

ORIGINAL

Efectos de la vibroterapia sobre el control postural, la funcionalidad y la fatiga en pacientes con esclerosis múltiple. Ensayo clínico aleatorizado

I.M. Alguacil Diego, C. Pedrero Hernández, F. Molina Rueda y R. Cano de la Cuerda*

Departamento de Fisioterapia, Terapia Ocupacional, Rehabilitación y Medicina Física, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Rey Juan Carlos, Alcorcón, Madrid, España

Recibido el 4 de febrero de 2011; aceptado el 24 de abril de 2011

Accesible en línea el 23 de junio de 2011

PALABRAS CLAVE

Control postural;
Esclerosis múltiple;
Equilibrio;
Posturografía
dinámica;
Vibroterapia

Resumen

Introducción: Los trastornos del equilibrio, junto con las alteraciones de la funcionalidad y la fatiga, constituyen los síntomas más incapacitantes en los pacientes con esclerosis múltiple (EM). La vibroterapia de cuerpo entero o *whole body vibration* (WBV), a través de la transmisión de estímulos mecánicos, se presenta como una herramienta terapéutica útil en el tratamiento de las alteraciones del control postural en diversas patologías neurológicas. El objetivo del presente estudio es valorar el efecto a corto plazo de la vibroterapia sobre el control postural, la funcionalidad y la fatiga en pacientes con EM.

Material y métodos: Treinta y cuatro pacientes con EM con afectación leve-moderada, distribuidos aleatoriamente en un grupo control y un grupo experimental, participaron en el estudio. El grupo experimental fue sometido a WBV durante 5 días consecutivos (series diarias de 5 periodos de 1 min de duración) a una frecuencia de 6 Hz. Previamente y post-intervención, fueron realizadas valoraciones con posturografía dinámica computarizada, mediante el test de organización sensorial (SOT) y el test de control motor (MCT), así como con el test *timed up and go*, la escala de equilibrio de Berg, la prueba los 10 metros y la escala de severidad de fatiga de Krupp.

Resultados: El análisis comparativo de datos pre y post-intervención de los grupos mostró mejoras en el grupo experimental para las condiciones SOT 1, SOT 3 y la latencia en el MCT. Realizada la comparación entre grupos, únicamente la latencia o tiempo de reacción en el MCT mejoró significativamente a favor del grupo experimental (de $173,78 \pm 12,46$ a $161,25 \pm 13,64$ ms; $p=0,04$). No se registraron efectos adversos derivados.

Conclusiones: Los resultados de este estudio muestran que el protocolo utilizado de WBV mejoró a corto plazo el tiempo de respuesta para recobrar la verticalidad ante estímulos desestabilizantes, pudiéndose mostrar como una opción terapéutica en el mantenimiento del control postural y el equilibrio en pacientes con EM.

© 2011 Sociedad Española de Neurología. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: roberto.cano@urjc.es (R. Cano de la Cuerda).

KEYWORDS

Balance;
Dynamic
posturography;
Multiple sclerosis;
Postural control;
Whole-body vibration

Effects of vibrotherapy on postural control, functionality and fatigue in multiple sclerosis patients. A randomised clinical trial

Abstract

Introduction: Postural and balance disorders, functionality impairment and fatigue, are the most incapacitating problems in multiple sclerosis (MS) patients. Whole Body Vibration (WBV), through the transmission of mechanical stimuli, appears to be a useful therapeutic tool in the treatment of neurological diseases. The objective of this study is to assess the effect of the WBV on postural control, balance, functionality and fatigue in patients with MS.

Material and methods: A total of 34 patients with mild-moderate MS were randomised into a control group and an intervention group. For the intervention group, the protocol consisted of 5 consecutive days, daily series of 5 periods of 1 minute of duration of WBV at a frequency of 6 Hz. Posturographic assessment using the Sensory Organization Test (SOT) and Motor Control Test (MCT), the Timed Get Up and Go Test, 10 metres Test, the Berg Balance Scale and Krupp's Fatigue Severity Scale were used before and after intervention.

Results: The analysis showed improvements in the intervention group for conditions SOT 1, SOT 3 and latency in MCT. In the comparison between groups, only the latency or reaction time in MCT improved significantly in favour of the intervention group (from 173.78 ± 12.46 to 161.25 ± 13.64 ms; $P = .04$). No side-effects were found.

Conclusions: The results of this pilot study show that WBV can improve, in the short-term, the time of response to recover the uprightness after sudden disturbances, appearing as a possible therapeutic tool maintaining balance and posture.

© 2011 Sociedad Española de Neurología. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

Introducción

La esclerosis múltiple (EM) es la enfermedad neurológica más frecuente en adultos jóvenes y constituye una de las principales causas de invalidez en éstos. Han pasado más de 140 años desde que se describieran las características clínicas y patológicas de la EM, y sin embargo, continúa siendo un reto su conocimiento etiopatogénico¹. Su curso es progresivo, variado e imprevisible, lo que conduce hacia un deterioro tanto físico como cognitivo del paciente, sin que por el momento exista un tratamiento efectivo para la misma^{2,3}. Afecta principalmente a pacientes entre los 20-50 años de edad, siendo su prevalencia en España de 50-60 casos cada 100.000 habitantes³.

Las manifestaciones clínicas de la enfermedad se presentan como signos y síntomas con gran variabilidad clínica, en función de la localización de las lesiones desmielinizantes que pueden tener lugar en todo el sistema nervioso central⁴, afectándose en muchas ocasiones la organización del movimiento en todos sus aspectos. Simultáneamente, el control de la postura sufre los mismos problemas adaptativos, siendo los trastornos del equilibrio junto con la alteración de la funcionalidad y la fatiga, presente hasta en el 78% de los casos, los síntomas más incapacitantes⁵. El resultado es una marcha anómala con una reducción en la movilidad causada por el compromiso del equilibrio durante la deambulación. Típicamente los pacientes presentan un aumento de la base de sustentación con mayor inestabilidad en el inicio de la marcha o en los cambios de dirección. Esta inestabilidad postural junto a las alteraciones en la marcha supone además una limitación en las actividades de la vida diaria con un impacto en la calidad de vida⁶.

Aunque uno de los objetivos del tratamiento neurorrehabilitador es el entrenamiento y la mejora del equilibrio,

éste se presenta como uno de los síntomas más resistentes a las intervenciones terapéuticas⁷. La no existencia de un tratamiento curativo de la enfermedad, junto con el curso crónico de la misma, obliga a explorar intervenciones alternativas destinadas a controlar alguno de estos síntomas discapacitantes. Lamentablemente para la comunidad médica, no se dispone de programa terapéutico con continuidad que brinde resultados a largo plazo.

En los últimos años se ha documentado como la transmisión de estímulos vibratorios a través del organismo produce una serie de respuestas fisiológicas beneficiosas que van a depender de las características de dichos estímulos vibratorios. Esta vibración generada a través de una plataforma y transmitida al organismo (Whole Body Vibration, WBV), activará una multitud de receptores sensoriales, desde cutáneos hasta musculares, incidiendo especialmente a través del estiramiento sobre los husos musculares y provocando, tras activación refleja de las motoneuronas alfa, un reflejo tónico vibratorio responsable de la contracción muscular refleja^{8,9}, con un incremento en la sincronización de las unidades motoras (UM) cuando se combina con una contracción muscular voluntaria¹⁰, lo que conlleva una mejora en la fuerza muscular y, por ende, en la funcionalidad¹¹.

También parece existir una activación de centros motores superiores, con una mayor respuesta muscular y propioceptiva, lo que podría explicar las mejoras en el equilibrio obtenidas con su aplicación^{12,13}.

No obstante, varios autores han evaluado los efectos agudos de una única exposición a la vibroterapia en adultos jóvenes mostrando mejoras transitorias en unas ocasiones^{14,15} o ningún efecto en otras¹⁶⁻¹⁸. Resultados similares se obtienen ante exposiciones prolongadas¹⁹. Actualmente, su aplicación se está dirigiendo hacia los trastornos

neurológicos, como la enfermedad cerebrovascular²⁰, la parálisis cerebral²¹ o la enfermedad de Parkinson (EP)^{22,23}.

Habitualmente, la realización de un programa tradicional de ejercicios en la EM se ve limitado por la fatiga. La aparición en el mercado de múltiples dispositivos, junto a la facilidad y comodidad de su aplicación, hace posible pensar en la WBV como un medio terapéutico que podría aliviar alguno de los síntomas y signos presentes en el paciente con EM, requiriendo menos esfuerzo y causando menos fatiga²⁴ y abaratándose los costes derivados. Sin embargo, son todavía pocos los estudios realizados al respecto que ofrezcan resultados contradictorios^{7,10,19,25}.

El objetivo de este estudio fue valorar la efectividad a corto plazo de la vibroterapia sobre el control postural, el equilibrio, la funcionalidad y la fatiga en pacientes con EM.

Pacientes y métodos

Sujetos

Los sujetos fueron reclutados de la Asociación Mostoleña de Esclerosis Múltiple e incluidos si presentaban una afectación leve o moderada eran capaces de mantener la bipedestación y la marcha de forma independiente, con o sin apoyo. Expanded Disability Status Scale (EDSS) ≤ 5 y se encontraban en una fase estable de la enfermedad. Fueron excluidos los individuos con experiencia previa con plataformas vibratorias, brote de EM en los 2 meses previos al estudio, depresión, así como presentar alguna de las contraindicaciones para la aplicación de la WBV como embarazo, implantes, epilepsia o tumores. Para evitar la interacción de posibles efectos negativos sobre el equilibrio, en la valoración del mismo, se consideró asimismo como criterio de exclusión la presencia de reacciones adversas graves, en aquellos sujetos que seguían tratamiento farmacológico para la fatiga y la espasticidad.

De un total de 36 pacientes inicialmente reclutados, de incluyó a 34 en el estudio.

El presente trabajo fue aprobado por el comité ético de la Universidad Rey Juan Carlos de acuerdo a la Declaración de Helsinki.

Diseño

Se trata de un ensayo clínico aleatorizado (ECA). Los pacientes fueron aleatoriamente distribuidos (aplicación QuickCalcs de GraphPad Software) a un grupo experimental (n=18) o a un grupo control (n=16). Durante el tiempo de intervención ninguno de los sujetos recibió tratamiento rehabilitador. Todas las valoraciones fueron realizadas por un investigador ciego con respecto a los grupos de estudio establecidos.

Intervención

En el Laboratorio de Análisis del Movimiento, Biomecánica, Ergonomía y Control Motor de la Universidad Rey Juan Carlos, el grupo experimental fue sometido a WBV durante 5 días consecutivos, con series diarias de 5 periodos de



Figura 1 Posición de entrenamiento del paciente en la plataforma vibratoria Zeptoring® (Scisen GMBH, Alemania).

1 min de duración de vibroterapia, a una frecuencia de 6 Hz. De acuerdo con estudios previos en sujetos con patologías neurológicas^{7,10,24}, se emplearon amplitudes por debajo de 4 milímetros ($A = 3$ mm) intercalando entre periodos pausas de 1 min. La duración total de la intervención, teniendo en cuenta los periodos de vibración y pausas, fue de 10 min. Los pacientes debían permanecer en posición de semi-squat, permitiéndose el apoyo si éste era necesario. Se empleó la plataforma multidireccional estocástica Zeptoring® (Scisen GMBH, Germany) (fig. 1).

Variables

Previamente al inicio del estudio y post-intervención (quinto día) se realizó, por un investigador independiente y ciego respecto a la asignación de los pacientes, la evaluación de las variables. Aunque en la mayoría de los estudios previos en pacientes con patología neurológica se evalúan los resultados inmediatamente post-intervención, en nuestro estudio, y con objeto de reducir el posible impacto de la fatiga, esta valoración se llevó a cabo transcurridos 10 min tras la aplicación de la WBV.

Las mediaciones realizadas fueron el test *timed up and go* (TUG), que fue desarrollado por Podsiadlo et al²⁶, eliminando la subjetividad del test *get up and go* al sustituir su escala de gradación por una medición temporal más objetiva. El TUG ha mostrado una buena fiabilidad interobservador (ICC=0,99) e intraobservador (ICC=0,99) en sujetos con EM²⁷. El TUG mide en segundos el tiempo que el individuo tarda en levantarse de una silla, caminar 3 metros en línea recta y volver a sentarse en la misma silla. Informa acerca del equilibrio dinámico y la movilidad funcional implicando un valor por encima de 20 s, un alto riesgo de caída.

Se administró la escala de equilibrio de Berg (tabla 1). Se trata de una medida cuantitativa del estado funcional

Tabla 1 Escala de equilibrio de Berg

Pruebas	Puntuación
<p>Prueba 1: paso de sedestación a bipedestación.</p> <p>Se pide a la persona ponerse de pie</p>	<p>4. Capaz de levantarse sin usar las manos estabilizándose de forma independiente.</p> <p>3. Capaz de levantarse de forma independiente, usando las manos</p> <p>2. Capaz de levantarse usando las manos tras varios intentos</p> <p>1. Necesita mínima ayuda para levantarse o estabilizarse</p> <p>0. Necesita ayuda máxima o moderada para levantarse</p>
<p>Prueba 2: paso de bipedestación a sedestación</p>	<p>4. Se sienta de forma segura con el mínimo uso de las manos</p> <p>3. Controla el descenso usando las manos</p> <p>2. Sitúa las parte posterior de las piernas contra la silla para controlar el descenso</p> <p>1. Se sienta independiente pero no controla el descenso</p> <p>0. Necesita ayuda para sentarse</p>
<p>Prueba 3: transferencias.</p> <p>Dos sillas, una con reposabrazos y otras sin ellos, tocándose dispuestas en un ángulo de 45°. Pedir una transferencia de una silla a otra y viceversa</p>	<p>4. Capaz de hacer la transferencia con seguridad y con el menor uso de las manos</p> <p>3. Capaz de hacer la transferencia con seguridad con la ayuda de sus manos</p> <p>2. Capaz de hacer la transferencia con supervisión</p> <p>1. Necesita ayuda de una persona</p> <p>0. Necesita la ayuda de dos personas</p>
<p>Prueba 4: bipedestación sin apoyo</p> <p>Se pide al sujeto que permanezca de pie durante 30" sin mover sus pies o agarrase</p>	<p>4. Capaz de permanecer de pie con seguridad durante 30"</p> <p>3. Capaz de permanecer de pie durante 30" con supervisión</p> <p>2. Capaz de permanecer de pie durante 15" sin apoyos</p> <p>1. Necesita varios intentos para permanecer de pie durante 10" sin apoyos</p> <p>0. Incapaz de permanecer de pie durante 10" sin ayuda</p>
<p>Prueba 5: sedestación sin apoyo</p> <p>El sujeto debe permanecer sentado sin apoyo posterior y pies apoyados en el suelo durante 30". Se debe parar el tiempo si se observan reacciones de protección en tronco o en las extremidades superiores</p>	<p>4. Capaz de permanecer sentado con seguridad y con firmeza durante 30"</p> <p>3. Capaz de permanecer sentado durante 30" con supervisión o con ayuda de las extremidades superiores para mantener la posición</p> <p>2. Capaz de permanecer sentado durante 15"</p> <p>1. Capaz de permanecer sentado durante 10"</p> <p>0. Incapaz de permanecer sentado durante 10" sin apoyo</p>
<p>Prueba 6: bipedestación, ojos cerrados</p> <p>Se recoge la mejor puntuación de 3 intentos. El sujeto debe permanecer de pie con los ojos cerrados durante 10"</p>	<p>4. Capaz de permanecer de pie 10" con seguridad</p> <p>3. Capaz de permanecer de pie 10" con supervisión</p> <p>2. Capaz de permanecer de pie 3"</p> <p>1. Incapaz de mantener los ojos cerrados 3"</p> <p>0. No mantiene la posición, sujeta o cae</p>
<p>Prueba 7: bipedestación con pies juntos</p> <p>El sujeto debe mantenerse de pie con los pies lo más juntos posible, sin apoyos, durante 30"</p>	<p>4. Capaz de permanecer de pie 30" con seguridad</p> <p>3. Capaz de permanecer de pie 30" con supervisión</p> <p>2. Capaz de colocar los pies juntos, pero incapaz de permanecer de pie 30"</p> <p>1. Necesita ayuda para lograr la posición, incapaz de permanecer de pie 30"</p> <p>0. Incapaz de colocarse en la posición</p>
<p>Prueba 8: bipedestación en tándem</p> <p>Se pide al sujeto que permanezca de pie con un pie delante del otro, punta-talón</p>	<p>4. Capaz de lograr la posición de tándem de forma independiente y mantenerla 30"</p> <p>3. Capaz de lograr la posición de tándem de forma independiente. Incapaz de mantenerla 30"</p> <p>2. Capaz de dar un paso independientemente y mantener la posición 30"</p> <p>1. Necesita ayuda para dar el paso, pero puede aguantar la posición 15"</p> <p>0. Pierde el equilibrio mientras da el paso o mientras permanece de pie</p>

Tabla 1 (Continuación)

Pruebas	Puntuación
<p>Prueba 9: bipedestación con apoyo monopodal</p> <p>Se pide al sujeto que se apoye sobre una sola pierna tanto tiempo como sea capaz sin agarrarse o sujetarse. Se registra la mejor puntuación de 3 intentos</p>	<p>4. Capaz de levantar la pierna independientemente y aguantar 10"</p> <p>3. Capaz de levantar la pierna independientemente y aguantar de 5" a 9"</p> <p>2. Capaz de levantar la pierna independientemente y aguantar de 3" a 4"</p> <p>1. Intenta levantar la pierna; incapaz de mantener la pierna 3"</p> <p>0. Incapaz de intentarlo o necesita ayuda para no caerse</p>
<p>Prueba 10: giro de 360°</p> <p>Se pide al sujeto que gire completamente alrededor de una circunferencia, que pare y que gire en dirección contraria</p>	<p>4. Capaz de girar 360° con seguridad en 4" o menos en cada sentido (menos de 8" en total)</p> <p>3. Capaz de girar 360° con seguridad en una sola dirección en 4"</p> <p>2. Capaz de girar 360° con seguridad pero lentamente</p> <p>1. Necesita vigilancia y constantes comandos verbales</p> <p>0. Necesita ayuda mientras gira</p>
<p>Prueba 11: giro de tronco</p> <p>Se pide al sujeto que permanezca de pie con los pies inmóviles, fijos en una posición</p> <p>Consigna: «Siga este objeto mientras yo lo muevo, sin mover los pies»</p>	<p>4. Mira hacia atrás por encima de cada hombro; cambios de peso incluyen rotación del tronco</p> <p>3. Mira hacia atrás por encima de cada hombro con rotación del tronco: cambios de peso en la dirección contraria hacia el nivel del hombro</p> <p>2. Gira la cabeza para mirar al nivel del hombro; no hay rotación de tronco</p> <p>1. Gira la cabeza para mirar, sin rotación de tronco; necesita supervisión</p> <p>0. Necesita ayuda para mantener el equilibrio, gira barbilla</p>
<p>Prueba 12: recoger un objeto del suelo</p> <p>Se solicita al sujeto que recoja un objeto del suelo, situado a una distancia igual a la longitud de sus pies, y por delante de su pie dominante</p>	<p>4. Capaz de recoger el objeto con facilidad y seguridad</p> <p>3. Capaz de recoger el objeto pero necesita ser vigilado</p> <p>2. Incapaz de recoger el objeto, pero alcanza entre 2 y 5 cm a la distancia del objeto, mantiene el equilibrio independientemente</p> <p>1. Incapaz de recoger el objeto, pero lo intenta</p> <p>0. Incapaz de intentarlo, necesita ayuda para mantener el equilibrio</p>
<p>Prueba 13: subir y bajar de un escalón</p> <p>Se solicita al sujeto que suba y baje alternando los pies encima de un escalón, hasta que cada pie haya tocado el escalón y tocado el suelo 4 veces</p>	<p>4. Realiza la tarea de manera independiente y con seguridad, completa 8 escalones en 20 segundos</p> <p>3. Realiza la tarea de manera independiente, completa 8 escalones en más de 20 segundos</p> <p>2. Capaz de completar 4 escalones sin ayuda, requiere ser vigilado</p> <p>1. Capaz de completar 2 escalones, necesita una ayuda mínima</p> <p>0. Necesita ayuda para mantener el equilibrio, incapaz de intentarlo</p>
<p>Prueba 14: inclinación hacia delante con brazos extendidos en bipedestación</p> <p>Se solicita al sujeto que se incline hacia delante con brazos a 90°, lo más hacia delante posible sin caerse, y sin dar un paso hacia delante, de una línea marcada en el suelo. Se toma como referencia la articulación MCF para tomar las medidas. Se anota la puntuación media de 3 intentos</p>	<p>4. Puede inclinarse hacia delante con seguridad más de 25 cm</p> <p>3. Puede inclinarse hacia delante con seguridad menos de 12,5 cm</p> <p>2. Puede inclinarse hacia delante con seguridad menos de 5 cm</p> <p>1. Se inclina hacia delante pero necesita vigilancia</p> <p>0. Pierde el equilibrio en el intento, requiere apoyo externo</p>
Puntuación total: /56	
Modificado de Berg KO, Wood-Dauphinee SL, Williams JI, Maki B. Measuring balance in the elderly: validation of an instrument. Can J Public Health. 1992;83 Suppl 2:S7-11.	

Tabla 2 Escala de severidad de la fatiga de Krupp

Ítems	Puntuación
1. Mi motivación es baja cuando estoy fatigado	
2. El ejercicio me produce fatiga	
3. Estoy fácilmente fatigado	
4. La fatiga interfiere en mi funcionamiento físico	
5. La fatiga me causa frecuente problemas.	
6. Mi fatiga me impide realizar una actividad física mantenida	
7. La fatiga interfiere en la realización de ciertas tareas y responsabilidades	
8. La fatiga está entre mis tres síntomas más discapacitantes	
9. La fatiga interfiere en mi trabajo, vida familiar o vida social	
Puntuación total	

Cada ítem se puntúa en una escala del 1 al 7. La puntuación 1 se dará cuando el paciente esté totalmente en desacuerdo con la frase. El 7 se dará cuando el paciente esté totalmente de acuerdo. Entre el 1 y el 7 se puede ir graduando. Modificado et al³².

del equilibrio, sensible a los cambios clínicos y considerada útil en la predicción de caídas²⁸⁻³⁰. Consta de 14 pruebas que valoran aspectos estáticos y dinámicos del control postural, habiéndose validado su uso en personas con EM²⁶. En la actualidad, es considerada una prueba de oro en la evaluación clínica del equilibrio³¹.

Fue realizado el test de marcha de los 10 m, que valora el rendimiento de la marcha a través de la velocidad de la misma. Se indicó a la muestra que caminara con su cadencia habitual, permitiendo el uso de ayudas para la marcha si era necesario, durante una distancia de 10 m. Este test se realizó dos veces, midiéndose el tiempo invertido y registrándose como variable la media de las puntuaciones.

La escala de severidad de fatiga de Krupp (tabla 2) desde su descripción en 1989 constituye una de las escalas más utilizadas para la valoración de la fatiga en la EM³² atribuida a un origen multifactorial⁵. Consta de 9 ítems que deben ser valorados por el paciente con una puntuación entre 0 y 7, obteniéndose el valor medio. El punto de corte de esta escala es arbitrario siendo utilizado por la mayoría de los autores el 5,0 como el valor de referencia para distinguir la presencia o ausencia del síntoma^{33,34}.

La posturografía dinámica computerizada (PDC) constituye un método cuantitativo para la valoración y tratamiento de los trastornos del equilibrio^{35,36}. Se basa en el empleo de plataformas dinamométricas que miden el desplazamiento del centro de presiones, al recoger los sensores situados en ella, los diferentes estímulos de presión ejercidos por el cuerpo del sujeto en distintas situaciones estáticas y dinámicas y ha sido considerada por varios autores como la prueba de oro para el estudio del control postural³⁷. El equipo de PDC empleado fue el Smart Equitest®, Versión 8.2 (NeuroCom International Inc, Clackamas, Oregon, EE. UU.) (fig. 2). El análisis posturográfico se llevó a cabo mediante el test de organización sensorial (SOT) y el test de control motor (MCT). El SOT que ofrece el Smart Equitest®

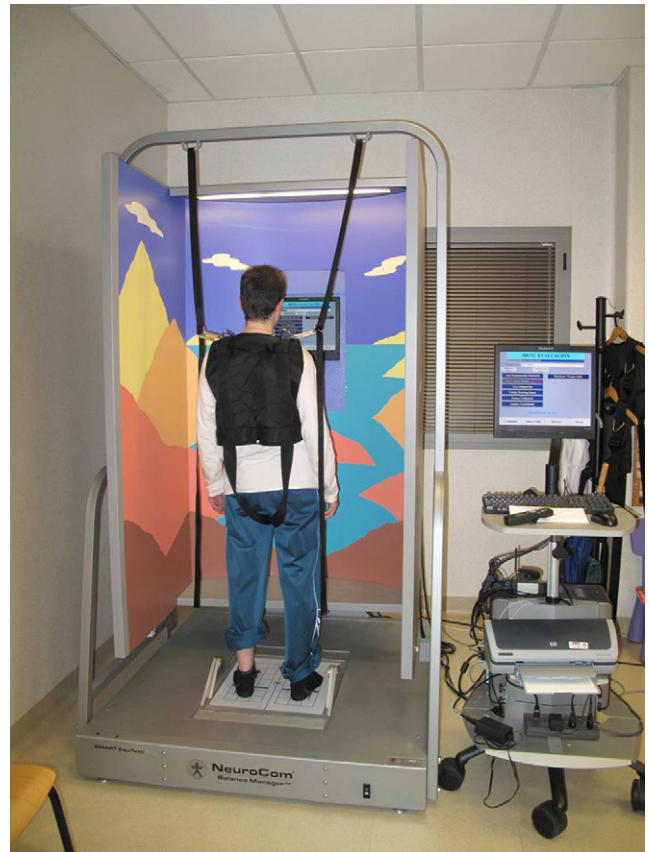


Figura 2 Smart Equitest® (NeuroCom International Inc, Clackamas, Oregon, EE. UU.).

permite realizar una valoración del equilibrio y el control postural mediante el uso de estímulos externos sobre el sistema visual y propioceptivo usados de forma combinada y variable, informando del grado de alteración funcional y de compensación de los diferentes sistemas implicados en el control del equilibrio, es decir, mide la contribución de estas aferencias sensoriales en el mantenimiento del equilibrio³⁸. Cada sujeto debía mantener su centro de gravedad (cdg) estable en 3 series consecutivas, de 20s de duración, para cada una de las 6 condiciones que lo componen³⁹. En las tres primeras condiciones la plataforma permanece fija. La condición 1 (SOT1) se realiza con ojos abiertos, la 2 (SOT2) con ojos cerrados y la 3 (SOT3) con entorno visual móvil referenciado a las oscilaciones posturales. En las condiciones 4 (SOT4), 5 (SOT5) y 6 (SOT6) se repiten las condiciones visuales de las tres primeras y además existe un movimiento de la plataforma referenciado a la oscilación antero-posterior del sujeto, manteniéndose constante el ángulo tobillo-pie y quedando así anulado el aporte sensorial propioceptivo. Cuando el paciente necesita ayuda o da un paso para mantener el equilibrio, la prueba se puntúa con un valor de 0.

En cada prueba el sistema calcula el ángulo de oscilación del cdg, y lo compara con los límites de estabilidad establecidos como normales, obteniéndose puntuaciones parciales de cada condición y una puntuación de equilibrio global (COMP) (%). Valores cercanos al 100% indican un balanceo mínimo y cercanas al 0% la caída. Además, el sistema

permite cuantificar la relación entre las fuerzas horizontales y verticales ejercidas por el usuario para mantener el equilibrio en cada prueba, determinando el «tipo de estrategia postural» utilizada. Una puntuación cercana a 100 indica el uso de una estrategia de tobillo (registra únicamente fuerzas verticales), mientras que 0 informa de un uso preferencial de una estrategia de cadera (fuerzas horizontales)⁴⁰⁻⁴².

El MCT valora la coordinación de la respuesta motora refleja³⁹. Durante este test la plataforma se va a desplazar hacia atrás y hacia delante a distintas velocidades y amplitudes, detectando la latencia o tiempo de reacción (LAT).

Para limitar la influencia de variables externas, todas las valoraciones e intervenciones se realizaron en el mismo momento del día y a la misma temperatura ambiente.

Análisis estadístico

La normalidad de cada una de las variables se comprobó utilizando la prueba de Kolmogorov-Smirnov (corrección de Lilliefors) y la prueba de Shapiro-Wilk, así como el correspondiente gráfico Q-Q.

Se valoró la similitud entre grupos antes de comenzar el estudio por medio de la prueba t de Student para las muestras independientes de las variables cuantitativas con distribución normal, y por medio del test de la U de Mann-Whitney en el caso de variables cuantitativas, sin distribución normal.

Para las variables cuantitativas con distribución normal se llevó a cabo un análisis t de Student para datos emparejados, realizando comparaciones intra-grupo (pre/post) y un aná-

lisis t de Student para muestras independientes realizando análisis entre grupos (diferencia de medias).

En las variables cuantitativas sin distribución normal se aplicó la prueba de Wilcoxon para datos emparejados para las comparaciones intragrupo (pre/post) y el test de la U de Mann-Whitney para muestras independientes en el análisis comparativo entre grupos (diferencia de medias).

Para el análisis de los datos se empleó el programa estadístico SPSS versión 17. El nivel de significación se consideró en $p < 0,05$.

Resultados

De un total de 36 sujetos inicialmente seleccionados, fueron incluidos 34 en el estudio, completándolo finalmente 32. Se produjo un abandono en el grupo experimental (N=17) por la aparición de un brote de EM y otro en el grupo control (N=15) que no pudo finalizar la valoración por fatiga. La edad media \pm desviación estándar de la muestra, constituida por 18 varones y 14 mujeres, fue de 43 ± 6 años con una puntuación media en la EDSS de 4,1. En el grupo control 7 pacientes presentaban puntuaciones en la EDSS consideradas como leves y 8 moderadas. En el grupo experimental 10 y 7 pacientes presentaban puntuaciones leves y moderadas, respectivamente.

Basalmente, no se hallaron, para todas las variables estudiadas, diferencias entre ambos grupos (tabla 3).

Los resultados de las comparaciones de las variables estudiadas se resumen en la tabla 4. En relación con los cambios intragrupal, se evidenciaron mejoras significativas a favor del grupo experimental en las variables SOT1 ($p = 0,04$), SOT

Tabla 3 Características basales de la muestra

N = 32	Control (n = 15)	Experimental (n = 17)	P
Varón/mujer	7/8	9/8	NS
Edad (años) ^a	44 \pm 20	43 \pm 17	NS ^c
EDSS ^b	4,58 \pm 0,36	3,99 \pm 0,80	NS ^d
Altura ^a	168,86 \pm 7,86	172,11 \pm 5,71	NS ^c
E. Krupp ^b	5,54 \pm 1,70	5,83 \pm 0,67	NS ^d
E. Berg ^a	47,20 \pm 7,90	42,30 \pm 3,55	NS ^c
TUG (s) ^a	19,27 \pm 7,25	20,20 \pm 7,49	NS ^c
T 10 m ^a	14,60 \pm 5,33	16,77 \pm 2,33	NS ^c
SOT1 (%) ^b	92,57 \pm 4,50	90,01 \pm 4,82	NS ^d
SOT2 (%) ^b	81,29 \pm 12,19	77,66 \pm 9,54	NS ^d
SOT3 (%) ^a	83,14 \pm 9,28	74,74 \pm 22,79	NS ^c
SOT4 (%) ^b	83,65 \pm 4,43	77,03 \pm 25,81	NS ^d
SOT5 (%) ^b	30,32 \pm 61,13	19,40 \pm 99,10	NS ^d
SOT6 (%) ^b	41,37 \pm 39,21	29,81 \pm 24,44	NS ^d
COMP (%) ^a	63 \pm 17,39	54,20 \pm 17,76	NS ^c
EST (%) ^b	80,87 \pm 14,22	82,11 \pm 11,55	NS ^c
LAT (ms) ^a	154,32 \pm 22,93	173,78 \pm 12,46	NS ^c

Valores expresados como media \pm desviación estándar.

COMP: equilibrio global; EDSS: Expanded Disability Status Scale; EST: estrategia postural; LAT: latencia MCT; NS: no significativo; T 10 m: test de los 10 m; SOT1: condición 1 SOT; SOT2: condición 2 SOT; SOT3: condición 3 SOT; SOT4: condición 4 SOT; SOT5: condición 5 SOT; SOT6: condición 6 SOT; TUG: *timed up & go*.

^a Las variables siguen una distribución normal (prueba de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk).

^b Las variables no siguen una distribución normal (Prueba de Kolmogorov Smirnov y Shapiro-Wilk).

^c Prueba de la t de Student para muestras independientes.

^d Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes.

Tabla 4 Resultados de las comparaciones de las variables estudiadas entre el grupo control y grupo intervención

Variables	Grupo Control		Grupo Experimental		Cambios intragrupo Diferencia de medias Intervalo de confianza del 95%		Cambios entre-grupos
	Media \pm desviación estándar		Media \pm desviación estándar				
	Pre	Post	Pre	Post	Grupo control	Grupo experimental	
E. Krupp ^a	5,54 \pm 1,70	5,60 \pm 1,10	5,83 \pm 0,67	5,80 \pm 0,87	0,27 (-0,11/0,62) p=0,14	0,01 (-0,34/0,37) p=0,94	Z = -1,61 p=0,11
E. Berg ^b	47,20 \pm 7,90	47,01 \pm 5,89	42,30 \pm 3,55	44,56 \pm 7,10	0,18 (-2,57/2,91) p=0,93	2,03 (-4,71/ 0,69) p=0,13	F = ,617 p=0,25
TUG (s) ^b	19,27 \pm 7,25	19,90 \pm 6,82	20,20 \pm 7,49	19,17 \pm 6,35	0,27 (-1,31/0,89) p=0,68	1,25 (-0,03/2,27) p=0,05	F = 1,238 p=0,97
T 10 m ^b	14,60 \pm 5,33	16,01 \pm 7,11	16,77 \pm 2,33	16,01 \pm 7,12	0,62 (-2,22/1,11) p=0,49	1,19 (-0,51/2,82) p=0,15	F = ,681 p=0,14
SOT1 (%) ^a	92,57 \pm 4,50	93,98 \pm 9,12	90,01 \pm 4,82	96,01 \pm 8,19	0,09 (-2,01/1,87) p=0,934	1,96 (0,07/3,90) p=0,04	Z = -1,46 p=0,16
SOT2 (%) ^a	81,29 \pm 12,19	85,40 \pm 18,40	74,74 \pm 22,79	91,42 \pm 8,23	2,19 (-12,51/8,30) p=0,66	6,31 (-4,21/16,52) p=0,23	Z = -,49 p=0,66
SOT3 (%) ^b	83,14 \pm 9,28	84,18 \pm 20,20	74,74 \pm 22,79	92,00 \pm 7,74	1,78 (-7,02/3,54) p=0,49	5,77 (0,42/11) p=0,03	F = 1,654 p=0,27
SOT4 (%) ^a	83,65 \pm 4,43	82,07 \pm 10,73	77,03 \pm 25,81	78,08 \pm 23,68	0,268 (-10,87/10,42) p=0,96	3,92 (-6,71/14,63) p=0,45	Z = -,13 p=0,93
SOT5 (%) ^a	30,32 \pm 61,13	63,44 \pm 14,80	19,40 \pm 99,10	66,25 \pm 27,10	15,88 (-1,63/0,75) p=0,06	7,27 (-23,7/9,54) p=0,37	Z = -,796 p=0,43
SOT6 (%) ^a	41,37 \pm 39,21	77,33 \pm 40,20	29,81 \pm 24,44	72,81 \pm 17,24	9,69 (-24,45/6,79) p=0,21	5,75 (-22,15-10) p=0,45	Z = -,04 p=1,00
COMP (%) ^b	63 \pm 17,39	67,25 \pm 10,37	54,20 \pm 17,76	57,15 \pm 80,76	6,23 (-0,98/14,20) p=0,07	2,99 (-9,95/4,01) p=0,37	F = ,616 p=0,50
EST(%) ^a	80,87 \pm 14,22	80,57 \pm 53,55	82,76 \pm 17,65	84,55 \pm 15,57	0,37 (-3,51/3,5) p=0,79	1,78 (-4,81/1,11) p=0,20	Z = -1,46 p=0,16
LAT (ms) ^b	154,32 \pm 19,47	153,89 \pm 21,88	173,78 \pm 12,46	161,25 \pm 13,64	1,45 (-5,12/10,01) p=0,69	12,23 (4,26/19,91) p=0,003	F = 3,290 p=0,04

COMP: equilibrio global; EDSS: Expanded Disability Status Scale; EST: estrategia postural; LAT: latencia MCT; T 10 m: test de los 10 m; TUG: *timed up & go*; SOT1: condición 1 SOT; SOT2: condición 2 SOT; SOT3: condición 3 SOT; SOT4: condición 4 SOT; SOT5: condición 5 SOT; SOT6: condición 6 SOT.

^a Prueba de Wilcoxon (cambios intragrupo) y prueba U de Mann-Whitney (cambios entre grupos).

^b Prueba de la t de Student (cambios intragrupo/cambios entre grupos).

3 ($p=0,03$) y LAT ($p=0,003$) y una tendencia a la significación estadística en el TUG ($p=0,05$).

La comparación entre ambos grupos, en relación con el MCT, mostró que el tiempo de reacción transcurrido desde que se inicia la perturbación del equilibrio, hasta que el individuo de forma refleja inicia la recuperación del mismo (latencia), disminuyó de manera significativa en el grupo sometido a la WBV (de $173,78 \pm 12,46$ a $161,25 \pm 13,64$ ms; $p=0,04$).

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en las valoraciones pre y post-intervención entre ambos grupos para el SOT, la escala de equilibrio de Berg, la escala de severidad de fatiga de Krupp, el test TUG y el test de marcha de los 10 m. No se reportó ningún efecto secundario de derivado de la intervención mediante WBV en ambos grupos.

Discusión

Son escasos los estudios publicados hasta la fecha en los que se valora el efecto de la WBV en la EM^{10,19,24,27}, empleando la mayoría métodos subjetivos y con limitada fiabilidad intra e interobservador. Asimismo, la literatura científica carece de trabajos en los que se refleje el efecto de la vibroterapia sobre la fatiga en la EM.

El presente estudio es el primer trabajo realizado en España en el que se plantea como objetivo el evaluar los efectos a corto plazo de la WBV sobre el control postural y el equilibrio, la funcionalidad y la fatiga en pacientes con EM. Además, y con objeto de superar las limitaciones metodológicas de los estudios ya publicados, se han utilizados valoraciones objetivas consideradas como prueba de oro, así como escalas y pruebas con buena fiabilidad intra e interobservador en la EM. Concretamente, para la valoración objetiva del control postural y el equilibrio se seleccionaron variables que no sólo medían la capacidad de integración de la información sensorial, precisa para el mantenimiento del equilibrio, a través del SOT, sino la coordinación de las respuestas reflejas que intervienen ante una perturbación mediante el MCT.

En individuos con EM, se ha descrito una alteración del equilibrio estático, especialmente en respuesta a perturbaciones repentinas e inesperadas⁴³, así como un menor tiempo de respuesta lo que podría incrementar el riesgo de caídas⁴⁴. El MCT nos aporta información de cómo responde un individuo ante esas perturbaciones. Nuestros resultados han demostrado que 5 sesiones diarias de WBV son capaces de ofrecer un beneficio en este sentido, disminuyendo significativamente la latencia o tiempo de respuesta necesario para recobrar la verticalidad antes una perturbación inesperada (de $175,78 \pm 18,45$ ms a $163,56 \pm 17,14$ ms; $p=0,04$), lo que podría condicionar un menor riesgo de caídas.

Se desconoce, sin embargo, el mecanismo por el que la WBV ofrece beneficios en distintas patologías neurológicas. Se baraja, entre otros, una mejora en el control motor con una activación de centros superiores y en el sistema propioceptivo por activación, no sólo de los receptores musculares y tendinosos, sino de los mecanorreceptores articulares⁴⁵.

Como cabría esperar en el paciente con EM, y más en un grado de discapacidad moderada (EDSS=4,4), las pruebas clínicas realizadas pre y post-intervención mostraron una afectación importante de la movilidad, con valores en ambos grupos muy por encima de lo considerado como normal en el TUG (entre 3,3 y 6,3 s en mujeres en la cuarta década de la vida y entre 7,1 y 9 en los varones en la sexta década), y por encima de los 14 puntos, puntuación a partir de la cual se considera un aumento significativo del riesgo de caída²⁴. La puntuación media basal registrada en la escala de Berg se situó alrededor del punto considerado de corte (46) para un mayor riesgo de caídas múltiples, siendo de 47,20 y 42,30 para el grupo control y experimental, respectivamente, lo que pone de manifiesto la habitual dificultad que el paciente con EM presenta para mantener el equilibrio, y que se traduce en una mayor frecuencia de caídas. Estos datos corroboran los obtenidos por autores como Fjeldstad et al⁴⁶, que indican una mayor inestabilidad postural en la EM inclusive en grados mínimos de discapacidad.

Son varios los factores que pueden afectar al equilibrio en la EM. La ataxia de origen cerebeloso es el más común. Otros factores son la pérdida de propiocepción, la espasticidad, la debilidad muscular del tronco y las extremidades, así como el desacondicionamiento físico secundario a la inactividad. En este sentido, se ha demostrado con la aplicación de WBV una disminución del umbral de reclutamiento de UM, lo que probablemente resulte en una más rápida activación de las fibras musculares de conducción rápida²⁵ que, junto al incremento en la sincronización de éstas¹⁰, explicaría la mejor ganancia en la fuerza muscular observada con WBV, frente al entrenamiento convencional, con un menor esfuerzo y causando así menos fatiga, lo que a priori podría presentar a la WBV como un método útil para la mejora de la fuerza muscular en la EM y, por ende, del equilibrio²⁴. Este aspecto, sin embargo, no ha sido valorado en nuestro estudio. No obstante, la no mejora en la percepción de fatiga en el grupo experimental no debe significar el que este incremento en la fuerza muscular no haya tenido lugar, pues es sabido que el origen de la fatiga en la EM es multifactorial, habiéndose relacionado la fatiga con el ejercicio con alteraciones en la vía piramidal⁴⁷. Aunque nuestro grupo de investigación utilizó para la evaluación de la fatiga la escala de severidad de fatiga de Krupp otros instrumentos, validados al español, han sido diseñados con una buena fiabilidad y validez en pacientes con EM, como la Fatigue Impact Scale for Daily Use⁴⁸.

Varios ECA de moderada-alta calidad metodológica han mostrado mejoras significativas en la fuerza muscular y el TUG en ancianos con y sin procesos médicos tras 6-8 semanas de WBV^{49,50}. Schuhfried et al⁷ obtuvieron similares mejoras en el TUG con una única aplicación de WBV (5 series de 1 min de duración) en 12 sujetos con EM en un estadio precoz de la enfermedad. Dicho trabajo fue el primer estudio que examinó la influencia de la WBV en la EM. Los autores valoraron control postural, equilibrio y movilidad mediante el SOT, el TUG y el Functional Reach Test, concluyendo que la WBV puede presentar efectos beneficiosos en la EM.

Jackson et al¹⁹ midieron por primera vez la fuerza de la musculatura flexoextensora de rodilla tras una única aplicación de WBV de 30 s de duración en pacientes con EM, sin encontrar mejoras significativas, sugiriendo la necesidad de

más estudios antes de considerar a la WBV como una opción de tratamiento viable.

El efecto de la WBV a largo plazo en la EM fue valorado por Schyns et al¹⁰. Compararon en 16 sujetos la repercusión de 4 semanas de WBV más ejercicios físico versus únicamente mismo programa de ejercicio, sobre el tono muscular, la espasticidad, la fuerza muscular, la funcionalidad y la calidad de vida. Concluyeron que aunque la WBV ofrece escaso beneficio frente a la práctica únicamente de ejercicio, su uso puede reportar beneficios frente a ninguna intervención en el paciente con EM. Los autores estimaron que la duración del tratamiento pudo haber sido escasa como para inducir cambios neuromusculares, que hubieran conducido a una mejora en la fuerza muscular y la funcionalidad, y que la intensidad creciente planteada en el entrenamiento podría haber supuesto una sobrecarga de trabajo en estos pacientes.

Broekmans et al²⁵ investigaron en pacientes con EM con afectación leve-moderada el impacto de 20 semanas de ejercicio estático y dinámico sobre una plataforma vibratoria en la fuerza muscular y la funcionalidad frente a ninguna intervención. Observaron, sorprendentemente, que su intervención no mejoró ninguno de los parámetros explorados, a pesar de haber utilizado un programa de ejercicios similar al empleado por otros autores en jóvenes y ancianos sanos con el que sí obtuvieron incrementos significativos en la fuerza muscular. Los autores explicaron este hecho a que quizás el volumen de entrenamiento pudo suponer en esta población una sobrecarga, a pesar de que la muestra describió el trabajo como «no intenso» y a que, al tratarse de un colectivo procedente de la comunidad, su nivel de acondicionamiento físico previo fue mayor que el esperado, no habiendo margen para una mejora significativa.

Wunderer et al²⁴ en un reciente estudio experimental que incluyó a 3 pacientes con EM con afectación leve, moderada y severa, respectivamente, evaluaron el efecto de 6 semanas de WBV a razón de 2 sesiones diarias, sobre la fuerza muscular de la extremidad inferior y la movilidad funcional obteniendo mejoras significativas de la fuerza en los 3 y de la movilidad en 2. Además, todas las mejoras se mantuvieron a las 4 semanas de finalizar la intervención y fueron más pronunciadas a mayor volumen e intensidad de trabajo, aspecto este corroborado por una reciente revisión sistemática sobre sujetos sanos⁵¹. Otras investigaciones previas han mostrado también el efecto duradero de la vibroterapia, manteniéndose los efectos positivos conseguidos con la WBV en sujetos con accidente cerebrovascular y EP a las 4-6 de finalizada ésta²². Wunderer et al, a la luz de sus resultados, sugieren que es posible que la WBV sea menos efectiva en sujetos más afectados por la enfermedad o bien que en aquellos casos de afectación moderada-severa tanto las intensidades, como la duración de la vibración, debería ser mayor, por lo que dichos aspectos pueden explicar los resultados de nuestro trabajo.

Nuestro estudio presenta limitaciones metodológicas, entre las que destacamos el bajo tamaño de la muestra, la no inclusión de un grupo placebo, así como la falta de seguimiento a largo plazo. No obstante, podemos concluir, ante los resultados preliminares observados en este estudio, que la WBV se presenta como una herramienta terapéutica útil frente a ninguna intervención, en el paciente con afectación leve-moderada de EM, en el control del

equilibrio. Sin embargo, el protocolo utilizado no influyó sobre los parámetros relacionados con la funcionalidad y la fatiga posiblemente debido a la duración del protocolo de tratamiento propuesto.

Resultan esenciales futuras investigaciones al objeto de determinar el mejor programa de tratamiento con vibroterapia, así como los parámetros de frecuencia, intensidad y amplitud más adecuados, su repercusión sobre los parámetros de calidad de vida y su efecto a largo plazo en los pacientes con EM, en los diferentes estadios de la enfermedad.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

1. Moreira MA, Tilbery CP, Lana-Peixoto MA, Mendes MF, Kaimen-Maciel DR, Callegaro D. Aspectos históricos de la esclerosis múltiple. *Rev Neurol*. 2002;34:378–83.
2. Alemany-Rodríguez MJ, Aladro Y, Amela-Peris R, Pérez-Viéitez MC, Reyes-Yáñez MP, Déniz-Naranjo MC, et al. Enfermedades autoinmunes y esclerosis múltiple. *Rev Neurol*. 2005;40:594–7.
3. Fernandez O. Factores genéticos y ambientales en la esclerosis múltiple. *Rev Neurol*. 2000;30:964–7.
4. Terré-Boliart R, Orient-López F. Tratamiento rehabilitador en la esclerosis múltiple. *Rev Neurol*. 2007;44:426–31.
5. Freal JE, Kraft GH, Coryell JK. Symptomatic fatigue in multiple sclerosis. *Arch Phys Med Rehabil*. 1984;65:135–8.
6. Cattaneo D, De Nuzzo C, Fascia T, Macalli M, Pisoni I, Cardini R. Risks of falls in subjects with multiple sclerosis. *Arch Phys Med Rehabil*. 2002;83:864–7.
7. 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.
8. Seidel H. Myoelectrical reactions to ultra-low frequency and low frequency whole body vibration. *Eur J Appl Physiol*. 1988;57:558–62.
9. Mester J, Kleinöder H, Yue Z. Vibration training: benefits and risks. *J Biomech*. 2006;39:1056–65.
10. 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.
11. Bauer JM, Kaiser MJ, Sieber CC. Sarcopenia in nursing home residents. *J Am Med Dir Assoc*. 2008;9:545–51.
12. Torvinen S, Kannus P, Sievänen H, Järvinen TA, Pasanen M, Kontulainen S, et al. Effect of four-month vertical whole body vibration on performance and balance. *Med Sci Sports Exerc*. 2002;34:1523–8.
13. Van Nes IJ, Geurts AC, Hendricks HT, Duysens J. Short-term effects of whole body vibration on postural control in unilateral chronic stroke patients: preliminary evidence. *Am J Phys Med Rehabil*. 2004;83:867–73.
14. Bosco C, Colli R, Intorini E, Cardinale M, Tarpela O, Madella A, et al. Adaptive responses of human skeletal muscle to vibration exposure. *Clin Physiol*. 1999;19:183–7.
15. Torvinen S, Kannu P, Sievänen H, Järvinen TA, Pasanen M, Kontulainen S, et al. Effect of a vibration exposure on muscular performance and body balance. Randomized cross-over study. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2002;22:145–52.

16. Torvinen S, Sievänen H, Järvinen TA, Pasanen M, Kontulainen S, Kannus P. Effect of 4-min vertical whole body vibration on muscle performance and body balance: a randomized cross-over study. *Int J Sports Med.* 2002;23:374–9.
17. Cormie P, Deane RS, Triplett NT, McBride JM. Acute effects of whole-body vibration on muscle activity, strength, and power. *J Strength Cond Res.* 2006;20:257–61.
18. De Rooter CJ, Van der Linden RM, Van der Zijden MJ, Hollander AP, De Haan A. Short-term effects of whole-body vibration on maximal voluntary isometric knee extensor force and rate of force rise. *Eur J Appl Physiol.* 2003;88:472–5.
19. Jackson KJ, Merriman HL, Vanderburgh PM, Braehler CJ. Acute effects of whole-body vibration on lower extremity muscle performance in persons with multiple sclerosis. *J Neurol Phys Ther.* 2008;32:171–6.
20. Van Nes IJ, Latour H, Schils F, Meijer R, Van Kuijk A, Geurts AC. Long-term effects of 6-week whole-body vibration on balance recovery and activities of daily living in the postacute phase of stroke: a randomized, controlled trial. *Stroke.* 2006;37:2331–5.
21. 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.
22. Ebersbach G, Edler D, Kaufhold O, Wissel J. Whole Body Vibration versus conventional physiotherapy to improve balance and gait in Parkinson's disease. *Arch Phys Med Rehabil.* 2008;89:399–403.
23. Haas CT, Turbanski S, Kessler K, Schmidtbleicher D. The effects of random whole-body vibration on motor symptoms in Parkinson's disease. *Neurorehabil.* 2006;21:29–36.
24. 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.
25. 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.
26. Podsiadlo D, Richardson S. The Timed «Up & Go»: a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *J Am Geriatr Soc.* 1991;39:142–8.
27. Cattaneo D, Regola A, Meotti M. Validity of six balance disorders scales in persons with multiple sclerosis. *Dis Rehabil.* 2006;28:789–95.
28. Berg K, Wood-Dauphinée S, Williams JI, Gayton D. Measuring balance in the elderly: preliminary development of an instrument. *Physiotherapy Canada.* 1989;41:304–11.
29. Bogle-Thornbahn LD, Newton RA. Use of the berg balance test to predict falls in elderly persons. *Phys Ther.* 1996;76:576–85.
30. Berg KO, Maki BE, Williams JI, Holliday PJ, Wood-Dauphinée SL. Clinical and laboratory measures of postural balance in an elderly population. *Arch Phys Med Rehabil.* 1992;73:1073–80.
31. Pérennou D, Decavel P, Manckoundia P, Penven Y, Mourey F, Lauenay F, et al. Evaluation of balance in neurologic and geriatric disorders. *Ann Readapt Med Phys.* 2005;48:317–35.
32. Krupp LB, LaRocca NG, Muir-Nash J, Steinberg AD. The fatigue severity scale. Application to patients with multiple sclerosis and systemic lupus erythematosus. *Arch Neurol.* 1989;46:1121–3.
33. Bakshi R, Shaikh ZA, Miletich RS, Czarnecki D, Dmochowski J, Henschel K, et al. Fatigue in multiple sclerosis and its relationship to depression and neurologic disability. *Mult Scler.* 2000;6:181–5.
34. Flachenecker P, Kümpfel T, Kallmann B, Gottschalk M, Grauer O, Rieckmann P, et al. Fatigue in multiple sclerosis: a comparison of different rating scales and correlation to clinical parameters. *Mult Scler.* 2002;8:523–6.
35. Tsang WW, Hui-Chan CW. Effects of Tai Chi on joint proprioception and stability limits in elderly subjects. *Med Sci Sports Exerc.* 2003;35:1962–71.
36. Sturnieks DL, St George R, Lord SR. Balance disorders in the elderly. *Clinical Neurophysiology.* 2008;38:467–78.
37. Barona-de Guzmán R. Interés de la posturografía en el diagnóstico y tratamiento del vértigo y el desequilibrio en especialidades médico-quirúrgicas. *Rev Biomec.* 2003;1:11–4.
38. Rama J, Pérez N. Caracterización de la interacción sensorial en posturografía. *Acta Otorrinolaringol Esp.* 2004;55:62–6.
39. Equitest System. *Operator's Manual Versión 8.2.* NeuroCom International, Inc; 2004.
40. Nashner LM, Black FO, Wall C. Adaptation to altered support and visual conditions during stance: patients with vestibular deficits. *J Neurosci.* 1982;2:536–44.
41. Artuso A, Garozzo A, Contucci AM, Frenguelli A, Di Girolamo S. Role of dynamic posturography (Equitest) in the identification of feigned balance disturbances. *Acta Otorhinolaryngol Ital.* 2004;24:8–12.
42. Nallegowda M, Singh U, Bhan S, Wadhwa S, Handa G, Dwivedi SN. Balance and gait in total hip replacement: A pilot study. *Am J Phys Med Rehabil.* 2003;82:669–77.
43. Frzovic D, Morris ME, Vowels L. Clinical tests of standing balance: performance of persons with multiple sclerosis. *Arch Phys Med Rehabil.* 2000;81:215–21.
44. Sandyk R. Treatment with electromagnetic fields improves dual-task performance (talking while walking) in multiple sclerosis. *Int J Neurosci.* 1997;92:95–102.
45. Albasini A, Krause M, Rembitzki I. Using whole body vibration in physical therapy and sport. *Clinical practise and treatment exercises.* London: Churchill Livingstone Elsevier; 2010.
46. Fjeldstad C, Pardo G, Bembem D, Bembem M. Decreased postural balance in multiple sclerosis patients with low disability. *Int J Rehabil Res.* 2010;12:213–27.
47. Iriarte J, Subirá ML, de Castro P. Modalities of multiple sclerosis: correlation with clinical and biological factors. *Mult Scler.* 2000;6:124–30.
48. Benito-León J, Martínez-Martín P, Frades B, Martínez-Ginés ML, De Andrés C, Meca-Lallana JE, et al. Impact of fatigue in multiple sclerosis: the Fatigue Impact Scale for Daily Use (D-FIS). *Mult Scler.* 2007;13:645–51.
49. Bautmans I, Van Hees E, Lemper JC, Mets T. The feasibility of Whole Body Vibration in institutionalised elderly persons and its influence on muscle performance, balance and mobility: a randomised controlled trial. *BMC Geriatr.* 2005;5:17.
50. Bruyere O, Wuidart MA, Di Palma E, Gourlay M, Ethgen O, Richey F, et al. Controlled whole body vibration to decrease fall risk and improve health-related quality of life of nursing home residents. *Arch Phys Med Rehabil.* 2005;86:303–7.
51. Luo J, McNamara B, Moran K. The use of vibration training to enhance muscle strength and power. *Sports Med.* 2005;35:23–41.