

r evisión científica

Aplicación de vibraciones mecánicas como método de entrenamiento deportivo

Ivan Chulvi



fuerza



entrenamiento



Resumen

En la actualidad se está investigando la aplicación de vibraciones (estímulos mecánicos) sobre el organismo humano. Desde hace tiempo se conoce de la existencia de este estímulo y se ha ido aplicando en personas conforme ha evolucionado el cuerpo teórico sobre su uso. Una gran parte del trabajo científico versa sobre su influencia en el mundo de prevención y el campo terapéutico, pudiendo servir a sujetos con patologías como la osteoporosis, el dolor de espalda baja, incontinencia urinaria entre otros. La otra aplicabilidad del uso sistemático de cargas vibratorias se centra en el campo del rendimiento deportivo. Sugiriéndose que puede incrementar los valores de fuerza-velocidad o potencia y mejorar la saltabilidad principalmente.

En este escrito se ha pretendido integrar la información vigente al respecto, para el uso como alternativa o como complemento de los entrenamientos convencionales

Palabras clave: vibraciones, cargas mecánicas, fuerza muscular, reflejo tónico, capacidad de salto

Introducción

Los efectos vibratorios se pueden observar en cualquier material (Warman, y col., 2002), esto incluye los tejidos orgánicos como el músculo (Barry y col., 1988). Desde la perspectiva del ámbito deportivo se comienza a aplicar por Nazarov y Spivak en la década de los 70 (Issurin y Tenebaum, 1999).

La aplicación de vibraciones controladas se realiza por dos vías: por un lado la realización de ejercicios de fuerza con estimulación vibratoria sobreimpuesta, y por otro lado, las tareas motrices realizadas bajo vibraciones de cuerpo entero (Issurin, 2005)

La aplicación de vibraciones modifica la aceleración (de la ecuación dinámica $F=mx\ddot{x}$) provocando



cambios en las condiciones gravitacionales (1.1g = hipergravedad), asemejándose a los cambios rápidos y violentos en la aceleración gravitacional de los ejercicios específicos de ganancias de fuerza y explosividad (Bosco y col., 1998 y Delecluse y col., 2003); Estimulando al músculo por vía refleja (Rittweger y col., 2003) excitando las alfa-motoneuronas provocando la respuesta conocida como, tonic vibration reflex (TVR) o reflejo tónico a la vibración (Hagbarth y Eklund 1965; Johnston y col., 1970, De Gaul y col., 1966, Hagbarth, 1967; Marsdem y col., 1969 en Tous y Moras, 2004; Jordan y col., 2005), caracterizado por una hiperactivación del reflejo miotático (Porta y col 2003). Fenómeno que aparece cuando la vibración mecánica es aplicada sobre el vientre muscular o al tendón, viéndose afectados también las estructuras periféricas (Bosco y col., 1999) El TVR provoca un incrementos de reclutamiento de las unidades motoras (De Gail y col., 1966 en Torvinen y col., 2002), y por tanto, generará un aumento de la actividad electromiográfica (Jordan y col., 2005). Por otro lado también influirá sobre los mecanismos de feedback propioceptivo y componentes específicos neuronales (Bosco, 2000);

Los efectos biológicos que genera la carga mecánica aplicada dependerá de:

La frecuencia de vibraciones medida en Herzios, la magnitud de la vibración representada por la aceleración o por desplazamiento, la duración de la exposición a vibraciones expresado por factores temporales, la posición mantenida, el stiffness muscular y articular (Mester, 2003; Jordan y col., 2005). Estos factores determinarán los efectos biológicos de la exposición a vibraciones. Partiendo de estos datos, los protocolos de uso de las vibraciones dependerán de los objetivos a conseguir, planificando y sistematizando la exposición de vibraciones en el camino más adecuado (Chulvi y Pablos, pendiente de publicación)

Es escasa la información sobre los efectos de los diferentes protocolos aplicados que nos permitan basarnos en unos más concretos y seguros (Cardinale y col., 2003) tanto a nivel deportivo como con carácter terapéutico.

SEGURIDAD DE LA APLICACIÓN DE VIBRACIONES

Se ha hipotetizado que a baja amplitud y alta frecuencia de estimulación mecánica en el cuerpo humano es seguro y eficiente para la mejora muscular y la densidad ósea (Torvinen y col., 2002). Parece ser que vibraciones a frecuencias moderadas (25-40 Hz) (30- 50Hz para Luo y col., 2005) con amplitudes pequeñas (2-10mm) y corta duración de la exposición (inferior a los 30 minutos con intermitencias) pueden provocar efectos beneficiosos, a la vez que se indica que exceder estos parámetros puede ser perjudicial. Este carácter perjudicial se daría si se alcanza la fenómeno de resonancia, situación en la que un cuerpo vibra al recibir impulsos de frecuencia igual a la suya o múltiplo de ella. Esta situación de resonancia hay que evitarla para minimizar el impacto que sufren los tejidos implicados, porque se produce un desplazamiento máximo entre los órganos y las estructuras esqueléticas (Tous y Moras, 2004, Griffin, 1994 Hertench y col., 1992 en Spitzenpfeil, 1999).

APLICACIÓN DEPORTIVA:

Las cargas de vibración ocurren tanto en situaciones cotidianas como en situaciones deportivas (Mester y col., 1999; Jordan y col., 2005). Estas vibraciones deben ser absorbidas (Spitzenpfeil, 1999)

Los incrementos de fuerza debido a las cargas vibratorias son el resultado de adaptaciones neuronales y pueden estar ascritas una mayor eficiencia del uso de la información sensorial en la producción de fuerza. (Delecluse y col., 2003) es decir, que influye en los mecanismos de feedback propioceptivo y componentes específicos neuronales (Bosco, 2000). Por lo que resultará eficaz para mejorar la expresión de potencia y gestos balísticos (Torvinen y col., 2002; Cochrane, Standard, 2005)

Mejoras de la capacidad explosiva.
Existe un 89% de probabilidad de que el programa de vibraciones empleado sea beneficioso para mejorar el ciclo estiramiento-acortamiento (CEA) y el coeficiente de reactividad (CR = altura del salto/tiempo de contacto) (Tous y Moras, 2004), por lo que se puede sugerir que resultará un trabajo muy similar al trabajo explosivo (Bosco y col., 1999).

Principalmente se han encontrado las mejoras en la capacidad explosiva, y movimientos balísticos de lo miembros inferiores, y por ende, en la capacidad de salto vertical (Bosco, 1999; Torvinen y col., 2002; Mester y col., 2003; Delecluse y col., 2003; Cochrane y Standard, 2005; Luo y col., 2005; Jordan y col., 2005)

Hasta el momento se han citado estudios sobre explosividad en miembro inferiores pero en el estudio llevado a cabo por Bosco y col., (1999) se analiza la potencia en miembros superiores, declarando unas mejoras significativas en la expresión de potencia en los miembros superiores de boxeadores de élite.

Por último, los efectos residuales del entrenamiento con vibraciones, resulta insignificante (Issurin y col., 1999) pero si que genera fatiga, y los mecanismos neuronales que pueden causar esta

fatiga por aplicación de vibraciones pueden ser tanto el consumo de neurotransmisores, la inhibición supraespinal y el reflejo autogénico de inhibición (Torvinen y col., 2002; McBride y col., 2004).

Se debe destacar que los efectos sobre el sistema cardiovascular son muy ligeros, Kerschman-Schindl y col., (2001) detectaron como efecto agudo tras una breve exposición a vibraciones un incremento en la movilidad del volumen sanguíneo, pero no estaba relacionado con cambios cardiovasculares

Mejora de flexibilidad

Se ha sugerido por varios autores la posibilidad de aumentar la flexibilidad gracias a las vibraciones (Issurin y col., 1994; Mester y col., 2005). Dos podrían ser los mecanismos que facilitan este incremento. El primero sería por culpa de los cambios de nivel de la sensibilidad de los nociceptores, o el segundo por un aumento de la temperatura, facilitando una mayor irrigación y capacidad elástica (Porta y col., 2003), aspecto que comentan Tous y Moras, 2004 cuando comentan el efecto agudo toxotrópico muscular que sucede ante cargas vibratorias. Cochrane, S R Standard, (2005) encontraron mejoras de flexibilidad realizando el test del sit and reach en sus jugadoras de jockey

Estabilización articular

Estudios recientes (Rothmuller y Cafarelli, 1995; Berschin y Sommer, 2004,) encuentran que la vibración produce una mayor coactivación agonista tanto durante como después (lo que podría tener un efecto positivo en la estabilización activa de la

articulación (Berschin y Sommer, 2004). También mejora los impulsos a la musculatura antagonista (Issurin 1994; Bosco y col., 1999; Berschin y col 2003; Bosco, 2003 en Ports y col., 2003).

Sin efectos positivos

Hay algún estudio que plantea que el entrenamiento con WBV no reporta mejoras en comparación con el sistema convencional de fuerza ante esfuerzos medios (Delecluse y col; 2003). Los mismos autores llevaron a efecto otro estudio con esprinters y tampoco observaron mejoras en su comparación con los métodos tradicionales de mejora de fuerza (Delecluse y col; 2004 y 2005).

Otros estudios que no encuentran mejoras son los de Issurin y col., (1994) y Webber, (1997) en Spitzenpfeil, (1999) De Ruitter y col, 2003 no encontraron mejoras tras un entrenamiento de 11 semanas de WBV en el test de salto en contramovimiento en sujetos sanos

Efectos negativos del exceso de vibraciones

Existen evidencias de los riesgos que suponen la realización crónica de vibraciones para el cuerpo humano, ya sea por exposición prolongada como por exceso de intensidad (Jordan y col., 2005) pudiendo generar lesiones o enfermedades (Mester y col., 2003), recordemos que la seguridad de la exposición a vibraciones está recogida en ISO2631/1.

Los efectos negativos reportados por un exceso de vibraciones quedan recogidos en la tabla que se presenta a continuación.

Conclusiones

El uso de estímulos vibratorios está usándose como un medio diferente y complementario de entrenamiento deportivo, principalmente orientado a la ganancia de fuerza explosiva y a mejores rendimientos de salto vertical.

Se ha podido encontrar incongruencia en los estudios consultados, posiblemente por falta de concreción de la intervención (recordemos que son muchos los parámetros que pueden influir), apareciendo resultados positivos y resultados sin diferencias significativas. Debido a no tener datos concluyentes y a los riesgos asociados que puede llevar una mala aplicación de cargas de vibraciones debemos ser precavidos a la hora de aplicarlas. Se sugiere remitirse a los estudios realizados hasta el momento para observar protocolos aplicados y sus efectos, con el fin de aplicar los que más se adecuen a nuestros propósitos.

Resultan necesarias más investigaciones que puedan cubrir algunas franjas que por ahora no son del todo concluyentes. Por ello se sugiere que en futuras investigaciones se concrete todas las variables de los programas de intervención propios de las vibraciones (frecuencia, duración, desplazamiento, densidad del estímulo, etc.) y además se describa la posición mantenida o ejercicio realizado durante la exposición vibratoria.

Efecto negativo	Estudio
Eritemas y edemas	Kerschman- Schindl y col., 2001, Rittweger, 1999; Rittweger y col., 2000 en Rittweger y col., 2002
vértigos, los dolores de espalda baja, la epilepsia	Mester, 2003
alterar el rendimiento de los mecanoreceptores disminuyendo los procesos perceptivos y sensoriomotres	Ribot- ciscar y col., 1996
degeneración fibrilar	Necking y col. (1996 en Tous y Moras, 2004)
síndrome por vibración, presentando disfunciones neuronales	Miyashita y col 1983 (en Tous y Moras, 2004; Jordan y col., 2005)
Dolor de espalda baja	Rittweger y col., 2002; Jordan y col., 2005
dolor en desentrenados	Rittweger y col., 2003 ; Cardinale y col., 2004
reducción en el flujo sanguíneo, pudiendo ocasionar lo que se conoce como "dedo blanco"	Bovenzi y col., 2001; Bovenzi y Hulshof, 1999; Bovenzi y Griffin, 1997
Aparición de la patología del síndrome del brazo vibratorio (HAVS), caracterizado por disfunciones neuronales	Wasseman y col., 1991 en Jordan y col., 2005)
Igualmente, se ha observado que las vibraciones de altas frecuencias producen reducción del flujo sanguíneo, pudiendo ocasionar lo que se conoce como "dedo blanco"	(Tous y Moras, 2004)
Excesivo tiempo de exposición a vibraciones puede producir fatiga e inhibición del rendimiento neuromuscular	(Bosco y col., 1998; Rittweger y col., 2000; De Rulter y col., 2002 en Cardinale y col., 2003).

Se recomienda que las futuras investigaciones en el campo del rendimiento deportivo se orienten hacia los siguientes franjas de conocimiento:

1. Protocolo para generar un efecto de potenciación en pruebas explosivas y de potencia
2. Efectos de las vibraciones sobre las extremidades superiores (sobre las manifestaciones de fuerza y fuerza explosiva)
3. Efecto de las vibraciones sobre la fuerza resistencia
4. Fatiga y efectos residuales del entrenamiento con vibraciones

Referencias bibliográficas

- Barry, D.T. y Col, N.M (1988) Fluid mechanics of muscle vibrations. *Biophysical Journal* 53,899-905 en Tous, J. y Moras, G. (2004) Entrenamiento por medio de vibraciones mecánicas: revisión de la literatura [www.efdeportes.com/Revista digital- Buenos aires-Año 10nº79](http://www.efdeportes.com/Revista%20digital-Buenos%20aires-Año%2010nº79)
- Berschlin, G. y Sommer, H. (2004) Vibrationskrafttraining und gelenkstabilität: EMG untersuchungen zur wirkung von vibrationsfrequenz und körperhaltung auf muskeltktivierung und koaktivierung. *Deutsche zeitschrift für sportmedizin* 55:152-158 en Tous, J. y Moras, G. (2004) Entrenamiento por medio de vibraciones mecánicas: revisión de la literatura [www.efdeportes.com/Revista digital- Buenos aires-Año 10nº79](http://www.efdeportes.com/Revista%20digital-Buenos%20aires-Año%2010nº79)
- Bosco C., Colli R, Introiini E., Cardinale M., Madella, A., Tihanyi J., et al.(1999) Adaptive responses of human skeletal muscle to vibration exposure. *Clin Physiol*;19:183-7.
- Bosco, C., Cardinale, M., Colli, R., Tihany, J.; von Duvillard, S.P. y Viru A. (1998) The influence of whole body vibration on the mechanical behavior of skeletal muscle. *Biol. Sport*
- Bosco, C. (2000) Hormonal responses to whole-body vibration in men. *Eur. J. Appl Physiol.* 81: 449-454
- Cardinale, M y Lim. J.(2003) The acute effects of two diferente whole body vibration frequencies on vertical jump performance. *Med. Sports* ; 56: 287-292
- Cochrane, D.J.;Standard, S.R. (2005): Acute whole body vibration training increases vertical jump and flexibility performance in elite female field jockey players. *Br J Sports Med* ;39:860-865.
- De Ruiter CJ, Van Raak SM, Schilperoort JV, Hollander AP, de Haan A. (2003) The effects of 11 weeks whole body vibration training on jump height, contractile properties and activation of human knee extensors. *Eur J Appl Physiol.*;90(5-6):595-600.
- Delecluse, C., Roelants, M., and Verschuerev,S.(2003) Strength Increase after Whole-Body Vibration Compared with Resistance Training. *Med. Sci. Sports Exerc.*, Vol. 35, No. 6, pp. 1033-1041. .
- Delecluse, C.; Roelants, M.; Diles' R.;Koninckx, E.; Verschuerev' S.:(2005) Effects of Whole Body Vibration Training on Muscle Strength and Sprint Performance in Sprint-Trained Athletes *Int J Sports Med* ; 26: 662-668
- Delecluse, C.; Roelants, M.;Verschuerev, S.(2003) Strength Increase after Whole-Body Vibration Compared with Resistance Training. *Med. Sci. Sports Exerc.*,35 (6.): 1033-1041
- Delecluse, C; Roelants, M; Diles, R; Koninckx, E, Verschuerev, S.(2004) Effects of whole body vibration training on muscle strength and sprint performance in sprint-trained athletes. *Int. J. Sports Med*: [abstract] DOI: 10.1055/s-2004-830381
- Issurin, V.B.; Liebermann,D.G.; Tenenbaum,G.(1994). Effect of vibratory stimulation training on maximal force and flexibility. *J.Sports Sci.* 12(8):561-566
- Issurin VB. (2005) Vibrations and their applications in sport. A review. *J Sports Med Phys Fitness.* ;45(3):324-36.
- Issurin, V.B. y Tenenbaum, G. (1999) Acute and residual effects of vibratory stimulation on explosive strength in elite and amateurs athletes. *Journal of Sports Sciences.* , 17: 177-182
- Jordan MJ, Norris SR, Smith DJ, Herzog W. (2005) Vibration training: an overview of the area, training consequences, and future considerations. *J Strength Cond Res.* ;19(2):459-66
- Kerschhan-Schindl,K.; Grampp, S.; Henk, C.; Resch, H.; Preisinger, E.;Fialka-Moser, V.;Imhof, H. (2001)Whole-body vibration exercise leads to alterations in muscle blood volume. *Clinical Physiology* 21, 3 377-382
- Luo J, McNamara B, Moran K. (2005) The use of vibration training to enhance muscle strength and power. *Sports Med.* ;35(1):23-41.
- Mester, J., Spitzenpfeil, P., Yue, Z. (2003): Vibration Loads: Potential for Strength and Power Development (cap 24) en Komi, P coord (2003)*Strength an Power in Sport Blackwell Science: Oxford*
- Porta, J., Mas, J., Paredes, C., Izquierdo, E., Aliaga, J., Martí, D.(2003) 'Efectos de una sesión de vibroestimulación en la fuerza máxima y explosiva de ciclistas y saltadores junior' en RED XVII (4) :9-15
- Rittweger, J., Just, K., Kirsch, K.A. Reeg, P., Felsenberg, D.(2002) Treatment of chronic lower back pain with lumbar extensión and whole-body vibration exercise. *Spine* ; 27: 1829-1834
- Rittweger, J.; Mutschelknauss,M.; Felsenberg, D. (2003) Acute changes in neuromuscular excitability after exhaustive whole body vibration exercise as compared to exhaustion by squatting exercise *Clin Physiol & Func Im* 23:81-86
- Rittweger, J; Mutschelknauss, M; Felsenberg (2003), D. Acute changes in neuromuscular excitability after exhaustive whole body vibration exercise as compared to exhaustion by squatting exercise. *Clin. Physiol. Y Func. Im* 23:81 - 86
- Roelants, M.; Delecluse,Ch.; Verschuerev, S.M. (2004) Whole-Body-Vibration Training Increases Knee-Extension Strength and Speed of Movement in Older Women *JAGS* 52:901-908.
- Spitzenpfeil, P. Schwarzer, J., Fiala, M; Mester, J(1999). Strength training with whole body vibrations single case studies and time series analises.[poster] en el 4º congreso anual del colegio europeo de deporte ciencia
- Torvinen, S (2003) . Effect of whole body vibration on muscular performance, balance, and bone. *Academic Dissertation (Tampere)*
- Torvinen. S.;Kannus, P; Sievänen, H.; Järvinen, T.;Pasanen, M; Kontulainen, S, Teppo, L.N.; Järvinen, M.; Oja, P, Vuori, I.(2.002) Effect of a vibration exposure on muscular performance and body balance. Randomized cross-over study . *Clin. Physiol y Func. Im.* 22 pp 145-152
- Torvinen, S.; Kannus, H.; Sievanen, T.; Jarvinen, M.; Pasanen, S.; Kontulainen, T.; Jarvinen, M.; Jarvinen, P.; Vouri, I (2002)Effect of four-month vertical whole body vibration on performance and balance. *Med. Sci. Sports Exerc.*,34,(9): 1523-1528.
- Tous, J. y Moras, G. (2004) Entrenamiento por medio de vibraciones mecánicas: revisión de la literature. En [www.efdeportes.com/Revista digital- Buenos aires-Año 10nº79](http://www.efdeportes.com/Revista%20digital-Buenos%20aires-Año%2010nº79)
- Verschuerev, S.; Roelants, M.ç; Diecluse, Ch.; Swinnen, S.;Vanderschuerev, D.; Boonen, S., (2004): 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* ;19:352-359