



Revisión

## Respuesta endocrina a la aplicación de vibraciones de cuerpo completo en humanos



S. Benítez<sup>a,b,\*</sup>, M. Carillo de Albornoz<sup>b</sup> y J.C. García Romero<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Unidad de Investigación Clínica, Centro de Asistencia del Sindicato Médico del Uruguay (Casmu), Uruguay

<sup>b</sup> Laboratorio de Fisiología del Ejercicio, Escuela de Medicina de la Educación Física y el Deporte, Facultad de Medicina, Universidad de Málaga, Málaga, España

### INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

*Historia del artículo:*

Recibido el 22 de julio de 2014

Aceptado el 27 de abril de 2015

*Palabras clave:*

Vibraciones de cuerpo completo

Ejercicio vibratorio

Hormonas

Sistema endocrino

*Keywords:*

Whole Body Vibration

Vibration Exercise

Hormones

Endocrine System

*Palavras-chave:*

Vibração do corpo inteiro

Exercício Vibratório

Hormônios

Sistema endócrino

### R E S U M E N

La realización de ejercicio físico provoca un rompimiento de la homeostasis corporal, induciendo cambios metabólicos, neurales y humorales en el organismo de los seres humanos. Las hormonas cumplen múltiples tareas en el adecuado funcionamiento interno. Las vibraciones de cuerpo completo (VCC) se han sugerido en los últimos años como un medio alternativo para la realización de ejercicio físico. Según la bibliografía consultada a través de las VCC se encuentran modificaciones hormonales dependientes de las características intrínsecas de cada protocolo de intervención. El objetivo de esta revisión es recopilar la literatura científica más destacada sobre los efectos que se producen en el sistema endocrino (SE) de humanos a través del uso de las VCC.

© 2014 Consejería de Educación, Cultura y Deporte de la Junta de Andalucía. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

### Endocrine response to the application of Whole-Body Vibration in humans

#### A B S T R A C T

The physical exercise causes a breakdown of body homeostasis, inducing metabolic, neural and humoral changes in the human body. Hormones play multiple roles at the right inner workings. The Whole Body Vibration (WBV) has become an alternative to regular physical exercise. According to the consulted literature, WBV provokes a hormonal modification that is dependent on the intrinsic characteristics of each intervention protocol. The objective of this review is to compile the most prominent scientific literature on the effects that occur in the Endocrine System (ES) of humans through the use of WBV.

© 2014 Consejería de Educación, Cultura y Deporte de la Junta de Andalucía. Published by Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

### Resposta endócrina à aplicação da vibração de corpo inteiro em humanos

#### R E S U M O

O exercício físico causa um rompimento da homeostase corporal, induzindo alterações metabólicas, neurais e humorais no organismo dos seres humanos. Os hormônios desempenham diversas tarefas diretas em nosso funcionamento interno. As vibrações de corpo inteiro foram sugeridas nos últimos anos como um meio alternativo de exercício físico. De acordo com a literatura consultada, através da vibração de corpo inteiro foram encontradas alterações hormonais dependentes das características intrínsecas

\* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: stefanobenitez@gmail.com (S. Benítez).

de cada protocolo de intervenção. O objetivo desta revisão foi reunir a literatura científica relevante sobre os efeitos que ocorrem no sistema endócrino dos seres humanos através do uso da vibração de corpo inteiro.

© 2014 Consejería de Educación, Cultura y Deporte de la Junta de Andalucía. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este é um artigo Open Access sob a licença de CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

## Introducción

La realización de cualquier ejercicio físico provoca respuestas inmediatas y adaptaciones a largo plazo mediadas por la actividad integrada del sistema nervioso y el sistema endocrino (SE)<sup>1</sup>. Las respuestas endocrinas al ejercicio están ligadas a factores extrínsecos al mismo que influyen de manera directa sobre las modificaciones fisiológicas producidas. Entre estos factores se destacan principalmente la intensidad y la duración, aunque existen otros implicados como el estado emocional, la condición climática y la etapa de maduración<sup>1,2</sup>. Las alteraciones que se producen en las concentraciones hormonales varían según el metabolismo energético solicitado<sup>3-6</sup>. Las hormonas cumplen múltiples tareas en la correcta homeostasis, facilitando entre otras cosas: el crecimiento, la reproducción y la regeneración.

Las vibraciones son parte de nuestra vida. El hombre está acostumbrado a recibir estas ondas a través del uso de herramientas o medios de transporte. Todos los tejidos y órganos de nuestro sistema tienen una frecuencia de vibración específica, incluido el sistema muscular tanto en reposo como en activación. Las vibraciones de cuerpo completo (VCC) son un tipo de vibración en donde todo el cuerpo es sometido a movimiento, generalmente a través de una plataforma que genera rápidos ciclos de contracciones en el músculo<sup>7</sup>. Esta vibración es una oscilación mecánica, con una alteración periódica de la fuerza, la aceleración y el desplazamiento; ejercida forzosamente desde un actuador (dispositivo de vibración) hacia un resonador (cuerpo humano)<sup>8</sup>.

El uso de las VCC se ha extendido como un medio para realizar ejercicio físico, ya sea para la rehabilitación o el rendimiento deportivo. A medida que aumentó su uso, se acrecentaron el número de investigaciones tratando de indagar acerca de los fenómenos que las VCC inducían en el sistema neuromuscular. En la última década han surgido una importante serie de trabajos que justifican su empleo por las mejoras inducidas en el organismo de los seres vivos<sup>9-15</sup>. Bosco, referente en el área, considera que las VCC pueden ser similares a la producción de esfuerzos de carácter anaerobio como un sprint o un movimiento pliométrico<sup>12,16</sup>. Se conoce la importancia que tienen las hormonas en actividades fundamentales del organismo, como la osteogénesis y la sarcomiogénesis. También es conocido que la práctica de diferentes ejercicios físicos provoca respuestas hormonales, por lo tanto el presente trabajo de revisión se propone como objetivo examinar los efectos que producen las VCC en el SE.

## Método

### Fuentes de datos

Los métodos de análisis y los criterios de inclusión para la selección de las investigaciones participantes fueron determinados previamente. La búsqueda fue conducida usando las bases de datos de MEDLINE (PubMed), Google Scholar y Sport Discus, desde el 1 de marzo de 1984 hasta el 1 de marzo del 2014. Se utilizaron como palabras claves para la exploración: *Whole Body Vibration, Vibration Exercise, Hormones, Endocrine System*.

## Criterios de selección

Para la inclusión de artículos se usaron los siguientes criterios: que solo estuvieran en castellano o inglés; que la muestra estuviera conformada por grupos de humanos; que fueran elaborados por referentes en el área temática, valorando publicaciones totales y cantidad de citas; que tuvieran impacto según la publicación elaborada anualmente *Journal Citation Reports (JCR)* por el *Institute for Scientific Information (ISI)*; que las vibraciones ejercidas fueran las VCC; que estuvieran dentro del lapso de tiempo escogido; que poseyeran un correcto diseño metodológico, mencionando claramente conformación de la muestra, pasos procedimentales y bases de la intervención.

## Resultados

Se encontraron 69 artículos en la búsqueda total, donde fueron seleccionados 14 según los criterios de selección mencionados anteriormente (tabla 1). Se descartaron artículos que: estaban escritos en otras lenguas (8 artículos); incluían animales en los tratamientos (17 artículos); no tenían impacto o eran realizados por autores no referentes en el área (7 artículos); las vibraciones eran ejercidas por elementos de trabajo (5 artículos); utilizaban otro tipo de vibraciones (8 artículos); no estaban dentro del período de tiempo escogido (6 artículos); no se aclaraba correctamente cómo se había desarrollado la investigación (4 artículos).

### Hormonas

#### Evidencias principales

La hormona del crecimiento (GH) mostró una alta respuesta en una gran cantidad de aplicaciones de VCC<sup>16,20,23,25,26,28,29</sup>. El factor de crecimiento insulínico (IGF-1) permaneció sin cambios posterior a las intervenciones<sup>17,19,28</sup>. La testosterona (T) no identificó cambios en varios de los estudios analizados<sup>17,19,21-23,28</sup>. El cortisol (C) presentó diferentes respuestas aumentando, disminuyendo o permaneciendo igual<sup>16,17,20-23,27,28</sup>. Las catecolaminas norepinefrina (NE) y epinefrina (E) manifestaron aumentos en 2 trabajos<sup>17,18</sup> (tabla 2).

#### Evidencias secundarias

La hormona foliculoestimulante (FSH), la parathormona (PTH), la tirotrópina (TSH), la triyodotironina (T3) y la tiroxina (T4) fueron medidas en un solo trabajo mostrando aumentos en sus niveles<sup>23,24</sup>. La adrenocorticotropina (ACTH) mostró una disminución en un solo trabajo<sup>23</sup>.

El estradiol (ES), el glucagón (G), la leptina (L), la lipasa sensible (LS) y la progesterona (P), fueron valorados en un solo trabajo donde

**Tabla 1**  
Artículos encontrados y seleccionados

Palabra clave	Encontrados	Seleccionados
Whole Body Vibration and Hormones	36	7
Whole Body Vibration and Endocrine System	9	2
Vibration Exercise and Hormones	18	4
Vibration Exercise and Endocrine System	6	1

**Tabla 2**  
Características experimentales de cada investigación

Artículo	Tipo de V	Frecuencia/amplitud	Intervención	Ejercicio	Muestra	Variación hormonal aguda	Variación hormonal crónica
Bosco et al. <sup>16</sup>	VV	26 hz/4 mm	Una sesión VCC (10 × 60") 2 60" m 6' M	Sentadilla 100 grados	14 ♂ (25 ± 4,6 años)	GH ↑ T ↑ C ↓	No se valoró
Di Loreto et al. <sup>17</sup>	VV	30 hz/4 mm	Una sesión VCC 10 × 60" 60" m	Sentadilla	10 ♂ (39 ± 3 años)	E = NE ↑ I = G = C ↓ GH = IGF-1 = T =	No se valoró
Goto y Takamatsu <sup>18</sup>	VO	26 hz/2,5 mm	Una sesión VCC 10 × 60" 60" m	Sentadilla 120 grados	8 ♂ (23,4 ± 0,9 años)	E ↑ NE ↑ GH = LS = T = IGF-1 =	No se valoró
Cardinale et al. <sup>19</sup>	VV	30 hz/3 mm	Una sesión VCC 10 × 60" 60" m	Sentadilla estática	9 ♂ (22 ± 2 años)	T VCC = / VCC + S ↑	No se valoró
Kvornjic et al. <sup>20</sup>	VO	20/25 hz 4 mm	20 sesiones Primera sesión VCC 6 × 30", S 6 × 8 R, VCC + S 6 × 30" x 8 R 2' m	Sentadilla	28 ♂ jóvenes	GH ↑ C VCC ↓ / VCC + S ↑	T = GH = C =
Erksine et al. <sup>21</sup>	VV	30 hz/4 mm	Una sesión VCC 10 × 60" 60" m	Media Sentadilla estática	7 ♂ (23,3 ± 2,7 años)	T = C =	No se valoró
Cardinale et al. <sup>22</sup>	VV	30 hz/4 mm	Una sesión VCC 5 × 60" 60" m	Sentadilla con ligera flexión de rodilla	9 ♂ y 11 ♀ (media 70 años)	GH = T ♀ = / ♂ = C ↑ IGF-1 ↑ GH ♀ ↓ / ♂ ↑	No se valoró
Fricke et al. <sup>23</sup>	VO	26 hz/1 mm	Una sesión VCC (5 × 60") 2 6' M	Media Sentadilla	20 sujetos (10 ♂ 32,1 ± 5,8 y 10 ♀ 32,0 ± 6,9 años)	TSH ↑ T3 ↑ T4 ↑ PR ♀ = / ♂ ↓ LH ♀ ↓ / ♂ = FSH ↑ ACTH ↓ C ↓ T = ES = P =	No se valoró
Martin et al. <sup>24</sup>	VV	10-32/4 mm	24 sesiones VCC (1 × 30") 3 m 75"	Parado estático, sentadilla estática, sentadilla dinámica	16 ♀ (media 69,64 años)	No se valoró	PTH ↑
Sartorio et al. <sup>25</sup>	VV	35 hz/5 mm	Una sesión VCC 15 × 30", S (3 × 5" MCV) 15, VCC + S (3 × 5") MCV + 15 × 30"	Sentadilla, prensa de piernas	9 ♂ (23 ± 2 años)	GH ↑	No se valoró
Sartorio et al. <sup>26</sup>	VV	35 hz/4 mm	Una sesión VCC 15 × 30", S (3 × 5" MCV) 15, VCC + S (3 × 5") 15 MCV + 15 × 30"	Sentadilla, prensa de piernas	9 ♂ (23,8 ± 1,9)	GH ↑	No se valoró
Roschel et al. <sup>27</sup>	VV	30 hz/2-4 mm	Una sesión VCC + S 5 × 10 R al 70% de la MCV + 30" VCC, S 5 × 10 R al 70% de la MCV	Sentadilla	9 ♂ (22,9 ± 5,1 años)	C =	No se valoró
Elmantaser et al. <sup>28</sup>	VO VV	18 - 22 hz/4 mm Galileo 32-37 hz/0,085 mm Juvent	16 semanas VCC 6 × 30" 30' m	Sentadilla con flexión de rodillas	14 ♂ (media 33 años)	C VV ↓ / VO = GH VV ↑ / VO = IGF-1 = T = L = I =	C = GH = IGF-1 = T = L = I =
Giunta et al. <sup>29</sup>	VV	30 hz	Una sesión VCC 10 × 72" 50" m, VCC + S 10 × 12 R + 72" VCC 50" m	Sentadilla dinámica	7 ♀ (22 ± 5 años)	GH ↑	No se valoró

ACTH: adfrenocorticotropina; C: cortisol; E: epinefrina; E: estradiol; FSH: folículoestimulante; G: glucagón; GH: hormona del crecimiento; I: insulina; IGF-1: factor de crecimiento insulínico; L: leptina; LH: luteinizante; LS: lipasa sensible; m: micropausa; M: macropausa; MCV: máxima contracción voluntaria; NE: Norepinefrina; P: progesterona; PR: prolactina; PTH: parathormona; R: repeticiones; S: sobrecarga; T: testosterona; TSH: tirotropina; T3: triyodotironina; T4: tiroxina; V: vibración; VCC: vibraciones de cuerpo completo; VO: vibración oscilante; VV: vibración vertical; =: sin alteraciones; ↑: aumento; ↓: disminución.

permanecieron sin alteraciones<sup>17,18,23,28</sup>. La insulina (I) fue medida en 2 trabajos donde permaneció sin modificaciones<sup>17,28</sup>.

Por último, la hormona luteinizante (LH) y la prolactina (PR), fueron medidas en un solo trabajo mostrando diferencias según sexo; la LH para las mujeres disminuyó y para los hombres se mantuvo igual<sup>23</sup>, mientras que la PR para las mujeres se mantuvo igual y para los hombres disminuyó<sup>23</sup> (tabla 2).

## Discusión

El entrenamiento con VCC puede tener importantes similitudes al entrenamiento convencional con sobrecarga, principalmente por las diferentes respuestas neurofisiológicas percibidas (potenciación de la conducción cortical, el «input» de la motoneurona alfa, las tasas de disparo de las unidades motoras fásicas, la activación de ciertas vías reflejas y la disminución del umbral de activación para las unidades motoras de tipo II)<sup>30-33</sup>. Sin embargo, se aprecia un panorama más complejo desde el punto de vista endocrino, ya que las respuestas son muy distintas según elementos propios de cada intervención.

### Género

Cardinale et al.<sup>22</sup> en un grupo de ancianos encontraron diferencias significativas en el comportamiento del IGF-1 tras exposiciones cortas de VCC. Esto puede ser un factor importante ya que esta hormona cumple un rol fundamental en los mecanismos de regulación somática del crecimiento y la proliferación celular. Sin embargo, otros autores no encuentran cambios en el IGF-1<sup>17,19,28</sup> y en el estudio realizado por Elmantaser et al.<sup>28</sup> aparecen reducciones significativas del C-telopéptido colágeno del tipo I, un claro marcador de la reabsorción ósea. Por tanto, aunque existe alguna evidencia, no está claro si las VCC pueden ser un medio no farmacológico útil para mejorar la función músculo-esquelética desde el punto de vista del SE. En el estudio de Cardinale et al.<sup>22</sup>, las hormonas anabólicas y el C no mostraron diferencias, siendo la T la única que se analizó por género. Se conoce que para apreciar cambios importantes en este tipo de hormonas se deben aplicar estímulos de cierta intensidad y duración<sup>2,3</sup>. Es posible que de acuerdo con este autor, 5 minutos de tratamiento no constituya un estímulo adecuado para generar modificaciones en dichas hormonas<sup>22</sup>. Fricke et al.<sup>23</sup> no encontraron diferencias en el comportamiento de la T, el ES y la P en ambos sexos, posiblemente asociado al bajo impacto de la carga (26 hz/1 mm), reafirmando el concepto de la aplicación de cargas altas para lograr considerables respuestas gonadales. En cambio, sí se encuentran diferencias en la GH, justificando este hallazgo por los contrastes sexuales que existen en los sistemas de maduración y activación muscular. Los mecanismos de control de dicha hormona se asocian a la capacidad del sistema anaerobio y el grado de estrés metabólico. En este sentido se observa que con el uso de las VCC las concentraciones de GH correlacionan con el nivel de lactato<sup>25,26,29</sup>, de la misma forma que otro tipo de ejercicio físico<sup>34</sup>. Hay algunos aspectos que no quedan claros en la investigación de Fricke et al.<sup>23</sup>, no se sabe cuál es la relación entre las descargas hipofisarias de determinadas hormonas y los productos periféricos de otras hormonas controladas por un mismo eje. La PR disminuye su estado sérico en hombres aunque se observa un aumento de las hormonas tiroideas. No hay un fundamento claro para explicar como la FSH aumenta en ambos sexos, mientras que la LH disminuye en las mujeres. En relación con el C y sus descendos, no se logra explicar este fenómeno, ya que es una hormona que aumenta su producción mediante mecanismos de estrés psicofísico.

### Nivel de condición física

El grado de acondicionamiento físico puede tener una relación importante con el tipo de estrés fisiológico y las descargas producidas por el SE. Este aspecto tiene que ver con la eficiencia metabólica frente a diferentes requerimientos energéticos, y con ello la producción y variación plasmática de enzimas, proteínas u hormonas. Bosco et al.<sup>35</sup> observaron que existía una correlación entre la T basal, el rendimiento en sprint y la fuerza explosiva. Personas entrenadas necesitan estímulos de mayor magnitud para activar el comando central hipotalámico y los centros autónomos<sup>2</sup>. Un mismo estímulo provocaría mayores aferencias musculares e incrementos de las respuestas del SE en personas no deportistas que en deportistas. Sin embargo, en los estudios de Cardinale et al.<sup>19</sup>, Erksine et al.<sup>21</sup> no se encontraron modificaciones séricas de ninguna hormona (T, C, IGF-1), controladas antes y después de la intervención con VCC, en 2 poblaciones (personas activas y no activas). Lo más interesante de estos trabajos es que los protocolos de experimentación y las características muestrales eran muy similares.

### Tipos de vibraciones

Aunque las vibraciones verticales (VV) parecen producir mayores ganancias de fuerza y potencia que las vibraciones oscilantes (VO)<sup>31</sup>, desde el punto de vista de la activación neural se han encontrado hallazgos contradictorios, no estando claros si son superiores en la potenciación neurogénica<sup>36,37</sup>.

En relación con las respuestas del SE, nos encontramos con algunos datos interesantes. En los estudios donde se usaron las VV se evidencia una mayor respuesta de la GH mediante diferentes protocolos<sup>16,25,26</sup>. En concordancia con estos resultados se encuentra el trabajo de Elmantaser et al.<sup>28</sup>, donde se constata una marcada diferencia entre la respuesta de ambos tipos de vibraciones en dicha hormona. Se pudo observar en otras publicaciones, que con VO existía un aumento de la respuesta catecolaminérgica (E y NE) y tiroidea (TSH, T3, T4)<sup>18,23</sup>, aunque las evidencias son escasas. Como se describió anteriormente las hormonas anabólicas se ven incrementadas con esfuerzos de alta demanda, por lo tanto se podría pensar que las VV podrían provocar mayores respuestas del SE.

### Edad

Con el proceso de envejecimiento se puede apreciar como algunas funciones glandulares declinan su actividad. Parece por tanto prioritario buscar medios que mitiguen estos efectos, y que a la vez sean de fácil utilización en personas con limitaciones de movimiento. Se han visto mejoras en la fuerza y el pico de VO<sub>2</sub>máx en sujetos ancianos tras un año de empleo de VCC<sup>9</sup>. En otro trabajo longitudinal se hallaron mejoras en la composición corporal y el control postural con mujeres posmenopáusicas<sup>10</sup>. Martin et al.<sup>24</sup> encuentran aumentos de la PTH en mujeres de edad avanzada tras 8 semanas, destacando la importancia de esta hormona en el metabolismo del calcio y la reabsorción ósea. No obstante, Cardinale et al.<sup>22</sup> hallaron que la GH y la T no aumentaban en sujetos en la misma franja de edad, aunque debemos añadir que la duración y la densidad en este trabajo fueron bajas. Algunos autores encuentran cambios hormonales con adultos jóvenes atribuibles al uso de las VCC<sup>16,18,20,25,26,29</sup>.

### Vibraciones de cuerpo completo vs. vibraciones de cuerpo completo + sobrecarga

Todo parece indicar que el aumento en las variables de control de la carga produce una acentuación de las respuestas tanto neurales como endocrinas, principalmente de las hormonas anabolizantes relacionadas con los mecanismos de alta producción energética. Se puede observar como las mayores producciones de fuerza y

potencia se logran con frecuencias, amplitudes y volúmenes altos<sup>31-33</sup>. Estos efectos están condicionados por la pausa, la duración y la densidad. La fuerza puede ser incrementada por 2 vías diferentes: la masa o la aceleración. Los mecanismos tradicionales se asocian directamente al aumento de la producción de fuerza por el aumento de la masa, pero los sistemas de VCC aumentan la magnitud de la fuerza por medio de la aceleración. Todavía no existen evidencias claras en relación con si alguno de los 2 mecanismos por separado, o ambos ejercidos de forma conjunta, podrían conseguir una mayor efectividad sobre medidas de fuerza como pueden ser la máxima contracción voluntaria (MCV) o la tasa de desarrollo de la fuerza (TDF). Un trabajo de Mahieu et al.<sup>14</sup> encontró similares mejoras en la fuerza explosiva y el control postural con esquiadores profesionales utilizando 2 programas independientes (S vs. VCC). Hazzel et al.<sup>38</sup> hallaron que con distintas frecuencias siempre se registraban respuestas electromiográficas (EMG) superiores cuando se añadía el 30% del peso corporal como sobrecarga. Recientemente Naclerio et al.<sup>39</sup> encontraron que se producía una mayor altura del salto vertical cuando se añadía a las vibraciones el 80% de una RM. Por último, un trabajo presentado por Da Silva et al.<sup>40</sup>, localizó que el gasto energético era un 22% superior después de realizar series de media sentadilla con una sobrecarga VCC+S en relación con el mismo ejercicio sin VCC, asociando positivamente el incremento del gasto energético a la percepción del esfuerzo.

Desde el punto de vista hormonal tampoco existen evidencias que definan claramente. En el trabajo de Giunta et al.<sup>29</sup> logramos ver como ambos programas de entrenamiento realizados en un mismo grupo (VCC, VCC+S) conseguían las mismas respuestas sobre la GH. En contradicción, Kvorning et al.<sup>20</sup> localizaron diferencias en los tratamientos, la T solo aumentó en los grupos que utilizaron una sobrecarga (VCC+S, S), aconteciendo lo mismo en relación con la MCV medida en prensa de piernas. En este trabajo además la GH junto al C revelaron los mayores incrementos en el grupo VCC+S. Sartorio et al.<sup>25,26</sup> hallaron similares resultados durante 2 estudios diferentes con 3 grupos experimentales (VCC, VCC+S, S), observando que los grupos VCC+S, S lograban mayores pico de GH postintervención sin diferencias entre los mismos. El trabajo de Roschel et al.<sup>27</sup> encontró que la suma de una carga exterior no producía efectos superiores en el SE, aunque la percepción del esfuerzo fue mayor en el grupo que movilizó la sobrecarga externa. Por algunas evidencias presentadas se puede conjeturar que la adición de una sobrecarga potenciaría la función del SE.

#### *Adaptaciones agudas y crónicas*

Si se observan los efectos agudos que produce el EV sobre el sistema neuromuscular se puede apreciar que podría ser eficiente para provocar el efecto de la potenciación postactivación (PAP)<sup>30</sup>. Sin embargo, la respuesta a largo plazo a dicho entrenamiento no se conoce claramente aún.

En la función del SE las repuestas encontradas tampoco son claras. Como se ha mencionado en las diferentes secciones, parecen existir respuestas agudas que podrían estar asociadas a la magnitud de la carga, el sexo, la población, el tipo de vibraciones y el protocolo de entrenamiento. Sin embargo, las respuestas crónicas parecen no tener una asociación clara con este tipo de parámetros. Dentro de los trabajos seleccionados, se pueden observar claros cambios en la GH agudamente<sup>16,20,23,25,26,28,29</sup>, siendo esta hormona la que mayor cantidad de veces se ha incluido en la medición, y la que ha mostrado buenas respuestas al entrenamiento con VCC de forma aguda. Sin embargo, no se observan los mismos resultados de forma crónica<sup>20-28</sup>, similar a los efectos producidos por otros tipos de entrenamiento con sobrecarga<sup>2</sup>. Se conoce la importancia que cumple la GH en los mecanismos de

estabilización de la homeostasis y de crecimiento muscular, ya que en este último caso, actúa como regulador del IGF-1, quien es considerado como el mediador más importante de la proliferación de células satélites a través de la vía de señalización Akt-mTOR-p70S6K<sup>41</sup>. No obstante, gran parte de los trabajos que examinaron los efectos del VCC sobre el IGF-1 no encontraron modificaciones tanto de forma aguda como crónica<sup>17,19,28</sup>. Interesantemente en el trabajo realizado por Elmantaser et al.<sup>28</sup> tampoco se encuentran modificaciones en la composición corporal después de 16 semanas de entrenamiento.

Otra hormona explorada en un importante número de trabajos es la T. Dicha hormona muestra una baja respuesta aguda a las VCC<sup>17,19,23,28</sup>. Contrariamente a lo observado en la GH, la T permanece invariable tras las experimentaciones. En este caso, es importante mencionar que los protocolos de entrenamiento representan niveles de estrés muy leves. Protocolos que alcanzan un alto número de series o una movilización de elevadas sobrecargas, producen las mayores respuestas de la T<sup>2</sup>. La evidencia sugiere que para alcanzar los mayores rendimientos de fuerza muscular con VCC, se deben realizar 12-17 series, con una duración de 30-60 segundos, con una frecuencia de 40-50 hz y con una amplitud lo más alta posible<sup>32</sup>.

Una hormona también altamente estudiada es el C. Los resultados son controvertidos, encontrándose diferentes respuestas en los trabajos seleccionados<sup>16,17,20-23,27,28</sup>. Se identifica al C con una función catabólica, respondiendo con una elevada tasa de producción, cuando las demandas metabólicas son altas<sup>3</sup>. En algunos trabajos se puede encontrar que el C se mantiene sin variaciones<sup>21,27,28</sup>, mientras que en otros decrece<sup>16,17,20,23,28</sup>. Una cuestión que llama la atención es la baja asociación entre los niveles de C y el lactato<sup>23</sup>, diferente a lo que pasa con metodologías tradicionales<sup>3</sup>. Según Bosco<sup>16</sup>, estos fenómenos pueden explicarse debido a que la respuesta hormonal a la vibración puede no generar una reacción de estrés general, por una insuficiente estimulación del comando motor central y la retroalimentación nerviosa a los músculos esqueléticos, acompañado por la actividad inhibitoria de los centros hipotalámicos neurosecretorios.

La única hormona que muestra respuestas de forma crónica al entrenamiento con VCC es la PTH en el trabajo realizado por Martin<sup>24</sup>, no se encuentran modificaciones a largo plazo en otras hormonas como la T, el IGF-1, la L, la I y el C<sup>28</sup>.

#### **Recomendaciones finales**

Las VCC pueden provocar modificaciones en distintas hormonas dependiendo de las variables de control que se apliquen (intensidad, volumen, duración y densidad) y la población seleccionada (edad, sexo, experiencia). Las diferencias existentes entre los distintos diseños metodológicos dificulta el desarrollo de profundas conclusiones. Tomando en cuenta lo mencionado anteriormente, podemos finalizar concluyendo que la GH es una hormona con una alta respuesta a las VCC, la T es una hormona con una baja respuesta, mientras que el C muestra resultados contradictorios. Existen trabajos que exploran otras hormonas pero son muy escasos. En un futuro sería interesante indagar acerca de los efectos crónicos que podrían originar las VCC sobre las señales hormonales en diferentes grupos, y cómo se podrían relacionar los resultados con marcadores del rendimiento humano. También resultaría interesante investigar qué tipo de vibración provocaría los mayores beneficios, y si la adición de una sobrecarga a las VCC induciría beneficios extras. Las VCC pueden ser un medio atractivo por la facilidad de su uso para la mejora de múltiples aspectos relacionados con la salud y la condición física, especialmente en poblaciones con limitaciones funcionales para la práctica de ejercicio físico.



## Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

## Bibliografía

- López-Chicharro J. Respuestas y adaptaciones endócrinas al Ejercicio. En: López Chicharro J, Vaquero A, editores. Fisiología del Ejercicio. Madrid: Editorial Panamericana; 2006. p. 543–72.
- Kraemer WJ, Ratamess NA. Hormonal responses and adaptations to resistance exercise and training. *Sports Med.* 2005;35:339–61.
- Kraemer WJ, Hakkinen K, Newton RU, Nindl BC, Volek JS, McCormick M, et al. Effects of heavy-resistance training on hormonal response patterns in younger vs. older men. *J Appl Physiol.* 1999;87:982–92.
- Grant O, Caulley M, Mc Bride JM, Cormie P, Hudson MB, Nuzzio JL, et al. Acute hormonal and neuromuscular responses to hypertrophy, strength and power type resistance exercise. *Eur J Appl Physiol.* 2009;105:695–704.
- Kindermann W, Schnabel A, Schmitt WM, Biro G, Cassens J, Weber F. Catecholamines, growth hormone, cortisol, insulin, and sex hormones in anaerobic and aerobic exercise. *Eur J Appl Physiol.* 1982;49:389–99.
- Viru MA, Hackney AC, Vålja E, Karelson K, Janson T, Viru M. Influence of prolonged continuous exercise on hormone responses to subsequent exercise in humans. *Eur J Appl Physiol.* 2001;85:578–85.
- Cochrane DJ. Vibration exercise: The potential benefits. *Int J Sports Med.* 2011;32:75–99.
- Rittweger J. Vibration as an exercise modality: How it may work, and what its potential might be. *Eur J Appl Physiol.* 2010;108:877–904.
- Bogaerts A, Verschueren S, Delecluse C, Claessens A, Boonen S, Troosters T. Effects of whole body vibration training on cardiorespiratory fitness and muscle strength in older individuals (A 1-year randomized controlled trial). *Age Ageing.* 2009;38:448–54.
- 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.
- Kersch-Schindl K, Grampp S, Henk C, Resch H, Preisinger E, Fialka-Moser V, et al. Whole-body vibration exercise leads to alterations in muscle blood volume. *Clin Physiol.* 2001;21:377–82.
- Bosco C, Colli R, Introini E, Cardinale M, Tarpela O, Madella A, et al. Adaptive responses of human skeletal muscle to vibration exposure. *Clin Physiol.* 1997;19:183–7.
- Cochrane DJ, Stannard SR. Acute whole body vibration training increases vertical jump and flexibility performance in elite female field hockey players. *Br J Sports Med.* 2005;39:860–5.
- Mahieu NN, Witvrow E, van den Voorde D, Michilsens D, Arbyn V, van der Broecke W. Improving strength and postural control in young skiers: Whole body vibration versus equivalent resistance training. *J Athl Train.* 2006;41:286–93.
- Fuermaier AB, Tucha L, Koerts J, van Heuvelen MJ, van der Zee EA, Lange K, et al. Good vibrations—Effects of whole body vibration on attention in healthy individuals and individuals with ADHD. *PLoS One.* 2014;9(2):e90747.
- Bosco C, Iacovelli M, Tarpela O, Cardinale M, Bonifazi M, Tihanyi J, et al. Hormonal responses to whole-body vibration in men. *Eur J Appl Physiol.* 2000;81:449–54.
- Di Loreto C, Ranchelli A, Lucidi P. Effects of whole-body vibration exercise on the endocrine system of healthy men. *J Endocrinol Invest.* 2004;27:323–7.
- Goto K, Takamatsu K. Hormone and lipolytic responses to whole body vibration in young men. *Jpn J Physiol.* 2005;55:279–84.
- Cardinale M, Leiper J, Erskine J, Milroy M, Bell S. The acute effects of different whole body vibration amplitudes on the endocrine system of young healthy men: A preliminary study. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2006;26:380–4.
- Kvorning T, Bagger M, Caserotti P, Madsen K. Effects of vibration and resistance training on neuromuscular and hormonal measures. *Eur J Appl Physiol.* 2006;96:615–25.
- Erskine J, Smillie I, Leiper J, Ball D, Cardinale M. Neuromuscular and hormonal responses to a single session of whole body vibration exercise in healthy young men. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2007;27:242–8.
- Cardinale M, Soiza RL, Leiper JB, Gibson A, Primrose WR. Hormonal responses to a single session of whole body vibration exercise in elderly individuals. *Br J Sports Med.* 2008;44:284–8.
- Fricke O, Semler O, Land C, Beccard R, Thoma P, Schoenau E. Hormonal and metabolic responses to whole body vibration in healthy adults. *Endocrinologist.* 2009;19:24–30.
- Martín G, de Saa Y, da Silva-Grigoletto ME, Vaamonde D, Sarmiento S, García-Manso JM. Effect of whole body vibration (WBV) on PTH in elderly subjects. *Rev Andal Med Deporte.* 2009;2:1–6.
- Sartorio A, Lafortuna CL, Maffiuletti NA, Agosti F, Marazzi N, Rastelli F, et al. GH responses to two consecutive bouts of whole body vibration, maximal voluntary contractions or vibration alternated with maximal voluntary contractions administered at 2-h intervals in healthy adults. *Growth Horm IGF Res.* 2010;20:416–21.
- Sartorio A, Agosti F, de Col A, Marazzi N, Rastelli F, Chiavaroli S, et al. Growth hormone and lactate responses induced by maximal isometric voluntary contractions and whole-body vibrations in healthy subjects. *J Endocrinol Invest.* 2011;34:216–21.
- Roschel H, Barroso R, Batista M, Ugrinowitsch C, Tricoli V, Arsati F, et al. Do whole-body vibration exercise and resistance exercise modify concentrations of salivary cortisol and immunoglobulin A? *Braz J Med Biol Res.* 2011;44:592–7.
- Elmantaser M, McMillan M, Smith K, Khanna S, Chantler D, Panarelli M, et al. A comparison of the effect of two types of vibration exercise on the endocrine and musculoskeletal system. *J Musculoskelet Neuronal Interact.* 2012;12:144–54.
- Giunta M, Cardinale M, Agosti F, Patrizi A, Compri E, Rigamonti AE, et al. Growth hormone releasing effects of whole body vibration alone or combined with squatting plus external load in severely obese female subjects. *J Obes Facts.* 2012;5:567–74.
- Cormie P, Deane RS, Triplett NT, MC Bride JM. Acute effects of whole body vibration on muscle activity, strength and power. *J Strength Cond Res.* 2006;20:257–61.
- Marín PJ. Revisión de las relaciones entre la dosis y respuesta del entrenamiento con vibraciones sobre la fuerza y la potencia muscular. *Rev Andal Med Deporte.* 2011;4:29–37.
- Marín PJ, Rhea MR. Effects of vibration training on muscle strength: A meta-analysis. *J Strength Cond Res.* 2010;24:548–56.
- Marín PJ, Rhea MR. Effects of vibration training on muscle power: A meta-analysis. *J Strength Cond Res.* 2010;24:871–8.
- Goto K, Ishii N, Kizuka T, Takamatsu K. The impact of metabolic stress on hormonal responses and muscular adaptations. *Med Sci Sports Exerc.* 2005;37:955–63.
- Bosco C, Tihanyi J, Viru A. Relationships between field fitness test and basal serum testosterone and cortisol levels in soccer players. *Clin Physiol.* 1996;16:317–22.
- Abercromby AF, Amonette WE, Layne CS, McFarlin BK, Hinman MR, Paloski WH. Variation in neuromuscular responses during acute whole-body vibration exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 2007;39:1642–50.
- Ritzmann R, Gollhofer A, Kramer A. The influence of vibration type, frequency, body position and additional load on the neuromuscular activity during whole body vibration. *Eur J Appl Physiol.* 2013;113:1–11.
- Hazell TJ, Kenno KA, Jakobi JM. Evaluation of muscle activity for loaded and unloaded dynamic squats during vertical whole-body vibration. *J Strength Cond Res.* 2010;24:1860–5.
- Naclerio F, Faigenbaum AD, Larumbe-Zabala E, Ratamess NA, Kang J, Friedman P, et al. Effectiveness of different postactivation potentiation protocols with and without whole body vibration on jumping performance in college athletes. *J Strength Cond Res.* 2014;28:232–9.
- Da Silva ME, Fernandez JM, Castillo E, Nuñez VM, Vaamonde DM, Poblador MS, et al. Influence of vibration training on energy expenditure in active men. *J Strength Cond Res.* 2007;21:470–5.
- Sakuma K, Yamaguchi A. Sarcopenia and age-related endocrine function. *Int J Endocrinol.* 2012, 2012:127362.