



REVISIÓN

## Efectos musculoesqueléticos del entrenamiento con vibraciones en ancianos

Fernanda Santin-Medeiros y Nuria Garatachea Vallejo \*

Instituto de Biomedicina, Universidad de León, León, España

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido el 21 de octubre de 2009

Aceptado el 1 de abril de 2010

On-line el 23 de mayo de 2010

Palabras clave:

Vibraciones  
Personas mayores  
Muscular  
Esquelético

R E S U M E N

El uso de las plataformas vibratorias se va extendiendo progresivamente en centros geriátricos para el entrenamiento de las personas mayores. Los estudios centrados en los efectos del entrenamiento con vibraciones en personas mayores recomiendan este modo de ejercicio como una alternativa terapéutica para la prevención y/o mejora de la osteoporosis y sarcopenia a pesar de que todavía hoy no están bien definidos los mecanismos fisiológicos involucrados en las respuestas adaptativas de la exposición a la vibración ni los parámetros de vibración más indicados para alcanzar los máximos beneficios. En este artículo se hace una revisión de los principales estudios realizados con personas mayores centrados en los efectos de las vibraciones sobre el sistema musculoesquelético.

© 2009 SEGG. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

### Muculoskeletal effects of vibration training in the elderly

A B S T R A C T

A vibration platform is increasingly being used in geriatric centers for exercise in older people. Studies centered on the effects of vibration training recommend this exercise mode as a therapeutic alternative for prevention and/or improvement of osteoporosis and sarcopenia. Nowadays, neither the physiological mechanisms involved on adaptive responses of exposure to vibration are not well defined nor the parameters of vibration more indicated to maximizing the benefits. This paper presents a review of the main studies centered on the effects of vibration training on the musculoskeletal system.

© 2009 SEGG. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

Keywords:

Vibrations  
Older people  
Muscular  
Skeletal

### Introducción

Las plataformas vibratorias se utilizan cada vez más en gimnasios y centros deportivos y se van introduciendo progresivamente en centros geriátricos para el entrenamiento de las personas mayores. Los estudios centrados en los efectos del entrenamiento con vibraciones en personas mayores recomiendan este modo de ejercicio como una alternativa terapéutica para la prevención y/o mejora de la osteoporosis y sarcopenia, además de para otras enfermedades y problemas de salud. Gran parte de nuestro conocimiento sobre la osteogénesis proviene de datos obtenidos de jóvenes sanos, y todavía hay poca información sobre la remodelación ósea en las personas que sufren de fragilidad ósea. Se está utilizando la vibración para producir una aceleración mecánica al esqueleto apendicular y axial<sup>1</sup>, y así provocar un aumento de la masa ósea. El atractivo de esta terapia es la posibilidad de ser aplicada con bajo impacto, que es fundamental

para las personas con movilidad reducida y poca fuerza muscular (por ejemplo, pacientes de edad avanzada o personas enfermas).

Cada vez son más los estudios centrados en este tipo de entrenamiento y sus efectos en los ancianos, pero todavía hoy no están bien definidos los mecanismos fisiológicos involucrados en las respuestas adaptativas de la exposición a la vibración y los parámetros de vibración más indicados que maximicen los efectos. Aunque haya muchas investigaciones que comprueben sus efectos positivos sobre la fuerza muscular isométrica y explosiva, sarcopenia, movilidad, control postural en hombres y mujeres mayores.

### Vibración de cuerpo completo (VCE)

El estudio de la vibración es una tarea multidisciplinar en la que están involucradas desde la ingeniería y la medicina, hasta la psicología<sup>2</sup>. Por su carácter de movimiento oscilatorio, las variables que determinan su intensidad son la frecuencia y la amplitud. La primera es la repetición de los ciclos de oscilación (medida en Hz) y la segunda es determinada por la dimensión del movimiento (medida en mm). Existen diferentes tipos de vibración si bien la mayoría de las plataformas existentes en el

\* Autor para correspondencia.

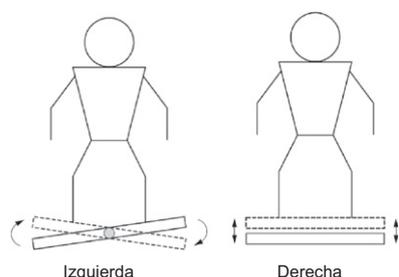
Correo electrónico: [nuria.garatachea@unileon.es](mailto:nuria.garatachea@unileon.es) (N. Garatachea Vallejo).

mercado son de 2 tipos: (fig. 1, derecha) vertical u (fig. 1, izquierda) oscilante.

Estos dispositivos envían vibraciones a través de frecuencias que varían entre 15–60 Hz, y amplitudes entre 1–10 mm. La aceleración enviada puede llegar a las 15 g (1 g=fuerza de la gravedad o 9,8 m/s<sup>2</sup>). Considerando las múltiples combinaciones posibles entre frecuencia y amplitud, existe gran variedad en el diseño de protocolos.

### Efectos sobre el sistema muscular

Tradicionalmente se ha utilizado el entrenamiento de fuerza para reducir los efectos de la sarcopenia ya que está demostrado



**Figura 1.** Existen diferentes tipos de vibración si bien la mayoría de las plataformas existentes en el mercado son de 2 tipos: (fig. 1, derecha) vertical u (fig. 1, izquierda) oscilante.

que induce una hipertrofia muscular y aumenta la fuerza y funcionalidad<sup>3</sup>. Sin embargo, las vibraciones tienen cada día un mayor interés<sup>4</sup>. Existen hipótesis de que la ganancia de fuerza muscular provocada por las vibraciones se debe principalmente a factores neuronales, más que a la hipertrofia muscular, probablemente relacionados con una mayor sensibilidad al reflejo de estiramiento<sup>5</sup>. Cuando un músculo es sometido a vibración se estimulan las terminaciones primarias del huso muscular (aférentes) que excitan las  $\alpha$ -moto neuronas y provocan la contracción de las unidades motoras homónimas, resultando finalmente en una contracción tónica del músculo conocida como reflejo tónico vibratorio<sup>6</sup>.

La tabla 1 resume los efectos musculoesqueléticos del entrenamiento con vibraciones en los ancianos, además de los protocolos utilizados en diversos estudios, que tienen por objetivo determinar la influencia de este tratamiento y demostrar las diferentes posibilidades de aplicación.

En un estudio de Roelants et al el entrenamiento con vibración de cuerpo entero (35–40 Hz) aumentó la altura de salto con contra movimiento, la fuerza dinámica isométrica de extensión de rodilla y la agilidad de este mismo movimiento en mujeres postmenopáusicas después de 24 semanas de entrenamiento vibratorio y de resistencia<sup>7</sup>.

Según la investigación de Verschuere y colaboradores, el grupo de mujeres postmenopáusicas (60–70 años) que participaron del entrenamiento con vibración de cuerpo entero (VCE), obtuvo mejoras en la fuerza isométrica (15%), fuerza dinámica (16,5%) y equilibrio corporal, después de 24 semanas de entrenamiento vibratorio, comparado con grupo control<sup>8</sup>. El grupo de

**Tabla 1**

Resumen de los efectos de las vibraciones a nivel muscular en ancianos (adaptado de Prisby et al, 2008)<sup>15</sup>

Población	Tipo	Protocolo vibratorio	Intensidad	Frecuencia	Resultado	Referencia
Mujeres posmenopáusicas (~64 años)	?	3 veces/semana, 24 semanas	2,5–5,0 mm 2,29–5,09 g	35–40	↑ Fuerza dinámica isométrica de extensores de rodilla, agilidad de movimiento de extensión de rodilla y altura de salto con contra-movimiento en los grupos de entrenamiento de VCE y de resistencia	7
Mujeres posmenopáusicas (60–70 años)	Sin	24 semanas (3 veces/semana) de VCE vs ejercicios de resistencia	2,3–5,1 g, 1,7–2,5 mm	35–40	↑ Fuerza muscular isométrica (15%) y dinámica (16%). Los grupos de entrenamiento de VCE y de fuerza mostraron beneficio significativo	8
Hombres (60–80 años)	Sin	1 año (3 veces/semana) de VCE vs ejercicios Fitness	2,5–5,0 mm	30–40	↑ Fuerza muscular isométrica y explosiva en los grupos de entrenamiento de VCE y de Fitness	9
Hombres y Mujeres (66–85 años)	Sin	8 semanas (3 veces/semana) de VCE+ejercicios o solo ejercicios	5–8 mm	26	Sin cambios en la cadera o rodilla, resistencia y fuerza extensora y flexora; sin alteración en la potencia o fuerza del tobillo en la dorsiflexión; ↑ fuerza y potencia del tobillo en la flexión plantar	10
Mujeres (65–90 años)	Sin	10 semanas (3–5 veces/semana) de VCE	2–4 mm	20–40	↑ máxima contracción voluntaria isométrica. ↔ actividad electromiográfica, ↑ área de la sección transversal muscular	11

Sin: Onda Sinusoidal; VCE: vibración de cuerpo entero; ?: no indicado; ↑: aumento; ↔: sin cambios; ↓: disminución.

entrenamiento de fuerza también mostró beneficios significativos, indicando que el entrenamiento de VCE es tan eficaz como el entrenamiento tradicional para el aumento del equilibrio y de fuerza muscular para esta población<sup>8</sup>. Por tanto, la VCE puede ser eficaz para aumentar la fuerza muscular, el equilibrio y la movilidad de personas mayores.

Bogaerts y colaboradores encontraron que después de un año de entrenamiento vibratorio, un grupo de hombres (60–80 años) mejoró la fuerza muscular isométrica y explosiva, resultados similares a los del grupo que participó de un programa de fitness<sup>9</sup>.

En otro estudio un grupo de hombres y mujeres (66–85 años) participaron de un programa compuesto de entrenamiento vibratorio+ejercicios o solo ejercicios, con duración de 8 semanas. La fuerza y la potencia de tobillo en la flexión plantar mejoró significativamente. Sin embargo, la resistencia y fuerza extensora y flexora de cadera y rodilla, así como en la potencia y fuerza de dorsiflexión de tobillo no cambiaron significativamente<sup>10</sup>.

Basándonos en los estudios anteriores, podemos decir que un entrenamiento de vibraciones puede incrementar la fuerza muscular, especialmente en los ancianos que generalmente tienen un menor nivel de fuerza que los adultos, al igual que los entrenamientos convencionales de fuerza. El incremento de fuerza se atribuye principalmente a la mejora de la coordinación inter e intramuscular. Ya en una investigación realizada por nuestro grupo se demostró que también se puede conseguir una hipertrofia muscular en ancianos muy débiles<sup>11</sup>.

### Efectos sobre el sistema esquelético

La tabla 2 resume los efectos de la VCE en las personas mayores, y los protocolos utilizados en diversos estudios, que tienen por objeto determinar la influencia de este tratamiento y demostrar las diferentes posibilidades de aplicación.

El estudio publicado por Verschueren et al (2004)<sup>8</sup> con mujeres postmenopáusicas, confirmó los efectos beneficiosos, después de 24 semanas de entrenamiento vibratorio, en la densidad mineral ósea (DMO) de la cadera<sup>8</sup>. En dicho estudio, los efectos de entrenamiento de VCE son comparados con los efectos del entrenamiento de resistencia, no habiendo encontrado alteraciones significativas (0,60%). Sin embargo, en el grupo de VCE se

observaron aumentos significativos en la DMO de cadera (+0,93%,  $p < 0,05$ ), lo que sugiere que la VCE podría prevenir la osteoporosis, caídas y fracturas de mujeres postmenopáusicas.

En otra investigación, un grupo de mujeres postmenopáusicas (57 años) participaron en un programa de entrenamiento vibratorio durante un año a baja frecuencia y amplitud (30 Hz y 0,2 mm, respectivamente). No hubo diferencias significativas en la DMO de cadera y columna lumbar entre los grupos de entrenamiento y control cuando se analizaron en su conjunto<sup>12</sup>. Por lo tanto, es importante resaltar que la búsqueda de protocolos más eficientes es fundamental. Sin embargo, tomando en consideración el grupo control total y la parte del grupo experimental que realizó al menos el 86% del tratamiento, se obtuvo que el grupo control perdió un 2,13% de DMO en el cuello del fémur tras un año de tratamiento, mientras que dicho grupo experimental obtuvo una ganancia de 0,04%. De esta forma el beneficio total del tratamiento se asocia con una ganancia del 2,17%<sup>12</sup>. Al considerar la interdependencia del peso, la DMO de la columna de las mujeres más delgadas mejoró más que las mujeres con sobrepeso.

Un estudio realizado por Iwamoto y colaboradores demostró que el tratamiento con VCE y alendronato por un periodo de un año no cambió la DMO de la columna lumbar y tampoco los marcadores de remodelación ósea en relación a las mujeres postmenopáusicas que utilizaron solo el alendronato, en cambio, las mujeres del grupo de tratamiento combinado manifestaron una reducción del dolor crónico de espalda<sup>13</sup>.

Gusi et al (2006)<sup>14</sup> analizaron si el ejercicio vibratorio es más eficiente que caminar a fin de mejorar la DMO en mujeres sanas post-menopáusicas. Veintiocho mujeres sin entrenamiento físico fueron divididas aleatoriamente en 2 grupos: 1) VCE y 2) caminata. Los 2 grupos realizaron 3 sesiones semanales durante 8 meses de entrenamiento. Cada sesión de VCE consistía en 6 series de 1 min con 1 min de descanso. El grupo de caminata realizaba 55 min del ejercicio propiamente dicho y 5 min de estiramientos. Después del periodo de entrenamiento, el grupo VCE mejoró la DMO del cuello del fémur en un 4,3% y el equilibrio un 29% mientras que en el grupo de caminata no hubo cambios significativos. En cambio, la DMO de la columna lumbar no se modificó en ninguno de los grupos. Por tanto, los autores concluyen que 8 meses de entrenamiento vibratorio es suficiente,

**Tabla 2**

Resumen de los efectos esqueléticos de la VCE en ancianos (adaptado de Prisby et al., 2008)<sup>15</sup>

Población	Tipo ola	Protocolo vibratorio	Periodo	Intensidad	Frecuencia	Resultado	Referencia
Mujeres posmenopáusicas (60–70 años)	Sin	30 min, 3 veces/semana	24 semanas	2,3–5,1 g, 1,7–2,5 mm	35–40	↑ DMO de cadera (0,93%); ↔ marcadores de remodelación ósea	8
Mujeres posmenopáusicas (57 años)	Sin	2 × 10 min/día	12 meses	0,2 g	30	↔ DMO de la columna lumbar y cadera; ↑ DMO de la columna total	12
Mujeres con osteoporosis posmenopáusicas (55–88 años)	?	1 veces/semana, 4 min	12 meses	0,7–4,2 mm	20	↔ DMO de la columna lumbar y cadera; ↔ marcadores de remodelación ósea; ↓ del dolor crónico en la espalda	13
Mujeres posmenopáusicas (66 años)	?	3 veces/semana VCE vs caminata	8 meses	3 mm	12,5	↑ DMO del cuello del fémur (4,3%) ↔ DMO de la columna lumbar ↑ equilibrio (29%)	14

DMO: densidad mineral ósea; Sin: Onda Sinusoidal; VCE: vibración de cuerpo entero; ?: no indicado; ↑: aumento; ↔: sin cambios; ↓: disminución.

y más eficaz que la caminata, para mejorar 2 grandes determinantes de fracturas óseas: la DMO de la cadera y el equilibrio.

En resumen, los estudios nos proporcionan evidencias de la eficacia de la VCE para aumentar la masa ósea en cuello de fémur en mujeres postmenopáusicas. Prisby et al (2008)<sup>15</sup> explican que los mecanismos que lo hacen posible puede estar relacionados con la perfusión tisular, las fluctuaciones de las hormonas sistémicas y/o se producen directamente por la estimulación mecánica. Los efectos potenciales de la VCE en muchos sistemas fisiológicos pueden ocurrir de forma directa o indirecta a través de varios mecanismos. Actualmente, los datos no están claros acerca de cómo la VCE afecta las hormonas sistémicas, la morfología y función vascular periférica, y la perfusión ósea, especialmente en ancianos y en mujeres postmenopáusicas.

## Conclusiones

La vibración es una prometedora herramienta para el ejercicio de los ancianos, debido a la relativa facilidad de uso y porque solo requiere una limitada capacidad motora de la persona. Además, consideramos que el entrenamiento de VCE minimiza la necesidad de un esfuerzo consciente y el estrés de los sistemas músculo esquelético, respiratorio y cardiovascular<sup>16,17</sup>, esta alternativa de ejercicio puede ser una buena estrategia para la prevención de la sarcopenia en los ancianos. Las investigaciones aún están iniciándose, sin embargo, los resultados de estudios controlados indican un gran potencial de esta intervención en la prevención de la osteoporosis y sarcopenia, aunque se necesitan más estudios para demostrar por qué y cómo mejora la estructura musculoesquelética por el entrenamiento con vibraciones. El uso de la VCE con fines terapéuticos está todavía muy lejos de una estandarización. Actualmente, el umbral óptimo para la obtención de efectos beneficiosos está todavía sin determinar, y se desconoce si este umbral se puede aplicar a todos los tejidos y órganos del cuerpo. Los protocolos de entrenamientos de vibraciones (por ejemplo, el tipo de vibración, la frecuencia, la duración y la amplitud) citados en la literatura, y que se resumen en este artículo, varían considerablemente, lo que supone una gran dificultad para llegar a conclusiones definitivas sobre el protocolo más eficiente.

Investigaciones futuras deberían centrarse en la determinación de una óptima frecuencia, duración, amplitud y tipo de vibración. Además, los protocolos de VCE más adecuados dependerán de la población, por ejemplo, los protocolos elaborados para las personas jóvenes pueden ser inapropiados para las personas de edad avanzada; los protocolos elaborados para ancianos saludables también pueden ser inadecuados para los ancianos débiles. Y

por último, consideramos un requisito indispensable un enfoque multidisciplinar para determinar si la aplicación de la VCE es beneficiosa para todas las respuestas fisiológicas.

## Bibliografía

- Rubin C, Pope M, Fritton JC, Magnusson M, Hansson T, McLeod K. Transmissibility of 15-hertz to 35-hertz vibrations to the human hip and lumbar spine: determining the physiologic feasibility of delivering low-level anabolic mechanical stimuli to skeletal regions at greatest risk of fracture because of osteoporosis. *Spine*. 2003;28:2621-7.
- Griffin MJ. *Handbook of human vibration*. London: Academic Press; 1996.
- Hunter GR, McCarthy JP, Bamman MM. Effects of resistance training on older adults. *Sports Med*. 2004;34:329-48.
- Jordan MJ, Norris SR, Smith DJ, Herzog W. Vibration training: an overview of the area, training consequences, and future considerations. *J Strength Cond Res*. 2005;19:459-66.
- Rehn B, Lidstrom J, Skoglund J, Lindstrom B. Effects on leg muscular performance from whole-body vibration exercise: a systematic review. *Scand J Med Sci Sports*. 2007;17:2-11.
- Martin BJ, Park HS. Analysis of the tonic vibration reflex: influence of vibration variables on motor unit synchronization and fatigue. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1997;75:504-11.
- Roelants M, Delecluse C, Verschueren SM. Whole-body-vibration training increases knee-extension strength and speed of movement in older women. *J Am Geriatr Soc*. 2004;52:901-8.
- Verschueren SM, Roelants M, Delecluse C, Swinnen S, Vanderschueren D, Boonen S. Effect of 6-month whole body vibration training on hip density, muscle strength, and postural control in postmenopausal women: a randomized controlled pilot study. *J Bone Miner Res*. 2004;19:352-9.
- Bogaerts A, Delecluse C, Claessens AL, Coudyzer W, Boonen S, Verschueren SM. Impact of whole-body vibration training versus fitness training on muscle strength and muscle mass in older men: a 1-year randomized controlled trial. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2007;62:630-5.
- Rees SS, Murphy AJ, Watsford ML. Effects of whole-body vibration exercise on lower-extremity muscle strength and power in an older population: a randomized clinical trial. *Phys Ther*. 2008;88:462-70.
- Machado A, Garcia-Lopez D, Gonzalez-Gallego J, Garatachea N. Whole-body vibration training increases muscle strength and mass in older women: a randomized-controlled trial. *Scand J Med Sci Sport*. 2010;20:200-7.
- Rubin C, Recker R, Cullen D, Ryaby J, McCabe J, McLeod K. Prevention of postmenopausal bone loss by a low-magnitude, high-frequency mechanical stimuli: a clinical trial assessing compliance, efficacy, and safety. *J Bone Miner Res*. 2004;19:343-51.
- Iwamoto J, Takeda T, Sato Y, Uzawa M. Effect of whole-body vibration exercise on lumbar bone mineral density, bone turnover, and chronic back pain in postmenopausal osteoporotic women treated with alendronate. *Aging Clin Exp Res*. 2005;17:157-63.
- Gusi N, Raimundo A, Leal A. Low-frequency vibratory exercise reduces the risk of bone fracture more than walking: a randomized controlled trial. *BMC Musculoskelet Disord*. 2006;7:92.
- Prisby RD, Lafage-Proust MH, Malaval L, Belli A, Vico L. Effects of whole body vibration on the skeleton and other organ systems in man and animal models: what we know and what we need to know. *Ageing Res Rev*. 2008;7:319-29.
- Garatachea N, Jimenez A, Bresciani G, Marino NA, Gonzalez-Gallego J, de Paz JA. The effects of movement velocity during squatting on energy expenditure and substrate utilization in whole-body vibration. *J Strength Cond Res*. 2007;21:594-8.
- Rittweger J, Beller G, Felsenberg D. Acute physiological effects of exhaustive whole-body vibration exercise in man. *Clin Physiol*. 2000;20:134-42.