

EFFECTOS POSITIVOS DE LA ESTIMULACIÓN MECÁNICA MUSCULAR (EMM)

*Serrano Martínez, Vanessa,
Jiménez Gutiérrez, Alfonso.*

*Departamento de Fundamentos de la Motricidad y del Entrenamiento Deportivo
Facultad Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Universidad Europea de Madrid.*

RESUMEN

En los últimos años el trabajo con vibraciones ha supuesto una revolución dentro del entrenamiento deportivo. El presente estudio, a través de una revisión bibliográfica de los artículos más significativos relacionados con el tema en cuestión, analiza los efectos que la estimulación mecánica tiene en diferentes manifestaciones de la fuerza muscular.

Palabras clave: estimulación mecánica muscular, vibraciones, fuerza muscular, efectos.

"Kronos nº 6, pp. 55-59, julio-diciembre 2004"

Figura 1

Plataforma de Bosco donde se realizan varios de los protocolos de Estimulación Mecánica Muscular



INTRODUCCIÓN

Los efectos del tratamiento con vibración parecen producir rápidas adaptaciones biológicas asociadas a la adaptación neural (Bosco y col., 1998b).

El ejercicio con vibración ha sido recientemente desarrollado para la prevención y el tratamiento de la osteoporosis, observándose efectos en el entrenamiento neuromuscular sin mucho esfuerzo y en cortos períodos de tiempo (Rittweger y col., 1999).

La aplicación en los últimos años de plataformas de estimulación mecánica muscular en el entrenamiento de la fuerza ha supuesto una verdadera revolución. En base a la hipótesis de que una estimulación total del cuerpo, de baja intensidad, podría influir muy positivamente en la reducción del riesgo de caídas y fracturas mediante una mejora simultánea de la fuerza muscular, del equilibrio y de la competencia mecánica de los huesos (Bosco y col., 1999a; Bosco y col., 1999b; Rittweger y col., 2000a; Torvinen y col., 2002a, Torvinen y col., 2002b)

los investigadores han comenzado a desarrollar trabajos en varias direcciones. Una de ellas es la que ya identificaron Torvinen y colaboradores en las conclusiones de su trabajo (2002a y 2002b), referida a desarrollar investigaciones que comparan los efectos de la estimulación mecánica muscular con sistemas convencionales de entrenamiento de fuerza, y muy especialmente en población femenina, afectada de forma exponencial por la osteoporosis en occidente. Además, pueden ser beneficiosas para su utilización terapéutica para pacientes inmovilizados, pacientes mayores con poca movilidad o para quienes están en un estado clínico malo, y también pueden ser utilizadas en la recuperación de atletas fatigados (Rittweger y col., 2001).

Según los estudios analizados, todavía existen algunas lagunas en el campo del trabajo con estimulación mecánica como puede ser el que no haya un programa de ejercicios estandarizados, el que el tipo de estímulo y tiempo más adecuado tampoco está claro.

MÉTODOS

Se realizó una búsqueda en las bases de datos bibliográficas MEDLINE y SPORTDISCUS de estudios que incluyesen los términos "whole-body", "vibration", "exercise", "physical activity" y "vibration-platform". Se seleccionaron los estudios randomizados, que habían contado con la participación de distintos perfiles de sujetos a los que se les aplicó estimulación con vibraciones. Se compararon los resultados obtenidos con un programa de entrenamiento de fuerza, resistencia, flexibilidad, así como los obtenidos antes y después de recibir los estímulos sin haber realizado otro tipo de entrenamiento.

El presente trabajo incluye los ensayos realizados en base a estimulaciones a cualquier frecuencia, amplitud o aceleración, y durante diferentes períodos de tiempo.

RESULTADOS

Se encontraron 26 estudios, realizados entre 1994 y 2004. Sus características principales y resultados se han agrupado en función de los efectos y del tipo de estímulo, aplicado.

a) Aumento de la capacidad de salto y de la potencia

Existe un aumento en la altura del salto (Bosco y col., 1998a; Bosco y col., 1998b), en la potencia del salto (Bosco y col., 1998a; Bosco y col., 1998b; Bosco y col., 1998c), y en el promedio de altura de 5 saltos continuos (Bosco y col., 1998a; Bosco y col., 1998b), y en su potencia (Bosco y col., 1998b; Bosco y col. 1998c). Además, también se observa un aumento en la altura del salto con contramovimiento (Bosco y col., 2000; Delecluse y col., 2003). Todo ello viene dado por un aumento de la potencia de los músculos extensores de la rodilla (Bosco y col., 2000).

Del mismo modo, Delecluse ha introducido, en su estudio del año 2003, ejercicios sobre la plataforma. Los sujetos que recibían las vibraciones ejecutaban ejercicios estáticos y dinámicos de extensión de rodilla sobre la plataforma.

En resumen, parece existir un aumento en el promedio de la velocidad, la fuerza y la potencia de la musculatura que recibe directamente las vibraciones (Bosco y col., 1998c), y de los valores del salto en general. En contraposición a las conclusiones recientemente expuestas, Rittweger y col. (1999) afirma que los valores de salto disminuyen, además de los valores de fuerza de los músculos extensores de la rodilla, durante los 2 primeros segundos de la aplicación. Esto puede deberse a que en este último estudio los ejercicios se realizaban hasta la extenuación.

Ahora bien, cuando se habla de un aumento de potencia, ésta no sólo se ve incrementada en los miembros inferiores. Si la aplicación se realiza en los brazos, también

aumentará la potencia en ellos (Bosco y col., 1999;). Bosco empleó el un método de entrenamiento en el que uno de los brazos recibía las vibraciones y el otro no.

Otro protocolo para el entrenamiento del tren superior es fue el realizado por Serrano y Jiménez en 2004, donde también se encontraron beneficios (Fig.2 y Fig.3).

Figura 2

Foto posición grupo Estimulación Mecánica



Figura 3

Foto posición grupo Press de Banca



Por otra parte, Issurin y Tenenbaum (1999), tras centrarse en el estudio de sujetos de élite y aficionados, concluyó que esa mejora de la potencia se produce de manera superior si los sujetos tratados son grupos de élite.

b) Aumento de la fuerza

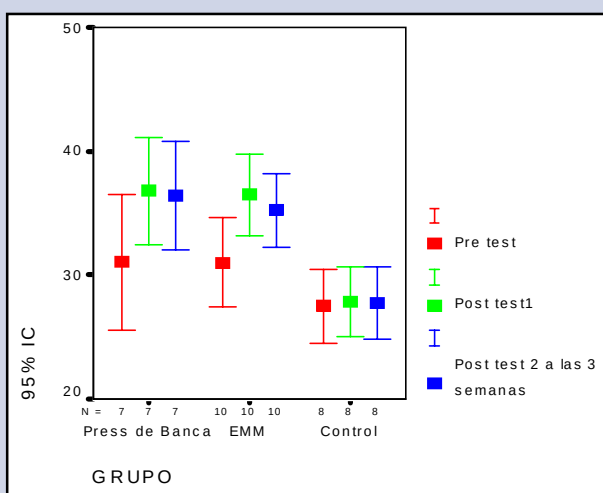
Las vibraciones consiguen un aumento de la fuerza isométrica y de la fuerza dinámica en la musculatura extensora de la rodilla (Delecluse y col., 2003), además de un aumento superior de la fuerza máxima isotónica al compararlo con un entrenamiento tradicional, a pesar de que este último tipo de entrenamiento aumenta de forma inmediata tanto la potencia máxima como la media (Issurin y col., 1994).

No obstante, no todos los estudios comparten estos resultados de mejora. De Ruiter (2003) afirma que, tras una aplicación de 11 semanas, no se encontraron mejoras ni en la fuerza isométrica de los extensores de la rodilla, ni en el salto con contramovimiento. El mismo autor en otro trabajo (2003b), concluye que la máxima fuerza isométrica y la máxima proporción de subida de fuerza se mantienen tras una aplicación de 2 semanas, mientras que la fuerza máxima disminuye a los 90 segundos de haber terminado la sesión, recuperándose tras 3 horas.

En otro estudio de 2004 con 6 semanas de aplicación (Serrano y Jiménez), se encontraron mejoras en 1RM en el miembro superior, se compararon 3 grupos, uno control, otro que realizaba un entrenamiento tradicional de press de banca (GPB) y un tercero que recibía una estimulación mecánica muscular (GEEM), (Fig.4).

Figura 4

Valores medios de 1-RM inicial, 1-RM final y 1-RM a las 3 semanas (kg) de las mujeres evaluadas por grupos de entrenamiento



Otros estudios establecen el momento exacto en el que se consiguen los aumentos de la fuerza de la musculatura de la rodilla, del salto vertical, y algo nuevo, el aumento de la estabilidad. Todo esto ocurre a los 2 minutos y tras una sola aplicación de 4 minutos (Torvinen y col., 2002a). Estudios de la misma autora explican que tras una aplicación de 4 meses también se consiguen beneficios en la altura del salto, pero que en relación a la fuerza de los músculos extensores de la rodilla, los beneficios se dan tras los primeros dos meses de aplicación, y que después estos disminuyen (Torvinen y col., 2002b). Si la aplicación llega a los 8 meses, la ganancia en el salto disminuye (Torvinen y col., 2003).

c) Aumento de la testosterona y de la hormona del crecimiento

Otros tipos de beneficios fisiológicos son el aumento de la testosterona y de la hormona del crecimiento, a la

vez que también pueden producir un descenso del nivel de cortisol en plasma y de la actividad de nivel de estimulación neural (Bosco y col., 1998c).

d) Efecto confuso en la activación neural

Esta última afirmación se contradice con el estudio de Cardinale y Lim (2003a), para quien el promedio de nivel de estimulación neural aumenta con las vibraciones. En su estudio los sujetos se sitúan sobre la plataforma con una flexión de rodillas de 100°. El nivel de estimulación neural es registrado cada 60" en las siguientes condiciones: sin vibración, a 30 Hz, a 40 Hz y a 50 Hz de frecuencia, la posición hay que mantenerla durante 60" en cada una de las condiciones, habiendo un descanso de 60" entre cada una de ellas.

e) Cambios en la circulación sanguínea

Kerschán-Schindl (2001) afirma que las vibraciones producen un aumento de la circulación de la sangre en la pantorrilla y en el muslo, un aumento en la velocidad del flujo en la arteria poplítea, y una disminución en la resistencia de la misma. No hay cambios ni en la presión diastólica ni en la sistólica. Por el contrario, Rittweger (1999) sí encuentra cambios en las presiones, la sistólica aumenta, y la diastólica disminuye. Además, se ha comprobado que las vibraciones a baja frecuencia (20-80 Hz) no tienen los efectos negativos en la circulación periférica que sí tienen las de alta frecuencia (Kerschán-Schindl y col., 2001).

f) Cambios en el consumo de oxígeno

Se han encontrado modificaciones del mismo en varios estudios. Rittweger (1999) afirma que las vibraciones producen una disminución del VO₂. En cambio, dos años más tarde (Rittweger y col., 2001), habla de un aumento del mismo. Hay que tener en cuenta que el entrenamiento que se realizaba en los estudios era diferente. El aumento en el VO₂ se produce a 34 Hz (Rittweger y col., 2002a).

g) Aumento de la creatinquinasa y de la urea

El aumento de la creatinquinasa y de la urea durante la aplicación de vibraciones indica un mayor esfuerzo (Mester y col., 1999), pero, por el contrario, el tiempo hasta el agotamiento se reduce (Rittweger y col., 2003), y los valores de recuperación son iguales que en un ejercicio sobre cicloergómetro hasta la extenuación. Además, se ha observado que la concentración de lactato es inferior durante las vibraciones y que hay un descenso del ritmo cardíaco (Rittweger y col., 1999).

h) Mejora de la flexibilidad

Issurin (1994) observó que el trabajo con vibraciones podía aumentar la flexibilidad si los sujetos entrenaban 3 días por semana durante 3 semanas. La frecuencia de aplicación de las vibraciones en este estudio fue 44 Hz, con una amplitud de 3 mm.

i) Cambios en otros campos relacionados con la salud

Flieger (1998) realizó un estudio con ratas de laboratorio utilizando una frecuencia de 50 Hz durante 30 minutos al día, 5 días a la semana durante 12 semanas. Observó que éstas pueden contribuir a la prevención de la pérdida de hueso en mujeres en la menopausia, aunque sin influir en la densidad del hueso (1998), y también a la disminución de la sensación de dolor lumbar en pacientes con dolor lumbar crónico sin determinar (Rittweger y col., 2002b). El tratamiento de los sujetos que sí recibían las vibraciones era el siguiente: sobre la plataforma en bipedestación, con las piernas un poco flexionadas, y manos en la cadera, con la columna lumbar en ligera hiperlordosis (frecuencia de 18 Hz).

CONCLUSIONES

Las vibraciones influyen en el mecanismo de bio-alimentación propioceptivo y en los componentes neurales específicos, llevando a una mejora en la ejecución neuromuscular (Bosco y col., 2000).

Existe una mayor efectividad de las vibraciones que de los ejercicios isométricos para conseguir mejoras en el nivel de estimulación neural (Cardinale y Lim., 2003a).

Los ejercicios con vibraciones imponen hipergravedad y altas aceleraciones, que producen cambios en la longitud del complejo músculo-tendón (Cardinale y Bosco, 2003b).

Por otra parte, también se ha demostrado que un corto entrenamiento con vibraciones no produce una activación en el músculo durante la máxima fuerza isométrica de los extensores de rodilla, ni hay una máxima producción de subida de fuerza en sujetos desentrenados (De Ruiter y col., 2003a).

No todos los estudios demostraron mejoras. Una explicación puede ser que las unidades motoras más grandes no son reclutadas en su totalidad durante este tipo de vibraciones. El hecho es que un único entrenamiento con vibraciones causa sólo moderada fatiga en el músculo. Autores como Rittweger afirman que el reclutamiento de fibras es limitado (De Ruiter y col., 2003b).

Sí es sabido que las vibraciones pueden ser una importante forma de entrenamiento para prevenir la pérdida de masa del hueso porque no se necesita realizar esfuerzo por parte del paciente (Flieger y col., 1998). Esta nueva técnica de vibraciones, es muy interesante no sólo en el campo del entrenamiento, sino también en el de la rehabilitación (Issurin y col., 1994). Por ejemplo, si se realiza una terapia con vibraciones bien controladas, ésta puede ser más bien la causa de la cura que del dolor lumbar (Rittweger y col., 2002b).

Además, las vibraciones a baja frecuencia no tienen los efectos negativos que sí tienen las de alta frecuencia (Kerschán-Schindl y col., 2001).

Nunca antes se había realizado un estudio con un grupo placebo, ni tampoco se habían comparado los efectos de las vibraciones con un entrenamiento de fuerza resistencia, hasta el 2003 (Delecluse y col., 2003). Sería interesante en futuros estudios aclarar la variabilidad individual de cada ejercicio y compararlos con otros. Además, los nuevos trabajos también deben ir encaminados a comparar las mejoras provocadas por el entrenamiento con vibraciones y un entrenamiento convencional de resistencia, y como objetivo mayor, analizar el efecto de las vibraciones en la estructura y fuerza de los huesos, y en la incidencia en las caídas de las personas mayores.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS



1. Bosco C., Cardinale M., Colli R., Tihanyi J., von Duvillard S.P., Viru A. (1998a): The influence of whole body vibration on the mechanical behaviour of skeletal muscle. *Biol. Sport* 15: 157-164.
2. Bosco C., Cardinale M., Tsarpela O. (1999): influence of vibration on mechanical power and electromyogram activity in human arm flexor muscles. *Eur. J. Appl. Physiol* 79: 306-311.
3. Bosco C., Cardinale M., Tsarpela O., Colli R., Tihanyi J., von Duvillard S.P., Viru A. (1998b): The influence of whole body vibration on jumping performance. *Biol. Sport* 15: 157-164.
4. Bosco C., Colli R., Introini E., Cardinale M., Tsarpela O., Madella A., Tihanyi J., Viru A. (1998c): Adaptative responses of human skeletal muscle to vibration exposure. *Clin. Physiol.* 19, 2, 183-187.
5. Bosco C., Iacovelli M., Tsarpela O., Cardinale M., Bonifazi M., Tihanyi J., Viru M., De Lorenzo A., Viru A. (2000): Hormonal responses to whole body vibration in men. *Eur. J. Appl. Physiol.* 81: 449-454.
6. Cardinale M., Lim J. (2003a): Electromyography activity of vastus lateralis muscle during whole body vibrations of different frequencies. *J. Strength and Conditioning Research* 17 (3): 621-624.
7. Cardinale M., Bosco C., (2003b): The use of vibration as an exercise intervention. *Exerc. Sport Sci. Rev.* 31 (1): 3-7.
8. Delecluse C., Roelants M., Verschueren S. (2003): Strength increase after whole body vibration compared with resistance training. *Med. & Sci. in Sports & Exerc.* 35:1033-1041.

9. De Ruiter C.J., van der Linden R.M., van der Zijden M.J.A., Hollander A.P., de Hann A. (2003a): Short-term effects of whole body vibration on maximal voluntary isometric knee extensor force and rate of force rise. *Eur. J. Appl. Physiol.* 88: 472-475.
10. De Ruiter C.J., van Raak S.M., Schilperoort J.V., Hollander A.P., de Hann A. (2003b): 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: 595-600.
11. Flieger J., Karachalios Th., Khaldi L., Raptou P., Lyritis G. (1998): Mechanical stimulation in the form of vibration prevents postmenopausal bone loss in ovariectomized rats. *Calcif. Tissue Int.* 63: 510-514.
12. Fritton J.C., Rubin C.T., Qin YX., McLeod K.J. (1997): Whole-body vibration in the skeleton: development of a resonance-based testing device. *Ann. Biomed. Eng.* 25: 831-839.
13. Issurin V., Liebermann D., Tenenbaum G. (1994): Effect of vibratory stimulation training on maximal force and flexibility. *J. Sports Sci.* 12: 561-566.
14. Issurin V., Tenenbaum G. (1999): Acute and residual effects of vibratory stimulation on explosive strength in elite and amateur athletes. *J. Sports Sci.* 17: 177-182.
15. Kerschman-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. *Clin. Physiol.* 21: 377-382.
16. Mester J., Spitzenfeil P., Schwarzer J., Seifriz F. (1999): Biological reaction to vibration implantations for sport. *J. Sci. Med. Sports* 2: 211-226.
17. Rittweger J., Beller G., Felsenberg D. (1999): Acute physiological effects of exhaustive whole body vibration exercise in man. *Clin. Physiol.* 20, 2: 134-142.
18. Rittweger J., Ehrin J., Just K., Mutschelknauss M., Kirch K.A., Felsenberg D. (2002a): Oxygen uptake in whole body vibration exercise: Influence of vibration frequency, amplitude, and external load. *Int. Sports Med.* 23: 428-432.
19. Rittweger J., Just K., 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, 2: 81-86.
20. Rittweger J., Just K., Kautzsch K., Ms Psych, Reeg P., Felsenberg D. (2002b): Treatment of chronic lower back pain with lumbar extension and whole body vibration exercise. *SPINE* 27, nun 17: 1829-1834.
21. Rittweger J., Schiessl H., Felsenberg D. (2001): Oxygen uptake during whole body vibration exercise: comparison with squattig as a slow voluntary movement. *Eur. J. Appl. Physiol.* 86: 169-173.
22. Serrano V., Jiménez A. (2004): Efectos a corto plazo en la fuerza muscular del miembro superior de un programa de estimulación mecánica muscular (EMM) frente a un programa tradicional de entrenamiento de fuerza en un grupo de mujeres jóvenes.
23. Torvinen S., Kannus P., Sievänen H., Järvinen T.A.H., Pasanen M., Kontulainen S., Järvinen T.L.N., Järvinen M., Oja P., Vuori I. (2002a): Effect of a vibration exposure on muscular performance and body balance. Randomized cross-over study. *Clin. Physiol & Func Im* 22, 145-152.
24. Torvinen S., Kannus P., Sievänen H., Järvinen T.A.H., Pasanen M., Kontulainen S., Järvinen T.L.N., Järvinen M., Oja P., Vuori I. (2002b): Effect of four-month vertical whole body vibration on performance and balance. *Med. Sci. Sports Exerc.* 34: 1523-1528.
25. Torvinen S., Kannus P., Sievänen H., Järvinen T.A.H., Pasanen M., Kontulainen S., Neronen A., Järvinen T.L.N., Paakkala T., Järvinen M., Vuori I. (2003): Effect of 8-month vertical whole body vibration on bone, muscle performance and body balance. A randomized controlled study. *J. Bone Miner. Res.* in press.
26. Torvinen S., Sievänen H., Järvinen T.A.H., Pasanen M., Kontulainen S., Kannus P. (2002c): Effect of 4-min vertical whole body vibration on muscle performance and body balance: A randomized cross-over study. *Int. J. Sports Med.* 23: 374-379.

**Autores
para establecer
correspondencia:**

**Vanessa Serrano Martínez
Alfonso Jiménez Gutiérrez**

E-mail: vasema@terra.es
alfonso.jimenez@fme.afd.uem.es

