

Artículo Original

# Efectos agudos de una sesión de entrenamiento vibratorio sobre la espasticidad en personas con Esclerosis Múltiple: resultados preliminares.

Luis Andreu-Caravaca <sup>1,2</sup>, Domingo J. Ramos-Campo <sup>2</sup>, Alberto Encarnación-Martínez <sup>3</sup>, Antonio García-Gallart <sup>2</sup>, Linda H. Chung <sup>2,4</sup> y Jacobo Á. Rubio-Arias <sup>4,\*</sup>

<sup>1</sup> Cátedra Internacional de Medicina del Deporte, Universidad Católica San Antonio

<sup>2</sup> Facultad de Deporte, Universidad Católica San Antonio

<sup>3</sup> Departamento de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, Universidad de Valencia

<sup>4</sup> Centro de Investigación para el Deporte de Alto Rendimiento, Universidad Católica de Murcia

<sup>5</sup> Departamento de Salud y Rendimiento, Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, Universidad Politécnica de Madrid

\* Autor correspondencia: ja.rubio@upm.es, jacoborubio2@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-2496-2426>

DOI: <https://doi.org/10.37536/RIECS.2020.5.S1.222>

Recibido: 10/06/2020; Aceptado: 25/07/2020; Publicado: 30/11/2020

**Resumen:** La esclerosis múltiple (EM) es una enfermedad neurológica progresiva, que conduce a un declive de la función física, siendo la espasticidad uno de los síntomas más recurrentes en esta población. En los últimos años, el entrenamiento vibratorio de cuerpo completo (WBVT) ha mostrado beneficios en la capacidad funcional, la función neuromuscular o la calidad de vida en personas con EM. Sin embargo, los efectos agudos de una sesión de WBVT sobre variables como la espasticidad son todavía desconocidos. Por ello, los objetivos principales de este estudio fueron analizar los efectos agudos del WBVT sobre la espasticidad de la rodilla, así como conocer las diferencias en esta variable entre la pierna más y menos afectada tras la sesión en personas con EM. 13 sujetos formaron parte de este estudio. La sesión de WBVT consistió en 12 series de 1 minuto de vibración con 1 minuto de descanso entre series en posición de sentadilla estática. La frecuencia y la amplitud fue fijada en 35 Hz y 4 mm respectivamente. Para medir la espasticidad de la articulación de la rodilla, el Test del Péndulo fue utilizado antes y después de la sesión. No se encontraron diferencias pre-post en ninguna de las variables. Sin embargo, el tiempo de oscilación mejoró significativamente en el post-sesión en la pierna menos afectada en comparación con la más afectada. Basándonos en nuestros resultados, se evidencia que la respuesta ante una sesión de WBVT es diferente dependiendo tanto del grado de discapacidad como de la pierna analizada de un mismo paciente. Estos resultados muestran que la individualización del WBVT es una cuestión de vital importancia en población con EM.

**Palabras Clave:** Enfermedad neurológica, Ejercicio físico, Entrenamiento.

**Abstract:** Multiple sclerosis (MS) is a progressive neurological disease, which leads to a decline in physical function, being spasticity one of the most recurrent symptoms in this population. In recent years, whole body vibration training (WBVT) has shown benefits in functional capacity, neuromuscular function or quality of life in people with MS. However, the acute effects of a WBVT session on variables such as spasticity are still unknown. Therefore, the main objectives of this study were to analyze the acute effects of WBVT on knee spasticity, as well as to know the differences in this variable between the most and least affected leg after the session in people with MS. 13 subjects were part of this study. The WBVT session consisted of 12 series of 1-minute vibration with 1 minute rest between series in a static squat position. The frequency and amplitude were set at 35 Hz and 4 mm respectively. To measure the spasticity of the knee joint, the Pendulum Test was used before and after the session. No pre-post differences were found in any of the variables. However, the time of oscillation was significantly improved in the post-session in the less affected leg compared to the

more affected one. Based on our results, it is evident that the response to a WBVT session is different both depending on the degree of disability and between the legs of the same patient. These results show that the individualization of WBVT is a matter of vital importance in the population with MS.

**Key words:** Neurological disorder, Exercise, Training.

---

## 1. Introducción

La esclerosis múltiple (EM) es la enfermedad neurológica más común entre la población joven, afectando a más de 700.000 personas en Europa y más de 2.5 millones en el mundo [1]. Actualmente, la EM no tiene cura, por lo que sus tratamientos, principalmente el farmacológico, tienen como objetivo aminorar los síntomas de la enfermedad [2]. Entre los principales síntomas de la enfermedad destacan la fatiga sintomática, los problemas relacionados con la marcha, el pobre equilibrio y movilidad, el incrementado riesgo de caída, y la espasticidad, entre otros [3]. Estas características hacen que las personas con EM realicen menores tasas de ejercicio físico, lo que agrava aún más los problemas anteriormente mencionados [4].

La espasticidad es uno de los problemas más recurrentes en la EM, afectando a más del 60 % de las personas que padecen esta enfermedad [5]. La espasticidad es una alteración del control sensitivo motor, provocada por una lesión de la motoneurona superior y que, en consecuencia, conduce a una activación no sincrónica e intermitente de los músculos [6]. La presencia de la espasticidad se relaciona con peor calidad de vida, problemas en la marcha o en el equilibrio, principalmente [7]. Aunque en la mayoría de los casos la espasticidad afecta a ambas piernas, el grado de afectación en cada una de ellas es muy distinto.

Entre los tratamientos no-farmacológicos a la hora de paliar los efectos de la EM, el ejercicio físico se erige como el método más utilizado, presentando una eficacia moderada-alta a la hora de disminuir parámetros como la espasticidad, la fatiga o los problemas con la marcha [8]. En los últimos años se han implementado programas de ejercicio físico con diferentes orientaciones en personas con EM: entrenamiento aeróbico [9], entrenamiento de fuerza [10], pilates [11] o yoga [12], entre otros. Incluso algunos estudios han combinado diferentes programas de entrenamiento, siendo el entrenamiento concurrente de aeróbico y fuerza el más utilizado [13]. Todos los programas de entrenamiento implementados en esta población han sido bien asimilados y parecen aportar beneficios. Sin embargo, los beneficios potenciales de estos programas de entrenamiento se ven limitados, en ocasiones, por la fatiga sintomática que presentan las personas con EM, lo que les impide llevar a cabo entrenamientos más intensos o con mayor volumen [14].

En este contexto, el entrenamiento vibratorio de cuerpo completo (WBVT) ha ganado popularidad en los últimos años en el proceso de rehabilitación y entrenamiento en personas con EM [15], gracias a la baja fatiga sintomática que presentan los sujetos con EM en el desarrollo de esta modalidad de ejercicio [16]. El WBVT se ha mostrado potencialmente efectivo para mejorar diferentes variables neuromusculares, movilidad, calidad de vida o equilibrio en diferentes poblaciones, como, por ejemplo, en población mayor [17]. En personas con EM se han implementado programas de entrenamiento de WBVT con diferentes duraciones, tipos de vibración, modalidad de ejercicio, volumen y frecuencia e intensidad de vibración, con resultados prometedores [18].

Aunque los efectos crónicos de programas de entrenamiento de WBVT sobre la espasticidad han sido estudiados en otras poblaciones [19], los efectos de una sola sesión sobre esta variable no han sido analizados bajo nuestro conocimiento. Además, no se conoce si la espasticidad de ambas piernas se comporta de la misma manera tras la sesión de entrenamiento de WBVT. Por ello, los principales objetivos de este estudio fueron: 1) Analizar los efectos agudos del WBVT sobre la espasticidad de los miembros inferiores y 2) conocer las diferencias en la espasticidad entre la pierna más afectada y la menos afectada tras la sesión de WBVT en personas con EM.

## 2. Material y Métodos

### 2.1. Diseño

Tanto los entrenamientos como las mediciones se realizaron en el UCAM Sports Center (Murcia, España). En una visita preliminar, los participantes se familiarizaron con las pruebas y los procedimientos, así como con la plataforma vibratoria a diferentes frecuencias y amplitudes. Una semana más tarde, y a la misma hora del día en la que acudieron en la visita preliminar, los participantes realizaron la sesión de entrenamiento de WBVT. El estudio fue diseñado siguiendo las instrucciones de Consort para ensayos clínicos, siguió las normas de la Declaración de Helsinki y fue aprobado por el Comité de Ética de la Universidad Católica San Antonio. Además, se registró el estudio en ClinicalTrials.gov, siendo el número identificador NCT03856801.

### 2.2. Participantes

Un total de trece participantes (sexo: 5 hombres, 8 mujeres; edad:  $42.3 \pm 9.6$  años; masa corporal:  $67.3 \pm 12.7$  kg; altura:  $164.2 \pm 8.5$  cm; índice de masa corporal:  $29.6 \pm 2.6$  kg.m<sup>-2</sup>) formaron parte del estudio. El reclutamiento se llevó a cabo con la colaboración de la Asociación de Esclerosis Múltiple de Murcia (AMDEM). Todos los participantes presentaron EM remitente-recurrente, y no utilizaron ningún sistema de ayuda para la marcha. Además, todos fueron diagnosticados con EM previamente por un neurólogo, siguiendo los criterios propuestos por McDonald [20]. Como criterios de inclusión se estableció: 1) presencia de discapacidad moderada con problemas espásticos para la marcha; 2) encontrarse en una fase estable de la enfermedad. Por otro lado, los criterios de exclusión fueron: 1) puntuación en la Escala de Discapacidad (EDSS) mayor de 6; 2) presencia de brote en los doce meses previos al estudio; 3) haber realizado un programa de entrenamiento en los dos meses previos. Antes del comienzo del estudio, todos los participantes firmaron un consentimiento informado.

### 2.3. Procedimiento del entrenamiento

La sesión de WBVT se llevó a cabo en una plataforma vibratoria con vibración vertical. El modelo utilizado fue el Power Plate Pro5 (Power Plate International, London, UK). La posición encima de la plataforma fue de sentadilla estática con 30° de flexión de rodilla [21]. Siguiendo previas recomendaciones, la frecuencia fue fijada en 35 Hz y la amplitud en 4 mm [18]. Con el objetivo de aumentar la seguridad, se permitió que los participantes se apoyaran ligeramente en las asas de la plataforma. La sesión de WBVT consistió en doce series de un minuto de sentadilla estática con un minuto de descanso entre series. Durante los periodos de descanso, los participantes se mantuvieron de pie encima de la plataforma.

### 2.4. Procedimiento del test

Las pruebas de medición se llevaron a cabo antes e inmediatamente después de la sesión de WBVT. Para comenzar, los participantes llevaron a cabo un entrenamiento estandarizado (cinco minutos de cicloergómetro a 75 W seguido de una rutina de estiramientos dinámicos de los miembros inferiores principalmente). Para medir la espasticidad se utilizó el test del Péndulo [22], y fue desarrollado siempre por el mismo investigador. Durante el test del Péndulo, el participante se situaba en posición sentada en el extremo de una camilla, con la articulación de la rodilla 5 cm más allá del final de la camilla. Los brazos del participante se situaban cruzados sobre el pecho durante la realización de la prueba. Para comenzar el test, el examinador sostenía el talón del participante hasta que la pierna se encontraba extendida (el grado de extensión de la rodilla depende de las características del participante). Una vez conseguida la máxima extensión, el investigador dejaba caer la pierna, permitiendo que esta oscile libremente, hasta la detención. El test se repitió en tres ocasiones con cada pierna con un minuto de descanso entre intentos (tiempo suficiente para permitir una recuperación completa de la espasticidad y reflejos de estiramiento [23]), siendo elegido aquel que arrojó mejores resultados. Tres marcadores fueron colocados en las siguientes posiciones anatómicas: trocánter mayor del fémur, epicóndilo lateral del fémur y maléolo lateral del peroné en cada pierna.

Todos los intentos fueron grabados con una cámara 3D, situada a 3 m del participante. Los datos obtenidos fueron: número y tiempo de oscilaciones hasta que la pierna se detuvo y grados del primer ángulo de rodilla hasta el primer balanceo.

### 2.5. Análisis estadístico

Tanto la recogida como el tratamiento y el análisis fueron desarrollados utilizando el software SPSS para Windows (versión 20.0; SPSS, Inc., Chicago, IL, USA). Se llevó a cabo un análisis descriptivo (media y desviación típica). Con anterioridad a la utilización de las pruebas paramétricas, se confirmó la normalidad con la prueba de Shapiro-Wilks. Se utilizó una prueba T para muestras relacionadas para comprobar los cambios ocurridos entre el pre y el post sesión y su correspondiente test no paramétrico para aquellas variables que no siguieron una distribución normal (Wilcoxon rank). Un nivel de significación de  $p \leq 0.05$  fue fijado como indicativo de significancia estadística.

## 3. Resultados

En la tabla I se observaron los datos descriptivos del test de péndulo pre y post intervención.

**Tabla I** Datos descriptivos de las variables analizadas

	N	Pre-Sesión		Post-Sesión	
		Mean	SD	Mean	SD
<b>Pierna más afectada</b>					
Primer ángulo	10	86.9	23.8	83.2	15.4
Número de oscilaciones	10	6.1	1.9	6.1	1.8
Tiempo de oscilación	10	7.5	1.9	6.8	2.0
<b>Pierna menos afectada</b>					
Primer ángulo	10	91.5	15.4	90.8	10.2
Número de oscilaciones	10	5.4	3.0	6.6	2.7
Tiempo de oscilación	10	6.1	3.3	7.3	2.7

En la tabla II se muestran los efectos de la sesión de vibración. No se observaron diferencias post-sesión en ninguna de las variables analizadas.

**Tabla II** Efectos de una sesión de Entrenamiento vibratorio en el test de péndulo

	Estadístico	gl	p	DM	EE	IC 95%		d Cohen
						LI	LS	
<b>Pierna más afectada</b>								
Primer ángulo	0.560	9	0.589	3.72	6.641	-11.3	18.7	0.177
Número de oscilaciones	5.000	9	1.000	0.00	0.211	-1.0	1.0	0.000
Tiempo de oscilación	36.500	9	0.386	0.45	0.561	-0.6	2.1	0.378
<b>Pierna menos afectada</b>								
Primer ángulo	0.262	9	0.800	0.69	2.639	-5.3	6.7	0.083
Número de oscilaciones	-1.809	9	0.104	-1.2	0.663	-2.7	0.3	-0.572
Tiempo de oscilación	-1.920	9	0.087	-1.17	0.609	-2.5	0.2	-0.607

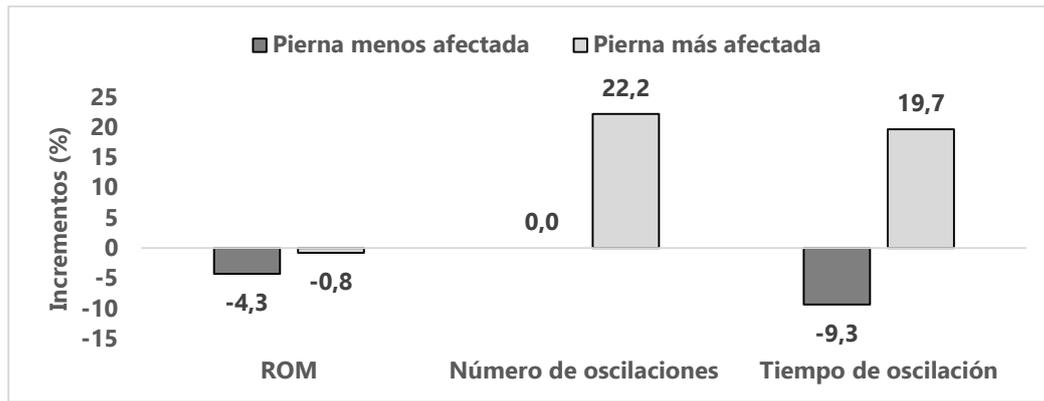
gl: grados de libertad; DE: diferencia de medias; EE: error estándar; IC: intervalo de confianza; LI: límite inferior; LS: límite superior.

En la tabla III se observan las diferencias en los incrementos de la pierna más afectada respecto a la pierna menos afectada. Se observó un mayor incremento del tiempo de oscilación en la pierna menos afectada con un tamaño del efecto moderado.

**Tabla III** Efectos de una sesión de Entrenamiento vibratorio en el test de péndulo

	Estadístico	gl	p	DM	EE	IC 95%		d Cohen
						LI	LS	
Primer ángulo	12.0	9	0.796	-0.036	0.141	-0.250	0.700	0.179
Número oscilaciones	10.0	9	0.082	-0.300	0.227	-1.050	0.100	-0.572
Tiempo de oscilación	-2.3	9	0.046	-0.430	0.186	-0.851	-0.009	-0.730

gl: grados de libertad; DE: diferencia de medias; EE: error estándar; IC: intervalo de confianza; LI: límite inferior; LS: límite superior.



**Figura 1** Efectos del entrenamiento vibratorio por piernas.

Se observó una relación entre el grado la escala EDSS y el tiempo de oscilación (Tabla IV).

**Tabla IV** Correlación entre los incrementos y el grado de discapacidad.

	EDSS
Pierna afectada	r (p)
Primer ángulo	0.694 (0.026)
Número de oscilaciones	-0.177 (0.624)
Tiempo de oscilación	-0.668 (0.035)
Pierna menos afectada	
Primer ángulo	0.410 (0.239)
número de oscilaciones	-0.221 (0.540)
Tiempo de oscilación	-0.296 (0.406)

EDSS: Expanded Disability Status Scale.

#### 4. Discusión

El objetivo del estudio fue analizar los efectos de una sesión de WBVT sobre la espasticidad y comparar el efecto entre piernas. Los principales hallazgos fueron que el WBVT no generó un efecto significativo, sin embargo, el entrenamiento WBVT generó un efecto diferente cuando se compararon las piernas (más afectada respecto a la menos afectada), observándose una tendencia moderada al incremento del número de oscilaciones (22.2%, efecto moderado  $d = 0.572$ ) y un incremento significativo en el tiempo de oscilación (19.7%, efecto moderado  $d = 0.730$ ,  $p = 0.046$ ) de la pierna menos afectada.

Previos estudios, han mostrado que la vibración podría mejorar la espasticidad de los pacientes clínicos [24,25]. Sin embargo, bajo nuestro conocimiento este es el primer artículo que analiza los efectos agudos de WBVT sobre la espasticidad en personas con EM. El WBVT se ha mostrados seguro en su aplicación en personas con EM, sin empeorar de forma aguda variables como la capacidad funcional, la marcha, o la fuerza [16]. Debido a la estrecha relación entre variables como la marcha y la espasticidad (un aumento de la espasticidad empeora de forma sistemática el rendimiento en test como los 10-metros o los 2-minutos marcha), cabía esperar que la espasticidad no iba a verse aumentada tras el WBVT en ninguna de las dos piernas [26]. Por otro lado, el WBVT ha sido utilizado, principalmente, por deportistas con el objetivo de aumentar el rendimiento en tareas explosivas, como el salto, de forma aguda [27]. Los mecanismos que subyacen al WBVT, siendo los más importantes la modulación de la transmisión de la motoneurona sináptica aferente la vía inhibición presináptica [28], así como la estimulación del complejo músculo-tendón y la activación del reflejo tónico de estiramiento que incrementa la activación de la  $\alpha$ -motoneurona [29,30], podrían ser los causantes de la mejora en la capacidad de producir fuerza, principalmente por un aumento de la

frecuencia de descarga y del reclutamiento, aunque más investigaciones en esta línea son necesarias. Este potencial del WBVT puede ser útil en personas con una gran espasticidad, ya que podría, incluso, mejorar de forma aguda esta variable, aunque en nuestros resultados no hayamos encontrado cambios significativos pre-post.

En cuanto a la diferencia entre piernas, nuestros resultados muestran que existe un mayor efecto positivo del WBVT sobre la pierna menos afectada con respecto a la más afectada en el tiempo de oscilación. Mayores tiempos de oscilación en el Test del Péndulo se correlacionan con una menor espasticidad [31]. Las personas con EM presentan diferentes grados de funcionalidad, espasticidad y, por tanto, de discapacidad en cada pierna [32,33]. Esta realidad requiere que los programas de entrenamiento aborden de manera individualizada y separada cada una de las piernas. En la literatura encontramos cómo ciertos programas de entrenamiento de fuerza, basándose en lo anteriormente expuesto, individualizan las variables del programa de entrenamiento, principalmente la intensidad, a cada una de las piernas en personas con EM [34]. Sin embargo, la dificultad para individualizar la intensidad en el WBVT a cada una de las piernas es mucho mayor que en otros tipos de entrenamiento, hasta el punto de que, bajo nuestro conocimiento, no existen artículos que hayan utilizado diferentes variables de entrenamiento para cada pierna en el WBVT. En este contexto, surge la necesidad de conocer cómo responde, de forma aguda, la espasticidad de cada pierna cuando diferenciamos entre la pierna más y menos afectada. La mejor respuesta de la pierna menos afectada en variables como el tiempo de oscilación, así como la correlación entre el grado de EDSS y el número de oscilaciones, muestra que el estímulo de WBVT (12 series de 1 minuto con 1 minuto de descanso, 35 Hz de frecuencia y 4 mm de amplitud) de nuestro estudio es más beneficioso en aquellos pacientes que presentaron una mejor funcionalidad. Una de las explicaciones podría ser que el volumen y la intensidad del entrenamiento fueron demasiado altas para aquellas personas con peor funcionalidad, no consiguiendo los efectos potencialmente beneficiosos del WBVT sobre la función neuromuscular. En este contexto, nuestros resultados sugieren que, al ser los efectos agudos diferentes en función del grado de discapacidad con tendencias contrarias (tiempo de oscilación,  $r = -0.668$ ,  $p = 0.035$ ), se requiere que los entrenamientos sean individualizados en la medida de lo posible en esta población. Más investigaciones son necesarias con el objetivo de lograr una individualización de las variables de entrenamiento en el WBVT.

El estudio tiene algunas limitaciones que los autores reconocen. En primer lugar, el bajo número de participantes. Por otro lado, los diferentes niveles de discapacidad (EDSS) podrían estar distorsionando los resultados, como se ha podido observar en la diferencia entre piernas. Por ello, y para optimizar el efecto del entrenamiento, se debería individualizar el WBVT en función del grado de discapacidad.

## 5. Conclusiones

Nuestros resultados muestran que el WBVT no empeora la espasticidad de forma aguda en ninguna de las dos piernas en personas con EM. Además, encontramos que el estímulo de entrenamiento mejoró el tiempo de oscilación en mayor medida en la pierna menos afectada cuando lo comparamos con la pierna más afectada. Estos resultados, junto con la correlación entre la puntuación en la escala de discapacidad y el tiempo de oscilación, sugieren que la respuesta neuromuscular depende en gran medida del estado de discapacidad del sujeto en general y de la pierna en particular. Por ello, es necesario que se aborde de manera individualizada cada entrenamiento con el objetivo de maximizar los efectos beneficiosos del WBVT.

**Agradecimientos:** Se agradece a todos los participantes del estudio y la Asociación Murciana de Esclerosis Múltiple la colaboración. Además, este proyecto se ha llevado a cabo gracias, parcialmente, al apoyo del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, mediante el apoyo al autor L.A.C.

**Contribución de los autores:** L.A.C., J.A.R.A., A.E.M., D.J.R.C., y A.G. han concebido y diseñado los experimentos; L.A.C., J.A.R.A., A.E.M. y A.G. realizaron los experimentos; J.A.R.A. y A.E.M. analizaron los datos; L.A.C. y J.A.R.A. escribió el artículo.

**Conflictos de Intereses:** Los autores no declaran conflicto de intereses. Los patrocinadores fundadores no tenían ningún papel en el diseño del estudio; en la colección, análisis o interpretación de los datos; en la escritura del manuscrito y en la decisión de publicar los resultados.

## Abreviaturas

Las siguientes abreviaturas son usadas en este manuscrito:

EDSS: Expanded Disability Status Scale.

EM: Esclerosis Múltiple.

WBVT: Entrenamiento vibratorio de cuerpo completo.

## Referencias Bibliográficas

1. Browne P, Chandraratna D, Angood C, Tremlett H, Baker C, Taylor B V., et al. Atlas of multiple sclerosis 2013: A growing global problem with widespread inequity. *Neurology* 2014;83(1):1022–4.
2. Otero-Romero S, Sastre-Garriga J, Comi G, Hartung HP, Soelberg Sørensen P, Thompson AJ, et al. Pharmacological management of spasticity in multiple sclerosis: Systematic review and consensus paper. *Mult. Scler.* 2016;22(11):1386–96.
3. Sosnoff JJ, Socie MJ, Boes MK, Sandroff BM, Pula JH, Suh Y, et al. Mobility, balance and falls in persons with multiple sclerosis. *PLoS One* 2011;6(11):e28021.
4. Snook EM, Motl RW. Physical Activity Behaviors in Individuals with Multiple Sclerosis: Roles of Overall and Specific Symptoms, and Self-Efficacy. *J. Pain Symptom Manage.* 2008;36(1):46–53.
5. Shakespeare D, Boggild M, Young CA. Anti-spasticity agents for multiple sclerosis. *Cochrane Database Syst. Rev.* 2003;4:CD001332.
6. Stevenson VL. Rehabilitation in practice: spasticity management. *Clin. Rehabil.* 2010;24:293–304.
7. Olgiati R, Burgunder JM, Mumenthaler M. Increased energy cost of walking in multiple sclerosis: Effect of spasticity, ataxia, and weakness. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 1988;69(10):846–9.
8. Amatya B, Khan F, La Mantia L, Demetrios M, Wade DT. Non pharmacological interventions for spasticity in multiple sclerosis. *Cochrane Database Syst. Rev.* 2013;28(2):CD009974.
9. Kileff J, Ashburn A. A pilot study of the effect of aerobic exercise on people with moderate disability multiple sclerosis. *Clin Rehabil* 2005;19:165–9.
10. Kjølhede T, Vissing K, Dalgas U. Multiple sclerosis and progressive resistance training: a systematic review. *Mult. Scler. J.* 2012;18:1215–28.
11. Bulguroglu I, Guclu-Gunduz A, Yazici G, Ozkul C, Irkec C, Nazliel B, et al. The effects of Mat Pilates and Reformer Pilates in patients with Multiple Sclerosis: A randomized controlled study. *NeuroRehabilitation* 2017;41:413–22.
12. Velikonja O, Čurić K, Ožura A, Jazbec SŠ. Influence of sports climbing and yoga on spasticity, cognitive function, mood and fatigue in patients with multiple sclerosis. *Clin. Neurol. Neurosurg.* 2010;112(7):597–601.
13. Dalgas U, Stenager E, Ingemann-Hansen T. Multiple sclerosis and physical exercise: Recommendations for the application of resistance-, endurance- and combined training. *Mult. Scler.* 2008;14(1):35–53.
14. Romani A, Bergamaschi R, Candeloro E, Alfonsi E, Callieco R, Cosi V. Fatigue in multiple sclerosis: Multidimensional assessment and response to symptomatic treatment. *Mult. Scler.* 2004;10(4):462–8.
15. Kantele S, Karinkanta S, Sievänen H. Effects of long-term whole-body vibration training on mobility in patients with multiple sclerosis: A meta-analysis of randomized controlled trials. *J. Neurol. Sci.* 2015;358(1–2):31–7.
16. Andreu L, Ramos-Campo DJ, Ávila-Gandía V, Freitas T, Chung LH, Rubio-Arias JÁ. Acute effects of whole-body vibration training on neuromuscular performance and mobility in hypoxia and normoxia in persons with Multiple Sclerosis: A crossover study. *Mult. Scler. Relat. Disord.* 2019;37:101454.
17. Lam FMH, Lau RWK, Chung RCK, Pang MYC. The effect of whole body vibration on balance, mobility and falls in older adults: A systematic review and meta-analysis. *Maturitas* 2012;72(3):206–13.
18. Castillo-Bueno I, Ramos-Campo DJ, Rubio-Arias JA. Effects of whole-body vibration training in patients with multiple sclerosis: A systematic review. *Neurologia [Internet]* 2018;33(8):534–48.

19. Huang M, Liao LR, Pang MY. Effects of whole body vibration on muscle spasticity for people with central nervous system disorders: a systematic review. *Clin Rehabil* 2017;31:23–33.
20. Thompson AJ, Banwell BL, Barkhof F, Carroll WM, Coetzee T. Diagnosis of multiple sclerosis: 2017 revisions of the McDonald criteria. *Lancet Neurol.* 2018;17:162–73.
21. 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.
22. Fowler EG, Nwigwe AI, Ho TW. Sensitivity of the pendulum test for assessing spasticity in persons with cerebral palsy. *Dev. Med. Child Neurol.* 2000;42(3):182-9.
23. Levin MF, Hui-Chan C. Are H and stretch reflexes in hemiparesis reproducible and correlated with spasticity? *J. Neurol.* 1993;240(2):63-71.
24. Murillo N, Valls-Sole J, Vidal J, Opisso E, Medina J, Kumru H. Focal vibration in neurorehabilitation. *Eur. J. Phys. Rehabil. Med.* 2014;50(2):231-42.
25. Ahlborg L, Andersson C, Julin P. Whole-body vibration training compared with resistance training: Effect on spasticity, muscle strength and motor performance in adults with cerebral palsy. *J. Rehabil. Med.* 2006;38:302–8.
26. Li W. Spasticity measurements using pendulum test for predicting gait performance in patients with hemiplegic stroke. *Ann. Phys. Rehabil. Med.* 2018;61:e203.
27. Yang WW, Chou LW, Chen WH, Shiang TY, Liu C. Dual-frequency whole body vibration enhances vertical jumping and change-of-direction ability in rugby players. *J. Sport Heal. Sci.* 2017;6(3):346-351.
28. Hong J, Kipp K, Johnson ST, Hoffman MA. Effects of 4 Weeks Whole Body Vibration on Electromechanical Delay, Rate of Force Development, and Presynaptic Inhibition. *Med. Sci. Sport. Exerc.* 2011;43:928.
29. Cardinale M, Bosco C. The use of vibration as an exercise intervention. *Exerc. Sport Sci. Rev.* 2003;31:3–7.
30. Cochrane DJ, Stannard SR, Firth EC, Rittweger J. Acute whole-body vibration elicits post-activation potentiation. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2010;108:311–9.
31. Schiaffino L, Spaich E, Rufiner A, Escobar S, Tabernig C. Sistema para evaluación de la espasticidad muscular. *Rev. Mex. Ing. Biomédica* 2002;23:116–22.
32. Chung LH, Remelius JG, Van Emmerik REA, Kent-Braun JA. Leg power asymmetry and postural control in women with multiple sclerosis. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2008;40(10):1717-24.
33. Larson RD, McCully KK, Larson DJ, Pryor WM, White LJ. Bilateral differences in lower-limb performance in individuals with multiple sclerosis. *J Rehabil Res Dev* 2013;50:215–22.
34. Broekmans T, Roelants M, Feys P, Alders G, Gijbels D, Hanssen I, et al. Effects of long-term resistance training and simultaneous electro-stimulation on muscle strength and functional mobility in multiple sclerosis. *Mult. Scler. J.* 2011;17:468–77.

