



Revisión

Revisión de las relaciones entre la dosis y respuesta del entrenamiento con vibraciones sobre la fuerza y la potencia muscular

P.J. Marín

Laboratorio de Fisiología. Universidad Europea Miguel de Cervantes. Valladolid. España.
Centro de Investigación en Discapacidad Física (CIDIF). ASPAYM Castilla y León. Valladolid. España.

Historia del artículo:

Recibido el 22 de septiembre de 2010

Aceptado el 14 de octubre de 2010

Palabras clave:

Estímulo vibratorio.

Rendimiento.

WBV.

Oscilación mecánica.

Key words:

Vibration stimulus.

Performance.

WBV.

Mechanical oscillation.

RESUMEN

La fuerza y la potencia muscular constituyen pilares fundamentales para la salud y el rendimiento deportivo. Actualmente, el estímulo vibratorio está contemplándose como una herramienta atractiva dentro del ámbito del entrenamiento y la rehabilitación. Para delimitar los efectos es importante conocer las características y las dosis de las vibraciones. Las plataformas son los sistemas más utilizados dentro de las áreas de investigación y entrenamiento deportivo; existen principalmente dos tipos: las que generan el movimiento principalmente vertical y las de movimiento oscilatorio. Aplicar un estímulo vibratorio mediante una plataforma de vibraciones genera efectos no solamente en las extremidades que están próximas al foco vibratorio, sino también en las que están alejadas. Las mayores respuestas y adaptaciones del sistema neuromuscular, para generar fuerza, se consiguen con altas magnitudes de vibraciones. Por último, el estímulo vibratorio debe basarse en los principios básicos de entrenamiento, especialmente el de la sobrecarga progresiva.

© 2010 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

ABSTRACT

Review of the relationship between the dose and the response of vibration training on muscular strength and power

Muscular strength and power are essential pillars for health and performance. Nowadays, the vibratory stimulus is assuming as an attractive tool in the field of training and rehabilitation. The characteristics and vibration dose are important to know the effects. The use of platforms represents the most common form of vibration exercise. There are basically two types of vibration platforms: platforms that vibrate in a predominantly vertical direction and the platform that vibrates through rotation about a horizontal axis (oscillating platform). The vibration effect is not limited to muscles near the vibration platform, but also affects those of neighboring muscles. The highest responses and adaptations of the neuromuscular system are achieved with high magnitudes of vibration. Finally, the vibratory stimulus should be based on the basic training principles, especially the progressive overload.

© 2010 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

Correspondencia:

Pedro J. Marín.

Lab. de Fisiología.

Universidad Europea Miguel de Cervantes.

Correo electrónico: pedrojm80@hotmail.com

Introducción

La fuerza y la potencia muscular constituyen pilares fundamentales para la salud y el rendimiento deportivo. Por ello, durante décadas muchos autores han estudiado diferentes medios y métodos para aumentar la eficacia, así como la eficiencia de los procesos de entrenamiento y rehabilitación¹⁻⁴.

Los efectos del entrenamiento de fuerza y potencia dependen fundamentalmente de la forma con que se programe y controle las variables que afectan a este⁵. Estas variables son herramientas clave que todo profesional debe conocer y manipular adecuadamente. Los efectos serán los deseados siempre que se aplique de forma adecuada y considerando las necesidades y objetivos particulares de cada persona^{4,6}.

Actualmente, el estímulo vibratorio está considerándose una herramienta atractiva dentro del ámbito del entrenamiento y la rehabilitación. Por ello, cada vez son más los estudios publicados sobre el estímulo vibratorio. Este gran número de estudios ha sido realizado con componentes de carga y poblaciones diferentes, lo que repercute en resultados dispares. Todo ello dificulta en gran medida la selección adecuada de ejercicios, así como la intensidad, volumen, densidad, frecuencia y duración de cada sesión de entrenamiento. Por tanto, el objetivo de esta revisión es definir y sintetizar los componentes de la carga de entrenamiento con vibraciones atendiendo a la evidencia científica actual.

Concepto de vibración

Una vibración es un movimiento oscilatorio de pequeña amplitud. Todos los cuerpos poseen una señal de vibración en la cual plasman cada una de sus características. La vibración que normalmente se utiliza para el entrenamiento es la *senoidal*⁷. Este tipo de vibración es el más simple y representa oscilaciones puras. Únicamente hemos encontrado una publicación en donde se ha utilizado la vibración aleatorizada estacionaria en un entrenamiento⁸ (fig. 1).

Sistemas para aplicar el estímulo vibratorio

Los sistemas con los que podemos aplicar un estímulo vibratorio al organismo son variados, tanto en las características técnicas, como en los efectos que desarrollan (figs. 2 y 3). No obstante, actualmente las plataformas son los sistemas más utilizados dentro de las áreas de investigación y entrenamiento; existen principalmente dos tipos: las que generan el movimiento principalmente vertical y las de movimiento oscilatorio. Ambos sistemas están constituidos por una superficie en la que se generan las vibraciones, una columna con un manillar para facilitar las ejecuciones y un cuadro de control por el cual son introducidos los parámetros de tiempo, frecuencia y amplitud (esta última, únicamente en el sistema vertical). Prestando atención a la regulación de la frecuencia de vibración, las plataformas oscilatorias permiten generar frecuencias desde 5 Hz hasta 30 Hz; en cambio, las plataformas de movimiento predominantemente vertical pueden generar frecuencias desde 30 hasta 50-60 Hz.

Por otra parte, la gran diferencia que hay entre la plataforma oscilante y la plataforma vertical es el movimiento que transfieren al cuerpo. El primer sistema genera de manera alternativa la flexión y extensión de los miembros que están en contacto con la plataforma. El segundo desarrolla un movimiento simultáneo de flexo-extensión de los miembros apoyados en la máquina.

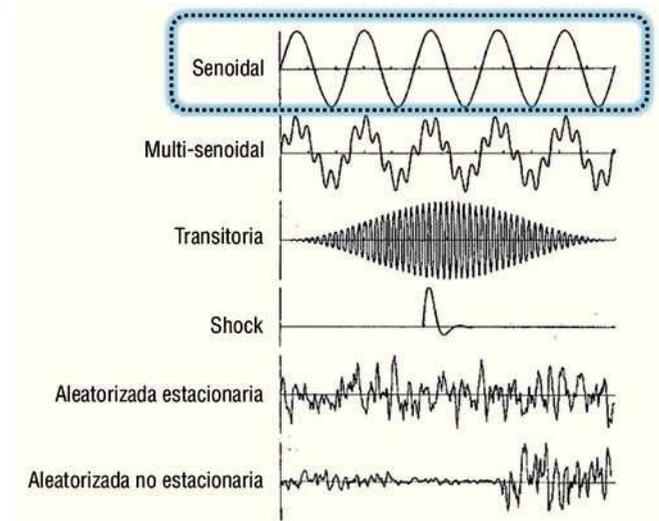


Fig. 1. Representación de diferentes tipos de vibración, empezado por arriba: senoidal, multi-senoidal, transitoria, *shock*, aleatorizada estacionaria y aleatorizada no estacionaria. Adaptado de Jordan et al⁷.

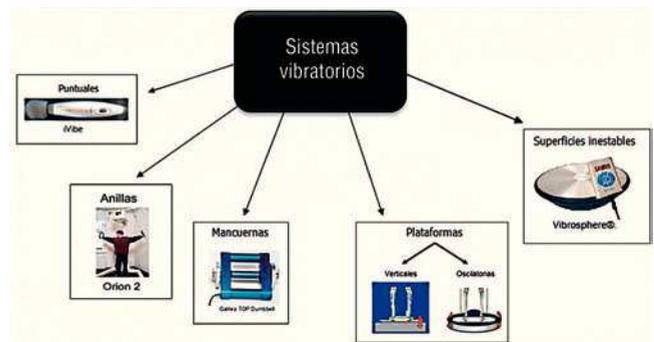


Fig. 2. Representación de los diversos sistemas generadores de vibraciones.



Fig. 3. Novedoso modelo de plataforma (PowerPlate Pro 6, Power Plate International Ltd, UK) provista de un sistema para transmitir las vibraciones al tren superior, en acciones anisométricas.

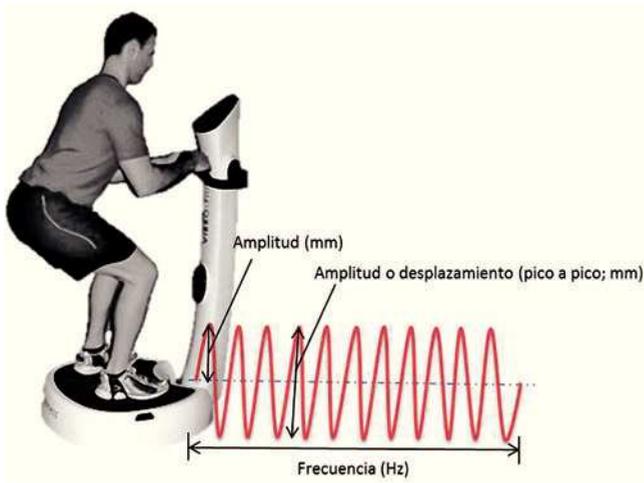


Fig. 4. Describe la frecuencia, amplitud y amplitud pico a pico de una onda senoidal generada por una plataforma de vibraciones.

Por último, los efectos del estímulo vibratorio están condicionados por la plataforma utilizada^{9,10}. Los estudios que fueron desarrollados mediante plataformas de movimiento vertical describieron mayores ganancias de fuerza y potencia muscular^{9,10}. Los tamaños de efecto (TE) para adaptaciones crónicas, con plataforma vertical, fueron para fuerza de 1,24 y para potencia muscular de 0,99. En cambio, los TE para adaptaciones crónicas con plataforma oscilante fueron para fuerza -0,13 y para potencia muscular 0,36,

Parámetros de la vibración

Amplitud

La amplitud es la distancia entre los extremos alcanzados por el movimiento (valor *pico-pico*), o también el recorrido comprendido desde el punto central hasta la desviación máxima, (valor *pico*, o descrito únicamente como *amplitud*) (fig. 4 y tabla 1). Por consiguiente, para evitar confusiones metodológicas deberíamos tener presente si nos estamos refiriendo a valores de amplitud *pico* o *pico-pico* (fig. 4). En este sentido Lorenzen et al¹¹ describen la falta de rigor en la descripción de los parámetros de la vibración de los estudios desarrollados con plataformas de vibraciones, sobre todo en lo referido a la amplitud.

Atendiendo al estudio realizado por Hazell et al¹², se registró mayor actividad EMGrms, tanto para la musculatura del tren superior como

inferior con 4 mm frente a 2 mm (pico a pico). Similares resultados fueron registrados por Marín et al¹³, tras analizar la actividad EMG del cuádriceps y gastrocnemio, con diferentes amplitudes de vibración, con y sin calzado. Por tanto, con mayores amplitudes de vibraciones se obtiene una mayor estimulación, con y sin calzado deportivo. En la misma línea, Rittweger et al¹⁴ analizaron el consumo de oxígeno con diferentes amplitudes desde 2,5 a 7,5 mm: registraron mayores consumos de oxígeno con amplitudes cercanas a 7,5 mm. Por tanto, podríamos pensar que existe una relación directa entre amplitud y efectos.

Frecuencia

Frecuencia es el término empleado para indicar el número de veces que se repite en un segundo cualquier fenómeno periódico. La frecuencia de las vibraciones se expresa en ciclos por segundo (hercios. Hz) (fig. 4). El estímulo vibratorio ha sido estudiado con diferentes rangos de frecuencia: con altas frecuencias (40-200 Hz)¹⁵ y bajas frecuencias (< 50 Hz)¹⁶. La mayor evocación del reflejo tónico vibratorio (RTV) se registra con frecuencias por debajo de 150 Hz. En la misma línea, en el estudio realizado por De Gail et al¹⁶ fue aplicada la vibración de modo creciente. Se registró disminución de la evocación del RTV cuando la frecuencia estaba próxima a 50 Hz. En el ámbito del entrenamiento deportivo y la investigación aplicada las frecuencias de vibración más utilizadas han sido las de 30 y 40 Hz con plataforma vertical, así como las de 26 Hz con plataforma oscilatoria^{9,10} (tablas 2 y 3).

En el estudio realizado por Hazell et al¹² fue analizada la actividad electromiográfica (EMGrms) en 10 estudiantes universitarios, físicamente activos, en los músculos: vasto lateral (VL), bíceps femoral (BF), bíceps (B) y tríceps (T) braquial, en los ejercicios de semi-squat y el curl de bíceps, en contracción isométrica y anisométrica, a diferentes frecuencias (25, 30, 35, 40 y 45 Hz) y amplitudes (2 y 4 mm). Se manifestó un incremento mayor de la actividad EMGrms para el VL en dinámico 3,7 a 8,7%, respecto a la máxima contracción voluntaria (MCV). Para el BF, el mayor incremento de la EMGrms fue en isométrico 0,8 a 1,2% de la MCV. Por último, para el T y B, la mayor actividad EMGrms fue en dinámico 0,2-1% y 0,6-0,8%, respectivamente. Atendiendo a los parámetros de regulación, la mayor respuesta neuromuscular se obtuvo en todos los músculos analizados cuando se aplicaron frecuencias altas (35, 40 y 45 Hz) con 4 mm de amplitud¹².

En esta misma línea de trabajo, recientemente, se ha estudiado la actividad EMGrms del vasto lateral (VL), bíceps femoral (BF), gastrocnemio (G) y tibial anterior (TA) a diferentes frecuencias de vibración (25, 35 y 45Hz) y 4 mm de amplitud, en squat dinámico, comparando el efecto de añadir sobrecarga (30% del peso corporal). La actividad EMGrms, a

Tabla 1
Términos usados para describir la vibración senoidal

	Unidad	Definición	Símbolo	Fórmula	Comentario
Periodo de duración	s	Duración de un ciclo de oscilación	T		
Frecuencia	Hz, s ⁻¹	Rango de repetición de los ciclos de oscilación	f	f=1/T	1 Hz = 1 s ⁻¹
Desplazamiento pico a pico	mm	Desplazamiento desde el punto más bajo al más alto de todo el movimiento de la vibración	D	D=a _{pico} /(2 × ρ ² × f ²)	Sinónimo de «amplitud pico a pico»
Amplitud	mm	Desde el punto de equilibrio hasta el máximo desplazamiento	A	A= D/2	Sinónimo de «amplitud pico»
Aceleración pico	m·s ⁻²	Máximo rango de cambio de velocidad, en función del tiempo, durante un ciclo de oscilación	a _{pico}	a _{pico} = 2 × ρ ² × f ² × D	Expresada como múltiplos de la fuerza de la gravedad
Raíz media cuadrática de la aceleración	m·s ⁻²	Rango medio de cambio de velocidad, en función del tiempo, durante un ciclo de oscilación	a _{RMS}	a _{RMS} = aPico/√2	

Adaptada de Rauch et al⁴⁴.

Tabla 2

Datos descriptivos de los estudios analizados con plataformas verticales y oscilantes para fuerza muscular

			N	Mínimo	Máximo	Moda	Media	SD	
Plataforma vertical	Agudo	Hz	10	20	30	30	28	4,2	
		mm _{p-p}	10	2,5	5	2,5	3,6	1,0	
		Series	10	1	10	1	5,6	4,2	
	Crónico	Volumen (s)	10	30	600	30	312	268,8	
			10	0	120	0	48	47,3	
		Descanso (s)	Hz	60	23,6	40	40	33,6	5,9
			mm _{p-p}	60	1	9	8	5,4	2,2
			Semanas	60	2	48	24	13,5	9,1
			Días/semana	60	3	5	3	3,4	0,8
			Series	56	1	21,1	15	10,9	5,2
			Volumen (s)	56	60	1056	690	485,3	265,3
			Descanso (s)	53	0	80	60	43,8	16,8
			Hz	17	22	30	26	26,8	2,4
Plataforma oscilante	Agudo	mm _{p-p}	17	6	12	10	9,4	1,5	
		Series	17	1	10	1	4,6	3,6	
		Volumen (s)	17	240	600	600	464,8	151,1	
	Crónico	Descanso (s)	17	0	120	0	49,4	52,9	
			17	20	30	26	24,1	3,4	
		Hz	mm _{p-p}	15	5	12	6	7,0	1,8
			Semanas	15	8	24	8	10,3	4,1
			Días/semana	15	1	3	3	2,4	0,8
			Series	15	1	6,4	6	3,9	2,2
			Volumen (s)	15	77	384	375	267,6	130,4
			Descanso (s)	15	0	120	62	65	42,14

Adaptada de Marín et al¹⁰.mm_{p-p}: milímetros de amplitud pico a pico; SD: desviación estándar.**Tabla 3**

Datos descriptivos de los estudios analizados con plataformas verticales y oscilantes para potencia muscular

			N	Mínimo	Máximo	Moda	Media	SD
Plataforma vertical	Agudo	Hz	14	20	40	30	29,4	7,7
		mm _{p-p}	14	2	5	2	3,1	0,7
		Series	14	1	10	1	3,4	3,3
		Volumen (s)	14	30	600	30	188,6	212,9
		Descanso (s)	14	0	93,3	0	30,5	38
	Crónico	Hz	27	25	40	30	31,8	4,4
			27	1	9	5	4,4	2,5
		Semanas	27	2	48	12	10,4	8,9
			27	3	5	3	3,9	0,9
		Series	27	1	21	5	7,4	5,2
			27	60	1056	300	369,2	299,6
		Descanso (s)	27	0	60	60	48	18,5
			27	22	26	26	25,7	1
Plataforma oscilante	Agudo	Hz	23	22	26	26	25,7	1
		mm _{p-p}	23	6	10	10	10,1	0,9
		Series	23	1	10	1	2,8	3,5
		Volumen (s)	23	240	600	325	377,2	109,9
		Descanso (s)	23	0	60	0	10,4	23,2
	Crónico	Hz	18	22	30	26	25	2,2
			18	6	12	8	8,3	1,8
		Semanas	18	2	24	8	8,1	4,9
			18	2	5	3	3,2	0,9
		Series	18	2	6	2	4,5	1,6
			18	77	600	77	316,5	190,9
		Descanso (s)	18	40	120	62	76,4	32,9

Adaptada de Marín et al⁹.mm_{p-p}: milímetros de amplitud pico a pico; SD: desviación estándar.

todas las frecuencias, fue mayor con sobrecarga para el VL, BF y G (fig. 5).

Por otra parte, atendiendo a la metodología de progresión, la literatura describe métodos poco homogéneos; por ejemplo, hay estudios que incrementan la frecuencia durante las sesiones del proceso de entrenamiento¹⁷⁻²², y otros que, contrariamente, mantienen constante la frecuencia en todas las sesiones de la intervención^{14,23-25}. No obstante, en los metaanálisis desarrollados por Marín et al^{9,10}, se observó que en los estudios en los que se modifica la frecuencia a lo largo del proceso de entre-

namiento se alcanzan mayores beneficios respecto de aquellos en los que se mantiene una frecuencia constante.

Magnitud

Viene expresada en unidades de aceleración ($m \cdot s^{-2}$ o g ; $g = 9,81 m \cdot s^{-2}$), y se obtiene de forma directa mediante acelerómetros (fig. 6), o de manera indirecta a partir de la frecuencia (en ciclos por segundo. Hz) y la amplitud (en mm) (tabla 1).

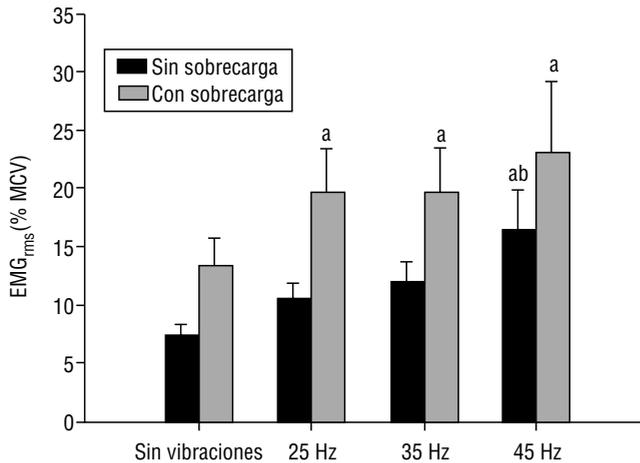


Fig. 5. El aumento de la actividad del gastrocnemio durante squat dinámico sin y con vibraciones a diferentes frecuencias (25, 35 y 45 Hz). Los valores respecto al porcentaje del incremento de la máxima contracción voluntaria (MCV), expresados en media y error típico. La condición de sobrecarga fue significativamente mayor ($p = 0,038$); a) significativamente mayor que sin vibración ($p < 0,05$); b) significativamente mayor que la condición de 25 Hz ($p < 0,05$). Adaptado de Hazell et al⁴⁵.

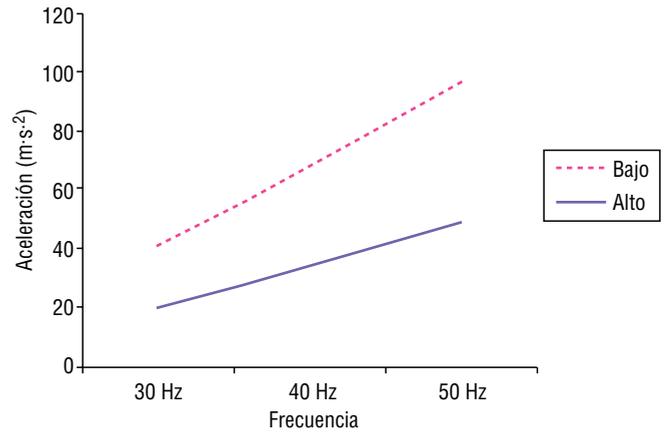


Fig. 6. Magnitud de vibración de una plataforma de movimiento principalmente vertical (Power Plate North America, Northbrook, Illinois) a diferentes frecuencias (30, 40 y 50 Hz) y amplitudes pico a pico (*low*: 1,15 mm; *High*: 2,51 mm). Análisis realizado mediante un acelerómetro (Vibration meter, VT-6360, Hong Kong, China) y una persona de 80 kg sobre la plataforma.

Dirección

Las vibraciones pueden producirse en tres direcciones lineales y tres rotacionales. Los ejes lineales se designan como x (longitudinal), y (lateral) y z (vertical) (fig. 7). Las rotaciones alrededor de los ejes x, y, z se designan como rx (balanceo), ry (cabecceo) y rz (deriva), respectivamente²⁶. Generalmente, el eje predominante en las plataformas vibratorias de uso profesional es el z.

Duración

La respuesta humana a las vibraciones depende en gran medida de la duración total de la exposición a las mismas^{9,10}. El volumen (segundos de estímulo) más utilizado por la comunidad científica para aumentar los niveles de fuerza son 690 s/sesión (plataformas verticales) y 480 s/sesión (plataformas oscilatorias)¹⁰. Por otra parte, para el entrenamiento orientado hacia la potencia muscular, los volúmenes más utilizados son 300 s/sesión (plataformas verticales) y 77 s/sesión (plataformas oscilatorias)⁹.

Implicaciones neurofisiológicas

La aplicación de una vibración mecánica sobre una estructura musculotendinosa produce un reflejo de contracción muscular, denominado reflejo tónico vibratorio (RTV)²⁷⁻²⁹. Dicha contracción muscular puede involucrar, a su vez, el reflejo de inhibición recíproca de la musculatura antagonista³⁰. Además, el efecto de la vibración no se limita a los husos musculares del músculo vibrado, sino que también afecta a los músculos próximos al mismo³¹. En este sentido, se ha reportado un aumento significativo de los potenciales evocados cuando una vibración de 80 Hz se aplica puntualmente a los músculos extensores del carpo radial, lo que sugiere que las vibraciones aumentan la excitabilidad de la corteza motora³². Mileva et al³³ describen estas modificaciones de los procesos intracorticales cuando se utiliza también una plataforma de vibraciones a 30 Hz y 1,5 mm. En esta línea, un reciente estudio analizó cómo repercute el estímulo vibratorio a nivel de los pies sobre el tren superior, atendiendo a la magnitud de vibración. Los resultados indican un aumento del número de repeticiones realizadas hasta el fallo muscular, así como de la velocidad, cuando la magnitud de vibración fue grande (~10 g)³⁴ (fig. 8).

Otros factores que podrían estar vinculados con los efectos del estímulo vibratorio son las modificaciones tixotrópicas de los husos muscu-

Tabla 4

Datos descriptivos de diferentes sistemas de vibraciones: puntual, poleas y mancuernas utilizados para el entrenamiento de fuerza muscular

		N	Mínimo	Máximo	Moda	Media	SD
Puntual	Hz	7	7,5	65	65	43,6	27,7
	mm _{p-p}	7	2,4	4	2,4	3,0	0,8
	Series	7	3	16	3	4,9	4,9
	Volumen (s)	7	45	3.000	45	905,7	1431,3
	Descanso (s)	7	0	180	180	103,6	95,3
Poleas	Hz	3	10	44	10	21,3	19,6
	mm _{p-p}	3	1,4	5	5	3,8	2,1
	Series	3	4	6	4	4,7	1,1
	Volumen (s)	3	80	120	80	93,3	23,1
	Descanso (s)	3	120	165	120	135	25,9
Mancuernas	Hz	1	26	26	26	26	0
	mm _{p-p}	1	6	6	6	6	0
	Series	1	5	5	5	5	0
	Volumen (s)	1	300	300	300	300	0
	Descanso (s)	1	0	0	0	0	0

Adaptada de Marín et al¹⁰.

mm_{p-p}: milímetros de amplitud pico a pico; SD: desviación estándar.

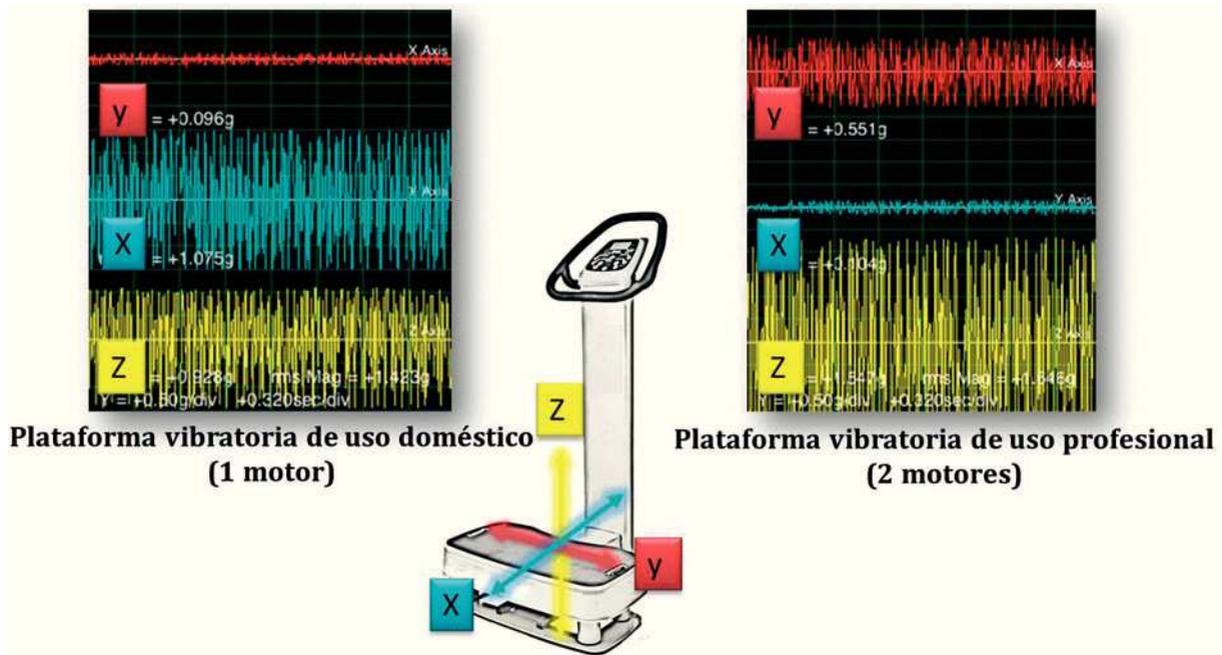


Fig. 7. Magnitud de vibración generada en dos plataformas diferentes, atendiendo a los ejes lineales. En el análisis de la plataforma de uso doméstico (izquierda) la magnitud de vibración es predominante el eje X, mientras que en la plataforma de uso profesional (derecha) la magnitud de vibración es predominante en el eje Z. Análisis realizado por medio de la aplicación informática *Vibration* (Diffraction Limited Design LLC. USA).

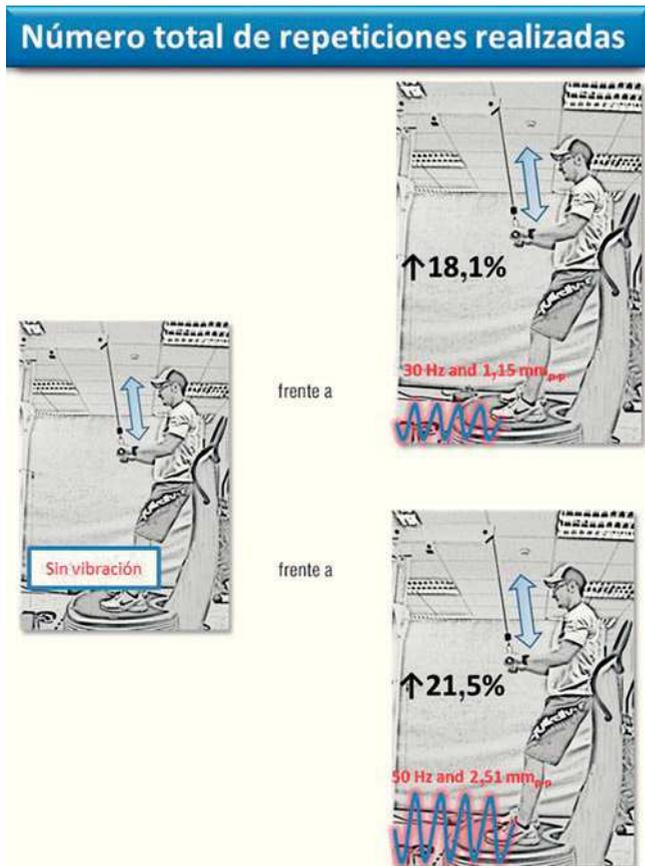


Fig. 8. Representación de un ejercicio de extensiones de tríceps sobre una plataforma de vibraciones. Izquierda sin vibraciones y derecha con vibraciones de baja magnitud (arriba) y alta magnitud (abajo)³⁴.

lares³⁵ y del comportamiento de transmisión de fuerzas de las capas miofaciales *epimuscular myofascial force transmission*^{36,37}.

Dosis y respuesta del entrenamiento de potencia y fuerza muscular

Siendo más precisos con la prescripción del estímulo vibratorio, e intentando aproximarnos a la dosis y la respuesta de la estimulación vibratoria mediante plataformas de movimiento vertical, dos recientes metaanálisis, extraídos del análisis de 31 artículos para el estudio de la fuerza muscular¹⁰ y otros 30 artículos para el estudio de la potencia muscular⁹, establecen las ganancias de fuerza (fig. 9) y potencia muscular (fig. 10), en relación con los parámetros de la vibración: frecuencia, amplitud y tiempo del estímulo vibratorio.

Las mayores ganancias de fuerza muscular se han registrado con frecuencias comprendidas entre 40 y 50 Hz, con la máxima amplitud posible y una duración total del estímulo por sesión de entre 720 y 1.020 s (12-17 series de 30 a 60 s), a razón de 3 sesiones por semana¹⁰.

Por otra parte, las mayores ganancias de potencia muscular se han registrado con frecuencias comprendidas entre 35 y 40 Hz, con la máxima amplitud posible y una duración total del estímulo por sesión de entre 360 y 720 s (6-12 series de 30 a 60 s), a razón de 3 sesiones por semana⁹.

Respecto a la recuperación entre series, el tiempo más utilizado para el entrenamiento de fuerza y potencia muscular ha sido 60 s (tablas 1 y 2). En esta línea, Da Silva-Grigoletto et al³⁸ registraron mayores ganancias de fuerza y potencia muscular con recuperaciones de 60 s frente a recuperaciones de 120 s, en sujetos físicamente activos, tras 4 semanas de entrenamiento.

En cuanto a la selección de los ejercicios, los estudios que mayores ganancias obtuvieron fueron los que utilizaban la combinación de dife-

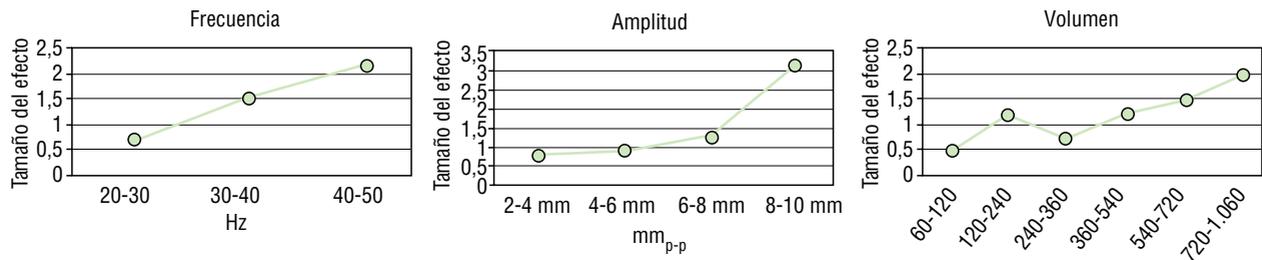


Fig. 9. Relación de las ganancias de fuerza muscular (tamaño del efecto) dependiendo de la frecuencia, la amplitud y el volumen total utilizado por sesión. Adaptado de Marín et al⁹.

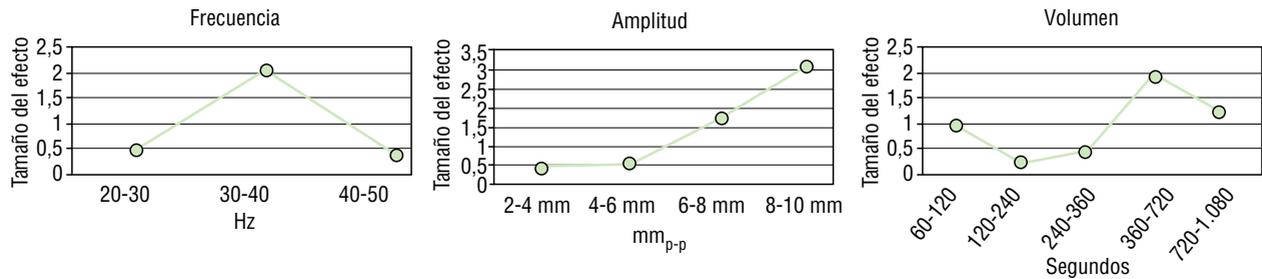


Fig. 10. Relación de las ganancias de potencia muscular (tamaño del efecto) dependiendo de la frecuencia, la amplitud y el volumen total utilizado por sesión. Adaptado de Marín et al⁹.

Tabla 5

Datos descriptivos de diferentes sistemas de vibraciones: puntual, mancuernas y barras utilizados para el entrenamiento de potencia muscular

		N	Mínimo	Máximo	Moda	Media	SD
Puntual	Hz	8	30	65	65	56,2	16,2
	mm _{p-p}	8	2	4	2	2,8	0,7
	Series	8	3	16	3	6,2	6,0
	Volumen (s)	8	45	160	45	73,7	53,2
	Descanso (s)	8	5	180	180	136,2	81
Mancuerna y barra	Hz	5	26	30	30	28,4	2,2
	mm _{p-p}	5	2	6	6	4,4	2,1
	Series	5	1	5	5	3,4	2,2
	Volumen (s)	5	30	300	300	192	147,9
	Descanso (s)	5	0	240	240	114	116,9

Adaptada de Marín et al⁹.

mm_{p-p}: milímetros de amplitud pico a pico; SD: desviación estándar.

rentes ejercicios y posiciones (isométricas en combinación con anisométricas)^{9,10}. Los ejercicios más utilizados en la literatura científica son el *semi-squat* y el *lunge*^{9,10}.

Contraindicaciones

Un estudio ha descrito ligeros eritemas, edemas y prurito, de carácter transitorio, de la zona próxima al foco vibratorio³⁹. Recientemente, se ha publicado un caso clínico de agudización de nefrolitiasis tras una sesión con plataforma vibratoria⁴⁰. Por otra parte, también se ha descrito en la literatura un caso de hemorragia vítrea⁴¹.

Una importante consideración para aumentar el grado de confort y seguridad del estímulo vibratorio es mantener activas las estructuras músculo-tendinosas próximas al foco vibratorio. Como puede verse en la figura 11, se reducen notablemente la aceleración a nivel de la cabeza cuando se introduce flexión en el tren inferior (cadera, rodillas y tobillos). Abercromby et al⁴² registraron que la aceleración transmitida a la cabeza fue de un 71 a un 189% mayor en una plataforma de movimiento

vertical que en una de movimiento oscilante. Este efecto posiblemente sucede por la basculación pélvica desarrollada en la plataforma oscilante. Respecto a la flexión de las rodillas, entre 26 y 30° son los grados articulares que mayores energías absorbieron, en ambas plataformas.

En esta línea, Berschin et al⁴³, tras el análisis de la transmisión de vibraciones por el cuerpo en diferentes posiciones, describen riesgo de sobrecarga al permanecer encima de una plataforma en sedestación (por ejemplo, ejercicio de abdominales con contacto de la zona sacra directamente sobre la plataforma) y decúbito prono.

A su vez, con el fin de aumentar la seguridad, deberíamos seguir las normas de utilización del fabricante.

Conclusiones

La vibración *per se* no posee matices positivos o negativos. Esta puede generar efectos completamente opuestos, atendiendo a las características y las dosis de la misma. Por tanto, cuando hablamos sobre un estímulo vibratorio, es importante describir con precisión sus característi-

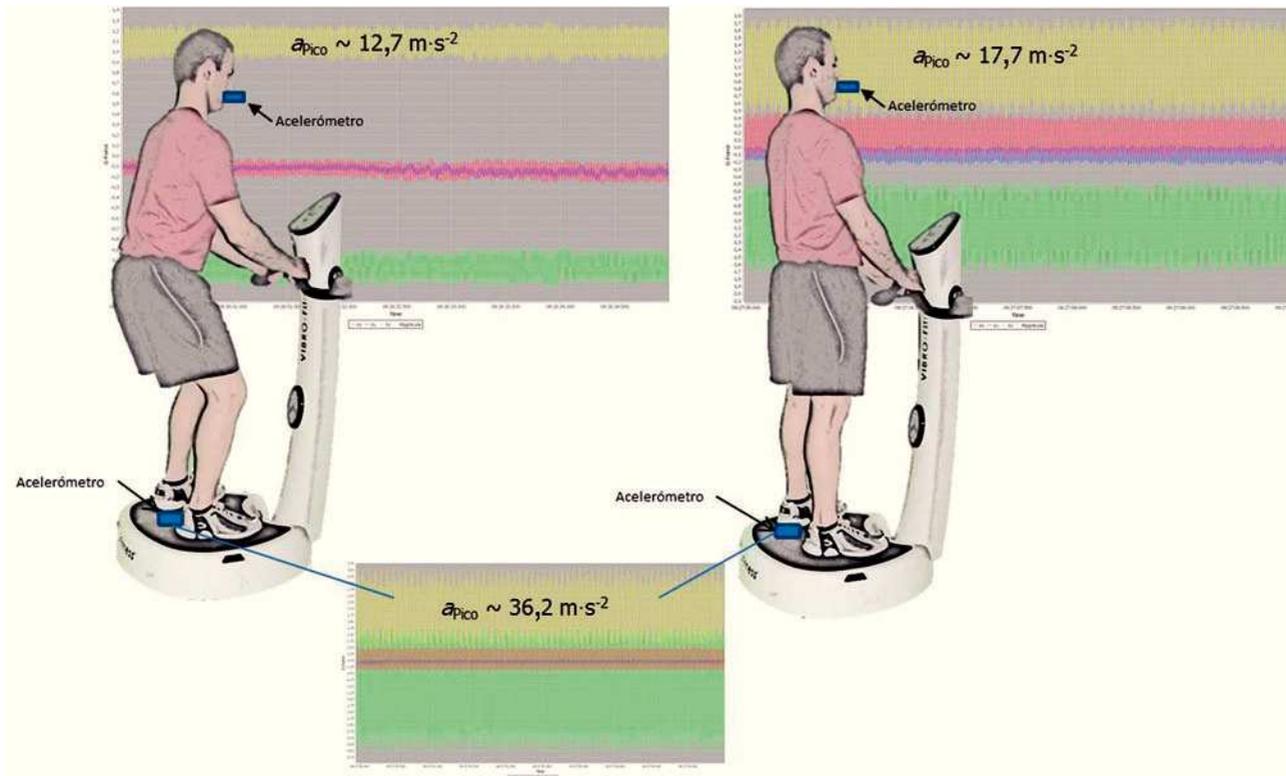


Fig. 11. Análisis de la aceleración a nivel de la cabeza, atendiendo al grado de flexión de la articulación de la rodilla, en una plataforma vertical a 40 Hz y 1,41 mm_{p-p}. Análisis realizado por medio del acelerómetro X6-2 USB (Gulf Coast Data Concepts, Waveland, USA).

cas: sistema y modo de aplicación, frecuencia, amplitud pico a pico, tiempo de exposición y descanso entre series.

Aplicar un estímulo vibratorio mediante una plataforma de vibraciones genera efectos no solamente en las extremidades que están próximas al foco vibratorio, sino también en las que están alejadas.

Las mayores respuestas y adaptaciones del sistema neuromuscular, para generar fuerza, se consiguen con altas magnitudes de vibraciones.

Por último, el estímulo vibratorio debe basarse en los principios básicos de entrenamiento, especialmente el de la sobrecarga progresiva.

Bibliografía

- Machado A, García-López D, González-Gallego J, Garatachea N. Whole-body vibration training increases muscle strength and mass in older women: a randomized-controlled trial. *Scand J Med Sci Sports*. 2009;20:200-7.
- García-López D, Herrero AJ, González-Calvo G, Rhea MR, Marín PJ. Influence of "in series" elastic resistance on muscular performance during a biceps-curl set on the cable machine. *J Strength Cond Res*. 2010;24:2449-55.
- Peterson MD, Rhea MR, Alvar BA. Maximizing strength development in athletes: a meta-analysis to determine the dose-response relationship. *J Strength Cond Res*. 2004;18:377-82.
- Peterson MD, Rhea MR, Alvar BA. Applications of the dose-response for muscular strength development: a review of meta-analytic efficacy and reliability for designing training prescription. *J Strength Cond Res*. 2005;19:950-8.
- Rhea MR, Alvar BA, Burkett LN, Ball SD. A meta-analysis to determine the dose response for strength development. *Med Sci Sports Exerc*. 2003;35:456-64.
- Pedersen BK, Saltin B. Evidence for prescribing exercise as therapy in chronic disease. *Scand J Med Sci Sports*. 2006;16:3-63.
- Jordan MJ, Norris SR, Smith DJ, Herzog W. Vibration training: an overview of the area, training consequences, and future considerations. *J Strength Cond Res*. 2005;19:459-66.
- Cronin JN, Whatman C. The effect of four different vibratory stimuli on dynamic range of motion of the hamstrings. *Phys Ther Sport*. 2007;8:30-6.
- Marin PJ, Rhea MR. Effects of vibration training on muscle power: a meta-analysis. *J Strength Cond Res*. 2010;24:871-8.
- Marin PJ, Rhea MR. Effects of vibration training on muscle strength: a meta-analysis. *J Strength Cond Res*. 2010;24:548-56.
- Lorenzen C, Maschette W, Koh M, Wilson C. Inconsistent use of terminology in whole body vibration exercise research. *J Sci Med Sport*. 2009;12:676-8.
- 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*. 2007;32:1156-63.
- Marín PJ, Bunker D, Rhea MR, Ayllon FN. Neuromuscular activity during whole-body vibration of different amplitudes and footwear conditions: implications for prescription of vibratory stimulation. *J Strength Cond Res*. 2009;23:2311-6.
- Rittweger J, Ehrig J, Just K, Mutschelknauss M, Kirsch KA, Felsenberg D. Oxygen uptake in whole-body vibration exercise: influence of vibration frequency, amplitude, and external load. *Int J Sports Med*. 2002;23:428-32.
- Martín BJ, Park HS. Analysis of the tonic vibration reflex: influence of vibration variables on motor unit synchronization and fatigue. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1997;75:504-11.
- De Gail P, Lance WP, Neilson PD. Differential effects on tonic and phasic reflex mechanics produced by vibration of muscles in man. *J Neurol Neurosurg Psychiatr*. 1966;29:1-11.
- Torvinen S, Sievanen H, Jarvinen TA, Pasanen M, Kontulainen S, Kannus P. Effect of 4-min vertical whole body vibration on muscle performance and body balance: a randomized cross-over study. *Int J Sports Med*. 2002;23:374-9.
- 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*. 2004;25:1-5.
- Delecluse C, Roelants M, Verschueren S. Strength increase after whole-body vibration compared with resistance training. *Med Sci Sports Exerc*. 2003;35:1033-41.
- Roelants M, Delecluse C, Verschueren SM. Whole-body-vibration training increases knee-extension strength and speed of movement in older women. *J Am Geriatr Soc*. 2004;52:901-8.
- Torvinen S, Kannus P, Sievanen H, Jarvinen TA, Pasanen M, Kontulainen S, et al. Effect of four-month vertical whole body vibration on performance and balance. *Med Sci Sports Exerc*. 2002;34:1523-8.
- 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.

23. Bosco C, Iacovelli M, Tsarpela 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.
24. 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.
25. De Ruiter CJ, Van Raak SM, Schilperoort JV, Hollander AP, de Haan A. The effects of 11 weeks whole body vibration training on jump height, contractile properties and activation of human knee extensors. *Eur J Appl Physiol.* 2003;90:595-600.
26. Griffin MJ. Vibration and motion. En: Salvendy G, editor. *Handbook of human factors and vibration.* New York: John Wiley and Sons; 1997.
27. Hagbarth KE. EMG studies of stretch reflexes in man. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol.* 1967;Suppl 25:74-9.
28. Abbruzzese G, Hagbarth KE, Homma I, Wallin U. Excitation from skin receptors contributing to the tonic vibration reflex in man. *Brain Res.* 1978;150:194-7.
29. Bongiovanni LG, Hagbarth KE. Tonic vibration reflexes elicited during fatigue from maximal voluntary contractions in man. *J Physiol.* 1990;423:1-14.
30. Crone C, Nielsen J. Central control of disynaptic reciprocal inhibition in humans. *Acta Physiol Scand.* 1994;152:351-63.
31. Kossev A, Siggelkow S, Kapels H, Dengler R, Rollnik JD. Crossed effects of muscle vibration on motor-evoked potentials. *Clin Neurophysiol.* 2001;112:453-6.
32. Siggelkow S, Kossev A, Schubert M, Kappels HH, Wolf W, Dengler R. Modulation of motor evoked potentials by muscle vibration: the role of vibration frequency. *Muscle Nerve.* 1999;22:1544-8.
33. Mileva KN, Bowtell JL, Kossev AR. Effects of low-frequency whole-body vibration on motor-evoked potentials in healthy men. *Exp Physiol.* 2009;94:103-16.
34. Marín PJ, Herrero AJ, Sainz N, Rhea MR, García-López D. Effects of different magnitudes of whole-body vibration on arm muscular performance. *J Strength Cond Res.* 2010;24:2506-11.
35. Proske U, Morgan DL, Gregory JE. Thixotropy in skeletal muscle and in muscle spindles: a review. *Prog Neurobiol.* 1993;41:705-21.
36. Yucesoy CA. Epimuscular myofascial force transmission implies novel principles for muscular mechanics. *Exerc Sport Sci Rev.* 2010;38:128-34.
37. Yucesoy CA, Baan G, Huijijng PA. Epimuscular myofascial force transmission occurs in the rat between the deep flexor muscles and their antagonistic muscles. *J Electromyogr Kinesiol.* 2010;20:118-26.
38. Da Silva-Grigoletto ME, Vaamonde DM, Castillo E, Poblador MS, García-Manso JM, Lancho JL. Acute and cumulative effects of different times of recovery from whole body vibration exposure on muscle performance. *J Strength Cond Res.* 2009;23:2073-82.
39. Rittweger J, Beller G, Felsenberg D. Acute physiological effects of exhaustive whole-body vibration exercise in man. *Clin Physiol.* 2000;20:134-42.
40. Monteleone G, De Lorenzo A, Sgroi M, De Angelis S, Di Renzo L. Contraindications for whole body vibration training: a case of nephrolithiasis. *J Sports Med Phys Fitness.* 2007;47:443-5.
41. Bertschinger DR, Dosso A. [Vitreous hemorrhage and whole-body vibration training--is there an association?]. *J Fr Ophtalmol.* 2008;31:e17.
42. Abercromby AF, Amonette WE, Layne CS, McFarlin BK, Hinman MR, Paloski WH. Vibration exposure and biodynamic responses during whole-body vibration training. *Med Sci Sports Exerc.* 2007;39:1794-800.
43. Berschin G, Sommer HM. [The influence of posture on transmission and absorption of vibration energy in whole body vibration exercise]. *Sportverletz Sportschaden.* 2010;24:36-9.
44. Rauch F, Sievanen H, Boonen S, Cardinale M, Degens H, Felsenberg D, et al. Reporting whole-body vibration intervention studies: Recommendations of the International Society of Musculoskeletal and Neuronal Interactions. *J Musculoskelet Neuronal Interact.* 2010;10:193-8.
45. 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.