

PARÁMETROS DE VIBRACIÓN CORPORAL TOTAL ÓPTIMOS PARA EL DESARROLLO DE LAS CAPACIDADES NEUROMUSCULARES

OPTIMAL WHOLE BODY VIBRATION PARAMETERS FOR THE DEVELOPMENT OF NEUROMUSCULAR CAPACITIES

INTRODUCCIÓN

El entrenamiento de las capacidades neuromusculares como fuerza máxima, potencia, resistencia muscular entre otras, se ha implementado desde la antigüedad, empero, es durante las últimas dos décadas que su aplicación en individuos no deportistas se ha difundido ampliamente, pues es reconocida por la comunidad de profesionales de la salud su positiva relación con la función, calidad de vida y el estado de salud de sus practicantes¹⁻³.

Las manifestaciones de la fuerza yacen sobre factores fisiológicos bastante bien identificados: neurales, músculo-tendinosos y metabólicos⁴⁻⁶; la mejora ya sea inmediata o tardía de uno o más de éstos traerá consigo un incremento concomitante en aquellas.

VARIABLES DE ENTRENAMIENTO DE LAS CAPACIDADES NEUROMUSCULARES

Volumen: se estima a través del número total de series, repeticiones y ejercicios que se ejecutan en una sesión de entrenamiento, en algunos casos (como lo es el entrenamiento mediado por VCT) también se considera la duración del ejercicio⁷. Así, los programas de entrenamiento de alto volumen (más de 12 repeticiones y 2 o más series)

y moderada a alta resistencia han demostrado consistentemente ser los adecuados para el desarrollo de hipertrofia y resistencia musculares⁶. Para el desarrollo de la potencia muscular, las sesiones de entrenamiento con bajo volumen (menos de 10 repeticiones y 3 o menos series) son las adecuadas^{8,9}.

Acciones musculares: la mayoría de los programas de ejercicio que se recomiendan involucran acciones tanto concéntricas como excéntricas⁷; es principalmente en la terapéutica donde las sesiones de entrenamiento comprenden acciones isométricas a diferentes ángulos articulares¹⁰. Asimismo, un alto porcentaje de estudios cuya intervención fue ejercicio mediado por VCT han utilizado acciones isométricas, otros tantos, combinaciones concéntrica-excéntrica y los menos acciones pliométricas¹¹. Por otro lado se ha sugerido la inclusión de ejercicios que involucren grupos musculares grandes y varias articulaciones en los programas para el desarrollo de cualidades neuromusculares⁹.

Velocidad de ejecución del movimiento: de acuerdo a las respuestas orgánicas de los sujetos estudiados, para el desarrollo de la fuerza máxima y de la resistencia muscular, las velocidades bajas a moderadas son las adecuadas⁷. El desarrollo de la potencia muscular demanda por su naturaleza compleja (trabajo/tiempo) movimientos a diferentes velocidades, siempre acordes a la tarea motriz específica que se desee mejorar^{8,12}.

Alejandro Lucero Treviño^{1,2,*}, Víctor Omar Castellanos Sánchez^{1,3,}**

*Especialista en Medicina del Deporte

**Doctor en Ciencias

¹IPETH, Instituto Profesional en Terapias y Humanidades A.C. Departamento de Investigación. Puebla, México.

²Recovery Rehabilitación y Deporte, Puebla, México.

³Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Facultad de Medicina. México

CORRESPONDENCIA:

Alejandro Lucero
c/ Lateral Sur Anilló Periférico No 310 int 5 San Juan,
Fco. Totimehuacán. CP 72595 Puebla. México.
E-mail: a.lucero@ipeth.edu.mx

Aceptado: 04.06.2012 / **Revisión n°** 245

Recuperación entre series: para el desarrollo de la fuerza máxima y la potencia, son adecuadas pausas de recuperación de 2 a 3 minutos de duración atendiendo a la necesidad de resintetizar los substratos energéticos y la recaptura de neurotransmisores, indispensables ambos para desarrollar altos niveles de contracción muscular^{7,13}. Debido a que la fatiga es una condición necesaria para el desarrollo de la resistencia muscular, pausas de recuperación inferiores a 2 minutos son las adecuadas¹⁴.

Frecuencia de entrenamiento: el número de sesiones en un periodo de tiempo determinado se ha sugerido sea de dos o más por semana dependiendo del nivel de entrenamiento de la población a intervenir, sea cual fuere la capacidad a desarrollar^{7,9}.

Duración total del programa: a pesar de que los primeros indicios de adaptación neuromuscular pueden ser verificados a los pocos días de aplicado el estímulo de entrenamiento, no es hasta transcurridas entre 4 y 8 semanas cuando son fácilmente cuantificables las diferencias en el desarrollo de las capacidades neuromusculares¹⁵⁻¹⁹. Se hace hincapié en la progresión de las cargas impuestas a lo largo del programa²⁰.

MEDIOS E IMPLEMENTOS PARA EL DESARROLLO DE LAS CAPACIDADES NEUROMUSCULARES

A partir del inicio de la sistematización del entrenamiento físico se han utilizado una amplia gama de medios para la aplicación de ejercicio resistido, entre los más difundidos se encuentran: los ejercicios gimnásticos utilizando el peso del individuo como resistencia, las bandas elásticas y las halteras en conjunto con máquinas comúnmente denominadas de peso integrado²¹; la selección del medio e implemento (s) a emplear en el programa depende de varios factores, siendo las características individuales del sujeto, el grado de resistencia necesario, la cualidad neuromuscular a desarrollar y la actividad a la cual esté encaminado el entrenamiento, los

indispensables a considerar en el diseño del programa. Dada la complejidad del entrenamiento de las cualidades neuromusculares, la combinación de varios medios e implementos resulta en adaptaciones adecuadas^{20,22}.

Desde hace aproximadamente dos décadas se han utilizado como medio de entrenamiento de las cualidades neuromusculares dispositivos mecánicos generadores de vibraciones²³. De acuerdo al modo de aplicación de las mencionadas vibraciones al organismo, es posible diferenciar dos tipos principales:

- a. Local/regional: aplicando vibración en el vientre de un músculo/grupo muscular o bien a través de una sistema de poleas que el individuo ase con sus manos; hay que considerar que la vibración aplicada de esta manera variará en dependencia del ángulo de aplicación, de la superficie de contacto, y de la presión que se aplique con o sobre el dispositivo²⁴⁻²⁹ pudiendo existir por ello importantes variaciones intra e interindividuales en la vibración transmitida.
- b. Total: en la mayoría de los casos, son transmitidas al cuerpo de los sujetos a través de una plataforma en la que el individuo apoya sus extremidades (Vibración Corporal Total); permitiendo por ello menor variación en la vibración transmitida al sujeto en comparación con la vibración local/regional, sin embargo la variabilidad interindividual es muy considerable^{30,31}.

CARACTERÍSTICAS DE LA VIBRACIÓN CORPORAL TOTAL

Se conceptualiza a la vibración como un movimiento oscilatorio alrededor de un punto de equilibrio; existen diversos tipos de vibración, pero solo la sinusoidal es pertinente en el ámbito del entrenamiento físico, pues es la que generan los dispositivos de entrenamiento más difundidos en el mundo, además de que su magnitud puede ser estimada y/o medida tomando en

cuenta sus principales componentes: frecuencia (f) y extensión de la vibración³². De acuerdo con la *International Society of Musculoskeletal and Neural Interactions*, la extensión de la vibración está dada por el desplazamiento desde el punto más bajo hasta el punto más alto de la oscilación, denominándose desplazamiento pico a pico (D), o bien, por el máximo desplazamiento desde el punto de equilibrio, denominándose amplitud (A). Tomando en cuenta f y D , es posible calcular la aceleración pico (a_{pico}) tanto en metros sobre segundo (ms^{-2}) como en múltiplos de gravedad terrestre (g), estas dos últimas magnitudes son las recomendadas para establecer más fácilmente comparaciones entre estudios³³.

Por otra parte, existen dos tipos principales de plataformas de VCT, de acuerdo a la manera en que vibran³⁴:

- a. Vertical o sincrónica: oscilan primordialmente ascendiendo y descendiendo en bloque.
- b. Alternante: vibran en torno a un eje central anteroposterior, alternando la oscilación en una y otra extremidad del individuo.

El rango de frecuencias que generan las plataformas disponibles en el mercado se encuentran entre 15 y 60 Hz y los desplazamientos pico a pico de 1 a 10 mm.

EFFECTOS ORGÁNICOS RESPONSABLES DE LAS ADAPTACIONES A LA VCT

Aunque de manera limitada, en la actualidad se conoce que la VCT influye en varios aparatos y sistemas, siendo los más estudiados el musculoesquelético, el cardio-respiratorio y el endócrino^{29,35-37}.

Respuesta neuromuscular a la VCT

La VCT induce a los tejidos corporales a vibrar a la misma frecuencia que la plataforma, sin embargo, la amplitud de las vibraciones será mayor

si la frecuencia natural de vibración de los tejidos es cercana a la de la plataforma, a este fenómeno se le conoce como resonancia³⁸⁻⁴¹. Empero, la amplitud podrá ser disminuida por los tejidos, dependiendo de sus características físicas (específicamente su masa y su rigidez) y fisiológicas, denominándose atenuación. Los músculos esqueléticos desempeñan un papel fundamental en la atenuación, correlacionándose directamente con su nivel de activación^{42,43}: la vibración genera pequeños cambios en la longitud de los músculos, la cuál es censada por los husos musculares, que a su vez elicitan una respuesta en las motoneuronas alfa, tal respuesta es conducida por eferencias distintas a las del control motor voluntario, por ende, el músculo genera una respuesta contráctil tónica o reflejo tónico a la vibración. Con base en estas observaciones se ha hipotetizado el mecanismo neuromuscular de protección contra los potenciales efectos nocivos de la vibración denominado: sintonización muscular. Paradójicamente, la VCT inhibe el reflejo de estiramiento y el reflejo de Hoffman, esto es debido a inhibición presináptica de las aferencias tipo Ia del huso muscular⁴⁴.

A pesar de que la evidencia planteada en el párrafo anterior dio origen a la creación y comercialización de las plataformas vibratorias, los efectos inmediatos y más aun los cambios adaptativos reportados en la literatura, no se fundamentan cabalmente con ellas desde un punto de vista fisiológico.

Efectos fisiológicos y metabólicos

Varios estudios han evidenciado la respuesta metabólica al entrenamiento mediado por VCT. Así, a bajas frecuencias de vibración (10-45 hz), la aplicación de la VCT es capaz de incrementar la frecuencia cardíaca y el flujo sanguíneo muscular⁴⁵⁻⁴⁸. Estas respuestas producen un nivel de estrés suficientemente alto para el sistema cardiovascular en poblaciones sedentarias o con alguna patología crónico-degenerativa, empero, difícilmente lo harán en poblaciones físicamente activas³⁰.

Por otra parte, estudios en ratones sugieren que la VCT de alta frecuencia y baja amplitud disminuye el número de vasos y capilares por fibra muscular en la región terminal de los músculos estudiados, pero no generan cambios en el área de sección transversal de las fibras musculares, lo que sugiere que las señales mecánicas reducen el número de capilares por grupo muscular estimulado⁴⁹.

Recientemente se ha demostrado que la VCT aumenta la temperatura local de la región estimulada mediante la inducción de movimiento activo y el incremento metabólico del músculo estudiado, aumentando la temperatura corporal media en un intervalo de tiempo menor al empleado con ejercicios de calentamiento tradicionales como la bicicleta estacionaria, así como similares efectos en el rendimiento subsecuente³⁰.

En relación a las respuestas del consumo de oxígeno (VO_2) y del costo energético del ejercicio mediado por VCT, es indispensable tomar en cuenta no solo los parámetros básicos de vibración sino también el tipo de acción muscular solicitada al paciente (isométrica o dinámica) y la sobrecarga que pudiera o no ser aplicada. La literatura al respecto es limitada, pero se ha demostrado que la aplicación de VCT durante la realización de ejercicios isométricos y dinámicos genera un VO_2 mayor que los mismos ejercicios realizados sin VCT, tal diferencia se aproxima a un equivalente metabólico (MET). Por otro lado, la VCT induce un aumento en el VO_2 directamente proporcional a la f y el D ^{51,52}. El costo energético de la VCT se ha medido por calorimetría indirecta, alcanzando incrementos del 6% en el cociente de intercambio respiratorio en comparación con los mismos ejercicios (sentadilla) sin VCT⁵³.

Se ha demostrado que el entrenamiento de VCT con sobrecarga, además de los efectos ya mencionados, modifica la concentración sanguínea de diversas hormonas, particularmente la testosterona, la hormona de crecimiento y el cortisol, favoreciendo la concentración de las dos primeras y decrementando, en cambio, al cortisol³⁵. Es probable que dicho efecto sea debido a adapta-

ciones biológicas realizadas por el músculo estimulado durante el programa de entrenamiento, favoreciendo los mecanismos de retroalimentación propioceptiva que llevan a mejoras notables en el desempeño muscular. Sin embargo, a pesar de que no se descarta la estimulación neuroendócrina resultante de la contracción involuntaria de los músculos estimulados, no se conocen los mecanismos involucrados en este proceso⁵⁴⁻⁵⁹. Por otra parte, estudios en humanos y en murinos no indican efectos significativos en la secreción de diversas hormonas, lo que de acuerdo a los autores, probablemente se relacione con el programa de vibración empleado, con la edad y género de los sujetos de estudio, así como con la vía de captura para la muestra a analizar y factores hormonales *per se*⁶⁰⁻⁶⁵.

A pesar del avance tecno-científico realizado por diversos grupos de investigadores en todo el mundo y de los prometedores resultados tanto clínicos como descriptivos, aún no existe consenso en torno a los componentes de la carga de entrenamiento mediado por VCT. Es por esta razón que resulta relevante realizar un análisis y discusión de las publicaciones científicas al respecto.

Recientemente se han investigado los efectos de la VCT sobre el rendimiento físico, específicamente sobre las capacidades neuromusculares como fuerza y potencia^{66,67}. Los resultados expuestos en la literatura científica muestran una tendencia positiva en la mejora de las capacidades neuromusculares tales como saltabilidad y potencia anaeróbica¹¹ principalmente porque los potenciales efectos positivos se adquieren con volúmenes y programas de entrenamiento significativamente menores al entrenamiento tradicionalmente utilizado para el desarrollo de las mismas cualidades físicas⁶⁸; asimismo, el esfuerzo percibido por los sujetos al realizar el entrenamiento mediado por VCT es significativamente menor que en el entrenamiento tradicional, característica sumamente útil en individuos sedentarios, añosos o con patologías crónico-degenerativas susceptibles de ser tratadas con ejercicio físico^{66,67}. Adicionalmente, los reportes en la literatura de efectos adversos del

entrenamiento físico mediado por VCT son muy escasos, limitándose a un caso de nefrolitiasis y otro de hemorragia del vítreo^{69,70}.

OBJETIVOS

Proponer parámetros de vibración adecuados para el desarrollo de capacidades neuromusculares.

Dilucidar bases para futuras líneas de investigación y avances científicos relacionados con la VCT.

METODOLOGÍA DE LA REVISIÓN

A partir de las 462 citas proporcionadas por las bases de datos empleadas (Pubmed, Sportdiscus, cinhal, ovid, MD consult) bajo los términos “Whole body vibration”, se delimitó la búsqueda con los términos *frequency*, *amplitude*, *displacement*, *magnitude*, *load* y *acceleration*, obteniéndose 123 publicaciones, bajo éste segundo tamizado se obtuvieron y revisaron los artículos, sobre los cuales se aplicaron criterios de exclusión (Tabla 1), incluyéndose finalmente 22 trabajos, de los cuales se extrajeron e introdujeron en una hoja de cálculo los parámetros vibratorios: tipo de plataforma, *f* y *D* empleados. Dada la diferencia entre las intervenciones, se normalizó la *f* y la *D* empleando las fórmulas de Rauch *et al*, de 2010 convirtiendo estos parámetros a unidades de aceleración gravitacional (Tabla 2):

$$a_{\text{pico}} = 2 \times \pi^2 \times f^2 \times D$$

Donde a_{pico} es la aceleración pico en ms^{-2} , *f* es la frecuencia de vibración en hz y *D* es el desplazamiento pico a pico expresado en metros.

$$g \approx a_{\text{pico}} / 9.81$$

Donde *g* son los múltiplos de aceleración terrestre. 9.81= aceleración gravitacional expresada en ms^{-2}

Asimismo, se analizaron de manera independiente los estudios con exposiciones agudas y crónicas a la VCT.

Criterios de Exclusión

Estudios con sujetos fuera del rango de edad propuesto.

Estudios realizados para evaluar la exposición a la VCT en ambientes laborales.

Estudios en los cuales no se describan claramente los parámetros vibratorios empleados.

Estudios que no presentan análisis estadístico de sus resultados.

TABLA 1.

Se realizó un análisis de varianza ANOVA de una vía tomando las *g* calculadas como punto de referencia, empleando el programa Minitab Release 14.1 Statistical Software, comparando el porcentaje de mejoría de la cualidad analizada con el valor de la aceleración gravitacional y utilizando una $p \leq 0.05$.

RESULTADOS

Sólo se tomaron en cuenta para el análisis 8 programas de ejercicio publicados en 7 artículos que describen el efecto crónico del ejercicio mediante VCT^{31,71-76}. En estos estudios, la exposición crónica (de más de dos semanas de duración) a la VCT mejoró de forma consistente el desempeño muscular con respecto al grupo control, encontrando mejorías significativas que oscilaron entre el 8 y el 22% ($13,37 \pm 5,13\%$).

Del mismo modo, en exposiciones agudas se encontró una mejoría en el desempeño o en la variable medida que oscilaba entre el 0.5 y 130%, aunque resultados inferiores al 15% se consideraron no significativos de acuerdo con los autores.

Por otra parte, las diferencias biológicas entre las poblaciones estudiadas no revelan diferencias significativas, debido a que en todos los artículos

TABLA 2.
Aceleraciones
gravitaciona-
les calculadas
tomando como
base la
frecuencia y el
desplazamiento
pico a pico

Grupo de Investigadores	Frecuencia (Hz)	Desplazamiento pico a pico (m)	Aceleración (g)
Marín, <i>et al.</i> 2009	30	0.004 y 0.008	5.1 y 10.2
Cardinale, <i>et al.</i> 2006	30	0.003 y 0.0015	3.8 y 1.9
Hazzel, <i>et al.</i> 2010	25	0.08	7.11
	35		13.94
	45		23.04
Hazzel, <i>et al.</i> 2007	25	0.004 y 0.008	3.55 y 7.11
	30	0.004 y 0.008	5.12 y 10.24
	35	0.004 y 0.008	6.97 y 13.94
	40	0.004 y 0.008	9.10 y 18.2
	45	0.004 y 0.008	11.52 y 23.04
Garatachea, <i>et al.</i> 2007	30	0.008	10.24
Lythgo, <i>et al.</i> 2009	5	0.005 y 0.006	0.17 y 0.21
	10	0.005 y 0.006	0.71 y 0.85
	15	0.005 y 0.006	1.60 y 1.92
	20	0.005 y 0.006	2.84 y 3.41
	25	0.005 y 0.006	4.44 y 5.33
	30	0.005 y 0.006	6.40 y 7.68
Pollock, <i>et al.</i> 2010	5	0.011 y 0.005	0.39 y 0.17
	10	0.011 y 0.005	1.56 y 0.71
	15	0.011 y 0.005	3.52 y 1.60
	20	0.011 y 0.005	6.26 y 2.84
	25	0.011 y 0.005	9.78 y 4.44
Ronnestad, 2009	20	0.003	1.7
	35		5.2
	50		10.6
Salvelberg, 2007	20	0.01, 0.014 y 0.018	5.6, 10.4 y 16.4
	27	0.01, 0.014 y 0.018	7.9, 14.5, y 23.0
	34	0.01, 0.014 y 0.018	10.2, 18.6 y 29.6
Marín, <i>et al.</i> 2010	50	0.002	8.5
	30	0.001	1.4
Siu, <i>et al.</i> 2010	26	0.008 y 0.0038	7.6 y 3.56
	40	0.008 y 0.0038	18.21 y 8.65
Kin-Isler, <i>et al.</i> 2006	6	0.008	0.40
	12		1.63
	24		1.63
	24		6.55
	48		26.22
Petit, <i>et al.</i> 2010	50	0.004 y 0.002	14.22 y 7.11
	30	0.004 y 0.002	5.12 y 2.56
Siu, <i>et al.</i> 2010	40	0.008 y 0.0038	18.21 y 7.69
	26	0.008 y 0.0038	3.25 y 7.69
Pollock, <i>et al.</i> 2010	5	0.011 y 0.05	0.39 y 1.77
	10	0.011 y 0.05	1.56 y 7.11
	15	0.011 y 0.05	3.52 y 16.00
	20	0.011 y 0.05	6.26 y 28.45
	25	0.011 y 0.05	9.78 y 44.46
	30	0.011 y 0.05	14.08 y 64.02

Grupo de Investigadores	Frecuencia (Hz)	Desplazamiento pico a pico (m)	Aceleración (g)
Gerodimos, <i>et al.</i> 2010	15	0.006	1.92
	20	0.006	3.41
	25	0.004, 0.006 y 0.008	3.55, 5.33 y 7.11
	30	0.006	7.68
De Hoyo Lor, <i>et al.</i> 2010	30	0.005	6.40
Fattorini, <i>et al.</i> 2006	100	0.00005 y 0.00015	0.71 y 2.13
Hazell, <i>et al.</i> 2010	25	0.004	3.55
	35	0.004	6.97
	45	0.004	11.52
Mileva, <i>et al.</i> 2009	30	0.0015	1.92
Da Silva-Grigoletto, 2009	30	0.004	5.12
Ronestad, <i>et al.</i> 2009	20	0.003	1.70
	35	0.003	5.22
	50	0.003	10.67
Di Gimiani <i>et al.</i> 2009	20	0.002	1.13
	30	0.002	2.56
	45	0.002	5.76
Adams, <i>et al.</i> 2009	30	0.002, 0.004 y 0.006	2.56, 5.12 y 7.68
	35	0.002, 0.004 y 0.006	3.48, 6.97 y 10.45
	40	0.002, 0.004 y 0.006	4.55, 9.10 y 13.65
	50	0.002, 0.004 y 0.006	7.11, 14.22 y 21.34

analizados se emplearon poblaciones de sujetos de características biológicas semejantes; es decir, hombres y mujeres aparentemente sanos, de 20 a 40 años de edad (24 ± 5.65), que realizaban ejercicio regularmente, incluyendo actividad de moderada a intensa.

En los artículos analizados se identificaron diversas variaciones en las frecuencias reportadas, independientemente de la aceleración obtenida. Se encontraron parámetros de frecuencia de 20 a 60 Hz, siendo los de 30 a 45 Hz los más empleados y encontrando una tendencia hacia mayores efectos en estos intervalos (Tabla 2).

Por otra parte, el D presenta diversas variaciones, siendo la principal la característica motil del equipo (alternante o sincrónica). La mayoría de los artículos revisados utilizan D de entre 1 y 10

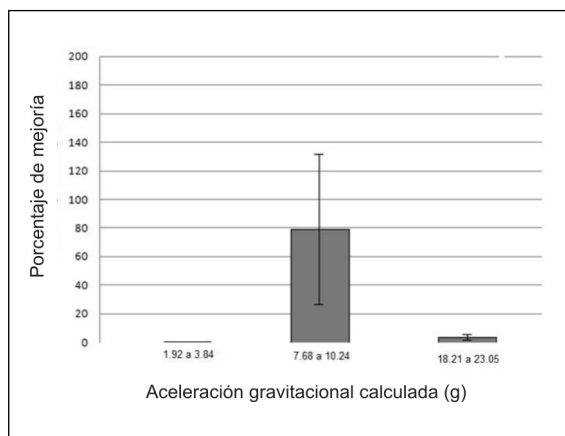
mm, lo que genera aceleraciones que fluctúan entre 1 y 60 g (Tabla 2).

No se encontraron diferencias significativas entre los grupos analizados sobre los efectos de la VCT, sin embargo, es apreciable una tendencia a un mayor efecto con base en la aceleración aplicada, encontrando que a g intermedias (≈ 10 g) la mejoría es superior que con altas y bajas aceleraciones (Figura 1).

DISCUSIÓN

La mayoría de los estudios publicados han evaluado la respuesta aguda a la VCT y no así los efectos de programas de ejercicio (máxime si se consideran los artículos no incluidos para el análisis en el presente trabajo) prácticamente en

FIGURA 1.
Análisis del efecto de la VCT en relación con la g calculada. Se muestra el análisis realizado mediante bloques, se indican los promedios de mejoría por bloques y la desviación estándar



todos éstos, los resultados presentados son positivos; en relación a ello, las potenciales aplicaciones se limitarían a deportes como beisbol, golf, saltos, halterofilia, baloncesto u otros, donde dadas las características competitivas, es posible exponer al atleta a VCT antes de la ejecución motriz característica⁷⁷⁻⁷⁹.

El análisis realizado revela una diversidad notable entre las aceleraciones empleadas por los diferentes autores, lo que muy probablemente se relacione con la disparidad en el diseño de las intervenciones de ejercicio empleadas. Otras revisiones publicadas indican resultados contradictorios entre los artículos estudiados⁸⁰⁻⁸⁴; por el contrario, los artículos discutidos en esta revisión mostraron únicamente efectos de mejoría con diversas magnitudes, lo que posiblemente sea debido a los criterios de selección empleados; atendiendo a este rubro, la posibilidad de un sesgo de publicación para el presente trabajo debe ser considerado.

La conversión de f y D a unidades de aceleración gravitacional³³ es una herramienta de gran utilidad en la normalización e interpretación de los resultados publicados, proporcionando un parámetro único de medición. Empero, buena parte de lo publicado no incluye los parámetros necesarios para tal conversión, particularmente aquellos publicados antes de 2005. Dados los resultados obtenidos existe la posibilidad de que se hayan reportado desplazamientos pico a pico en vez de amplitud, situación que modifica notablemente la aceleración calculada³⁴.

En la presente revisión fueron analizados trabajos que emplearon plataformas alternantes y sincrónicas, de acuerdo a los resultados y a diferencia de lo publicado^{85,66,67} es posible alcanzar una g adecuada para el desarrollo de cualidades neuromusculares en ambos tipos de dispositivos, siempre y cuando se empleen las frecuencias máximas (30 Hz) en los dispositivos alternantes.

Finalmente, la implementación de programas de entrenamiento mediante VCT empleando g como parámetro de dosificación cuantitativa, lleva a una diversidad muy amplia en las posibles combinaciones de f y D, que harían obtener los mismos valores de aceleración adecuada (10 g, con base en los resultados, Figura 1). Considerando esto, resulta recomendable utilizar vibraciones que oscilen en un intervalo de frecuencias de 30 a 50 Hz, debido a que frecuencias inferiores obligarían al empleo de desplazamientos muy grandes; frecuencias superiores (particularmente >70 Hz) condicionarán la pérdida del contacto entre los pies del sujeto y la plataforma al no poder seguirla en su trayectoria descendente, este fenómeno se ha denominado *skidding* y al ocurrir, los parámetros de vibración al que se somete al paciente no pueden ser definidos³³. La mayor parte de las intervenciones realizadas, aun las que emplearon programas de entrenamiento, utilizaron D que oscilan entre 1 y 10 mm tanto para plataformas alternantes como para las sincrónicas; sin embargo, es recomendable la utilización de D entre 2 y 6 mm, esto último con la finalidad de reducir el *skidding*^{33,86}.

En relación a los efectos crónicos de los programas de ejercicio mediante VCT, se debe recalcar que f y D no son los únicos parámetros a tomar en consideración, pues independientemente de la aceleración obtenida, la duración del programa y las características de la tarea motriz realizada sobre la plataforma, son factores críticos para alcanzar las adaptaciones neuromusculares necesarias^{7,11}.

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

Es innegable la mejora de las cualidades neuromusculares al someter al sujeto a ejercicio con

VCT, tanto de manera aguda como crónica, tal situación, diversifica su uso pudiendo mejorar temporalmente una ejecutoria (como el “swing” de golf) o bien al incrementar fuerza o potencia al someter al sujeto a un programa de ejercicio mediante VCT que podría, de acuerdo a lo reportado, ser de menor duración que otro “tradicional”.

Aparentemente, al realizar intervenciones de ejercicio mediadas por VCT es adecuado emplear aceleraciones ≈ 10 g, ajustando f entre 30 y 50 Hz y D entre 2 y 6 mm. Sin embargo, es muy deseable realizar más investigación en este rubro, la cual dé seguimiento también al efecto de la VCT en programas de entrenamiento a largo plazo, especialmente con miras a utilizarla en la población general. Un aspecto sumamente importante en los programas encaminados a la mejora de las manifestaciones de la fuerza es la sobrecarga progresiva, la cual puede implementarse incrementando gradualmente la g impuesta, al menos hasta cierto punto; ante esta limitación, habrá que modificar obligadamente la ejecución motriz sobre la plataforma (como con el uso dispositivos de resistencia) particularmente en el deportista.

El empleo de una terminología homogénea al momento de reportar los parámetros de vibración empleados en los estudios es indispensable para poder comparar resultados entre grupos de investigadores.

Del mismo modo, se debe revisar el posible efecto terapéutico en poblaciones masculina y femenina con diversas patologías susceptibles de ser tratadas con ejercicio mediado por VCT, en grupos etarios escalonados.

Aunque no fue analizado en el presente trabajo, se vislumbra esencial el empleo de acelerómetros para la cuantificación por un lado, de los parámetros vibratorios “entregados” por las plataformas (independientemente de las especificaciones del fabricante del equipo) y por otro, la aceleración transmitida al sujeto (variaciones en la atenuación debido a cuestiones antropométricas y de entrenamiento).

Por último, dada la proyección que ha recibido la VCT en los últimos años, es imprescindible el estudiar a profundidad sus efectos a nivel celular y molecular, y las potenciales adaptaciones tanto benéficas como perjudiciales en los diversos sistemas biológicos de los sujetos de estudio.

RESUMEN

Las cualidades neuromusculares como fuerza máxima, potencia y fuerza-resistencia son indispensables de desarrollar en cualquier programa de entrenamiento ya sea deportivo o con objetivos de salud; durante las últimas dos décadas se han empleado como medios para su desarrollo dispositivos mecatrónicos generadores de vibraciones sinusoidales que incrementan la aceleración gravitacional. Los resultados de estas intervenciones son muy alentadores, sin embargo, existe una marcada heterogeneidad en las cargas empleadas en los trabajos publicados; para solventar este problema es posible convertir matemáticamente los parámetros de vibración a unidades de aceleración, facilitando así la comparación de resultados y la prescripción. Los propósitos de este trabajo fueron: proponer parámetros de vibración corporal total adecuados para el entrenamiento de las cualidades neuromusculares basados en la mencionada conversión y generar bases para futuras líneas de investigación relacionadas con la vibración corporal total (VCT). Se realizó una revisión sistemática en los trabajos que han publicado parámetros suficientes para el cálculo de la aceleración gravitacional (g) impuesta a los sujetos de estudio, una vez realizado dicho cálculo se realizó un análisis de varianza ANOVA tomando las g como punto de referencia, comparándolas con el porcentaje de mejoría de la cualidad analizada. No se encontraron diferencias significativas entre los grupos analizados, pero es apreciable una tendencia a un mayor efecto con base en la aceleración aplicada, encontrando mejorías superiores con g intermedias. La VCT es un medio de entrenamiento que bajo parámetros de prescripción adecuados, mejora las cualidades neuromusculares o sus determinantes fisiológicos de manera aguda y crónica, lo que

permite diversificar sus aplicaciones, sin embargo aún es necesario realizar más investigaciones, particularmente en relación a sus efectos crónicos en programas con una progresión adecuada, enfocando los trabajos no solo en el desempeño neuromuscular, sino sobre los efectos orgánicos, celulares y moleculares.

Palabras clave: Aceleración. Frecuencia. Desplazamiento pico a pico. Amplitud.

SUMMARY

Strength, power and muscular endurance training are essential in any exercise program whether competitive or recreational; during the last two decades, mechatronic devices that generate sinusoidal vibrations (which in turn increase gravitational acceleration) have been widely used as mean of development of neuromuscular capacities. The results of these interventions are very encouraging, nevertheless, a marked heterogeneity exist in the training loads employed in the published papers; to settle this matter, it is possible to mathematically convert vibration parameters into acceleration units, facilitating the

comparison of results and exercise prescription. The aims of this paper were: to suggest adequate vibration parameters for neuromuscular capacities training based on the aforementioned conversion and to generate bases for future research in whole body vibration field. A systematic review was performed on published papers with sufficient data to calculate gravitational acceleration (g) applied to experimental subjects; once g's were calculated, an ANOVA analysis was carry out considering g's as point of reference and comparing them with the percentage of improvement of the analyzed capacity. No significant differences were found between groups, nonetheless, an appreciable tendency was found to a greater effect with intermediate g's. VCT is a training mean that under appropriate prescription parameters enhances acute and chronically neuromuscular capacities or its physiological determinants, which allows to diversify its applications, nevertheless, more research is needed, particularly in regard with chronic effects in correctly prescribed and progressed programs, focusing not only in neuromuscular performance, but in its cellular, organic and systemic effects.

Key words: Acceleration. Frequency. Peak to peak displacement. Amplitude.

B I B L I O G R A F Í A

1. American College of Sports Medicine. Position stand: the recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* 1998;30:975-91.
2. Pollock ML, Franklin BA, Balady GJ. Resistance exercise in individuals with and without cardiovascular disease: benefits, rationale, safety, and prescription. *Circulation* 2000;101:828-33.
3. Hanson, ED, Srivatsan, SR, Agrawal, S, Menon, KS, Delmonico, MJ, Wang, MQ, and Hurley, BF. Effects of strength training on physical function: influence of power, strength, and body composition *J Strength Cond Res* 2009;23:2627-37.

4. **Folland J P., Williams G.** The adaptation to Strength Training. *Sports Med* 2007;37:145-68.
5. **Wernbom M, Augustsson J, Thomee R.** The Influence of Frequency, Intensity, Volume and Mode of Strength Training on Whole Muscle Cross-Sectional Area in Humans. *Sports Med* 2007;37:225-64.
6. **Schoenfeld BJ.** The Mechanisms of Muscle Hypertrophy and Their Application to Resistance Training. *J Strength Cond Res* 2010;24:2857-72.
7. **Kreamer WJ, Ratamess NA.** Fundamentals of Resistance Training: Progression and Exercise Prescription. *Med Sci Sports Exerc* 2004;36:674-88.
8. **Kawamori N, Haff GG.** The optimal training load for the development of muscular power. *J Strength Cond Res* 2004;18:675-84.
9. **American College of Sports Medicine.** Position stand: progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* 2002;34:364-80.
10. **Werner G.** Strength and conditioning techniques in sport rehabilitation. *Clin Sports Med* 2010;29:177-91.
11. **Rehn B, Lindsrom J, Skoglund B, Lindstrom B.** Effects on leg muscular performance from whole-body vibration exercise: a systematic review. *Scand J Med Sci Sports* 2007;17:2-11.
12. **Young WB.** Transfer Strength and Power Training to Sports Performance. *Int J Sports Physiol Perform* 2006;1:74-83.
13. **Freitas de Salles B, Silmao R, Miranda F, da Silva Novaes J, Lemos A, Willardson J.** Rest Interval between Sets in Strength Training *Sports Med* 2009;39:765-77.
14. **Ament W, Verkerke G.** Exercise and Fatigue. *Sports Med* 2009;39:389-422.
15. **Staron R S, Karapondo DL, Kraemer WJ.** Skeletal muscle adaptations during early phase of heavy-resistance training in men and women. *J Appl Physiol* 1994;76:1247-55.
16. **Mccall, G E, Byrnes W C, Dickinson A, Pattany P M, Fleck S J.** Muscle fiber hypertrophy, hyperplasia, and capillary density in college men after resistance training. *J. Appl. Physiol.* 1996;81:2004-12.
17. **Keeler L K, Finkelstein LH, Miller W, Fernhall B.** Early-phase adaptations to traditional-speed vs. superslow resistance training on strength and aerobic capacity in sedentary individuals. *J. Strength cond. Res* 2001;15:309-14.
18. **Campos GER, Luecke TJ, Wendeln HK.** Muscular Adaptations in response to three different resistance-training regimens: Specificity of repetition maximum training zones. *Eur.J. Appl. Physiol.* 2002;88:50-60.
19. **Sale DG.** Neural adaptation to strength training. En: Komi PV. *Strength and Power in Sport: Olympic Encyclopedia of Sports Medicine.* Oxford: Blackwell Science; 2008; p. 281-314.
20. **González Badillo JJ, Ribas Serna J.** Bases de la Programación del Entrenamiento de Fuerza. Barcelona. Editorial INDE; 2002. p 183-84.
21. **Bosco C.** *La Fuerza Muscular Aspectos Metodológicos.* Barcelona. Editorial INDE 2000.
22. **Kell RT.** The influence of periodized resistance training on strength changes in men and women. *J Strength Cond Res* 2011;25:735-44.
23. **De Hoyo M, Romero Granados S, Carrasco L, Sañudo B.** Revisión del Efecto Agudo de las Vibraciones Mecánicas Sobre Diversas Manifestaciones de la Fuerza. *Arch Med Dep* 2009;26:14-21.
24. **Issurin V B, Liebermann D G, Tenenbaum G.** Effect Of vibratory stimulation training on maximal force and flexibility. *J Sport Sci.* 1994;12:561-6.
25. **Griffin M J.** Vibration and human responses. En: *Handbook of human vibration.* Londres: Academic Press; 1996. p 1-27.
26. **Liebermann D G, Issurin V B.** Effort perception during isotonic muscle contractions with superimposed mechanical vibratory stimulation. *J. Hum Move Stud* 1997;32:171-86.
27. **Issurin V B, Tenenbaum G.** Acute and residual effects of vibratory stimulation on explosive strength in elite and amateur athletes. *J Sport Sci* 1998;17:177-82.
28. **Bosco C M, Cardinale M, Tsarpela O.** Influence of vibration on mechanical power and electromyogram activity in human arm flexor muscles. *Eur J Appl Physiol* 1999;79:306-11.
29. **Bosco C, Colli R, Introini E, Cardinale M, Tsarpela O, Madella A, et al.** Adaptive responses of human skeletal muscle to vibration exposure. *Clinic. Physiol* 1999;19:183-7.

30. **Cardinale M, Wakeling J.** Whole body vibration exercise: are vibrations good for you? *Br J Sports Med* 2005;39:585-9.
31. **Di Giminiani R, Tihanyi J, Safar S, Scrimaglio R.** The effects of vibration on explosive and reactive strength when applying individualized vibration frequencies. *J Sports Sciences*. 2009;27:169-77.
32. **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.
33. **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.
34. **Lorenzen C, Maschette W, Koh M, Wilson C.** Inconsistent use of terminology in whole body vibration exercise research. *J Sci Med Spt* 2008; 2:676-8.
35. **Bosco C, Iacovelli M, Tsarpela O, Cardinale M, Bonifazi M, Tihanyi J, et al.** Viru A Hormonal responses to whole-body vibration in men. *Eur J Appl Physiol*. 2000;81:449-54.
36. **Cardinale M, Ferrari M, Quaresima V.** Gastrocnemius medialis and vastus lateralis oxygenation during whole-body vibration exercise. *Med Sci Sports Exerc*. 2007;39:694-700.
37. **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.
38. **Griffin MJ.** Whole Body Biodynamics. En: *Handbook of Human Vibration*. Londres: Academic Press; 1996. p. 433-414.
39. **Wakeling JM, Nigg BM.** Modification of soft tissue vibrations in the leg by muscular activity. *J Appl Physiol* 2001;90:412-20.
40. **Wakeling JM, Nigg BM.** Soft tissue vibrations in the quadriceps measured with skin mounted transducers. *J Biomech* 2001;34:539-43.
41. **Wakeling JM, Von Tscharnner V, Nigg B M, Stergiou P.** Muscle activity in the leg is tuned in response to ground reaction forces. *J Appl Physiol* 2001;91:1307-17.
42. **Wakeling JM, Nigg BM, Rozitis AI.** Muscle activity damps the soft tissue resonance that occurs in response to pulsed and continuous vibrations. *J Appl Physiol*. 2002;93:1093-1103.
43. **Marín PJ, Bunker D, Rhea MR, Ayllón 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.
44. **Alguacil A M, Gómez Conches M, Frailes A M, Morales.** Plataformas Vibratorias: Bases Neurofisiológicas, Efectos Fisiológicos y Aplicaciones Terapéuticas. *Arch Med Dep* 2009; 26:119-29.
45. **Oliveri DJ, Lynn K, Hong CZ.** Increased skin temperature after vibratory stimulation. *Am J Phys Med Rehabil* 1989;68:81-5.
46. **Rittweger J, Beller G, Felsenberg D.** Acute physiological effects of exhaustive whole-body vibration exercise in man. *Clin Physiol*. 2000;20:134-42.
47. **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.
48. **Lohman EB 3rd, Petrofsky JS, Maloney-Hinds C, Betts-Schwab H, Thorpe D.** The effect of whole body vibration on lower extremity skin blood flow in normal subjects. *Med Sci Monit* 2007;13:71-6.
49. **Murfee WL, Hammett LA, Evans C, Xie L, Squire M, Rubin C, et al.** High-frequency, low-magnitude vibrations suppress the number of blood vessels per muscle fiber in mouse soleus muscle. *J Appl Physiol* 2005;98:2376-80.
50. **Cochrane DJ, Stannard SR, Sargeant AJ, Rittweger J.** The rate of muscle temperature increase during acute whole-body vibration exercise. *Eur J Appl Physiol* 2008;103:441-8.
51. **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.
52. **Garatachea N, Jiménez A, Bresciani G, Mariño NA, González-Gallego J, de Paz JA.** The effects of movement velocity during squatting on energy expenditure and substrate utilization in whole-body vibration *J Strength Cond Res* 2007;21:594-8.
53. **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.
54. **Kjaer M.** Regulation of hormonal and metabolic responses during exercise in humans. *Exerc Sport Sci Rev* 1992;20:61-84.
55. **Viru A.** Molecular cellular mechanisms of training effects. *J Sports Med Phys Fitness* 1994;34:309-22.
56. **Di Loreto C, Ranchelli A, Lucidi P, Murdolo G, Parlanti N, De Cicco A, et al.** Effects of whole-body vibration exercise on the endocrine system of healthy men. *J Endocrinol Invest* 2004;27:323-27.
57. **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.
58. **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.
59. **Fricke O, Semler O, Land C, Beccard R, Thoma P, Schoenau E.** Hormonal and Metabolic Responses to Whole Body Vibration in Healthy Adults. *The Endocrinologist* 2009;19:24-30.
60. **Di Loreto C, Ranchelli A, Lucidi P, Murdolo G, Parlanti N, De Cicco A, et al.** Effects of whole-body vibration exercise on the endocrine system of healthy men. *J Endocrinol Invest.* 2004;27:323-7.
61. **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
62. **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.
63. **Cardinale M, Soiza RL, Leiper JB, Gibson A, Primrose WR.** Hormonal responses to a single session of whole body vibration exercise in older individuals. *Br J Sports Med.* 2010;44:284-8.
64. **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.
65. **Lynch MA, Brodt MD, Stephens AL, Civitelli R, Silva MJ.** Low-magnitude whole-body vibration does not enhance the anabolic skeletal effects of intermittent PTH in adult mice *J Orthop Res.* 2011;29:465-72.
66. **Marín PJ, Rhea MR.** Effects of vibration training on muscle strength: A meta-analysis. *J Strength Cond Res* 2010;24:548-56.
67. **Marín PJ, Rhea MR.** Effects of vibration training on muscle power: a meta-analysis. *J Strength Cond Res* 2010;24:871-8.
68. **Cardinale M, Bosco C.** The Use of Vibration as an Exercise Intervention. *Exerc Sport Sc Rev* 2003;31:3-7.
69. **Monteleone, G, De Lorenzo, A, Sgroi, M, De Angelis, S, and Di Renzo, L.** Contraindications for whole body vibration training: A case of nephrolithiasis. *J Sports Med Phys Fitness* 2007;47:443-5.
70. **Gillan S N, Sutherland S, Cormack GM.** Vitreous Hemorrhage after Whole-Body Vibration Training. *Retinal Cases & Brief Reports* 2010;10:1-1.
71. **Savelberg H H, Fastenau A, Willems P J, Meijer K.** The load/capacity ratio affects the sit-to stand movement strategy. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2007;22:805-12.
72. **Bedient AM, Adams JB, Edwards DA, Serravalle DH, Huntsman E, Mow SE, et al.** Displacement and frequency for maximizing power output resulting from a bout of whole-body vibration. *J Strength Cond Res.* 2009;23:1683-7.
73. **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.
74. **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.
75. **Rønnestad BR.** Acute effects of various whole-body vibration frequencies on lower-body power in trained and untrained subjects. *J Strength Cond Res.* 2009;23:1309-15.
76. **Petit PD, Pensini M, Tessaro J, Desnuelle C, Legros P, Colson SS.** Optimal whole-body vibration

- settings for muscle strength and power enhancement in human knee extensors. *J Electromyogr Kinesiol.* 2010;20:1186-95.
77. **Colson, SS, Pensini, M, Espinosa, J, Garrandes, F, and Legros, P.** Whole-body vibration training effects on the physical performance of basketball players. *J Strength Cond Res* 2010;24:999-1006.
78. **Reyes GFC, Dickin DC, Dolny DG, Crusat NJK.** Effects of muscular strength, exercise order, and acute whole-body vibration exposure on bat swing speed. *J Strength Cond Res* 2010;4:3234-40.
79. **Bunker DJ, Rhea MR, Simons T, Marin PJ.** The use of whole-body vibration as a golf warm-up. *J Strength Cond Res* 2011;25:293-7.
80. **Luo J, McNamara B, Moran K.** The Use of Vibration Training to Enhance Muscle Strength and Power. *Sports Med* 2005;35:23-41.
81. **Nordlund MM, Thorstensson A.** Strength training effects of whole-body vibration? *Scand J Med Sci Sports* 2007;17:12-7.
82. **Conway GE, Szalma JL, Hancock PA.** A quantitative meta-analytic examination of whole-body vibration effects on human performance 2007;50:228-45.
83. **Cardinale M, Erskine JA.** Vibration Training in Elite Sport: Effective Training Solution or Just Another Fad? *Int J Sports Physiol Performance* 2008;232-9.
84. **Wilcock IM, Whatman C, Harris N, Keogh JWL.** Vibration training: could it enhance the strength, power, or speed of athletes? *J Strength Cond Res* 2009;23:593-603.
85. **Abercromby AFJ, 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.
86. **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.