vibratorio en el tono, la fuerza muscular, la sensibilidad y el rendimiento funcional en personas con EM	MAS para evaluar el tono muscular de los músculos aductores, cuádriceps, isquiosurales y gastrocnemios. También se empleó MSSS-88 para medir la percepción del impacto de la EM sobre el tono anormal. Dinamómetro de mano para medir la producción de fuerza isométrica de los músculos flexores, extensores, aductores y abductores de la cadera, cuádriceps, isquiosurales y dorsiflexores de tobillo. NSA para medir la sensibilidad y propiocepción en la rodilla, tobillo y pie. T10m para medir el rendimiento de la marcha y TUG ₁ para medir el equilibrio funcional. MSIS-29 para evaluar la calidad de vida relacionada con la salud. Las medidas fueron tomadas después de cada período de entrenamiento de 4 semanas y cada período de descanso de 2 semanas	El grupo 1 realizó un programa de 4 semanas de entrenamiento vibratorio, 3 veces por semana seguido de un período de descanso de 2 semanas. Después de esto, los sujetos recibieron 4 semanas adicionales con el mismo protocolo de ejercicios pero sin vibración. Se programaron 2 semanas de descanso al final del programa. Se aplicó una frecuencia vibratoria de 40 Hz durante 30 s. El grupo 2 siguió este mismo programa a la inversa	Se hallaron mejoras significativas en el área del dolor de MSSS-88 por parte del grupo 1 entre los resultados antes y después del entrenamiento vibratorio. Para el área de espasmos de MSSS-88 en el grupo 2 no hubo evidencia de mejora, aunque sí la hubo al combinar los datos de ambos grupos empleando el método Wilcoxon signed ranks test, el cual permitió hallar una reducción en la puntuación usando entrenamiento vibratorio y ejercicio en comparación con únicamente ejercicio	El ejercicio quizás sea beneficioso para las personas con EM, aunque la evidencia sobre si la adición del entrenamiento vibratorio proporciona mejoras adicionales es limitada

Tabla 3 (continuación)

Referencia	Muestra	Objetivo	Variables y mediciones pre-postentrenamiento	Protocolo de entrenamiento	Resultados	Conclusión
Uszynski et al. ⁴⁹	27 pacientes con EM. GNDS= 0-3. WBV: n = 14-1 (♀: n = 10, ♂: n = 4), 45,5 años; EJE: n = 13 (♀: n = 13, ♂: n = 0), 54 años; 3 abandonos (análisis: 12 cada grupo)	Investigar la viabilidad del estudio, obtener datos con el fin de considerar un ECCA mayor e investigar si el entrenamiento vibratorio es más efectivo que el ejercicio estándar con la misma duración e intensidad	DI para evaluar la fuerza muscular isocinética de la flexión y extensión de rodilla a 90, 180 y 300°/s. Neurotensiómetro para medir el umbral de vibración en el dedo gordo del pie, la primera y quinta articulación metatarsofalángica y el talón. VAS para determinar la sensación subjetiva de insensibilidad y la presencia de agujetas, hormigueo o ardor en los pies y las manos. TUG ₁ para medir el equilibrio dinámico. 6 MWT para medir la resistencia de la marcha. Mini-BESTest para medir el equilibrio. MSIS-29 para medir el impacto físico y psicológico de la EM. MFIS para medir el efecto de la fatiga sobre el funcionamiento físico, cognitivo y psicosocial	3 sesiones semanales durante 12 semanas. Se realizó calentamiento y enfriamiento y 3 series con 40 Hz de frecuencia y 0-10 mm de amplitud y con 10 s de descanso entre series. El progreso durante el programa se basó en incrementos sistemáticos de la carga. El grupo de solo ejercicio realizó los mismos ejercicios pero sin vibración	Solo fueron halladas diferencias estadísticamente significativas entre grupos en el umbral de vibración para la quinta articulación metatarsofalángica y el talón a favor del grupo que realizó únicamente ejercicio (quizás por partir de valores más altos al inicio que el WBV)	El protocolo es viable y no hubo efectos adversos. Es viable un ensayo clínico para investigar el efecto de añadir entrenamiento vibratorio a otra terapia. Un ensayo clínico con 120 personas sería necesario para detectar beneficios funcionales y 400 personas para detectar efectos sobre la fuerza

BBS: Berg Balance Scale; COMP: equilibrio global; DI: dinamómetro isocinético; EDSS: Expanded Disability Status Scale; EM: esclerosis múltiple; EST: estrategia postural; FDM: fuerza dinámica máxima; FIM: fuerza isométrica máxima; FSS: escala de severidad de fatiga de Krupp; GC: grupo control; GE: grupo experimental; GNDS: Guys Neurological Disability Scale; HAI: Hauser Ambulation Index; LAT: latencia; MAS: Modified Ashworth Scale; MCT: test de control motor; MFIS: Modified Fatigue Impact Scale; MSIS-29: Multiple Sclerosis Impact Scale; MSSS-88: Multiple Sclerosis Spasticity Scale 88; NSA: Nottingham Sensory Assessment; PDC: posturografía dinámica computarizada; RMM: resistencia muscular máxima; SOT: test de organización sensorial; SOT1: condición 1 SOT (con ojos abiertos); SOT2: condición 2 SOT (con ojos cerrados); SOT3: condición 3 SOT (con entorno visual móvil referenciado a las oscilaciones posturales); SOT4: condición 4 SOT (ídem 1 + movimiento de la plataforma referenciado a la oscilación antero-posterior); SOT5: condición 5 SOT (ídem 2 + movimiento de la plataforma referenciado a la oscilación antero-posterior); SOT6: condición 6 SOT (ídem 3 + movimiento de la plataforma referenciado a la oscilación antero-posterior); SST: Sit-to-Stand Test; T10m: test de marcha de 10 m; T25FW: Timed 25-Foot Walk test; TIM: torque isométrico máximo; TUG₁: Timed Up and Go (levantarse, caminar 3 m en línea recta y volver a sentarse); TUG₂ (levantarse y caminar 5 m); VAS: Verbal Analogue Scales; VMM: velocidad máxima de movimiento; WBV: whole-body vibration; 2 MWT: Two-Minute Walk Test; 3 MWT: Three-Minute Walk Test; 6 MWT: Six-Minute Walk Test.

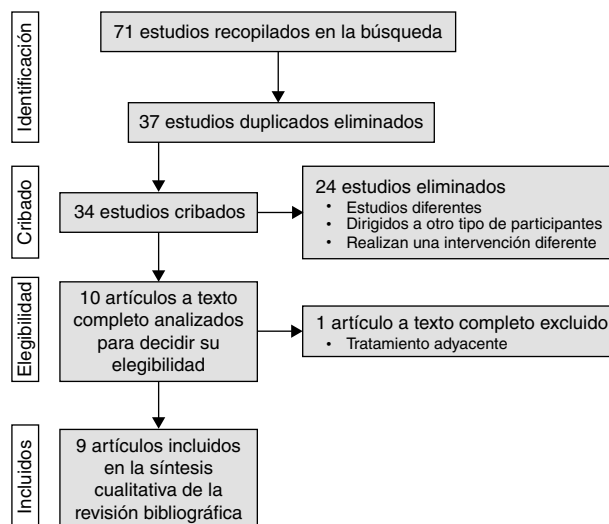


Figura 1 Diagrama de flujo que muestra la extracción de los artículos a través de las diferentes fases de una revisión sistemática.

los pacientes fue puntuado en el rango de esta escala que comprende desde 0 (normal) hasta 10 (muerte atribuible a la EM), variando la media entre los estudios que emplearon esta escala⁴¹⁻⁴⁵ desde 2,5⁴⁶ hasta 5,5⁴² correspondiendo este rango a una discapacidad de mínima a severa. Reuniendo datos encontrados en los 9 artículos analizados⁴¹⁻⁴⁹, el número de sujetos conformó un notable rango de 12⁴⁷ a 60 sujetos⁴³. Aunando más información acerca de los sujetos, el rango de edad encontrado es de 39,1⁴² a 54,6 años⁴⁴. La mayoría de los sujetos completaron los protocolos de ejercicio. Sin embargo, hubo estudios^{41,42,45,46,48,49} donde algunos pacientes se retiraron del programa. Alguacil Diego et al.⁴⁵ mencionaron 2 abandonos en su programa, uno en el grupo control y otro en el grupo experimental. De la misma manera, 2 sujetos del grupo control no acabaron el estudio de Broekmans et al.⁴¹. Wolfsegger et al.⁴⁶, Schyns et al.⁴⁸ y Uszynski et al.⁴⁹ registraron 1, 4 y 3 abandonos en su programa, respectivamente. Por último, Claerbout et al.⁴² registraron 8 abandonos, 2 en el grupo vibración de cuerpo entero (WBV) full y 2 en el grupo WBV-light.

De los 9 estudios⁴¹⁻⁴⁹ seleccionados en esta revisión, 6 de ellos^{41-44,48,49} midieron la fuerza en sus sujetos. En 3 estudios^{41,44,49} se empleó el dinamómetro isocinético. Broekmans et al.⁴¹ midieron la fuerza isométrica máxima de la flexión y la extensión de la rodilla (ambas mediciones a 45° y 90°), la fuerza dinámica máxima (a una velocidad de 60°/s), la resistencia muscular máxima (a una velocidad de 180°/s) y la velocidad máxima de movimiento de la extensión de la rodilla. Jackson et al.⁴⁴ midieron el torque isométrico máximo en el cuádriceps y los isquiosurales (60° de flexión de la rodilla). Igualmente, Uszynski et al.⁴⁹ midieron la fuerza muscular isocinética de la flexión y la extensión de rodilla a 90, 180 y 300°/s. Por otra parte, Claerbout et al.⁴² registraron la fuerza de los músculos tibial anterior, cuádriceps, isquiosurales y glúteos medios empleando un dinamómetro de mano, mientras que Schyns et al.⁴⁸ utilizaron este mismo utensilio para medir la producción de fuerza isométrica de los músculos flexores, extensores, aductores y abductores

de la cadera, cuádriceps, isquiosurales y dorsiflexores de tobillo. Por último, Hilgers et al.⁴³ también midieron la fuerza aunque empleando el Sit to Stand Test.

Un total de 5 artículos^{41,42,45-47} valoraron la movilidad funcional de los participantes en el estudio. Alguacil Diego et al.⁴⁵ emplearon el test Timed Up and Go₁ (TUG₁); por su parte, Broekmans et al.⁴¹ lo hicieron mediante la Berg Balance Scale (BBS) y los test TUG₁, Two-Minute Walk Test y Timed-25 Foot Walk; Claerbout et al.⁴² se sirvieron de las pruebas Three-Minute Walk Test, TUG₁ y BBS; y, por último, Schuhfried et al.⁴⁷ y Wolfsegger et al.⁴⁶ utilizaron el test TUG₁.

Varios estudios^{45,48,49} midieron de manera particular aspectos relacionados con el equilibrio dinámico y el control postural. Uszynski et al.⁴⁹ y Schyns et al.⁴⁸ evaluaron el equilibrio mediante el test TUG₁; Alguacil Diego et al.⁴⁵ midieron el equilibrio y el control postural empleando la BBS y la posturografía dinámica computarizada mediante el test de organización sensorial, a la vez que se sirvieron del test TUG₁ para registrar el equilibrio dinámico. Schuhfried et al.⁴⁷ también utilizaron la posturografía dinámica usando el test de organización sensorial para medir el control postural, como también midieron el equilibrio en bipedestación a través del Functional Reach Test. Uszynski et al.⁴⁹ emplearon el miniBESTest para medir el equilibrio.

Alguacil Diego et al.⁴⁵, Hilgers et al.⁴³ y Schyns et al.⁴⁸ evaluaron la velocidad y el rendimiento de la marcha mediante el test de marcha de 10 m. Wolfsegger et al.⁴⁶ emplearon un sistema de medición de la presión plantar durante la marcha para medir la velocidad de la marcha, la longitud del paso, la fase de doble apoyo y la variabilidad de un solo paso, bajo 4 condiciones: marcha cómoda; marcha cómoda en tapiz rodante; velocidad reducida en tapiz rodante, y velocidad incrementada en tapiz rodante.

Por otro lado, únicamente Alguacil Diego et al.⁴⁵ evaluaron a fatiga mediante la escala de severidad de fatiga de Krupp. Solo 2 autores^{43,45} valoraron la coordinación de los sujetos en sus respectivas investigaciones. En el estudio llevado a cabo por Hilgers et al.⁴³ se registró la coordinación mediante el test Timed Up and Go₂ (TUG₂), mientras que Alguacil Diego et al.⁴⁵ lo hicieron a través de un análisis posturográfico mediante el test de control motor.

Hilgers et al.⁴³ y Uszynski et al.⁴⁹ evaluaron la resistencia en los sujetos de su estudio mediante el Six-Minute Walk Test. También se evaluaron otros parámetros bastante relevantes. Schyns et al.⁴⁸ midieron la percepción del impacto de la EM sobre el tono anormal sirviéndose de la Multiple Sclerosis Spasticity Scale 88 (MSSS-88). En este mismo estudio se evaluó el tono muscular de los músculos aductores, cuádriceps, isquiosurales y gastrocnemios mediante la escala Modified Ashworth Scale, así como la sensibilidad y la propiocepción en la rodilla, el tobillo y el pie. Uszynski et al.⁴⁹ y Schyns et al.⁴⁸ evaluaron el impacto físico y psicológico de la EM y la calidad de vida relacionada con la salud mediante la Multiple Sclerosis Impact Scale. Uszynski et al.⁴⁹ utilizaron un neurotensiómetro para medir el umbral de vibración en el dedo gordo del pie, la primera y la quinta articulación metatarsofalángica y el talón. También emplearon las Verbal Analogue Scales para determinar la sensación subjetiva de insensibilidad y la presencia de agujetas, hormigueo o ardor en los pies y las manos, y la Modified Fatigue

Impact Scale para medir el efecto de la fatiga sobre el funcionamiento físico, cognitivo y psicosocial.

Uno de los componentes de la dosis vibratoria es el tipo de ejercicio que se lleva a cabo sobre la plataforma. Cada uno de los estudios⁴¹⁻⁴⁹ empleó un programa de ejercicios diferente para desarrollar la investigación. Alguacil Diego et al.⁴⁵ pidieron a sus sujetos mantener la postura «semi-squat» sobre la plataforma de vibración. Del mismo modo, Hilgers et al.⁴³ llevaron a cabo un entrenamiento consistente en permanecer sobre la plataforma vibratoria en posición estática de sentadilla moderada. Wolfsegger et al.⁴⁶ y Schuhfried et al.⁴⁷ realizaron el entrenamiento vibratorio en posición de sentadilla con ligera flexión de cadera, rodilla y tobillo. Ejercicio parecido hicieron Jackson et al.⁴⁴, pidiendo a los sujetos permanecer sobre la plataforma vibratoria con una separación entre los pies de 13 cm, en una postura casi completamente erguida con una flexión de rodillas de 25°, llevando el peso hacia la punta de los pies sin levantar los talones (para minimizar la vibración en la cabeza), a diferencia de la postura empleada por Alguacil Diego et al.⁴⁵ y Hilgers et al.⁴³ en sus respectivos estudios. La separación de los pies estandarizada en el estudio de Jackson et al.⁴⁴ tuvo el fin de asegurar que cada paciente recibiera la misma amplitud de vibración, condicionada por la separación de los pies ante una vibración rotacional. En cambio, Broekmans et al.⁴¹ desarrollaron un entrenamiento basado en ejercicios como sentadillas altas, profundas, sumo, «lunges» y elevaciones de talones, realizados dinámica y estáticamente, así como de forma unilateral. Análogamente, Claerhout et al.⁴² también utilizaron la sentadilla como ejercicio en su estudio, realizando la sentadilla estática unipodal (left and right leg) y bipodal, y la sentadilla dinámica, además de incluir otros ejercicios como «toes-stand» y «lunge». Schyns et al.⁴⁸ y Uszynski et al.⁴⁹ emplearon diversos ejercicios sobre la plataforma vibratoria: sentadilla dinámica y estática, levantamiento de pantorrilla, lunge estático, permanecer sobre una pierna y subir y bajar un escalón. La intensidad y el volumen se especifican en la [tabla 3](#).

Discusión

El objetivo de esta revisión fue analizar el contenido de los estudios más relevantes publicados relacionados con el entrenamiento vibratorio y sus efectos en personas con EM. En este sentido, Claerhout et al.⁴² obtuvieron mejoras significativas relacionadas con el tiempo, por parte de los grupos de ejercicio, en la fuerza de todos los músculos analizados, aunque su principal hallazgo atribuible al programa fue la aportación de mejoras significativas a la fuerza de los músculos cuádriceps e isquiosurales, encontrando dichas mejoras únicamente en el grupo que entrenó sobre la colchoneta de 2 cm en la plataforma vibratoria. Además, descubrieron una tendencia a la significación en las mejoras obtenidas en los glúteos medios. No obstante, Jackson et al.⁴⁴ no encontraron diferencias significativas para el torque isométrico máximo entre los valores de base y los medidos tras 1, 10 y 20 min después del entrenamiento vibratorio para ambas frecuencias y grupos musculares, aunque para los cuádriceps hubo mejora significativa relacionada con el tiempo transcurrido, pues el torque isométrico máximo se vio incrementado significativamente desde el primer minuto hasta el minuto 10

tras la aplicación de entrenamiento vibratorio en ambas frecuencias (2 y 26 Hz). En el estudio de Broekmans et al.⁴¹ tampoco fueron halladas diferencias significativas, en comparación con el grupo control, en la fuerza isométrica máxima en extensores y flexores de rodilla, así como tampoco mejoró con el programa de entrenamiento vibratorio ninguno de los valores relacionados con la fuerza dinámica máxima, la resistencia muscular máxima y la velocidad máxima de movimiento de la extensión de la rodilla. Sin embargo, la fuerza isométrica máxima en los flexores de rodilla fue significativamente menor al final del programa en el grupo control. Hilgers et al.⁴³ encontraron mejoras significativas en la fuerza para ambos grupos en relación con el tiempo mediante el Sit to Stand Test, pero sin efectos de interacción entre grupos atribuibles al entrenamiento. No se hallaron mejoras significativas en el estudio de Schyns et al.⁴⁸ en la producción de fuerza isométrica de los músculos flexores, extensores, aductores y abductores de la cadera, cuádriceps, isquiosurales y dorsiflexores de tobillo. Tampoco en el estudio realizado por Uszynski et al.⁴⁹ se consiguieron mejoras atribuibles al programa en la fuerza muscular isocinética de la flexión y extensión de rodilla.

Por otro lado, únicamente el estudio de Schuhfried et al.⁴⁷ mostró mejoras significativas en la capacidad funcional, reportando dichas mejoras para el TUG₁ una semana después de la intervención en el grupo de entrenamiento en comparación con el grupo placebo. Sin embargo, en el estudio de Alguacil Diego et al.⁴⁵, a pesar de existir una tendencia a la significación estadística en el test TUG₁ por parte del grupo experimental, no se encontraron diferencias significativas atribuibles al programa en este test. Wolfsegger et al.⁴⁶ tampoco hallaron mejoras en la movilidad funcional empleando el test TUG₁. Igualmente, Broekmans et al.⁴¹ no detectaron mejoras en la capacidad funcional mediante los siguientes test: BBS, TUG₁, Two-Minute Walk Test y Timed 25-Foot Walk test. Por su parte, Claerhout et al.⁴² encontraron incrementos significativos en todos los test funcionales, pero sin efectos de interacción significativos causados por el programa.

En cuanto al equilibrio/control postural, Alguacil Diego et al.⁴⁵ no hallaron mejoras significativas atribuibles al programa en el test de organización sensorial, test TUG₁ y en la BBS. Sin embargo, sí se hallaron diferencias significativas a causa del programa, fruto de la comparación entre ambos grupos, en el test de control motor donde disminuyó significativamente la latencia en el grupo sometido a la vibración, repercutiendo favorablemente esta mejora sobre el control del equilibrio. Además, el grupo experimental presentó mejoras significativas, en relación con el tiempo, en la condición 1 y 3 del test de organización sensorial, con ojos abiertos y con entorno visual móvil referenciado a las oscilaciones posturales, respectivamente, y en la latencia. Por su parte, Uszynski et al.⁴⁹ no hallaron mejoras significativas en el equilibrio dinámico mediante el test TUG₁. Este mismo test fue empleado por Schyns et al.⁴⁸ sin conseguir mejoras en el equilibrio funcional.

Respecto a la resistencia relacionada con la marcha, el Six-Minute Walk Test en el estudio de Hilgers et al.⁴³ fue el único parámetro que tuvo un cambio significativo con el programa, mostrando el grupo experimental un incremento de la distancia hasta 4,5 veces mayor que el grupo control, lo que se traduce en una mejora de la resistencia en este tipo

Tabla 4 Síntesis de los protocolos que obtuvieron resultados favorables

Referencia	Protocolo	Beneficio
Claerbout et al. ⁴²	Sentadilla estática unipodal y bipodal, sentadilla dinámica, «toes-stand» y «lunge» en plataforma vibratoria, 10 sesiones distribuidas en 3 semanas, 30 a 60 s de cada ejercicio, descanso de 30 a 60 s entre ejercicios, frecuencia de 30 a 40 Hz, amplitud de 1,6 mm y con colchoneta de 2 cm	Fuerza
Alguacil Diego et al. ⁴⁵	5 días consecutivos, postura «semi-squat» sobre la plataforma, una sesión diaria, 5 series de 1 min, descanso de 1 min entre series, frecuencia de 6 Hz y amplitud de 3 mm	Coordinación y equilibrio
Hilgers et al. ⁴³	Posición estática de sentadilla moderada, 3 semanas, 3 veces/semana, 3 series de 60 s, descanso de 30 a 5 s entre series, frecuencia de 30 Hz y amplitud de 1 mm (6 primeras sesiones) y 2 mm (3 últimas sesiones)	Resistencia
Schuhfried et al. ⁴⁷	Sesión única de 9 min consistente en mantener posición de sentadilla con una ligera flexión de cadera, rodilla y tobillo. Amplitud de 3 mm, frecuencia de 2 a 4,4 Hz (incremento según tolerancia), realizando 5 series de 1 min con descansos de 1 min.	Movilidad funcional
Schyns et al. ⁴⁸	Programa de 4 semanas, 3 veces por semana aplicando 10 ejercicios de fortalecimiento y estiramiento para las extremidades inferiores con una frecuencia vibratoria de 40 Hz durante 30 s, seguido de un período de descanso de 2 semanas. Después de esto, los sujetos recibieron 4 semanas adicionales con el mismo protocolo de ejercicios pero sin vibración. Se programaron 2 semanas de descanso al final del programa	Dolor y espasmos

de tareas. Además, ambos grupos mostraron mejoras significativas en este test en comparación con los valores de base.

En relación con la velocidad de la marcha no hubo mejoras. Si bien Hilgers et al.⁴³ mostraron mejoras significativas en el test de marcha de los 10 m en ambos grupos, no hubo diferencias significativas entre grupos con el tiempo, así como tampoco las hubo en el estudio llevado a cabo por Alguacil Diego et al.⁴⁵. Por último, un determinante de la capacidad funcional tan importante para las personas con EM como es la fatiga tampoco experimentó mejoras significativas según la evaluación de la escala de severidad de fatiga de Krupp en el estudio de Alguacil Diego et al.⁴⁵.

En resumen, en cuanto a las mejoras relacionadas con la fuerza muscular, Claerbout et al.⁴² concluyeron que un programa de ejercicio de 3 semanas sobre una plataforma vibratoria mejoró significativamente la fuerza muscular en personas con EM. Sin embargo, Broekmans et al.⁴¹ afirmaron en su estudio que dicho entrenamiento es seguro pero probablemente no mejora el rendimiento de la musculatura de la pierna. En la misma línea, Jackson et al.⁴⁴ afirmaron que está por determinar si el entrenamiento vibratorio es una opción viable como calentamiento neuromuscular o como entrenamiento a largo plazo en personas con EM. En lo que respecta a la funcionalidad, Schuhfried et al.⁴⁷ mostraron mejoras significativas en la capacidad funcional. En cambio, Alguacil Diego et al.⁴⁵, Broekmans et al.⁴¹ y Claerbout et al.⁴² concluyeron que el entrenamiento vibratorio no influyó sobre la funcionalidad en esta población, aunque sí fue útil en la coordinación y el control del equilibrio⁴⁵, como también se vieron mejorados los determinantes de la capacidad de la marcha relacionados con la resistencia⁴³. Uno de los estudios⁴⁵ dedujo que el entrenamiento vibratorio tampoco influyó sobre la fatiga, debido, posiblemente, a la corta duración del programa. Finalmente, en el estudio de Schyns et al.⁴⁸ se hallaron mejoras significativas en el área del dolor de MSSS-88 por parte del grupo 1 entre

los resultados antes y después del entrenamiento vibratorio. Para el área de espasmos de MSSS-88 en el grupo 2 no hubo evidencia de mejora, aunque sí la hubo al combinar los datos de ambos grupos empleando el método Wilcoxon signed ranks test, el cual permitió hallar una reducción en la puntuación usando el entrenamiento vibratorio y ejercicio en comparación con únicamente ejercicio. En definitiva, podemos destacar que son todavía pocas las publicaciones sobre entrenamiento vibratorio y EM. Resultan imprescindibles futuras investigaciones con el fin de determinar la efectividad del entrenamiento vibratorio en este colectivo e indagar sobre la combinación más efectiva de los parámetros de la dosis vibratoria (tipo de ejercicio, duración, densidad e intensidad) y su repercusión a largo plazo en los pacientes con EM. En cualquier caso, mostramos un cuadro resumen (tabla 4) que sintetiza los beneficios hallados en los estudios incluidos mediante el protocolo pertinente.

Debemos destacar que no se ha comprobado únicamente los efectos del entrenamiento vibratorio en pacientes con EM; este tratamiento ha sido aplicado a otras patologías que afectan al sistema respiratorio⁵⁰⁻⁵². En pacientes con EM se ha demostrado un efecto positivo en varias capacidades como fuerza, coordinación, equilibrio, resistencia, movilidad funcional, así como disminución del dolor y espasmos. El protocolo de entrenamiento de los estudios que obtienen resultados positivos varían en gran medida; sin embargo, las recomendaciones que se pueden obtener son: 3-5 semanas con una frecuencia de 3-5 sesiones de entrenamiento por semana; fundamentalmente el programa debe incluir ejercicios que ejercitan el tren inferior (sentadilla y/o lunge); los ejercicios tendrán una duración de 30-60 s con descansos de 30-60 s (se recomienda siempre controlar la fatiga durante la realización de los entrenamientos), con una amplitud de 1-2 mm y con unas frecuencias que varían de 2-6 Hz para mejorar la movilidad y la coordinación y de 30-40 Hz para la mejora de la fuerza, la resistencia y la reducción del dolor.

Conclusiones

El entrenamiento vibratorio de cuerpo entero proporciona mejoras en la fuerza muscular, la capacidad funcional, la coordinación, la resistencia, el equilibrio y algunas áreas del MSSS-88. Por otro lado, la fuerza, seguida de la capacidad/movilidad funcional, fue medida en mayor proporción en comparación con el resto de variables respecto del total de los estudios incluidos. Las siguientes variables más medidas fueron la velocidad de la marcha y la coordinación. Por último, también se midieron, aunque en menor medida, el control postural/equilibrio, la resistencia aplicada a las tareas y la fatiga. Hemos podido observar diferentes protocolos entre los estudios incluidos, los cuales emplearon diferentes combinaciones de la dosis vibratoria. Finalmente, hemos detectado limitaciones en el diseño del protocolo en algunos estudios, entre las que destacamos la falta de seguimiento a largo plazo, mediciones poco sofisticadas y corta duración de los programas.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

- Moreira MA, Tilbery CP, Lana-Peixoto MA, Mendes MF, Kaimen-Maciel DR, Callegaro D. Historical aspects of multiple sclerosis. *Rev Neurol*. 2002;34:379–83.
- Noseworthy JH, Lucchinetti C, Rodriguez M, Weinshenker BG. Multiple sclerosis. *N Engl J Med*. 2000;343:938–52.
- Chung LH, Kent-Braun J. Multiple Sclerosis. En: Ehrman JK, editor. *Clinical exercise physiology*. 3.^a ed. Champaign: Human Kinetics; 2013. p. 511–27.
- Lucchinetti CF, Brueck W, Rodriguez M, Lassmann H. Multiple sclerosis: Lessons from neuropathology. *Semin Neurol*. 1998;18:337–49.
- Jenkins PF. The Multiple Facets of Multiple Sclerosis. *Am Orthop J*. 2007;57:69–78.
- Ingram DA, Thompson AJ, Swash M. Central motor conduction in multiple sclerosis: Evaluation of abnormalities revealed by transcutaneous magnetic stimulation of the brain. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 1988;51:487–94.
- Van der Kamp W, Maertens de Noordhout A, Thompson PD, Rothwell JC, Day BL, Marsden CD. Correlation of phasic muscle strength and corticomotoneuron conduction time in multiple sclerosis. *Ann Neurol*. 1991;29:6–12.
- Braley TJ, Chervin RD. Fatigue in multiple sclerosis: Mechanisms, evaluation, and treatment. *Sleep*. 2010;33:1061–7.
- Martinez-Altarrriba MC, Ramos-Campoy O, Luna-Calcaño IM, Arrieta-Antón E. Revisión de la esclerosis múltiple (1). A propósito de un caso. *SEMERGEN-Med Fam*. 2015;41:261–5.
- aedem.org [sede Web]. España: Asociación Española de Esclerosis Múltiple; 22 de febrero de 2000 [actualizado 23 Feb 2015; consultado 29 Jul 2015] ¿Qué es la esclerosis múltiple? [1 página]. Disponible en: <http://aedem.org/index.php/esclerosis-múltiple/¿qué-es-la-em>.
- Kantarci OH, de Andrade M, Weinshenker BG. Identifying disease modifying genes in multiple sclerosis. *J Neuroimmunol*. 2002;123(1-2):144–59.
- Green AJ, Barcellos LF, Rimmler JB, Garcia ME, Caillier S, Lincoln RR, et al. Sequence variation in the transforming growth factor-beta1 (TGFB1) gene and multiple sclerosis susceptibility. *J Neuroimmunol*. 2001;116:116–24.
- Schmidt S, Barcellos LF, deSombre K, Rimmler JB, Lincoln RR, Bucher P, et al. Association of polymorphisms in the apolipoprotein E region with susceptibility to and progression of multiple sclerosis. *Am J Hum Genet*. 2002;70:708–17.
- Sadovnick AD. Genetic epidemiology of multiple sclerosis: A survey. *Ann Neurol*. 1994;36(Suppl 2):S194–203.
- Sadovnick AD, Baird PA, Ward RH. Multiple sclerosis: Updated risks for relatives. *Am J Med Genet*. 1988;29:533–41.
- Gourraud P-A, Harbo HF, Hauser SL, Baranzini SE. The genetics of multiple sclerosis: An up-to-date review. *Immunol Rev*. 2012;248:87–103.
- Ferrante P, Mancuso R, Pagani E, Guerini FR, Calvo MG, Saresella M, et al. Molecular evidences for a role of HSV-1 in multiple sclerosis clinical acute attack. *J Neurovirol*. 2000;6(Suppl 2):S109–14.
- Ascherio A, Munger KL. Environmental risk factors for multiple sclerosis. Part II: Noninfectious factors. *Ann Neurol*. 2007;61:504–13.
- Ascherio A, Munger KL, Lennette ET, Spiegelman D, Hernán MA, Olek MJ, et al. Epstein-Barr virus antibodies and risk of multiple sclerosis: A prospective study. *JAMA*. 2001;286:3083–8.
- Pohl D. Epstein-Barr virus and multiple sclerosis. *J Neurol Sci*. 2009;286:62–4.
- Simpson S, Blizzard L, Otahal P, van der Mei I, Taylor B. Latitude is significantly associated with the prevalence of multiple sclerosis: a meta-analysis. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 2011;82:1132–41.
- Petajan JH, Gappmaier E, White AT, Spencer MK, Mino L, Hicks RW. Impact of aerobic training on fitness and quality of life in multiple sclerosis. *Ann Neurol*. 1996;39:432–41.
- Schulz K-H, Gold SM, Witte J, Bartsch K, Lang UE, Hellweg R, et al. Impact of aerobic training on immune-endocrine parameters, neurotrophic factors, quality of life and coordinative function in multiple sclerosis. *J Neurol Sci*. 2004;225(1-2):11–8.
- Taylor NF, Dodd KJ, Prasad D, Denisenko S. Progressive resistance exercise for people with multiple sclerosis. *Disabil Rehabil*. 2006;28:1119–26.
- Andreasen AK, Stenager E, Dalgas U. The effect of exercise therapy on fatigue in multiple sclerosis. *Mult Scler Houndmills Basingstoke Engl*. 2011;17:1041–54.
- Slawta JN, McCubbin JA, Wilcox AR, Fox SD, Nalle DJ, Anderson G. Coronary heart disease risk between active and inactive women with multiple sclerosis. *Med Sci Sports Exerc*. 2002;34:905–12.
- Pepin EB, Hicks RW, Spencer MK, Tran ZV, Jackson CG. Presor response to isometric exercise in patients with multiple sclerosis. *Med Sci Sports Exerc*. 1996;28:656–60.
- White LJ, McCoy SC, Castellano V, Gutierrez G, Stevens JE, Walter GA, et al. Resistance training improves strength and functional capacity in persons with multiple sclerosis. *Mult Scler Houndmills Basingstoke Engl*. 2004;10:668–74.
- Moritani T, deVries HA. Neural factors versus hypertrophy in the time course of muscle strength gain. *Am J Phys Med*. 1979;58:115–30.
- Romberg A, Virtanen A, Ruutiainen J, Aunola S, Karppi S-L, Vaara M, et al. Effects of a 6-month exercise program on patients with multiple sclerosis: A randomized study. *Neurology*. 2004;63:2034–8.
- Hayes HA, Gappmaier E, laStayo PC. Effects of high-intensity resistance training on strength, mobility, balance, and fatigue in individuals with multiple sclerosis: A randomized controlled trial. *J Neurol Phys Ther JNPT*. 2011;35:2–10.
- Gutierrez GM, Chow JW, Tillman MD, McCoy SC, Castellano V, White LJ. Resistance training improves gait kinematics

- in persons with multiple sclerosis. *Arch Phys Med Rehabil.* 2005;86:1824–9.
33. Wunderer K, Schabrun SM, Chipchase LS. Effects of whole body vibration on strength and functional mobility in multiple sclerosis. *Physiother Theory Pract.* 2010;26:374–84.
 34. Martin BJ, Park HS. Analysis of the tonic vibration reflex: Influence of vibration variables on motor unit synchronization and fatigue. *Eur J Appl Physiol.* 1997;75:504–11.
 35. Mester J, Kleinöder H, Yue Z. Vibration training: Benefits and risks. *J Biomech.* 2006;39:1056–65.
 36. Goebel RT, Kleinöder H, Yue Z, Gosh R, Mester J. Effect of segment-body vibration on strength parameters. *Sports Med-Open.* 2015;1:14.
 37. Yeung SS, Yeung EW. A 5-week whole body vibration training improves peak torque performance but has no effect on stretch reflex in healthy adults: A randomized controlled trial. *J Sports Med Phys Fitness.* 2015;55:397–404.
 38. Yang F, King GA, Dillon L, Su X. Controlled whole-body vibration training reduces risk of falls among community-dwelling older adults. *J Biomech.* 2015;48:3206–12.
 39. Houston MN, Hodson VE, Adams KKE, Hoch JM. The effectiveness of whole-body-vibration training in improving hamstring flexibility in physically active adults. *J Sport Rehabil.* 2015;24:77–82.
 40. Urrútia G, Bonfill X. Declaración PRISMA: una propuesta para mejorar la publicación de revisiones sistemáticas y metaanálisis. *Med CLIN (Barc).* 2010;135:507–11.
 41. Broekmans T, Roelants M, Alders G, Feys P, Thijs H, Eijnde BO. Exploring the effects of a 20-week whole-body vibration training programme on leg muscle performance and function in persons with multiple sclerosis. *J Rehabil Med.* 2010;42:866–72.
 42. Claerbout M, Gebara B, Ilsbrouckx S, Verschueren S, Peers K, van Asch P, et al. Effects of 3 weeks' whole body vibration training on muscle strength and functional mobility in hospitalized persons with multiple sclerosis. *Mult Scler Houndmills Basingstoke Engl.* 2012;18:498–505.
 43. Hilgers C, Mündermann A, Riehle H, Dettmers C. Effects of whole-body vibration training on physical function in patients with multiple sclerosis. *NeuroRehabilitation.* 2013;32:655–63.
 44. Jackson KJ, Merriman HL, Vanderburgh PM, Brahler CJ. Acute effects of whole-body vibration on lower extremity muscle performance in persons with multiple sclerosis. *J Neurol Phys Ther JNPT.* 2008;32:171–6.
 45. Alguacil Diego IM, Pedrero Hernández C, Molina Rueda F, Cano de la Cuerda R. [Effects of vibrotherapy on postural control, functionality and fatigue in multiple sclerosis patients. A randomised clinical trial]. *Neurol Barc Spain.* 2012;27:143–53.
 46. Wolfsegger T, Assar H, Topakian R. 3-week whole body vibration does not improve gait function in mildly affected multiple sclerosis patients—a randomized controlled trial. *J Neurol Sci.* 2014;347(1-2):119–23.
 47. Schuhfried O, Mittermaier C, Jovanovic T, Pieber K, Paternostro-Sluga T. Effects of whole-body vibration in patients with multiple sclerosis: A pilot study. *Clin Rehabil.* 2005;19:834–42.
 48. Schyns F, Paul L, Finlay K, Ferguson C, Noble E. Vibration therapy in multiple sclerosis: A pilot study exploring its effects on tone, muscle force, sensation and functional performance. *Clin Rehabil.* 2009;23:771–81.
 49. Uszynski MK, Purtill H, Donnelly A, Coote S. Comparing the effects of whole-body vibration to standard exercise in ambulatory people with multiple sclerosis: A randomised controlled feasibility study. *Clin Rehabil.* 2015:1–12.
 50. Greulich T, Nell C, Koepke J, Fechtel J, Franke M, Schmeck B, et al. Benefits of whole body vibration training in patients hospitalised for COPD exacerbations—a randomized clinical trial. *BMC Pulm Med.* 2014;14:60.
 51. Gloeckl R, Heinzelmann I, Seeberg S, Damisch T, Hitzl W, Kenn K. Effects of complementary whole-body vibration training in patients after lung transplantation: A randomized, controlled trial. *J Heart Lung Transplant.* 2015;34:1455–61.
 52. Salhi B, Malfait TJ, Van Maele G, Joos G, van Meerbeeck JP, Derom E, 2015. Effects of whole body vibration in patients with COPD. 2015; 12:525–32.