



## Revisión

# Efectos de las vibraciones de cuerpo completo sobre la composición corporal y las capacidades físicas en adultos jóvenes físicamente activos

Esmeraldo Martínez-Pardo<sup>1</sup>, Enrique Martínez-Ruiz<sup>2</sup>, Pedro E. Alcaraz<sup>1,3</sup>  
y Jacobo A. Rubio-Arias<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, Facultad de Deporte - UCAM, Universidad Católica de Murcia, Murcia. <sup>2</sup>Cátedra de traumatología del deporte - UCAM, Universidad Católica de Murcia, Murcia. <sup>3</sup>UCAM Centro de Investigación de Alto Rendimiento - UCAM, Universidad Católica de Murcia (Murcia), España.

### Resumen

En la última década se ha sugerido que la práctica de ejercicio a través de las vibraciones de todo el cuerpo (WBV) puede incrementar el rendimiento neuromuscular y, consecuentemente, incidir en la mejora muscular, ya sea como respuesta aguda a la vibración o como adaptación crónica al entrenamiento. Las plataformas vibratorias generan frecuencias que van de 5 a 45 Hz y desplazamientos verticales de 1 a 11 mm de pico a pico, incidiendo en una mayor o menor aceleración modificando la intensidad al combinar frecuencia y amplitud. El entrenamiento vibratorio, tanto en una sesión como en varias, ofrece diferentes resultados en lo que se refiere a cambios en la composición corporal, así como en el incremento del salto vertical, la velocidad de carrera y las diferentes manifestaciones del rendimiento de la fuerza. Estos resultados tan prometedores aguardan futuras investigaciones que establezcan unos parámetros (duración, frecuencia y amplitud) con estímulo vibratorio en sujetos jóvenes activos.

Esta revisión bibliográfica ofrece una recopilación actualizada de la evidencia científica sobre las vibraciones corporales con el fin de responder a la cuestión de si las WBV, entendidas como el ejercicio que incrementa la carga gravitacional, son una opción de tratamiento si el objetivo es mejorar la función neuromuscular, la flexibilidad, el equilibrio, la agilidad, la coordinación o la composición corporal.

(*Nutr Hosp.* 2015;32:1949-1959)

DOI:10.3305/nh.2015.32.5.9672

Palabras clave: *Vibración de todo el cuerpo. Ejercicio vibratorio. Fuerza. Composición corporal.*

### EFFECTS OF WHOLE-BODY VIBRATION TRAINING ON BODY COMPOSITION AND PHYSICAL FITNESS IN RECREATIONALLY ACTIVE YOUNG ADULTS

#### Abstract

In the last decade, it has been suggested that whole-body vibration training (WBV) may increase neuromuscular performance and consequently affect the muscular improvement as either acute response to vibration or chronic adaptation training. Vibrating platforms generate frequencies from 5-45 Hz and vertical oscillations of 1-11 mm peak to peak, affecting more or less intensity acceleration changing by combining frequency and amplitude. Vibration training, in a session as various offers different results in regard to changes in body composition and in increasing the vertical jump, sprint, and the different manifestations of force development. These promising results await further research to establish parameters (duration, frequency and amplitude) with vibration stimulation in young active subjects.

This literature review provides an update on the scientific evidence on the body vibrations in order to answer the question whether WBV, meaning the exercise by increasing the gravitational load collection, is a treatment option if the aim is to improve neuromuscular function, flexibility, balance, agility, coordination and body composition.

(*Nutr Hosp.* 2015;32:1949-1959)

DOI:10.3305/nh.2015.32.5.9672

Key words: *Whole body vibration. Vibration exercise. Strength. Body composition.*

**Correspondencia:** Jacobo A. Rubio Arias/Esmeraldo Martínez-Pardo.  
E-mail: [jararias@ucam.edu](mailto:jararias@ucam.edu)/[aldo.martinez@gmail.com](mailto:aldo.martinez@gmail.com)

Recibido: 22-VII-2015.

Aceptado: 17-VIII-2015.

## Abreviaturas

WBV: Vibraciones de cuerpo entero.  
Hz: Frecuencia.  
mm: Amplitud.  
MG: Masa grasa.  
MLG: Masa libre en grasa.  
DXA: Absorciometría de rayos X de energía dual.  
CMO: Contenido mineral óseo.  
DMO: Densidad mineral ósea.  
GC: Grupo control.  
ACSM: Colegio Americano de Medicina Deportiva.  
VS: Estimulación vibratoria.

## Introducción

El entrenamiento vibratorio de cuerpo entero (WBV) ha aumentado su popularidad como una alternativa al entrenamiento convencional con pesas o como un entrenamiento complementario, ya que ofrece una cantidad importante de beneficios físicos, así como la mejora de la fuerza muscular, flexibilidad, rango de movimiento, densidad ósea y circulación sanguínea<sup>1</sup>.

Este tipo de estímulo vibratorio está caracterizado por la transmisión de oscilaciones mecánicas sinusoidales en las que la vibración es aplicada indirectamente a la musculatura que se quiere entrenar a través de una plataforma vibratoria, donde el individuo permanece en posición de semiflexión de piernas sobre su superficie y, a través de los pies, las vibraciones emitidas se transmiten por todo el cuerpo (Fig. 1). Estas vibraciones permiten una adaptación atendiendo a las variables que se manejan, como son la frecuencia (Hz) y la amplitud (mm) de vibración, el tiempo de exposición y recuperación y los ejercicios o posturas que se utilizan sobre la plataforma. Este tipo de dispositivo administra vibraciones sinusoidales a todo el cuerpo con frecuencias que oscilan entre 5 y 45 Hz<sup>2</sup> y desplazamientos verticales de 1 a 11 mm<sup>3</sup>. Cuando las vibraciones se aplican a largo plazo, las frecuencias oscilan entre 26 y 45 Hz y las amplitudes se encuentran en un rango entre 2 y 10 mm si atendemos a la revisión de 14 estudios longitudinales que ofrece Rehn et al.<sup>4</sup>. En dicha revisión aparecen 5 artículos con jóvenes sanos los cuales entrenaron con frecuencias entre 26 y 40 Hz y amplitudes entre 2 y 10 mm. Todas estas variables condicionan la respuesta del cuerpo humano a la vibración<sup>5</sup>.

Gran cantidad de investigadores hacen referencia a la incidencia de las vibraciones sobre el organismo cuando los efectos son agudos, o cuando las adaptaciones se producen a largo plazo. Dichas adaptaciones a esta forma popular de entrenamiento, han proporcionado efectos beneficiosos sobre la salud ósea<sup>7</sup>, la composición corporal<sup>6,8</sup>, el perfil hormonal<sup>9</sup> o el rendimiento muscular<sup>6,10-13</sup>.

Estos beneficios están condicionados por una serie de parámetros, que son los que actualmente crean



*Fig. 1.—Disposición del sujeto sobre la plataforma. El sujeto permanece sobre la plataforma manteniendo una posición isométrica de cuarto de sentadilla con los pies a la anchura de los hombros<sup>6</sup>.*

tanta controversia entre los distintos autores. Dichos parámetros son los que determinarán la carga de entrenamiento, en concreto la intensidad (frecuencia, amplitud y aceleración) y el volumen (tiempo de exposición, tiempo de descanso, frecuencia semanal y distribución), ya que dependiendo de cómo se combine la frecuencia, la amplitud, el tiempo de exposición a la vibración, el tiempo de descanso intermedio, la posición adquirida sobre la plataforma, se obtendrán diferentes adaptaciones. Además, no se obtienen los mismos efectos cuando la vibración es aplicada en una sola sesión que cuando se aplica durante un periodo de tiempo, por lo que, para las adaptaciones a largo

plazo es posible que la frecuencia semanal de entrenamiento pueda influir en las posibles adaptaciones crónicas que provoca el entrenamiento vibratorio. La adquisición de una condición física muscular adecuada que permita mejorar el estado de salud, pasa por la necesidad de un entrenamiento que perdure en el tiempo, por lo que serán las adaptaciones crónicas las que mayor interés despierten a la hora de prescribir programas de entrenamiento dedicados a la mejora de la calidad de vida.

Debido a la importancia de comprender este complejo entramado, surge la necesidad de elaborar una revisión de estudios longitudinales centrada en los jóvenes activos y sanos de características similares, donde se plasme la relación entre los distintos tipos de entrenamiento y los efectos que generan sobre el rendimiento de diferentes cualidades físicas, el equilibrio y la composición corporal en jóvenes sanos.

### Composición corporal

La actividad física es uno de los pilares fundamentales cuando el objetivo es la pérdida de peso, ya que conduce a un aumento del gasto de energía. Sin embargo, los efectos que produce el entrenamiento con WBV sobre el porcentaje de masa grasa (MG) o masa libre en grasa (MLG) no han aportado muchas investigaciones en la literatura científica actual, sobre todo en jóvenes activos y sanos. A su vez, dicha población ha sido objeto de pocos estudios entorno a los efectos que generan las WBV sobre el tejido óseo.

#### *Masa muscular*

Muchos estudios han sugerido que el entrenamiento vibratorio puede afectar a la fuerza muscular<sup>6,10-14</sup> y a la potencia<sup>6,15-20</sup>. Sin embargo, pocos son los estudios se han centrado en características morfológicas como la composición corporal de jóvenes sanos.

El estudio de Martínez-Pardo et al.<sup>6</sup> evaluaba los efectos de dos amplitudes diferentes de WBV sobre la composición corporal. Treinta y ocho sujetos jóvenes y activos participaron en el estudio dividiéndose en dos grupos experimentales (GL = 2 mm; GH = 4 mm) y un grupo de control (GC). Los grupos experimentales realizaron un entrenamiento vibratorio progresivo de 2 días a la semana durante 6 semanas. La frecuencia de vibración (50 Hz), tiempo de trabajo (60 s) y el tiempo de recuperación (60 s) fueron constantes para GL y GH. Todos los participantes adoptaron una posición estática con semiflexión de piernas sobre la plataforma. Tras valorar la composición corporal, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el cambio en la masa de grasa después del entrenamiento de vibración. Sin embargo, la MLG aumentó significativamente en GH entre el pre-test y post-test, sin cambios significativos en GL y el GC.

Hay varios estudios que sugieren que la hipertrofia muscular puede deberse a una respuesta hormonal inducida por la vibración. El ejercicio sobre una plataforma vibratoria provoca reacciones endocrinas que pueden ser entendidas como señales producidas por el efecto del entrenamiento<sup>21</sup>. Estas respuestas hormonales se manifiestan con un aumento de la testosterona<sup>9</sup>, de la hormona de crecimiento<sup>9,22,23</sup>, de las catecolaminas<sup>24</sup>, de la síntesis de proteínas<sup>25</sup> y en una disminución de cortisol<sup>9,23</sup>. La literatura científica muestra que hay un mayor aumento en la producción de la hormona del crecimiento con la exposición a la WBV<sup>9,23</sup>. Estos efectos endocrinos podrían explicar el aumento de MLG después del entrenamiento vibratorio. Similares resultados presenta el estudio de Roelants et al.<sup>12</sup>, que evaluaron la composición corporal de 48 mujeres jóvenes tras 24 semanas de entrenamiento vibratorio (35-40 Hz, 2,5 a 5,0 mm), obteniendo un aumento significativo del 2,2% en la MLG entre el pre-test y post-test. En el estudio de Martínez-Pardo et al.<sup>6</sup>, se observó un aumento del 1,6% en el grupo de GH con solo 6 semanas de entrenamiento. Lamont et al.<sup>8</sup> encontraron resultados similares en los cambios de masa corporal magra (en comparación con el GC) evaluada en 36 hombres (18-30 años) mediante DXA cuando se utilizó un programa de entrenamiento vibratorio (50 Hz, 2-4 mm) de una duración similar (6 semanas) combinado con el ejercicio de sentadillas. En la misma línea de resultados encontramos el estudio de Osawa & Oguma<sup>26</sup> donde se mostraba que 13 semanas de entrenamiento vibratorio combinado con un entrenamiento de pesas era más efectivo para generar hipertrofia muscular (+10,7% en el área de la sección transversal del psoas mayor) que el entrenamiento de fuerza por sí sólo (+3,8%).

#### *Masa ósea*

La incidencia de la osteoporosis, se manifiesta en la edad avanzada. Sin embargo, podría reducirse mediante el aumento del pico de masa ósea durante la juventud. Pocos son los trabajos que han estudiado el efecto de las vibraciones sobre el tejido óseo en jóvenes<sup>7,20</sup>. Gilsanz et al.<sup>7</sup> realizaron una investigación de 12 meses utilizando un programa de WBV con 48 mujeres saludables (15-20 años) que al menos habían tenido una fractura ósea antes del estudio. Se evaluaron tanto la dieta y la actividad física como la composición ósea y muscular. La mitad de los sujetos se sometieron diariamente a WBV (30 Hz; 0,3 g) y la otra mitad conformaba el GC. Una vez finalizado el estudio obtuvieron que el hueso esponjoso en la vértebra lumbar y el hueso cortical en la diáfisis femoral del grupo experimental había aumentado en un 2,1% ( $p = 0,025$ ) y un 3,4% ( $p < 0,001$ ), respectivamente, en comparación con un 0,1% ( $p = 0,74$ ) y un 1,1% ( $p = 0,14$ ) en el GC. El incremento en el hueso esponjoso y cortical fue 2,0% ( $p = 0,06$ ) y 2,3% ( $p = 0,04$ ) mayor, respectivamente,

en el grupo experimental en comparación con el GC. El área de sección transversal de la musculatura paravertebral fue un 4,9% mayor ( $p = 0,002$ ) en el grupo experimental que en el GC. Los datos de este estudio indican que la formación de hueso y músculo puede mejorarse en mujeres jóvenes con baja densidad mineral ósea (DMO) a través de una exposición diaria de señales mecánicas de baja magnitud. Este estudio apoya la presencia de que las señales mecánicas, en el orden de que la magnitud esté por debajo de aquella que cause daño en la matriz del hueso<sup>27</sup>, puede mejorar el desarrollo musculoesquelético.

El estudio de Gilsanz et al.<sup>7</sup> ofrece pruebas de que la carga de vibración puede ser una manera eficaz y segura para mejorar la DMO del hueso, proporcionando de este modo un gran potencial para la prevención y tratamiento de la osteoporosis. Sin embargo, Torvinen et al.<sup>20</sup> no hallaron los mismos resultados en un ensayo aleatorio controlado diseñado para evaluar los efectos de la intervención con WBV en el hueso. Para dicho estudio contaron con cincuenta y seis adultos jóvenes y sanos (21 hombres y 35 mujeres; edad: 19-38 años) asignados al azar en un grupo experimental (WBV) y un GC. La intervención consistió en una serie de WBV durante 8 meses (4 min/día, 3-5 veces por semana). Durante el programa de vibración la plataforma osciló en un orden ascendente desde 25 hasta 45 Hz. Se evaluó la masa, estructura, y la fuerza estimada de hueso en la tibia distal y en la diáfisis tibial mediante tomografía computarizada cuantitativa periférica (pQCT) al inicio y a los 8 meses. El contenido mineral óseo (CMO) se midió en la columna lumbar, cuello del fémur, trocánter, el calcáneo y el radio distal mediante absorciometría de rayos X de energía dual (DXA) al inicio del estudio y después de la intervención de 8 meses. Se determinaron marcadores séricos de recambio óseo tanto al inicio como al finalizar del estudio. La intervención con vibraciones no tuvo ningún efecto sobre la masa, estructura, o la fuerza estimada de hueso en ninguna de las partes valoradas del esqueleto y los marcadores séricos del recambio óseo no variaron. En la misma línea de resultados se encuentra el estudio de Milanese et al.<sup>28</sup>, donde 36 mujeres sanas (edad =  $25,3 \pm 5,26$  años) se sometieron a 8 semanas de ejercicio con WBV (2 sesiones / semana; 2,0-5,0 mm; 40-60 Hz). El CMO y la DMO se evaluaron antes y después del entrenamiento con WBV mediante DXA. Los resultados mostraron que el tejido óseo valorado en todo el cuerpo y a nivel regional no se vieron afectados de manera significativa tras el periodo de entrenamiento.

### *Masa grasa*

Como describe el Colegio Americano de Medicina Deportiva (ACSM), la actividad física de intensidad moderada durante más de  $250 \text{ min} \cdot \text{wk}^{-1}$  se ha asociado con una pérdida significativa de peso<sup>29</sup>. Sin embargo,

hasta el momento, es difícil establecer un patrón de entrenamiento vibratorio donde se asegure una pérdida de tejido adiposo. Así lo demuestra el estudio de Paradis y Zacharogiannis<sup>16</sup> donde no aparecen cambios significativos en el porcentaje de grasa corporal en veinticuatro jóvenes sanos (12 mujeres y 12 hombres; edad:  $21,3 \pm 1,2$  años) tras 6 semanas de entrenamiento vibratorio (3 entrenamientos semanales; 30 Hz; 2,5 mm) y, aunque Roelants et al.<sup>12</sup> demostraron que el entrenamiento WBV provocaba un pequeño aumento en la MLG, no hallaron una reducción de la grasa corporal en cuarenta y ocho mujeres desentrenadas (edad:  $21,3 \pm 2,0$  años). Sin embargo, Una reciente revisión concluye que el entrenamiento WBV parece estar asociado con la pérdida de peso debido a la inhibición de la adipogénesis y reducción de la masa grasa, aumento del gasto energético, y un aumento en la masa muscular<sup>30</sup>. Por ello, cuando se trata de explicar los efectos del WBV, cabe tener en cuenta que WBV puede provocar respuestas secundarias a través de la interacción entre los diferentes sistemas: el óseo, muscular, sistema endocrino, sistema nervioso y vascular<sup>31</sup>.

### **Fuerza**

La mayor parte de trabajos científicos dedicados a conocer los efectos del entrenamiento vibratorio, han centrado su interés en explicar las ganancias de fuerza y potencia muscular que se producen con esta modalidad de entrenamiento. Estas ganancias son debidas principalmente por adaptaciones a nivel neuromuscular<sup>32-34</sup>. Sin embargo, el entrenamiento con WBV no produce siempre los mismos efectos, así lo demuestran los siguientes estudios que se centran en valorar diferentes formas de generar fuerza en miembros superiores e inferiores tras un periodo de entrenamiento vibratorio en jóvenes sanos.

#### *Fuerza máxima isoinercial*

La evaluación isoinercial parece reflejar bien los gestos y movimientos de entrenamiento y competición propios de una gran variedad de deportes, en los que se producen acciones repetidas de aceleración y desaceleración<sup>35-38</sup>. Además, la evaluación isoinercial parece ser un procedimiento sensible para realizar un seguimiento longitudinal de los cambios que se producen en los niveles de fuerza como consecuencia del entrenamiento<sup>39</sup>.

#### *Fuerza isocinética*

#### **Miembros inferiores**

Diferentes autores han publicado que WBV aumenta la fuerza dinámica de los músculos de las extremi-



dades inferiores en sujetos activos o no entrenados<sup>10-13</sup>. Delecluse et al.<sup>10</sup> investigaron el efecto de un período de 12 semanas de entrenamiento con WBV (35-40 Hz) sobre la fuerza de los extensores de rodilla en sesenta y siete mujeres no entrenadas ( $21,4 \pm 1,8$  años). Todos los grupos de entrenamiento realizaron ejercicio 3 veces por semana a excepción del GC. La fuerza isométrica y dinámica de los extensores de rodilla se incrementó significativamente ( $p < 0,001$ ) tanto en el grupo WBV ( $16,6 \pm 10,8\%$ ;  $9,0 \pm 3,2\%$ ) como en el grupo que entrenó con pesas ( $14,4 \pm 5,3\%$ ;  $7,0 \pm 6,2\%$ ), mientras que el grupo placebo y control no mostraron ningún aumento significativo. Similares resultados encontramos en una muestra de treinta y ocho jóvenes activos (30 hombres y 8 mujeres;  $21,2 \pm 3,3$  años), en los que se evaluó los efectos que produce el uso de dos amplitudes diferentes (GL = trabajó con baja amplitud de 2 mm; GH = trabajado con alta amplitud de 4 mm) de WBV (50 Hz) sobre el desarrollo de la fuerza y la potencia mecánica de la extremidad, observándose un aumento significativo de la fuerza isocinética en GL y GH a velocidades angulares de  $60^\circ \cdot s^{-1}$ ,  $180^\circ \cdot s^{-1}$  y  $270^\circ \cdot s^{-1}$ <sup>6</sup>. Así mismo, el estudio de Esmailzadeh et al. (2015) sugiere que 8 semanas de entrenamiento WBV (3 veces por semana; 30 Hz, 2-6 mm) es un método eficaz para la mejora significativa de la fuerza de los extensores de rodilla, en el pico torque concéntrico ( $p = 0,004$ ) y excéntrico ( $p = 0,031$ ), en mujeres jóvenes sanas<sup>40</sup>. Sin embargo, algunos estudios realizados con población físicamente activa, no aportan cambios significativos en la fuerza de los extensores de la rodilla después de un programa de 8 semanas de WBV (20-40 Hz; 2,5-5 mm) combinado con un entrenamiento de pesas<sup>41</sup>, o tras 4 meses de WBV (25-35 Hz, 2 mm, 4 min)<sup>19</sup>.

## Miembros superiores

Los efectos vibratorios sobre la potencia o fuerza del tren superior han sido menos estudiados. La vibración a través de los pies proporciona un estímulo para el rendimiento de los extensores del codo, mejorando el número de repeticiones completadas y la velocidad media<sup>42</sup>. Diferentes estudios donde se utilizaron resistencias han demostrado que el entrenamiento WBV da como resultado adaptaciones musculares significativas. Así se muestra en el estudio de Issurin et al.<sup>14</sup> donde aparece un aumento significativo de la fuerza como consecuencia de realizar levantamientos de curl de bíceps con una barra ensamblada a un cable vibratorio. En la misma línea de resultados encontramos el estudio de Bosco et al.<sup>43</sup> donde se produjo un incremento post-vibración del 8% en la potencia media del bíceps braquial en 12 boxeadores internacionales que agarraban de forma isométrica un dispositivo de vibración manual (30 Hz; 6 mm). Además, otro estudio que muestra la mejora de la potencia del tren superior es el aportado por Poston et al.<sup>17</sup>. Aplicando la vibra-

ción a una barra olímpica, 10 sujetos con experiencia en el levantamiento de pesas, realizaron 3 series de 3 repeticiones (70% 1RM) de press de banca con vibración (30 Hz; 1,1 mm) y sin ella en 2 sesiones (una sesión con vibración sirvió como condición experimental, mientras que la otra sesión sin vibración sirvió como control) separadas por 3 días. Como resultado, el pico y la potencia media fueron mayores después de la intervención vibratoria en comparación con la intervención sin vibraciones (control). Sin embargo, se debe tener en cuenta que las series realizadas antes de la intervención con vibraciones mostraron salidas de potencia más altas en comparación con las que mostró la intervención control. Sin embargo, Cochrane & Hawke (2007) no han encontrado un incremento significativo en la potencia del tren superior en 12 escaladores activos y sanos que fueron expuestos a vibraciones (26 Hz; 3 mm) a través de una mancuerna (3 kg) eléctrica<sup>44</sup>.

Cuando la vibración es aplicada durante varias semanas, es posible mejorar la fuerza máxima isotónica. Así concluye el estudio de Issurin et al.<sup>14</sup> realizado con 28 sujetos activos (19-25 años) estudiantes de Educación Física, los cuales se sometieron a estimulación vibratoria (VS) aplicada a las extremidades superiores tres veces por semana durante 3 semanas. Para ello, se dividieron en tres grupos con la finalidad de realizar: (a) ejercicios convencionales de fuerza de brazos y ejercicios de estiramiento de piernas con VS; (b) ejercicios de fuerza de brazos con VS (44 Hz; 3 mm) y ejercicios de estiramientos convencionales para las piernas; (c) entrenamiento irrelevante (GC). Dicha investigación, que utilizó un sistema de poleas donde la vibración se transmitía a través de un cable mientras se ejecutaba el ejercicio de curl de bíceps sentado, indujo a un aumento significativamente mayor en la fuerza concéntrica durante la flexión de codos en el grupo que entrenó la fuerza con VS (promedio de 49,8%), mientras que el entrenamiento de fuerza convencional incrementó un 16,1% en el post-test. El GC no mostró ganancias en el 1RM. Similares resultados, sin ser éstos significativos, aparecen en el estudio de Eider et al. (2011) donde se muestran los efectos crónicos (8 semanas) de WBV (20 Hz; 2-5 mm) combinado con ejercicios estáticos y dinámicos submáximos con resistencias sobre las capacidades físicas de 37 mujeres jóvenes sanas (20-25 años). Para ello, fueron distribuidas aleatoriamente en dos grupos (experimental y control). El programa de entrenamiento constaba de 24 sesiones (3 sesiones por semana). Tanto los sujetos del grupo experimental como el control realizaron los mismos ejercicios de fuerza y potencia submáxima sobre la plataforma, solo que al GC no se le administró vibración. Se valoró la extensión máxima isocinética de los dos brazos (como si fueran flexiones) llegando a la conclusión que el entrenamiento con resistencias combinado con WBV es más eficiente en el incremento de la fuerza que el mismo entrenamiento

convencional sin WBV. Sin embargo, no hubo diferencias significativas entre grupos<sup>45</sup>.

## Potencia

### *Salto*

En la literatura científica encontramos una cantidad considerable de artículos que estudian los efectos de las vibraciones sobre el rendimiento del salto, sin embargo no son tantos los que se centran en sujetos sin experiencia atlética o que sólo realizan ejercicio físico de forma recreativa. Si bien, 6 de los estudios revisados sí encuentran mejoras significativas en el salto valorado, otros 4, hallan una tendencia positiva sin ser ésta significativa.

Cuando observamos (Tabla I) la duración de los estudios que evalúan los efectos de WBV sobre el salto vertical, aparecen mejoras significativas en 3 de los estudios con una duración de 5-6 semanas<sup>15,16,18</sup>. En contraposición, uno de los estudios con 6 semanas de duración halló cambios no significativos en SJ y CMJ<sup>6</sup>. Similares efectos aparecen en los estudios con 8 semanas de duración, donde no parecen ser significativos los efectos en la función muscular<sup>41,46</sup>. En estudios con una duración mayor, sí aparece una tendencia a incrementar la altura del CMJ tras 11 semanas de WBV<sup>47</sup>, mientras que tras 12 semanas dicho incremento sí fue significativo<sup>10</sup>. La mejora significativa en el CMJ tras 4 y 8 meses de WBV aparece en dos estudios<sup>19,20</sup>.

El objetivo del estudio de Paradisis y Zacharogianis<sup>16</sup> fue investigar el efecto de 6 semanas de WBV en el rendimiento de la fuerza explosiva de los miembros inferiores en 24 jóvenes sanos (12 mujeres y 12 hombres;  $21,3 \pm 1,2$  años) que conformaban un grupo experimental que entrenaba con WBV (16-30 min/día; 3 veces a la semana; 2,5 mm; 30 Hz), y un GC, que no participó en ningún entrenamiento. El rendimiento de la fuerza explosiva mostró un aumento (3,3%) de la altura del salto en el CMJ y una mejora del 7,8% en la resistencia a la fuerza explosiva (CMJ 30 seg). En una muestra de edades similares y con 6 semanas más (12 semanas) de duración que en el estudio de Paradisis, Delecluse et al.<sup>10</sup> investigaron el efecto del entrenamiento con WBV (35-40 Hz) sobre la fuerza dinámica de los extensores de rodilla en sesenta y siete mujeres no entrenadas ( $21,4 \pm 1,8$  años). Todos los grupos de entrenamiento realizaron ejercicio 3 veces por semana a excepción del GC. La altura del CMJ incrementó significativamente ( $p < 0,001$ ) después de 12 semanas en el grupo WBV y permaneció sin cambios en el resto de grupos. La mejora inducida en el CMJ (7,6%) en el estudio de Delecluse es comparable con el incremento de un 8,5% en la altura del salto obtenida en el estudio de Torvinen et al. (2002) después de 4 meses de entrenamiento WBV<sup>19</sup>. A su vez, Torvinen et al.<sup>20</sup> observaron mejoras en los resultados obtenidos en la altura del salto vertical (7,8%) tras una

intervención WBV de 8 meses (4 min/día, 3-5 veces por semana, 25-45Hz; 2 mm) en jóvenes y adultos sanos (21 hombres y 35 mujeres; edad, 19-38 años). Sin embargo, Elmantaser et al.<sup>46</sup> tras utilizar dos dispositivos vibratorios diferentes (plataforma Galileo y plataforma Juvent) 3 veces por semana con una muestra de 10 hombres sanos (edad media = 33 años) durante 8 semanas, no encontraron cambios significativos en el rendimiento del salto. Así mismo, Artero et al.<sup>41</sup> utilizaron un programa de WBV combinado con un entrenamiento de pesas con el mismo tiempo de duración (8 semanas), no observando cambios significativos en la fuerza explosiva de los miembros inferiores (CMJ). En la misma línea de resultados Martínez-Pardo et al.<sup>6</sup>, tras seis semanas de entrenamiento WBV, no hallaron diferencias estadísticamente significativas en ninguna de las variables estudiadas para cualquiera de los saltos realizados (SJ y CMJ) entre el pre-test y post-test. Resultados similares fueron encontrados por De Ruiter et al.<sup>48</sup>, que evaluaron los efectos de 11 semanas de WBV (30 Hz; 8 mm) sobre la altura del CMJ sin obtener mejoras significativas. Rønnestad<sup>18</sup> tampoco encontró diferencias significativas en el rendimiento del CMJ entre los grupos que entrenaron mediante sentadillas y con sentadillas y vibración (40 Hz) durante 5 semanas, pero sí que halló mejoras significativas en el rendimiento del CMJ ( $p < 0,01$ ) en el grupo que entrenó con sentadillas y vibración. Dicho efecto positivo coincide con el estudio de Lamont et al.<sup>15</sup> realizado con 36 hombres (20-30 años), donde se obtuvo una mejora en la altura del depth jump en los grupos que entrenaron mediante sentadillas sin vibración (9,45%) y con vibración (8,49%) tras 6 semanas.

## Velocidad

El entrenamiento de la velocidad es una parte integral del entrenamiento tanto en atletas como en los deportes de campo y de pista. La mayoría de los entrenamientos de velocidad se centran en ejercicios cuya finalidad es el desarrollo de la aceleración y la velocidad máxima de carrera<sup>49-52</sup>.

### *Aceleración*

La capacidad de aceleración se refiere a menudo al rendimiento de carrera sobre distancias cortas como son 5 ó 10 m<sup>53</sup>. El siguiente estudio pretendía determinar si un programa de entrenamiento WBV de 6 semanas incidiría en la cinemática del sprint. Para ello contaron con veinticuatro jóvenes sanos (12 mujeres y 12 hombres) que fueron divididos aleatoriamente ( $n = 12$ ) en un grupo experimental y un GC. El grupo WBV realizó un programa de entrenamiento de 6 semanas (3 veces por semana) sobre una plataforma vibratoria (2,5 mm; 30 Hz). El GC no participó en ningún tipo de entrenamiento. La duración del estímulo

**Tabla 1**  
Efectos de WBVT sobre el salto

Autor/es	n	♂	♀	edad (años)	¿Estudio con GC?	Características sujetos	Dosis	Duración	Frecuencia semanal (veces/semana)	Test	Diferencias entre antes y después de WBVT	Conclusión
Artero et al. (2012)	29	25	4	21,8 ± 1,5	no	activos recreacionalmente	20-40 Hz; 2,5-5 mm	8 semanas	2	CMJ	Cambios NS en el CMJ	No mejoró el rendimiento muscular en comparación con un programa de ejercicios idénticos en ausencia de vibraciones
De Ruiter et al. (2003)	20	12	8	19,9 ± 0,6 / 20,7 ± 0,5	si	activos	30 Hz; 8 mm	11 semanas	3	CMJ	Tendencia (P = 0,71) a incrementar la altura del salto	Mejoras NS en la altura del salto
Delecluse et al. (2003)	67	67		21,4 ± 1,8	si	no entrenadas	35-40 Hz; 2,5-5 mm; 2,28-5,09 g	12 semanas	3	CMJ	↑CMJh = 7,6 ± 4,3%	WBVT induce ganancias en la fuerza de los extensores de las piernas
Elmantaser et al. (2012)	10	10		29-49	no	sanos	Plataforma Juvent: 32-37 Hz; 0,085 mm; 0,3 g; Plataforma Galileo: 18-22 Hz; 4 mm; 2,6-3,8g.	8 semanas	3	CMJ	Efectos NS sobre la función muscular	No se hallaron cambios significativos en el rendimiento del salto
Lamont et al. (2008)	36	36		20-30	si	activos	50Hz; 2-6 mm	6 semanas	2	DJ 30cm; SJP	↑DJh = 8,49%; ↑SJP = 7,29%	Combinar el entrenamiento de sentadillas con WBV parece mejorar la potencia del salto
Martínez-Pardo et al. (2013),	38	30	8	21,2 ± 3,3	si	activos recreacionalmente	50 Hz; GL = 2 mm; GH = 4 mm	6 semanas	2	CMJ; SJ	Cambios NS en SJ y CMJ	El entrenamiento con vibraciones, independientemente de la amplitud, no produjo mejoras significativas en el salto vertical.
Paradis y Zacharogiannis (2007)	24	12	12	21,3 ± 1,2	si	sanos	30 Hz; 2,5 mm; 2,28 g	6 semanas	3	CMJ	↑CMJh = 3,3%; ↑CVJT = 7,8%	Cambios significativos en el rendimiento de la fuerza explosiva
Rønnestad (2004)	14	14		21-40	no	activos	40 Hz;	5 semanas	3	CMJ	↑CMJh = 9,1 ± 5,5%	Existe una tendencia de mejora en la F <sub>exp</sub> cuando se entrena sentadillas con vibraciones
Torvinen et al. (2002)	56	21	35	19-38	si	sanos	25-40 Hz; 2 mm; 2,5-6,4 g	4 meses	de 3 a 5	CMJ	A los 2 meses: ↑CMJ = 10,2%. A los 4 meses: ↑CMJ = 8,5%	4 meses de WBVT mejora la potencia del salto en adultos jóvenes
Torvinen et al. (2003)	56	21	35	19-38	si	sanos	25-45 Hz; 2 mm; 2-8 g	8 meses	de 3 a 5	CMJ	↑CMJh = 7,8%	8 meses de WBVT produce un beneficio neto de 7,8% en la altura del salto vertical (p = 0,003).

↑ = incremento; CMJ = Salto con contramovimiento; CVJT = Saltos realizados durante un período de 30 s; DJ30cm = Salto en profundidad desde 30 cm; F<sub>exp</sub> = Fuerza explosiva; g = campo gravitacional de la Tierra, o 9,81m·s<sup>-2</sup>; GC = Grupo Control; GH = entrenamiento con amplitud de 4 mm; GL = entrenamiento con amplitud de 2 mm; h = altura; NS = no significativo; SJ = Squat Jump; p = potencia.

diario fue de 16 minutos, el cual constaba de 3 series de 8 repeticiones (2 repeticiones de cada ejercicio) de 40 segundos, con 2 min de recuperación entre las series y 1 min de recuperación entre las repeticiones. El GC no participó en ningún tipo de entrenamiento. Los tests se desarrollaron antes y después del programa de entrenamiento<sup>16</sup>. El rendimiento de las carreras de velocidad fue valorado durante un sprint de 60 metros midiendo el tiempo y la velocidad de carrera. Los sprints se ejecutaron en una pista de atletismo cubierta con una temperatura constante de 25°C. El tiempo y la velocidad promedio en las distancias de 10 m, 20 m, 40 m, 50 m and 60 m se evaluó utilizando el Sistema de Cronometraje Broker (Brower, USA). Tras 6 semanas de entrenamiento, el grupo WBV mostró una mejora significativa en el tiempo de sprint en 10 m del 4.3% ( $p < 0,05$ ), mientras que en el GC no se observaron diferencias significativas. El grupo WBV mostró una mejora significativa en el tiempo de sprint en 20 m del 3,0% ( $p < 0,05$ ) mientras que en el GC no ofreció cambios significativos. A su vez, el análisis mostró que la velocidad de carrera entre los 0 y los 10 m se incrementó significativamente en un 4,9% ( $p < 0,05$ ), mientras que no se observaron cambios significativos en el GC. Considerando estos primeros metros de la carrera velocidad como la fase de aceleración, el estudio de Paradisis y Zacharogiannis<sup>16</sup> ofreció mejoras significativas. Similares resultados aparecen en el estudio de Sarshin et al.<sup>54</sup> donde 20 jóvenes (edad:  $21,5 \pm 1,4$  años) divididos aleatoriamente en un grupo experimental (GE) ( $n = 10$ ) y un GC ( $n = 10$ ) se entrenaron durante 4 semanas con WBV (3 sesiones/semana; 30 Hz; 10 mm). Tras evaluar al inicio y al final del periodo experimental, los resultados mostraron una mejora notable y significativa en la aceleración del GE en los 5 m ( $P \leq 0,001$ ) y 10 m ( $P \leq 0,042$ ), sin encontrar diferencias significativas en el GC. En contraposición, Cochrane et al.<sup>55</sup> no hallaron diferencias significativas entre el GC y el GE tras 9 días de entrenamiento WBV (25 Hz; 10 mm) sobre la aceleración de carrera (test de 5, 10, y 20 m) en 24 sujetos sanos (16 hombres y 8 mujeres; edad =  $23,9 \pm 5,9$  años).

### *Velocidad máxima*

El objetivo del estudio de Paradisis y Zacharogiannis<sup>16</sup> fue investigar el efecto de 6 semanas de WBV en el rendimiento de la carrera de velocidad. Veinticuatro jóvenes sanos (12 mujeres y 12 hombres;  $21,3 \pm 1,2$  años) participaron en el estudio. El grupo experimental realizó un programa de 6 semanas de entrenamiento con WBV (16-30 min/día, 3 veces a la semana; 2,5 mm; 30 Hz). El GC no participó en ningún entrenamiento. Las pruebas se realizaron antes y después del periodo de entrenamiento. El test de carrera de velocidad se midió mediante un sprint de 60 m donde se calculó el tiempo de carrera, la velocidad de carrera, la longitud de zancada y la cantidad de zancadas. El rendimiento en 10

m, 20 m, 40 m, 50 m y 60 m mejoró significativamente tras 6 semanas de entrenamiento WBV con una mejora general del 2,7%. La longitud de zancada y la velocidad de carrera mejoraron en un 5,1% y 3,6%, y la cantidad de zancadas disminuyó en un 3,4%. En la misma línea de resultados se encuentra la investigación de Sarshin et al. (2010), donde un grupo experimental (GE) ( $n = 10$ ) y un GC (GC) ( $n = 10$ ) de jóvenes, se sometieron a 4 semanas de entrenamiento WBV (3 sesiones/semana; 30 Hz; 10 mm). Tras comparar las valoraciones iniciales y finales con un test de velocidad, los resultados mostraron una mejora significativa en el GE, mientras que el GC no obtuvo diferencias destacables<sup>54</sup>. Sin embargo, el estudio de Cole y Mahoney (2010) no presentó mejoras significativas en el test de velocidad al que se sometieron 8 estudiantes universitarios (6 hombres y 2 mujeres) antes y después de 5 semanas de entrenamiento vibratorio (2 sesiones/semana; 30-50 Hz; amplitud baja-alta)<sup>56</sup>. En la misma línea de resultados se encuentra el estudio de Hosseini et al.<sup>57</sup>, donde no se observó ninguna diferencia significativa ( $P > 0,05$ ) entre los datos pre-test y post-test de los 3 grupos que integraban el estudio -- [1.- entrenamiento con vibración ( $n=30$ ); 2.- entrenamiento de fuerza ( $n=30$ ) y 3.- GC ( $n=30$ ) -- cuando se evaluó la velocidad de carrera (60 m) tras 6 semanas de entrenamiento vibratorio (4 sesiones/semana; 30 Hz; 10 mm). Así mismo, Cochrane et al. (2004) llegaron a la conclusión tras 9 días de entrenamiento con WBV (25 Hz; 10 mm), que no había diferencias estadísticamente significativas en los tiempos de los test de velocidad (20 m)<sup>55</sup>.

### **VO<sub>2</sub>**

Algunos estudios analizan el consumo de oxígeno (VO<sub>2</sub>) para estimar el gasto energético relacionado con el ejercicio. Rittweger et al.<sup>58</sup> mostraron que tras realizar una serie de 3 min sobre una plataforma WBV (26 Hz; 6 mm) aumentaba el VO<sub>2</sub> de 12 sujetos jóvenes y sanos (8 hombres y 4 mujeres) en comparación con el mismo ejercicio sin vibración. En otro estudio posterior, Rittweger et al.<sup>59</sup> demostraron que el VO<sub>2</sub> se incrementaba cuando se aumentaba la frecuencia (18-34 Hz) y la amplitud (2,5 a 7,5 mm) de la vibración. Así mismo, tras la monitorización del VO<sub>2</sub> durante 24 horas tras una sesión de entrenamiento WBV y una segunda sesión sin vibraciones, Hazell & Lemon<sup>60</sup> hallaron un incremento del 23% del VO<sub>2</sub> durante la sesión de entrenamiento WBV (45 Hz; 2 mm).

### **Flexibilidad**

La investigación también se centra en conocer si el entrenamiento vibratorio puede influir en la flexibilidad muscular<sup>61</sup>. La distensión muscular es una de las lesiones más comunes, resultando en una disminución del rango de movimiento (ROM) en la zona afectada. Con la intención de determinar si WBV



tendrían un efecto positivo en la ganancia de flexibilidad (método de contracción-relajación) y de ese modo en el ROM de la musculatura isquiosural, Van den Tillaar et al.<sup>61</sup> realizaron un estudio con 19 estudiantes de la licenciatura de Educación Física (12 mujeres y 7 hombres; edad  $21,5 \pm 2,0$  años). Los sujetos fueron asignados aleatoriamente, a un grupo de entrenamiento WBV o a un GC. El protocolo de calentamiento consistía en 5 minutos de calentamiento general. Posteriormente, los sujetos de ambos grupos entrenaron sistemáticamente 3 veces por semana durante 4 semanas de acuerdo con el método de contracción-relajación, que consistía en realizar 3 veces una contracción isométrica de 5 segundos con cada pierna seguida de 30 segundos de estiramiento estático. Antes de cada ejercicio de estiramiento, el grupo WBV completaba un programa que consistía en WBV de pie en una posición en cuclillas sobre la plataforma con las rodillas flexionadas a  $90^\circ$  (30 segundos a 28 Hz, 10-mm de amplitud, 6 veces por sesión de entrenamiento). Los resultados mostraron que ambos grupos tenían un aumento significativo de flexibilidad isquiosural. Sin embargo, el grupo WBV mostró un aumento significativamente mayor (30%) en ROM que el GC (14%). Estos resultados indican que el entrenamiento WBV puede tener un efecto positivo adicional en la flexibilidad de los isquiotibiales cuando se combina con el método de contracción-relajación. Los autores sugirieron tres mecanismos posibles para la mejora observada: 1. Un aumento del flujo sanguíneo local inmediatamente después del entrenamiento vibratorio. Este aumento de sangre en la zona genera calor y por lo tanto mejora la elasticidad muscular y facilita un posible incremento de ROM durante el ejercicio de estiramiento; 2. Un estiramiento del cuádriceps puede relajar la musculatura isquiosural y de este modo influir de forma positiva en el ejercicio de estiramiento; 3. La vibración inducida reduce el dolor por inhibición, lo que significa que los sujetos podían estirarse más allá de los límites anteriores. En contraposición, el estudio de Cole y Mahoney (2010)<sup>56</sup> no presentó mejoras significativas en la flexibilidad de los isquiotibiales y la espalda baja (sit & reach test) de 8 estudiantes universitarios (6 hombres y 2 mujeres), tras 5 semanas de entrenamiento con vibraciones corporales (2 sesiones / semana; 30-50 Hz; amplitud baja-alta). Sin embargo, el estudio de Issurin et al.<sup>14</sup> realizado con 28 sujetos activos (19-25 años) concluyó tras 3 semanas de entrenamiento, que las vibraciones (44 Hz; 3 mm) aplicadas durante períodos cortos mostraban una mayor ganancia de la flexibilidad cuando se valoraba mediante el test flex and reach.

## Conclusiones

La puesta en práctica de entrenamientos vibratorios con sujetos jóvenes activos no tiene un gran historial hasta la fecha. Sin embargo, esta modalidad de en-

trenamiento está atrayendo cada vez más la atención de los investigadores. Se utilizan principalmente dos variedades de ejercicios: 1) manteniendo una posición estática sobre la plataforma, y 2) realizar algún movimiento sobre la superficie que vibra (con los miembros inferiores o superiores; con el peso del cuerpo o añadiendo una carga externa). El primer tipo de ejercicio no exige un esfuerzo muscular intenso. Sin embargo, el segundo tipo de ejercicio puede requerir de un esfuerzo físico mayor, dependiendo de la carga externa, el tipo de movimiento y la duración del ejercicio.

El conocimiento que se tiene sobre los efectos de las vibraciones mecánicas en sujetos jóvenes activos no es completo. Por ello, son necesarias más investigaciones que faciliten un protocolo válido (frecuencia, amplitud, duración y posición corporal) para mejorar el rendimiento de este tipo de población.

## Efectos sobre la composición corporal

Pocos son los estudios realizados y contradictorios son sus resultados en adultos jóvenes y saludables. Por ello, son necesarios realizar más estudios que muestren con claridad cuáles son las recomendaciones clínicas que se pueden prescribir para que el ejercicio vibratorio sea beneficioso.

## Efectos sobre la fuerza

Como muestra esta revisión, el entrenamiento vibratorio puede ocasionar un efecto crónico positivo sobre la fuerza y la potencia después de unas semanas o meses. Dicho entrenamiento vibratorio en ocasiones se combina con el entrenamiento de pesas. Este efecto facilitador está causado por los protocolos de entrenamiento utilizados tanto en las características de la vibración (frecuencia y amplitud) como en el protocolo del ejercicio (tipo de entrenamiento, intensidad, volumen, recuperación entre series y entrenamientos). Por otro lado, el entrenamiento con vibraciones, independientemente de la amplitud produjo mejoras significativas en la fuerza isocinética. Estos estudios indican que el entrenamiento vibratorio puede inducir a adaptaciones crónicas si se proporciona una intensidad y un volumen suficiente durante el ejercicio.

## Efectos sobre la potencia

Cuando se valora la potencia de los miembros inferiores en sujetos jóvenes y sanos, sí aparece una tendencia positiva en algunos estudios, así como, una mejora significativa en cuanto a la altura del salto valorado (SJ y CMJ) en otros. Dichas mejoras, en algunos casos, son significativas cuando el entrenamiento

mediante vibraciones tiene una duración superior a 6 semanas.

### Efectos sobre la velocidad

Parece ser que un entrenamiento WBV de 6 semanas produce beneficios en las características cinemáticas del rendimiento en la carrera de velocidad en sujetos que no compiten en dicha especialidad. Sin embargo, se necesitan más investigaciones para aclarar los efectos del entrenamiento WBV en características específicas de las carreras de velocidad como son, el tiempo de contacto, la fase excéntrica y concéntrica de tiempo de contacto y el tiempo de vuelo.

### Efectos sobre el VO<sub>2</sub>

Queda patente que a través del entrenamiento WBV con frecuencias que oscilan entre 18 y 45 Hz y amplitudes que oscilan entre 2 y 7,5 mm se incrementa el VO<sub>2</sub>. De forma que, éste incremento incide en un aumento del metabolismo energético.

### Efectos sobre la flexibilidad

Parece que el entrenamiento WBV puede tener un efecto positivo adicional en la flexibilidad de los isquiotibiales cuando se combina con el método de contracción-relajación.

### Agradecimientos

Los autores desean agradecer al “Centro de Investigación en Alto Rendimiento Deportivo de la Universidad Católica San Antonio de Murcia. CIARD-UCAM” (Murcia, España) por su colaboración a lo largo de todo la revisión bibliográfica. No se recibió financiación alguna para este artículo.

### Referencias

1. Kholvadia A, Baard M. Whole body vibration improves body mass, flexibility and strength in priously sedentary adults. *SA-JSM*. 2012; 24(2): 60-64.
2. Cochrane DJ, Sartor F, Winwood K, et al. A comparison of the physiologic effects of acute whole-body vibration exercise in young and older people. *Arch Phys Med Rehabil*. 2008; 89(5): 815-821.
3. Dolny DG, Reyes GF. Whole body vibration exercise: training and benefits. *Curr Sports Med Rep*. May-Jun 2008; 7(3): 152-157.
4. 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*. Feb 2007; 17(1): 2-11.
5. Cardinale M, Pope MH. The effects of whole body vibration on humans: dangerous or advantageous? *Acta Physiol Hung*. 2003; 90(3): 195-206.
6. Martinez-Pardo E, Romero-Arenas S, Alcaraz PE. Effects of different amplitudes (high vs. low) of whole-body vibration training in active adults. *J Strength Cond Res*. Jul 2013; 27(7): 1798-1806.
7. Gilsanz V, Wren TA, Sanchez M, et al. Low-level, high-frequency mechanical signals enhance musculoskeletal development of young women with low BMD. *J Bone Miner Res*. Sep 2006; 21(9): 1464-1474.
8. Lamont HS, Cramer JT, Bembem DA, et al. Effects of a 6-week periodized squat training with or without whole-body vibration upon short-term adaptations in squat strength and body composition. *J Strength Cond Res*. Jul 2011; 25(7): 1839-1848.
9. Bosco C, Iacovelli M, Tsarpela O, et al. Hormonal responses to whole-body vibration in men. *Eur J Appl Physiol*. Apr 2000; 81(6): 449-454.
10. Delecluse C, Roelants M, Verschueren S. Strength increase after whole-body vibration compared with resistance training. *Med Sci Sports Exerc*. Jun 2003; 35(6): 1033-1041.
11. Jacobs PL, Burns P. Acute enhancement of lower-extremity dynamic strength and flexibility with whole-body vibration. *J Strength Cond Res*. Jan 2009; 23(1): 51-57.
12. Roelants M, Delecluse C, Goris M, Verschueren S. Effects of 24 weeks of whole body vibration training on body composition and muscle strength in untrained females. *Int J Sports Med*. Jan 2004; 25(1): 1-5.
13. Spiliopoulou SI, Amiridis IG, Tsiganos G, et al. Vibration effects on static balance and strength. *Int J Sports Med*. Sep 2010; 31(9): 610-616.
14. Issurin VB, Liebermann DG, Tenenbaum G. Effect of vibratory stimulation training on maximal force and flexibility. *J Sports Sci*. Dec 1994; 12(6): 561-566.
15. Lamont HS, Cramer JT, Bembem DA, et al. Effects of 6 weeks of periodized squat training with or without whole-body vibration on short-term adaptations in jump performance within recreationally resistance trained men. *J Strength Cond Res*. Nov 2008; 22(6): 1882-1893.
16. Paradisis G, Zacharogiannis E. Effects of whole-body vibration training on sprint running kinematics and explosive strength performance. *Journal of Sport Science and Medicine*. 2007; 6: 44-49.
17. Poston B, Holcomb WR, Guadagnoli MA, Linn LL. The acute effects of mechanical vibration on power output in the bench press. *J Strength Cond Res*. Feb 2007; 21(1): 199-203.
18. Ronnestad BR. Comparing the performance-enhancing effects of squats on a vibration platform with conventional squats in recreationally resistance-trained men. *J Strength Cond Res*. Nov 2004; 18(4): 839-845.
19. Torvinen S, Kannus P, Sievanen H, et al. Effect of four-month vertical whole body vibration on performance and balance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. Sep 2002; 34(9): 1523-1528.
20. Torvinen S, Kannus P, Sievanen H, et al. Effect of 8-month vertical whole body vibration on bone, muscle performance, and body balance: a randomized controlled study. *J Bone Miner Res*. May 2003; 18(5): 876-884.
21. Viru A. Plasma hormones and physical exercise. *Int J Sports Med*. Apr 1992; 13(3): 201-209.
22. Cardinale M, Erskine JA. Vibration training in elite sport: effective training solution or just another fad? *Int J Sports Physiol Perform*. Jun 2008; 3(2): 232-239.
23. Kvorning T, Bagger M, Caserotti P, Madsen K. Effects of vibration and resistance training on neuromuscular and hormonal measures. *Eur J Appl Physiol*. Mar 2006; 96(5): 615-625.
24. Goto K, Takamatsu K. Hormone and lipolytic responses to whole body vibration in young men. *Jpn J Physiol*. Oct 2005; 55(5): 279-284.
25. Wilcock IM, Whatman C, Harris N, Keogh JW. Vibration training: could it enhance the strength, power, or speed of athletes? *J Strength Cond Res*. Mar 2009; 23(2): 593-603.
26. Osawa Y, Oguma Y. Effects of resistance training with whole-body vibration on muscle fitness in untrained adults. *Scand J Med Sci Sports*. Feb 2013; 23(1): 84-95.

27. Carter DR, Caler WE, Spengler DM, Frankel VH. Fatigue behavior of adult cortical bone: the influence of mean strain and strain range. *Acta orthopaedica Scandinavica*. Oct 1981; 52(5): 481-490.
28. Milanese C, Piscitelli F, Simoni C, Zancanaro C. Mild chronic whole body vibration does not affect bone mineral mass or density in young females. *JHSE*. 2011; 6(2): 474-479.
29. Donnelly JE, Blair SN, Jakicic JM, et al. American College of Sports Medicine Position Stand. Appropriate physical activity intervention strategies for weight loss and prevention of weight regain for adults. *Med Sci Sports Exerc*. Feb 2009; 41(2): 459-471.
30. Cristi-Montero C, Cuevas MJ, Collado PS. Whole-body vibration training as complement to programs aimed at weight loss. *Nutr Hosp*. Sep-Oct 2013; 28(5): 1365-1371.
31. Prisby RD, Lafage-Proust MH, Malaval L, et al. 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*. Dec 2008; 7(4): 319-329.
32. Cardinale M, Bosco C. The use of vibration as an exercise intervention. *Exerc Sport Sci Rev*. Jan 2003; 31(1): 3-7.
33. Hazell TJ, Jakobi JM, Kenno KA. The effects of whole-body vibration on upper- and lower-body EMG during static and dynamic contractions. *Appl Physiol Nutr Metab*. Dec 2007; 32(6): 1156-1163.
34. Roelants M, Verschuere SM, Delecluse C, et al. Whole-body-vibration-induced increase in leg muscle activity during different squat exercises. *J Strength Cond Res*. Feb 2006; 20(1): 124-129.
35. Cronin JB, McNair PJ, Marshall RN. Force-velocity analysis of strength-training techniques and load: implications for training strategy and research. *J Strength Cond Res*. Feb 2003; 17(1): 148-155.
36. Jidovtseff B, Croisier J, Lhermerout C, et al. The concept of iso-inertial assessment: reproducibility analysis and descriptive data. *Isokinetic Exerc Sci*. 2006; 14: 53-62.
37. Jidovtseff B, Croisier J, Scimar N, et al. The ability of iso-inertial assessment to monitor specific training effect. *J Sports Med Phys Fitness*. 2007; 47: 55-64.
38. Murphy AJ, Wilson GJ. The assessment of human dynamic muscular function: a comparison of iso-inertial and isokinetic tests. *J Sports Med Phys Fitness*. Sep 1996; 36(3): 169-177.
39. Abernethy PJ, Jurimae J. Cross-sectional and longitudinal uses of iso-inertial, isometric, and isokinetic dynamometry. *Med Sci Sports Exerc*. Sep 1996; 28(9): 1180-1187.
40. Esmailzadeh S, Akpınar M, Polat S, et al. Effects of 8-week whole-body vibration training on knee extensors strength in healthy young volunteers. *Osteoarthritis Cartilage*. 2015; 23:A392.
41. Artero EG, Espada-Fuentes JC, Arguelles-Cienfuegos J, et al. Effects of whole-body vibration and resistance training on knee extensors muscular performance. *Eur J Appl Physiol*. Apr 2012; 112(4): 1371-1378.
42. Marin PJ, Herrero AJ, Sainz N, et al. Effects of different magnitudes of whole-body vibration on arm muscular performance. *J Strength Cond Res*. Sep 2010; 24(9): 2506-2511.
43. Bosco C, Cardinale M, Tsarpela O. Influence of vibration on mechanical power and electromyogram activity in human arm flexor muscles. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. Mar 1999; 79(4): 306-311.
44. Cochrane DJ, Hawke EJ. Effects of acute upper-body vibration on strength and power variables in climbers. *J Strength Cond Res*. May 2007; 21(2): 527-531.
45. Eider J, Muishchenko V, Tomiak T, et al. Effects of 8-week whole-body vibration training on knee extensors strength in healthy young volunteers. *Pol J Environ Stud*. 2011; 20(6): 1453-1464.
46. Elmantaser M, McMillan M, Smith K, et al. A comparison of the effect of two types of vibration exercise on the endocrine and musculoskeletal system. *J Musculoskelet Neuronal Interact*. Sep 2012; 12(3): 144-154.
47. Rijkkelijkhuizen JM, de Ruiter CJ, Huijling PA, de Haan A. Low-frequency fatigue is fibre type related and most pronounced after eccentric activity in rat medial gastrocnemius muscle. *Pflugers Arch*. Nov 2003; 447(2): 239-246.
48. de Ruiter CJ, Van Raak SM, Schilperoort JV, et al. The effects of 11 weeks whole body vibration training on jump height, contractile properties and activation of human knee extensors. *Eur J Appl Physiol*. Nov 2003; 90(5-6): 595-600.
49. Blazevich T. Resistance training for sprinters (part 1): Theoretical considerations. *Strength Cond Coach*. 1997; 4(3): 1371-1378.
50. Blazevich T. Resistance training for sprinters (part 2): exercise suggestions. *Strength Cond Coach*. 2007; 5(1): 5-10.
51. Sheppard J. Improving the sprint start with strength and conditioning exercise. *Modern Athlete & Coach*. 2004; 42(4): 9-13.
52. Young WB, Benton D, Duthie G, Pryor J. Resistance Training for Short Sprints and Maximum-speed Sprints. *Strength Conditioning J*. 2001; 23(2): 7-13.
53. Murphy AJ, Lockie RG, Coutts AJ. Kinematic determinants of early acceleration in field sport athletes. *Journal of sports science & medicine*. Dec 2003; 2(4): 144-150.
54. Sarshin A, Mohammadi S, Khadam AR, Sarshin K. The effect of whole body vibration training on explosive power and speed in male non athlete students. *Phy Ed Sport*. 2010; 8(1): 81-88.
55. Cochrane DJ, Legg SJ, Hooker MJ. The short-term effect of whole-body vibration training on vertical jump, sprint, and agility performance. *J Strength Cond Res*. Nov 2004; 18(4): 828-832.
56. Cole K, Mahoney S. Effect of five weeks of whole body vibration training on speed, power, and flexibility. *Clinical Kinesiology*. 2010; 64(1): 1-7.
57. Hosseini SS, Rostamkhany H, Hashemi M, Jalili MA. A Comparison of the Effect of Whole-Body Vibration and Strength Training On Certain Physical Fitness Factors and Dynamic Balance in Students. *Middle-East Journal of Scientific Research*. 2012; 11(3): 336-341.
58. Rittweger J, Schiessl H, Felsenberg D. Oxygen uptake during whole-body vibration exercise: comparison with squatting as a slow voluntary movement. *Eur J Appl Physiol*. Dec 2001; 86(2): 169-173.
59. Rittweger J, Ehrig J, Just K, et al. Oxygen uptake in whole-body vibration exercise: influence of vibration frequency, amplitude, and external load. *Int J Sports Med*. Aug 2002; 23(6): 428-432.
60. Hazell TJ, Lemon PW. Synchronous whole-body vibration increases VO(2) during and following acute exercise. *Eur J Appl Physiol*. Feb 2012; 112(2): 413-420.
61. van den Tillaar R. Will whole-body vibration training help increase the range of motion of the hamstrings? *J Strength Cond Res*. Feb 2006; 20(1): 192-196.