

# Efecto de las vibraciones mecánicas en el entrenamiento de fuerza

## PEDRO MANONELLES MARQUETA\*

Licenciado en Medicina y Cirugía. Especialista en Medicina del Deporte

## LUIS GIMÉNEZ SALILLAS

Doctor en Medicina y Cirugía. Profesor Titular E.U. Ciencias de la Salud.

Universidad de Zaragoza.

E.U. de Ciencias de la Salud. Departamento de Fisiatría y Enfermería

## JAVIER ÁLVAREZ MEDINA

Doctor en Ciencias de la Actividad física y el deporte.

Profesor Asociado Facultad Ciencias de la Salud y del Deporte.

Universidad de Zaragoza

E.U. de Ciencias de la Salud. Departamento de Fisiatría y Enfermería

## BLAS GARCÍA RIVAS

Fisioterapeuta Hospital Universitario Lozano Blesa.

E.U. de Ciencias de la Salud

Correspondencia con autores

\* manonelles@telefonica.net

## Resumen

El trabajo tiene como objetivo el estudio del comportamiento del salto en mujeres no entrenadas ante un entrenamiento en plataforma de vibración mecánica con fines de propiocepción inicial y de fuerza posteriormente.

Se estudiaron 14 mujeres no entrenadas. Se utilizó una plataforma vibratoria Zeptor® con dos plataformas oscilatorias. El entrenamiento se realizó en 2 fases durante 4 semanas (5 días/sem): Fase 1: Entreno de propiocepción (frec. theta: 3,5-7,5 Hz). Fase 2: Entreno de fuerza (frec. alfa: 7,5-12,5 Hz).

Se utilizó el test de salto vertical de Lewis que evalúa la potencia anaeróbica aláctica. El test se realizó los días 1, 14 y 28 del periodo de estudio.

Se utilizó programa SPSS 11.5 con estadística descriptiva y analítica, con prueba *t* de Student entre variables de datos pareados. Diferencias estadísticamente significativas para  $p \leq 0,05$ .

Se ha observado un aumento significativo ( $p = 0,049$ ) del salto de la primera ( $31,52 \pm 5,38$ ) a la segunda determinación ( $33,33 \pm 5,47$ ) y un aumento significativo ( $p = 0,022$ ) del salto de la primera ( $31,52 \pm 5,38$ ) a la tercera determinación ( $33,59 \pm 5,36$ ).

El entrenamiento mediante ejercicio en la plataforma de vibración mecánica provoca un aumento del salto por el incremento de la fuerza de los músculos extensores de la rodilla.

## Palabras clave

Entrenamiento, Plataforma de vibración, Fuerza.

## Abstract

### Effect of mechanical vibrations on strength training

The work wants to study the performance of a jump on non-trained women with a training on a mechanical vibration plate and their performance related with self-perception and strength.

14 non-trained women were studied. A Zeptor® vibration plate with two oscillatory plates was used. The training program was realized in 2 periods for 4 weeks (5 days a week): Period 1: Self-perception training (frec. theta: 3,5-7,5 Hz). Period 2: Strength training (frec. alfa: 7,5-12,5 Hz).

Lewis vertical jump test was used due to its evaluation of alactic anaerobic power. The subjects were tested on the 1<sup>st</sup>, 14<sup>th</sup>, and 28<sup>th</sup> days during the study period.

The SPSS 11.5 program with descriptive and analytic statistics was used, with *t* test of Student among paired data. Statistically significant differences for  $p \leq 0,05$ .

A significant increase has been detected ( $p=0,049$ ) from the first jump test ( $31,52 \pm 5,38$ ) to the second one ( $33,33 \pm 5,47$ ) and a significant increase ( $p=0,022$ ) from the first test ( $31,52 \pm 5,38$ ) to the third jump test. ( $33,59 \pm 5,36$ ).

The training with a mechanical vibration plate makes an improvement on jumps due to an strength increase on extension knee muscles.

## Key words

Training, Vibration plate, Strength.

## Introducción

### Vibración mecánica

“La vibración es un movimiento rápido oscilatorio de vaivén” (*Diccionario terminológico de ciencias médicas*). Las vibraciones mecánicas (VM), dependiendo de su frecuencia y amplitud, de la duración de las sesiones y del tiempo durante el cual se mantiene su aplicación, tienen diversos efectos en diferentes niveles del organismo como estimulación de numerosos receptores cutáneos y husos musculares (Cordo y cols., 1995), generación de reflejos como el reflejo tónico vibratorio o de ciclo corto de estiramiento, cambios en las concentraciones de neurotransmisores como la dopamina o la serotonina, cambios en la concentración de hormonas como la cortisona, que descende su concentración mediante la vibración (Bosco y cols., 2000), la hormona del crecimiento, que aumenta su concentración (Bosco y cols., 2000; Cardinale y Pope, 2003) y la testosterona (Bosco y cols., 2000; Cardinale y Pope, 2003) y prevención de la sarcopenia y posiblemente de la osteoporosis (Cardinale y Pope, 2003).

Como consecuencia de los variados efectos de las VM sobre el cuerpo, se han encontrado diversas aplicaciones tanto en el tratamiento de diversos procesos patológicos como en múltiples aspectos de la preparación física y del entrenamiento deportivo.

No hay una relación lineal entre la generación del estímulo vibratorio y los efectos fisiológicos conseguidos y como consecuencia de ello los programas terapéuticos y de entrenamiento físico deben ser estructurados sobre las necesidades de adaptación individual.

Hay varias investigaciones que demuestran modificaciones de diversos aspectos de las cualidades físicas mediante la aplicación de VM. Se ha observado mejora de la fuerza de los brazos en boxeadores (Bosco, Cardinale y Tsarpela), mejora de la excitabilidad neuromuscular (NM) a través de una alteración en los patrones de reclutamiento NM conseguidos con un entrenamiento de extensores de rodilla con vibración corporal (Rittweger, Mutschelknauss y Felsenberg, 2003), mejora de la potencia aeróbica y posibilidad de control paramétrico del entrenamiento con el ejercicio de vibración corporal total dependiendo de la frecuencia y amplitud de la VM y por la aplicación de cargas adicionales (Rittweger y cols., 2002). También se ha encontrado un aumento remarcable y estadísticamente significativo en la velocidad, fuerza y potencia músculo-esquelética, mediante la exposición a VM y que se ha atribuido a factores neurológicos (Bosco y cols., 1999). Se ha establecido la utilidad de la vibración corporal total como entrenamiento (Rittweger, Beller

y Felsenberg, 2000) y un aumento de la fuerza en mujeres no entrenadas (Roelants y cols., 2004) y ganancia de fuerza en extensores de la rodilla, en mujeres no entrenadas, de la misma magnitud que el entrenamiento de resistencia de intensidad moderada (Delecluse, Roelants y Verschueren, 2003). Se ha encontrado aumento de la altura vertical del salto, pero sin efecto sobre el hueso en jóvenes (Torvinen y cols., 2003). Se ha visto mejora transitoria en la altura del salto, en la fuerza de extensión isométrica de las extremidades inferiores y en el equilibrio corporal (Torvinen y cols., 2002) y se ha encontrado incremento de la potencia metabólica debida a actividad muscular (Rittweger, Schiessl y Felsenberg, 2001).

Las plataformas que producen vibración mecánica (PVM) sobre grandes grupos musculares han demostrado interesantes efectos sobre diferentes aparatos y sistemas del organismo que, como es lógico, pueden ser de utilidad en determinados campos del entrenamiento deportivo. Se han empleado diferentes sistemas que usan el efecto vibratorio en función de la altura de la vibración, la frecuencia utilizada y la posibilidad de ser empleadas en extremidades inferiores y superiores o solamente en inferiores. En la mayor parte de los casos se trata de superficies únicas con frecuencias altas fijas y con alturas de desplazamiento pequeñas. La plataforma Zeptor presenta como principales características: la variación estocástica de la vibración y el empleo de dos superficies de apoyo independientes, una para cada extremidad; además el movimiento es activo en los ejes craneo-caudal y latero-lateral, mientras se añade un elemento pasivo de prono-supinación del pie.

Este trabajo tiene como objetivo determinar si existe mejora de la fuerza de la extremidad inferior con el trabajo continuado en plataforma vibratoria en mujeres no entrenadas.

## Material y métodos

El grupo de estudio ha estado formado por 14 voluntarias, no practicantes habituales de deporte, alumnas de la Escuela de Ciencias de la Salud de Zaragoza que aceptaron su participación en el estudio una vez informadas de su metodología y objetivos.

Los criterios de inclusión fueron:

- Sexo femenino.
- Edad: 20-25 años.
- No ser deportista habitual ni de competición.
- No realizar ningún tipo de entrenamiento estructurado.

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Típ.
Edad	14	20,00	24,00	20,9286	1,32806
Peso	14	48,00	72,00	61,5000	7,18706
Talla	14	157,00	179,00	166,5000	6,06059

**Tabla 1**

Características de las participantes.



**Figura 1**

Plataforma de vibración. Vista lateral.



**Figura 2**

Plataforma de vibración. Vista posterior.

Las características de las participantes en el trabajo se muestran en la *tabla 1*.

### Entrenamiento en plataforma de vibración mecánica

El estudio, de tipo prospectivo-descriptivo, consistió en la realización de entrenamiento en PVM Zeptor (Scisens GMBH. Frankfurt. Germany) que dispone de dos plataformas oscilatorias, con una amplitud de oscilación de 3 mm y un tercer grado de libertad pasivo. Tiene una función de interacción con serie de oscilaciones aleatorizadas y una regulación de frecuencia de 0,5 Hz a 12,5 Hz. (*figs. 1 y 2*).

El entrenamiento se realizó durante cuatro semanas divididas en dos fases:

- Fase 1: Entrenamiento de propiocepción mediante la utilización de frecuencias theta (3,5-7,5 Hz) que generan fuerzas de nivel bajo y que tienen acción y efectos altos sobre la propiocepción, pero que tienen acción y efectos bajos sobre la actividad muscular, la fatiga, la fuerza y la potencia.
- Fase 2: Entrenamiento de fuerza mediante la utilización de frecuencias alfa (7,5-12,5 Hz) que generan fuerzas de nivel alto y que tienen acción y efectos altos sobre la actividad muscular, la fatiga, la fuerza y la potencia, pero que tienen acción y efectos bajos sobre la propiocepción.

El entrenamiento en la plataforma de vibración se realizó durante cinco sesiones diarias cada una de las cuatro semanas que duró el estudio con las características que se exponen en la *tabla 2*. La posición de trabajo correspondió a la de mini-squat con flexión discretamente más acentuada en la vibración de máxima intensidad (*fig 3*).

La *tabla 3* resume la acción y los efectos de la plataforma de vibración mecánica Zeptor sobre aspectos fisiológicos y mecánicos según la frecuencia de vibración utilizada.

Semana	1	2	3	4
Repeticiones (nº)	4	4	4	4
Tiempo de estímulo (segundos)	90	90	120	120
Tiempo de reposo (segundos)	30	30	60	60
Frecuencia (Herzios)	6	7	10	12
Posición (grados flexión rodillas)	110	110	110	110

**Tabla 2**

Características del entrenamiento en la plataforma de vibración.



**Figura 3**

Ejecución de una sesión de entrenamiento mediante vibración mecánica.

**Test de salto de vertical de Lewis**

Para la valoración del comportamiento de la fuerza de salto de las extremidades inferiores, que son las que experimentaron el entrenamiento mediante plataforma de vibración mecánica, se utilizó el test de salto vertical o test de Lewis (Wilmore y Costill, 1999) que evalúa la potencia anaeróbica aláctica de las extremidades inferiores.

Se utilizó el test de salto vertical porque se consideró la prueba más adecuada para el tipo de población estudiada y el protocolo elegido.

Este test, que requiere una escasa implementación (una pared, un metro y tiza para marcar), es de considerable fiabilidad y es de fácil realización por su simplicidad de ejecución, puesto que requiere un patrón básico de movimiento ejecutable por cualquier persona sin discapacidad ni lesión.

El test permite determinar niveles de fuerza y más concretamente de fuerza elástico-explosiva, para la cual es necesaria una buena coordinación intra e intermuscular y una adecuada respuesta neural.

El test de salto se realizó los días 1, 14 y 28 del periodo de estudio. En el día 1 se establecieron los valores de salto de cada sujeto sin que existiera ningún tipo de adaptación al entrenamiento.

En el día 14, a mitad del estudio, se determinó el valor del salto vertical para evaluar si existía mejora de la fuerza después de realizar un periodo de trabajo de propiocepción.

El día 28, último día del estudio, se determinó el valor del salto vertical para comprobar si existía mejora de la fuerza después de realizar un periodo de trabajo de fuerza.

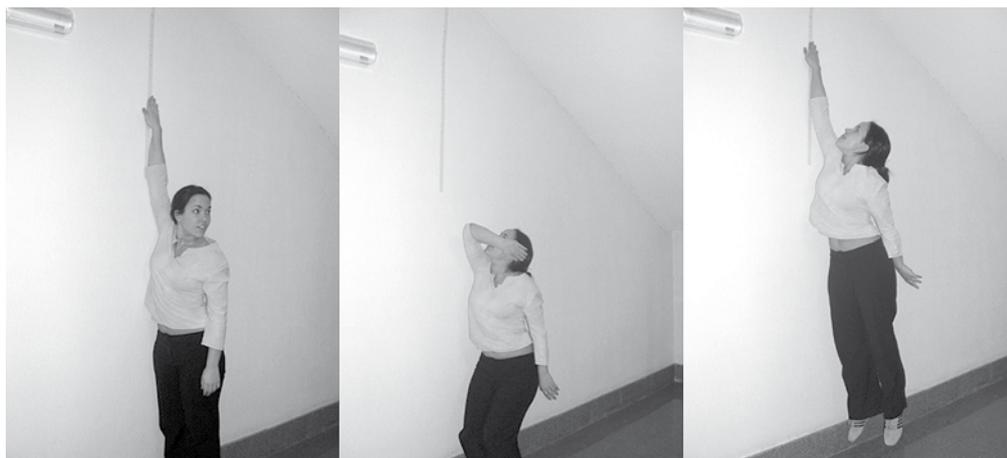
El protocolo del test de salto vertical consistió en un calentamiento realizado subiendo y bajando dos veces las escaleras de dos plantas (total 80 escaleras). Después se realizaron 10 repeticiones del ejercicio básico de

Efectos fisiológicos y mecánicos	Frecuencia	
	theta (3,5-7,5 Hz)	alfa (7,5-12,5 Hz)
Fuerzas generadas	*	**
Actividad muscular	*	**
Fatiga	*	**
Efectos sobre fuerza y potencia	*	**
Efectos en propiocepción	**	*

Efecto: \* moderado \*\* alto

**Tabla 3**

Acción y efectos de la plataforma de vibración mecánica Zeptor según la frecuencia utilizada.



◀ **Figura 4**  
Test de salto vertical de Lewis.

	N	Mínimo	Máximo	Media ± D.S.
TEST1	14	21,00	41,30	31,52 ± 5,38
TEST2	14	21,00	39,30	33,33 ± 5,47
TEST3	14	22,00	42,30	33,59 ± 5,36

TEST1: Test de salto vertical (1.ª determinación).  
 TEST2: Test de salto vertical (2.ª determinación).  
 TEST3: Test de salto vertical (3.ª determinación).

◀ **Tabla 4**  
Valores medios de los tests de Lewis.

“sentadillas” con el propio peso y dejando dos minutos para estirar.

Se realizaron tres intentos. Se tomó como resultado la media de los tres.

La técnica del test de salto vertical de Lewis con movimiento de brazos consiste en una posición de partida con el lateral del cuerpo apoyado en una pared y con un brazo extendido hacia arriba realizando una marca en el punto más alto posible con el dedo más largo de la mano en posición extendida. (Fig. 4)

Tras esta marca se separa unos diez centímetros de la pared y tras una semiflexión de rodillas se realiza el salto lo más alto posible volviendo a realizar una marca con tiza en el punto más alto posible. La ejecución del salto es libre. La diferencia entre los puntos marcados corresponde a los centímetros de salto realizados.

### Análisis estadístico

Estudio prospectivo, descriptivo y transversal. Para el análisis de los datos se utilizó una hoja Excel y el programa informático SPSS 11.5 para Windows realizando una estadística descriptiva y analítica, utilizando

la prueba *t* de Student entre variables de datos pareados para establecer si existían diferencias estadísticamente significativas cuando  $p \leq 0,05$ .

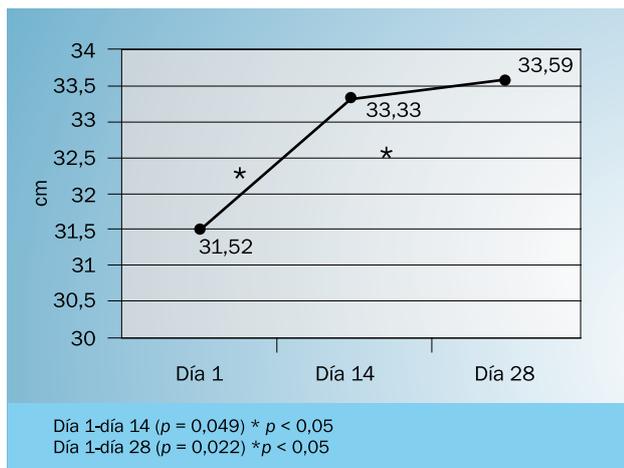
### Resultados

En la *tabla 4* se pueden ver los valores medios y la desviación estándar de los parámetros y en la *tabla 5* se muestran las variaciones estadísticamente significativas.

	Desviación típica	Sig. (bilateral)
TEST1-TEST2	3,13120	,049*
TEST1-TEST3	2,98623	,022*
TEST2-TEST3	1,23083	,448

TEST1: Test de salto vertical (1.ª determinación).  
 TEST2: Test de salto vertical (2.ª determinación).  
 TEST3: Test de salto vertical (3.ª determinación).  
 \*  $p < 0,05$ .

▲ **Tabla 5**  
Desviación típica y significatividad de los tests de Lewis.



**Figura 5**  
 Variación del test de salto a lo largo del periodo de estudio.

### Test de salto

En el test de Lewis se han observado las siguientes variaciones estadísticamente significativas:

- Aumento significativo ( $p = 0,049$ ) del salto de la primera ( $31,52 \pm 5,38$ ) a la segunda determinación ( $33,33 \pm 5,47$ ). (Fig. 5)
- Aumento significativo ( $p = 0,022$ ) del salto de la primera ( $31,52 \pm 5,38$ ) a la tercera determinación ( $33,59 \pm 5,36$ ). (Fig. 5)

### Discusión

Por lo que respecta a la determinación de la fuerza de la musculatura de la extremidad inferior efectuada mediante el test de salto vertical de Lewis se ha encontrado un aumento estadísticamente significativo ( $p = 0,049$ ) del primer test ( $31,52 \pm 5,38$ ) al segundo ( $33,33 \pm 5,47$ ) y también de la primera determinación ( $31,52 \pm 5,38$ ) a la tercera ( $33,59 \pm 5,36$ ), con una significación  $p = 0,022$ .

El aumento de la determinación del segundo test ( $33,33 \pm 5,47$ ) a la del tercer test ( $33,59 \pm 5,36$ ) no fue estadísticamente significativo.

Los efectos del entrenamiento en plataforma de vibración mecánica, como forma de entrenamiento NM, sobre la respuesta motora del tren inferior, han generado diversos trabajos que han demostrado mejoras de la condición física en diferentes circunstancias.

Se han estudiado los efectos agudos de la exposición a PVM en periodos cortos de tiempo observándose que una exposición de cuatro minutos en PVM

en sujetos jóvenes y sanos provocaba una mejora transitoria del rendimiento muscular y en el equilibrio comprobado mediante tests motores (estabilidad en plataforma, fuerza de agarre, fuerza isométrica de extensión de las extremidades inferiores, marcha “en tándem”, salto vertical y lanzamiento) y electromiografía (Torvinen y cols., 2002).

La investigación de los cambios agudos en la excitabilidad NM mediante ejercicio en plataforma de vibración mecánica, en comparación con el trabajo convencional de los extensores de la rodilla, encuentra efectos sobre el nivel de lactato sanguíneo y sobre la percepción subjetiva de esfuerzo que sugieren niveles comparables de fatiga en ambos tipos de ejercicio. Únicamente se aprecia una reducción significativa del tiempo hasta el agotamiento en el ejercicio en plataforma de vibración mecánica. Tras el esfuerzo, se observaron efectos comparables sobre la altura del salto vertical, al igual que se ha observado en el trabajo que se presenta, sobre el tiempo de contacto en el suelo y sobre el “torque” isométrico. Los autores concluyeron que este tipo de entrenamiento tenía efecto sobre los patrones de reclutamiento NM y que aparentemente mejoraba la excitabilidad NM, por lo que este tipo de ejercicio podía ser utilizado para diseñar nuevos programas de entrenamiento (Rittweger y cols., 2002).

En un trabajo realizado en ciclistas, saltadores y practicantes de *fitness* a los que se aplicó una sesión de vibroestimulación, se observó un incremento de la fuerza explosiva y un aumento de la capacidad de salto, por lo que los autores se plantearon la utilización de este método como técnica de calentamiento para pruebas rápidas (Fetz y Kornexl, 1976).

Otros trabajos demuestran que una única sesión de ejercicio de VM provoca un incremento significativo, aunque temporal, en la fuerza de las extremidades inferiores (Roelants y cols., 2004) y en los flexores de brazos (Rittweger, Mutschelknauss y Felsenberg, 2003).

El entrenamiento en plataforma de vibración mecánica es tan efectivo como el trabajo de musculación de los extensores de la rodilla mediante ejercicios dinámicos de extensión de la rodilla, para mejora de la fuerza de extensión de la rodilla y velocidad de movimiento y contra-movimiento en el rendimiento de salto, en mujeres post-menopáusicas en un periodo de entrenamiento de 24 semanas (Kouzaki, Shinohara y Fukunaga, 2000).

El entrenamiento en plataforma de VM, en mujeres jóvenes no entrenadas (media de edad 21,3 años, similar al grupo empleado en este estudio de 20,9 años),

realizado durante 24 semanas indujo un aumento significativo de la fuerza de los músculos extensores de la rodilla similar al conseguido mediante un programa de entrenamiento de *fitness* consistente en entrenamiento aeróbico o cardiovascular y de fuerza (Roelants y cols., 2004). Un resultado similar con aumento significativo de la fuerza extensora dinámica e isométrica de la rodilla también fue conseguido en otro grupo de mujeres no entrenadas, en una forma similar al entrenamiento convencional de resistencia (Delecluse, Roelants y Verschueren, 2003).

El entrenamiento de corta duración, dos semanas, no produce mejora de la activación muscular en la producción de fuerza extensora de la rodilla isométrica máxima ni aumento de la cantidad total de fuerza máxima, lo que sugiere que es necesario un entrenamiento de mayor duración en el tiempo para conseguir resultados en la mejora del rendimiento muscular (Roelants, Delecluse y Verschueren, 2004). En este trabajo sí que se produjeron los efectos agudos del ejercicio, reducción de la fuerza máxima voluntaria de la flexión de la rodilla tras vibración, tal como se ha comunicado en otros trabajos (Rittweger, Beller y Felsenberg, 2000).

En otro trabajo de mayor duración, 11 semanas, realizado en sujetos no entrenados no se observaron mejoras de la fuerza de los extensores de la rodilla, pero los sujetos sólo entrenaron tres días por semana, en sesiones de 5 a 8 periodos de un minuto de duración con un minuto de reposo entre ellos (De Ruiter y cols., 2003). Este trabajo sugiere que la consecución de resultados en la mejora de la fuerza precisa un mayor número de sesiones de entrenamiento semanal con exposiciones de mayor tiempo.

En trabajos donde se analizan los efectos del entrenamiento de vibración mecánica a largo plazo se ha encontrado una mejora de la potencia de salto en jóvenes sanos tras un programa de cuatro meses de entrenamiento, sugiriendo una adaptación NM al estímulo de vibración (Torvinen y cols., 2002). En otro estudio del mismo grupo observaron una mejora de un 7,8 % neto en la altura de salto vertical en jóvenes sanos tras un programa de entrenamiento con vibración mecánica de ocho meses de duración (Torvinen y cols., 2003).

En otro trabajo, éste realizado en mujeres post-menopáusicas, en que se realizó un entrenamiento de vibración mecánica de seis meses de duración, se observaron mejoras de la fuerza muscular isométrica y dinámica de un 15 % y 16 %, respectivamente (De Ruiter y cols., 2003).

Se ha visto que, aunque la mayoría de trabajos refieren mejorías en la función muscular relacionados con el entrenamiento de plataforma de vibración mecánica, algunos otros no muestran tal mejoría (Verschueren y cols., 2004), lo que es atribuible por una parte a los múltiples niveles fisiológicos que se afectan por la vibración mecánica y por otra parte a que no existe una relación lineal entre el estímulo de vibración y la reacción biológica que produce (Humphries y cols., 2004). Además hay que considerar la intensidad y la duración de los programas empleados, porque con bajos niveles de estimulación y cortos periodos de aplicación no parece que se produzcan mejoras importantes del rendimiento muscular.

## Conclusiones

- El entrenamiento propioceptivo y de fuerza mediante plataforma vibratoria es tolerado perfectamente por sujetos no entrenados, en este caso mujeres jóvenes.
- El entrenamiento mediante ejercicio en la PVM mejora la respuesta del test de Lewis.
- Es razonable pensar que la conclusión anterior confirma un incremento de la fuerza de los músculos extensores de la rodilla utilizando el estímulo vibratorio en mujeres no entrenadas previamente.
- El entrenamiento en PVM abre las posibilidades de estudiar una mejora del aumento del rendimiento muscular partiendo de principios de adecuación propioceptiva con solicitaciones musculares intensas en cortos períodos de tiempo de estímulo por sesión.

## Bibliografía

- Bosco, C.; Colli, R.; Introini, E.; Cardinale, M. y Tsarpela, O. (1999). Madella A, Tihanyi J, Viru A. Adaptative responses of human skeletal muscle to vibration exposure. *Clin Physiol*; 19:183-187.
- Bosco, C.; Iacovelli, M.; Tsarpela, O.; Cardinale, M.; Bonifazi, J.; Tihanyi, J.; Viru, M.; De Lorenzo, A. y Viru, A. (2000). Hormonal responses to whole-body vibration in men. *Eur J Appl Physiol*; 81:449-454.
- Bosco, C.; Cardinale, M. y Tsarpela, O. Influence of vibration on mechanical power and electromyogram activity in human arm flexor muscles. *Eur J Appl Physiol G*.
- Cardinale, M. y Pope, M. H. (2003). The effects of whole body vibration on humans: dangerous or advantageous? *Acta Physiol Hung*; 90:195-206.
- Cordo, P.; Gurfinkel, V. S.; Bevan, L. y Kerr, G. K. (1995). Proprioceptive consequences of tendon vibration during movement. *J Neurophysiol*; 74:1675-1688.
- Delecluse, C.; Roelants, M. y Verschueren, S. (2003). Strength in-

- crease after whole-body vibration compared with resistance training. *Med Sci Sports Exerc*; 35:1033-1041.
- De Ruiter, C. J.; Van Der Linden, R.; Van der Zijden, M.; Hollander, A. y De Haan, A. (2003). 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.
- De Ruiter, C. J.; Van Raak, S. M.; Schilperoort, J. V.; Hollander, A. P. y De Haan, A. (2003). The effects of 11 weeks whole body vibration on jump height, contractile properties and activation of human knee extensors. *Eur J Appl Physiol*; 90:595-600.
- Diccionario terminológico de ciencias médicas* (1974). Barcelona: Salvat editores.
- Fetz F. y Kornexl, E. (1976). *Tests deportivo motores*. Buenos Aires: Ed. Kapelusz.
- Humphries, B.; Warman, G.; Purton, J.; Doyle, T. L. A. y Dugan, E. (2004). The influence of vibration on muscle activation and rate of force development during maximal isometric contractions. *J Sports Sci Med*; 3:16-22.
- Kouzaki, M.; Shinohara, M. y Fukunaga, T. (2000). Decrease in maximal voluntary contraction by tonic vibration applied to a single synergist muscle in humans. *J Appl Physiol*; 89:1420-1424.
- Rittweger, J.; Mutschelknauss, M. y Felsenberg, D. (2003). Acute changes in neuromuscular excitability after exhaustive whole body vibration exercise as compared to exhaustion by squatting exercise. *Clin Physiol Funct Imaging*; 23:81-86.
- Rittweger, J.; Ehrig, J.; Just, K.; Mutschelknauss, M.; Kirsch, K. A. y Felsenberg, D. (2002). Oxygen uptake in whole-body vibration exercise: influence of vibration frequency, amplitude, and external load. *Int J Sports Med*; 23:428-432.
- Rittweger, J.; Beller, G. y Felsenberg, D. (2000). Acute physiological effects of exhaustive whole-body vibration exercise in man. *Clin Physiol*; 20:134-142.
- Rittweger, J.; Schiessl, H. y Felsenberg, D. (2001). Oxygen uptake during whole-body vibration exercise: comparison with squatting as a slow voluntary movement. *Eur J Appl Physiol*; 86:169-173.
- Roelants, M.; Delecluse, C.; Goris, M. y Verschuere, S. (2004). Effects of 24 weeks of whole body vibration training on body composition and muscle strength in untrained females. *Int J Sports Med*; 25:1-5.
- Roelants, M.; Delecluse, C. y Verschuere, S. M. (2004). Whole-body-vibration training increases knee-extension strength and speed of movement in older women. *J Am Geriatr Soc*; 52:901-908.
- Torvinen, S.; Kannus, P.; Sievänen, H.; Järvinen, T. A. H.; Pasanen, M.; Kontulainen, S.; Nenonen, A.; Järvinen, T. L. N.; Paakkala, T.; Järvinen, M. y 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*; 18:876-884.
- Torvinen, S.; Kannus, P.; Sievänen, H.; Jarvinen, T. A.; Pasanen, M.; Kontulainen, S.; Jarvinen, T. L.; Jarvinen, M.; Oja, P. y Vuori, I. (2002). Effect of a vibration exposure on muscular and body balance. Randomized cross-over study. *Clin Physiol Funct Imaging*; 22:145-152.
- Verschuere, S. M. P.; Roelants, M.; Delecluse, C.; Swinnen, S.; Vanderschuere, D. y 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.
- Wilmore, J. H. y Costill, D. L. (1999). *Physiology of sport and exercise*. 2.<sup>a</sup> Ed. Champaign: Human Kinetics.