

Efectos agudos de las vibraciones mecánicas sobre el salto vertical

ESMERALDO MARTÍNEZ PARDO*

Licenciado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte.

Licenciado en Psicopedagogía.

Maestro Especialista en Educación Física.

I.E.S. Cabo de la Huerta (Alicante)

LUIS CARRASCO PÁEZ

Doctor en Educación Física.

Departamento de Expresión Musical, Plástica y Corporal.

Universidad de Zaragoza

PEDRO EMILIO ALCARAZ RAMÓN

Licenciado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte.

Departamento de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte.

Universidad Católica de Murcia

ANTONIO BRUNET GÓMEZ

Licenciado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte.

Asesoría Técnico-Deportiva A. Brunet

CAROLINA NADAL SOLER

Diplomada en Fisioterapia.

Universidad Católica San Antonio de Murcia

Correspondencia con autores/as

* aldogori@hotmail.com

Resumen

El objetivo del presente estudio fue determinar el efecto agudo de una exposición a vibraciones mecánicas sobre la fuerza desarrollada en un salto vertical. Un total de 15 sujetos sanos y activos (11 hombres y 4 mujeres) se sometieron a 60 s de estimulación sobre una plataforma vibratoria que indujo oscilaciones verticales (frecuencia: 50 Hz; amplitud: 2 mm). Antes del periodo de estimulación vibratoria así como 30 s y 2 min después del mismo, los sujetos realizaron un salto vertical (*squat jump*) sobre una plataforma de contactos, a partir de la cual se registró el tiempo de vuelo (t_v) y la altura (h) de cada salto. Los resultados obtenidos muestran un efecto positivo del estímulo vibratorio sobre la fuerza desarrollada en el salto vertical realizado 2 min después de la vibración, ya que tanto t_v como h aumentaron significativamente respecto a los valores obtenidos en el primer salto. Se puede concluir, por tanto, que una estimulación de 60 s sobre plataforma vibratoria combinando altas frecuencias y bajas amplitudes en su oscilación, genera un efecto residual positivo en la capacidad de salto vertical.

Palabras clave

Plataforma vibratoria, Salto vertical, Potencia muscular.

Abstract

Acute residual effects of mechanic vibrations on vertical jump

The aim of this study was to determine the acute effect of a mechanical vibrations exposure on power during vertical jump. A total of 15 active and healthy subjects (11 males and 4 females) were exposed to a 60 s period of stimulation on a vibratory platform that induced vertical oscillations (frequency: 50 Hz; amplitude: 2 mm). Subjects were asked to perform three vertical jumps (before vibratory stimulation and 30 s and 2 min. after this period) on a resistive platform where the flight time (t_v) and height (h) of each single jump were recorded. The results show a positive effect of vibratory stimulus on power during vertical jump performed 2 min. after vibratory stimulation period, since t_v and h were significantly higher than those registered in the first jump. It can be concluded that 60 s of whole body stimulation on a vibratory platform based on high-frequency and low-amplitude oscillations generate a positive residual effect on vertical jump.

Key words

Vibratory platform, Vertical jump, Muscular power.

Introducción

La realización de ejercicios bajo la acción de estimulaciones vibratorias, son un nuevo método de entrenamiento neuromuscular que se aplica tanto en atletas como en terapias para prevenir la osteoporosis (Rittweger, Beller, Felsenberg, 2000; Verschueren y cols., 2004). Los impactos mecánicos a los que se somete al sistema esquelético, los cambios de presión a nivel de los vasos sanguíneos que irrigan el propio hueso y las fuerzas axiales que, sobre el hueso, ejerce la musculatura cuando ésta se activa, parecen ser factores clave en los procesos de adaptación ósea (Martínez, Carrasco, Alacid, 2005). En este sentido, recientes estudios han sugerido que, estímulos mecánicos (vibraciones) de alta frecuencia y baja magnitud pueden ejercer un efecto positivo sobre la morfología ósea, beneficiando su cantidad y calidad (Rubin, Xu, Judex, 2001; Rubin, Sommerfeldt, Judex, Qin, 2001). De igual forma, el gran interés por realizar investigaciones que prevengan las fracturas a causa de la osteoporosis, lo encontramos en el campo del deporte a través de la mejora muscular a partir de estímulos vibratorios (Cardinale, Lim, 2003; Torvinen y cols., 2002b). Ya desde hace algún tiempo, se viene observando que las vibraciones que inciden en músculos y tendones provocan una mejora en sus funciones (Torvinen, 2003). Éstas, pueden aplicarse de forma directa sobre la musculatura implicada, o indirectamente sobre el músculo que se pretende entrenar, produciendo en ambos casos una estimulación muscular (Luo, McNamara, Moran, 2005). Dichos efectos, vendrán determinados por la oscilación mecánica de la vibración, que queda definida por la frecuencia (ciclos por unidad de tiempo, medida en Hz), la amplitud (mitad de la diferencia entre el máximo y el mínimo valor de la oscilación periódica, medida en mm), la magnitud o aceleración (parámetro derivado de la frecuencia y amplitud, expresada en múltiplos de la fuerza g o fuerza gravitatoria) y la duración de la exposición a la misma (Luo y cols., 2005). La combinación de estas variables en su aplicación sobre la musculatura ha provocado diferentes efectos. Así, se ha observado que, tras un período de 6 meses entrenando con vibraciones sinusoidales (35-40 Hz, 2,28-5,09 g), un grupo de mujeres mejoró significativamente la fuerza muscular isométrica y dinámica (Verschueren y cols., 2004). Así mismo, tras 12 semanas, al comparar el entrenamiento desarrollado por tres grupos; uno de ellos que utilizaba resistencias, otro que se entrenaba con plataforma vibratoria (35 Hz a 40 Hz) y, por último, un

grupo control, se pudo observar un aumento significativo de la fuerza desarrollada en el salto con contramovimiento (CMJ) en el grupo que entrenó con vibración (Delecluse, Roelants, Verschueren, 2003). Resultados parecidos encontramos en otro estudio, donde se muestra un aumento significativo (8,5 %) en la altura del salto en adultos sanos tras cuatro meses expuestos a estimulaciones mecánicas. Este aumento, que apareció a los dos meses de entrenamiento, no se vio reflejado al final de los cuatro meses de intervención, ya que la altura del salto se mostró sensiblemente afectada (Torvinen y cols., 2002a). Los efectos positivos se repiten, aun cuando el estudio viene a realizarse en un período de 10 días, en los que un grupo de sujetos sometido a vibraciones de 26 Hz (amplitud: 10 mm; aceleración: 5,4 g), consiguió una mejora significativa ($p < 0,05$) en la altura alcanzada al efectuar el CMJ y en la fuerza máxima mecánica en una serie de saltos continuos (CJ) durante 5 s ($p < 0,01$) (Bosco y cols., 1998).

Algunos autores han llegado a establecer equivalencias entre el entrenamiento de vibración y el entrenamiento con sobrecargas. De esta forma, se ha postulado que un entrenamiento de vibración de 100 min, viene a ser sinónimo de realizar 200 drop jumps (DJ) con un altura de caída de 60 cm, dos veces por semana durante 12 meses (Bosco y cols., 1998). Todos estos efectos positivos se repiten si la finalidad del entrenamiento es valorar los efectos agudos de las vibraciones en una única sesión de 5 series ya que, aplicadas a baja frecuencia (20 Hz), muestran un aumento significativo en la flexibilidad del tendón de la corva (+13,5 %) y en el SJ (+3,9%) (Cardinale y cols., 2003). Incluso, ante valoraciones de los miembros superiores, como fue el caso de 12 boxeadores que sometieron uno de sus brazos a vibraciones mecánicas (frecuencia: 30 Hz; amplitud: 6 mm; aceleración: $34 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$), a lo largo de cinco series de 60 s, apareció una mejora estadísticamente significativa ($p < 0,001$) en la fuerza mecánica de dicho brazo, no mostrando cambios en la fuerza medida el brazo que sirvió de control (Bosco, Cardinale, Tarpela, 1999). Aspecto que vuelve a aparecer al medir la fuerza explosiva en un curl de bíceps realizado en posición de sentado, donde se administró una vibración de 44 Hz y una aceleración de $30 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ transmitido a través del cable de unas agarraderas, atribuyéndose a la estimulación vibratoria un aumento de la fuerza explosiva de 30,1 y 29,8 W (10,4 % y 10,2 %, respectivamente) para la potencia máxima y potencia media, respectivamente,

en un grupo de élite, y de 20,0 y 25,9 W (7,9 % y 10,7 %, respectivamente) en un grupo amateur (Issurin, Tenenbaum, 1999).

De esta forma, diferentes estudios que valoran la influencia de las vibraciones, exponen resultados óptimos tanto en las ganancias de masa ósea como una mejora en la potencia máxima y en la potencia media de los miembros superiores; incrementando, por otro lado, la altura de vuelo en el squat jump (SJ), DJ y CMJ en lo que respecta a sus efectos agudos sobre los miembros inferiores. Sin embargo, existen datos contradictorios, ya que, en el estudio de Cardinale y Lim (2003), tras someter a los sujetos participantes a cinco series de 60 s de duración con una frecuencia de 40 Hz, se observó una disminución del 4 % en la altura del SJ efectuado tras el estímulo vibratorio.

Ante la necesidad de definir un estímulo vibratorio capaz de optimizar diferentes acciones musculares, este estudio tiene como principal objetivo determinar los efectos que, a nivel muscular, ejerce una serie única de estimulación mecánica sinusoidal en la ejecución del SJ realizado tras su aplicación.

Material y métodos

Un total de 15 sujetos sanos y activos, de los cuales 11 fueron hombres (edad: $28,6 \pm 2,9$ años; peso: $81,1 \pm 6,6$ kg; altura: $178,9 \pm 5,7$ cm; índice de masa corporal: $25,3 \pm 2,3$ kg/m²; porcentaje de grasa corporal: $16,9 \pm 5,5$ %) y 4 mujeres (edad: $24,0 \pm 1,8$ años; peso: $58,0 \pm 8,3$ kg; altura: $169,2 \pm 6,4$; índice de masa corporal: $20,2 \pm 2,7$ kg/m²; porcentaje de grasa corporal: $22,1 \pm 4,4$ %), participaron, de forma voluntaria, en este estudio.

Antes de realizar cada salto, los sujetos llevaron a cabo un calentamiento que consistió, básicamente, en la realización de ejercicios de movilidad articular de los miembros inferiores. Posteriormente, los sujetos efectuaron el la prueba de salto SJ, utilizando para ello, la plataforma de contactos Ergojump (Psionm XP, MA.GI. CA. Rome. Italy), a partir de la cual se registró el tiempo de vuelo (t_v) y la altura de cada salto (h).

Una vez realizado el primer salto, cada sujeto, debía colocarse sobre la plataforma vibratoria (Power Plate, The Netherlands), situando los pies sobre unas zonas marcadas 19 centímetros a cada lado del punto central de su base, flexionando las piernas hasta 110°, manteniendo a su vez una flexión de cadera y una ligera inclinación del tronco

hacia delante, quedando sujeto por las manos al soporte vertical de la plataforma. En esta posición, los sujetos se sometieron a una serie única de 60 s de vibraciones mecánicas de todo el cuerpo a una frecuencia de 50 Hz y con una amplitud de 2 mm. Una vez finalizado este tiempo, cada sujeto volvió a realizar dos saltos verticales de las mismas características, uno, a los 30 s y otro a los 2 min. de haber finalizado el estímulo vibratorio.

En cuanto al análisis estadístico de los datos, hay que decir que todos ellos se expresan como media \pm desviación estándar (SD). Asimismo, se han utilizado análisis de la varianza (ANOVA de un factor y de medidas repetidas) para el contraste de las variables consideradas (t_v y h) según el género y de cara a establecer la comparativa entre las pruebas realizadas antes y después de la intervención vibratoria. En cualquier caso, el intervalo de confianza se situó en un 95 %.

Resultados

Todos los sujetos completaron el estudio sin que apareciera ningún efecto colateral. Asimismo, ninguno de los sujetos experimentó reacciones adversas o fatiga exhaustiva después de los 60 s de estimulación vibratoria.

En la *tabla 1* se muestran los resultados obtenidos en el estudio. En dicha tabla, y teniendo en cuenta el factor género, se puede apreciar la presencia de indicios de significación estadística en las variables t_v y h correspondientes al SJ efectuado 2 min. después de la estimulación vibratoria, siendo ambos registros claramente superiores en los hombres. Asimismo, se puede comprobar cómo los efectos producidos por la exposición aguda a un ejercicio vibratorio ofrecieron resultados diferentes según el género de los sujetos participantes. En este sentido, se encontraron, en el caso de los hombres, diferencias significativas ($F = 7,953$; $p = 0,018$) en t_v entre el SJ previo y el SJ efectuado en los 2 min. posteriores. Resultados similares fueron encontrados en lo que a h se refiere ($F = 8,090$; $p = 0,017$), ya que ésta se vio incrementada en un 12.15% a los 2 min. tras el estímulo vibratorio respecto al SJ previo (*fig. 1*). Sin embargo, no se apreciaron diferencias significativas entre el SJ realizado 30 s después del estímulo vibratorio y los otros dos saltos (SJ previo y SJ post 2 min). En lo que respecta al género femenino no se hallaron diferencias significativas entre

	SJ previo		SJ post 30 s		SJ post 2 min	
	t_v (ms)	h (m)	t_v (ms)	h (m)	t_v (ms)	h (m)
Hombres	0,480 ± 0,069	0,288 ± 0,083	0,485 ± 0,060	0,293 ± 0,073	0,507 ± 0,077 ^{a,b}	0,323 ± 0,097 ^{c,d}
Mujeres	0,407 ± 0,031	0,204 ± 0,031	0,438 ± 0,020	0,236 ± 0,021	0,424 ± 0,024	0,216 ± 0,021
TOTAL	0,461 ± 0,069	0,266 ± 0,081	0,473 ± 0,056	0,278 ± 0,068	0,485 ± 0,076 ^e	0,294 ± 0,096 ^f

Los datos se expresan como media ± SD.
^a indicios de significación estadística atendiendo al factor género ($F = 4,355$; $p = 0,057$).
^b diferencia entre SJ post 2 min. y SJ previo en el género masculino ($F = 7,953$; $p = 0,018$).
^c indicios de significación estadística atendiendo al factor género ($F = 4,491$; $p = 0,054$).
^d diferencia significativa entre SJ post 2 min. y SJ previo en el género masculino ($F = 8,090$; $p = 0,017$).
^e diferencia significativa entre SJ post 2 min. y SJ previo ($F = 6,497$; $p = 0,024$).
^f diferencia significativa entre SJ post 2 min. y SJ previo ($F = 4,931$; $p = 0,045$).

Tabla 1

Registros del tiempo de vuelo (t_v) y de la altura (h) del salto vertical (SJ) en las diferentes situaciones.

los saltos efectuados, a pesar de la considerable mejora que, a nivel porcentual (15,68 %), se registró en h en el salto efectuado 2 min tras el estímulo vibratorio (fig. 1). Por otra parte, e independientemente del factor género, se observó una diferencia significativa tanto en t_v ($F = 6,497$; $p = 0,024$) como en h ($F = 4,931$; $p = 0,045$) al comparar el SJ previo y el SJ efectuado 2 min después de la exposición vibratoria.

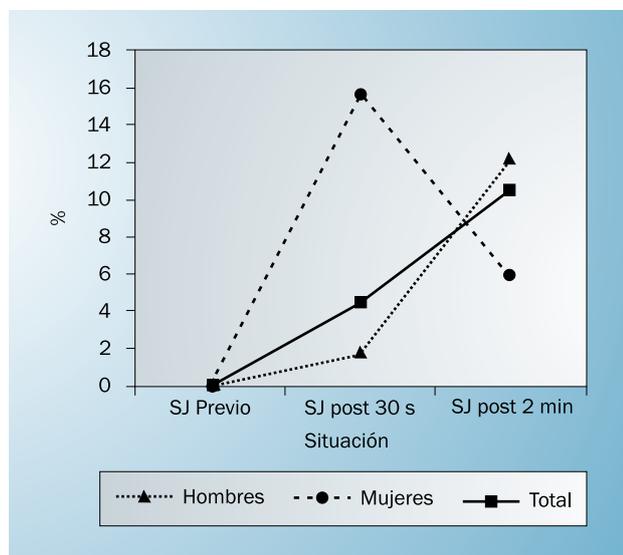


Figura 1

Mejora porcentual de la altura de salto (h) en los diferentes saltos efectuados.

Discusión

Con este estudio de carácter transversal queda patente que, 60 s de estimulación vibratoria en personas adultas sanas, induce una mejora en h y t_v del salto vertical, siendo este efecto positivo diferente según el género y el tiempo transcurrido tras dicha estimulación. *A priori*, este efecto podría parecer mucho más evidente en los hombres, posiblemente por su mayor proporción de fibras musculares Tipo II (MCH II) en comparación con el género femenino. En nuestro estudio, estos efectos sobre el género masculino aparecen claramente en los 2 min posteriores a la exposición vibratoria, pero no hay que olvidar que, en términos porcentuales (15,68 %), la mejora obtenida en h fue mayor en el género femenino en el salto realizado 30 s después del estímulo vibratorio (fig. 1). No obstante, cabe destacar que dichos valores hallados en el género femenino se obtuvieron a partir de una muestra de 4 personas. Lo que viene a ser un grupo reducido para poder generalizar conclusiones.

Teniendo en cuenta la frecuencia, amplitud y duración del estímulo utilizadas en este estudio (50 Hz, 2 mm y 60 s, respectivamente), los resultados encontrados difieren de los hallados por Cardinale y Lim (2003), quienes no determinaron mejoras significativas en el SJ (-4 %) tras realizar 5 series de 60 s con una frecuencia de 40 Hz. Sin embargo, Torvinen et al (2002b), tras 4 min de estimulación vibratoria registraron un incremento significativo en h ($p = 0,019$) 2 min después de dicha exposición, resultados que coinciden con los hallados en el presente estudio. Este efecto se debe, según

Nishihira y cols., (2002), a que la amplitud del reflejo-H (H-reflex) aumenta temporalmente después del estímulo vibratorio cuando se aplica con grandes frecuencias sobre el tríceps sural. Parece ser que el movimiento vibratorio provoca una hiperactivación del reflejo miotático, y con ello, un aumento de las contracciones reflejas, y también voluntarias, por la mayor implicación de algunas áreas motoras cerebrales que comporta una mayor estimulación de las motoneuronas eferentes gamma. De esta forma, la vibración aplicada al músculo o al tendón, provoca un aumento significativo de los potenciales motores evocados, un razonamiento compartido por autores como Tous y Moras (2004), quienes sugieren que la vibración afecta a la modulación de la excitabilidad de la corteza motora, pudiendo incidir a su vez, sobre los impulsos voluntarios.

Los resultados obtenidos en el presente estudio muestran que el entrenamiento por vibración puede ser un buen ejercicio de intervención para la mejora neuromuscular en deportistas, ya que puede incidir sobre su rendimiento en momentos determinados, teniendo siempre en cuenta el objetivo buscado con dichas estimulaciones vibratorias. A su vez, es necesario considerar este tipo de aplicaciones sobre la población en general, ya que diferentes estudios ponen de manifiesto cambios hormonales con aumentos significativos en la concentración plasmática de testosterona y hormona de crecimiento, así como descensos de los niveles de cortisol, con las repercusiones positivas que ello conlleva (Bosco y cols., 2000; Cardinale, 2002). Además, las vibraciones corporales acompañadas de ejercicios específicos pueden remediar el dolor y mejorar el dolor relativo en pacientes con dolencias crónicas en la zona lumbar (Rittweger, Just, Kautzsch, Reeg, Felsenberg, 2002). Incluso, tras periodos de entrenamiento por vibración, aparecen aumentos significativos en la densidad mineral ósea de la cadera (+0,93 %, $p < 0,05$) (Verschueren y cols., 2004).

Con todo ello, y tras los halagüeños resultados hallados en la literatura científica en lo que respecta al entrenamiento con vibraciones sinusoidales y la combinación de éstas con diferentes ejercicios, parece evidente la necesidad de realizar nuevos estudios que permitan dilucidar los efectos que, a largo plazo, pueden tener diferentes programas de ejercicios vibratorios, así como su incidencia sobre parámetros endocrinos, óseos y musculares.

Bibliografía

- Bosco, C.; Cardinale, M. y Tarpela, O. (1999). Influence of vibration on mechanical power and electromyogram activity in human arm flexor muscles. *Eur J Appl Physiol* 79, 306-11.
- Bosco, C.; Jcovelli, M.; Tarpela, O.; Cardinale, M.; Bonifazi, M. y Tihanyi, J. y cols. (2000). Hormonal response to whole-body vibration in men. *Eur J Appl Physiol* 81, 449-54.
- Bosco, C.; Cardinale, M.; Tarpela, O.; Colli, R.; Tihanyi, J. y Von Dullivard, S. P. y cols. (1998). The influence of whole body vibration on jumping performance. *Biology of Sport* 15(3), 157-64.
- Cardinale, M. (2002). Abstract of the Ph.D. Thesis: The effects of vibration on human performance and hormonal profile. Budapest.
- Cardinale, M. y Lim, J. (2003). The acute effects of two different whole body vibration frequencies on vertical jump performance. *Med Sport* 56, 287-92.
- Delecluse, Ch.; Roelants, M. y Verschueren, S. (2003). Strength Increased after Whole-Body Vibration Compared with Resistance Training. *Med Sci Sports Exerc* 35(6), 1033-41.
- Issurin, V. B. y Tenenbaum, G. (1999). Acute and residual effects of vibratory stimulation on explosive strength in elite and amateur athletes. *Journal of Sports Sciences* 17, 177-82.
- Luo, J.; McNamara, B. y Moran, K. (2005). The use of vibration training to enhance muscle strength and power. *Sports Med* 35(1), 23-41.
- Martínez, E.; Carrasco, L. y Alacid, F. (2005). Efectos de los impactos mecánicos implicados en la práctica de diferentes deportes sobre las características óseas en deportistas. *Selección* 14(3), en prensa.
- Nishihira, Y.; Iwasaki, T.; Hatta, A.; Wasaka, T.; Kaneda, T. y Kuroiwa, K. y cols. (2002). Effect of whole body vibration stimulus and voluntary contraction on motoneuron pool. *Adv Exerc Sports Physiol* 8(4), 83-6.
- Rittweger, J.; Beller, G. y Felsenberg, D. (2000). Acute physiological effects of exhaustive whole-body vibration exercise in man. *Clinical Physiology* 20(2), 134-42.
- Rittweger, J.; Just, K.; Kautzsch, K.; Reeg, P. y Felsenberg, D. (2002). Treatment of Chronic Lower Back Pain with Lumbar Extension and Whole-Body Vibration Exercise. *SPINE* 27(17), 1829-34.
- Rubin, C.; Sommerfeldt, D. W.; Judex, S. y Qin, Y. (2001). Inhibition of osteopenia by low magnitude, high-frequency mechanical stimuli. *Drug Discov Today* 6(16), 848-58.
- Rubin, C.; Xu, G. y Judex, S. (2001). The anabolic activity of bone tissue, suppressed by disuse, is normalized by brief exposure to extremely low-magnitude mechanical stimuli. *Faseb J.* 2225-9.
- Torvinen, S. (2003). Effect of whole body vibration on muscular performance, balance, and bone. Acta Universitatis Tamperensis 908. University of Tampere.
- Torvinen, S.; Kannus, P.; Siövanen, H.; Järvinen, T. A. H.; Pasanen, M. y Kontulainen, S. y cols. (2002a). Effect of four-month vertical whole body vibration on performance and balance. *Med Sci Sports Exerc* 34(9), 1523-8.
- (2002b). Effect of a vibration exposure on muscular performance and body balance. Randomized cross-over study. *Clin Physiol & Func Im* 22, 145-52.
- Tous, J. y Mora, G. Entrenamiento por medio de vibraciones mecánicas: revisión de la literatura. *Lecturas: EF y Deportes. Revista Digital*, 79 (en línea) <http://www.efdeportes.com/efd79/vibrac.htm> (consulta: 25 agosto 2005)
- Verschueren, S. M. P.; Roelants, M.; Delecluse, Ch.; Swinnen, S.; Vanderschueren, D. y Boonen, S. (2004). Effects of 6-month whole body vibration training on hip density, muscle strength, and postural control in postmenopausal women: a randomized controlled pilot study. *Journal of bone and mineral research* 19, 352-9.