

## Entrenamiento con vibraciones. Efectos funcionales

### Vibration training. Functional effects

Mata, E.<sup>1</sup>, Ginés, C.<sup>1</sup>, Vila-Maldonado, S.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias del Deporte de Toledo. Universidad De Castilla-La Mancha

Dirección de contacto

Sara Vila-Maldonado: Sara.vila@uclm.es

Fecha de recepción: 1 de Febrero de 2012

Fecha de aceptación: 18 de Junio de 2012

#### RESUMEN

El objetivo del siguiente trabajo ha sido la reunión, análisis y revisión de la actual literatura científica en relación a las plataformas vibratorias de cuerpo entero (WBV – Whole Body Vibration). Esta revisión, por tanto, pretende aclarar al lector el funcionamiento básico de estas plataformas y su interacción con el cuerpo físico, así como los efectos que su uso provoca en algunos aspectos relacionados con la salud, delimitando sus beneficios o perjuicios en función de los distintos parámetros de entrenamiento (frecuencia vibratoria, amplitud, duración, etc.). Se han analizado los diferentes efectos que la exposición a vibraciones mecánicas puede causar en diversos aspectos relacionados con la salud y el fitness. Los resultados de este análisis muestran que a pesar de las divergencias entre algunos estudios, parecen evidentes los beneficios obtenidos mediante un adecuado diseño de entrenamiento vibratorio en los aspectos estudiados.

Palabras clave: entrenamiento vibratorio, plataforma vibratoria, fitness-salud.

#### ABSTRACT

The aim of the paper is analyze and review actual scientific literature regarding with whole body vibration (WBV). The review try to clarify the effects of this kind of exercise on health and fitness, marking benefits and damages as a result of use different parameters (such as frequency, amplitude, time, etc.). Effects of WBV on several topics of health and fitness have been analyzed. The result of the research shows that despite differences between several studies, in general WBV training has positive effects if the training design is appropriate.

Key words: vibration training, vibration platform, Whole Body Vibration (WBV), fitness.

#### INTRODUCCIÓN

Las plataformas de vibración de cuerpo entero (WBV) surgen como una nueva forma de entrenamiento, abriéndose paso con gran rapidez entre los métodos tradicionales de entrenamiento, de prevención y rehabilitación. De esta manera estamos afirmando ya su amplio abanico de ámbitos de intervención (entrenamiento deportivo, belleza y salud, fitness, medicina deportiva, rehabilitación...), en los que cada vez aumenta más su importancia y aplicación.

Hasta hace muy poco, estas plataformas vibratorias solo se utilizaban en centros médicos especializados o en centros de fitness de alto nivel, con altos costes. Hoy en día, se encuentran disponibles a todo el público, siendo utilizadas por gran cantidad de población, que las emplean de diversas maneras y con diversos objetos.

Dentro del ámbito del fitness la intención fue reproducir las vibraciones beneficiosas causadas durante la marcha. Dolny y Reyes (2008) afirmaban que el cuerpo sufre continuamente los efectos de fuerzas externas, ya sea al entrar los pies en contacto con el suelo o al golpear un objeto con un implemento, y que provocan que el cuerpo sufra las vibraciones de esas fuerzas. Por lo tanto, mediante una plataforma que se asemeje al movimiento de la caminata, se reproducen las vibraciones de esta, a gran escala, dando lugar a efectos a largo plazo en las condiciones físicas y características corporales.

Esta nueva forma de entrenamiento se basa en la estimulación vibratoria, la cual hace que el tejido muscular se vea sometido a una modificación de su longitud en un periodo breve de tiempo, provocando la estimulación del reflejo miotático (Edir Da Silva y Vaamonde, 2006).

El reflejo miotático o arco reflejo, opera no para permitir la elongación de un músculo sino para evitarla, absorbiendo la energía cinética mediante la modificación refleja de la fuerza elástica del músculo y variando los niveles de fuerza externa que, para activar este mecanismo, deben ser mayores que la respuesta opuesta. Es decir, si la fuerza externa ejerce una energía para elongar el músculo que éste es capaz de soportar, el mecanismo citado, el reflejo miotático, no se activará.

El receptor en el que se inicia el reflejo es el huso muscular, órgano sensible que registra el estado de tensión y extensión de los músculos. Cuando un músculo se estira también se estiran los husos musculares, que automáticamente envían impulsos a la médula espinal informando sobre dicho estiramiento. En la médula espinal se produce una sinopsis y como respuesta se envía la orden al músculo para que este se contraiga.

Por tanto, el reflejo miotático funciona como mecanismo de defensa para evitar una lesión muscular, actúa para equiparar fuerzas, y cuanto mayor sea la fuerza externa aplicada al músculo, mayor será la contracción refleja de dicho músculo para igualarla.

El estímulo vibratorio se transmite indirectamente al cuerpo humano provocando breves estiramientos que hacen que se estimule el reflejo miotático, contrayéndose de esta manera el músculo. La sucesión continua de vibraciones activa el reflejo miotático, provocando por tanto, las posteriores contracciones. A esta serie de contracciones debidas al reflejo miotático se le llama “reflejo tónico de vibración” (García-Artero et al., 2006).

Al aplicar vibraciones de ciertas características se activa el reflejo tónico de vibración (RTV), que corresponde a la suma de reflejos miotáticos (García-Artero et al., 2006). El método produce un altísimo volumen de trabajo. Como ejemplo Edir Da Silva y Vaamonde (2006) exponen que 5 series de 30 segundos de vibración a 30 Hz producen 4500 contracciones, por ello algunos autores lo consideran como uno de los mayores avances en los medios de entrenamiento de la fuerza, la velocidad y la flexibilidad.

Por otra parte, estas nuevas máquinas y esta nueva forma de ejercicio físico ha creado incertidumbre entre los investigadores y entendidos en la materia de entrenamiento deportivo y fitness salud, en relación a los beneficios y perjuicios que pueda causar su uso permanente. Es por esto, que cada día se publican más artículos y estudios con el fin de definir los aspectos beneficiosos y/o perjudiciales que pudieran derivarse de su aplicación.

Son aún muchas las incógnitas que envuelven a esta nueva forma de entrenamiento, de ahí que el presente trabajo pretende crear una síntesis de la información que actualmente existe, de manera que muestre la evidencia científica sobre los efectos del entrenamiento vibratorio en el ámbito de fitness.

#### EFFECTOS DEL ENTRENAMIENTO CON VIBRACIÓN

La realización de ejercicios bajo estimulación vibratoria, surge como un nuevo método de entrenamiento, y se ha estado aplicando tanto en atletas como en terapias preventivas hasta hace unos años, irrumpiendo ahora en el mercado ocupando casas de particulares como posible solución y sustitución a los intensos ejercicios físicos.

Parece evidente que el usuario reciba junto a la máquina vibratoria todos los efectos fisiológicos y cardiovasculares que esta proporciona; sin embargo, se observa una clara desinformación en cuanto a este tema, la cual se tratará de hacer desaparecer de la manera

más inteligible y perceptible con ayuda de los más recientes estudios de relevancia.

Los efectos que a continuación se presentan pertenecen a parámetros relacionados con el ámbito de la salud y del fitness.

#### **Cardiorrespiratorio:**

Este apartado debería ser uno de los más estudiados y analizados debido a su gran implicación en el ámbito de la salud, pues es el ejercicio físico presenta numerosas ventajas en relación con enfermedades cardiovasculares y respiratorias.

Aunque la ilusión de obtener beneficios en este sentido o ámbito no fue la que proporcionó la idea de crear este nuevo método de entrenamiento, es obvio pensar que cualquier actividad que implique ejercicio físico tiene unas consecuencias en el sistema cardiorrespiratorio, provocando efectos beneficiosos o adversos para la salud.

Varios investigadores han dedicado sus estudios a examinar la relación entre ejercicio vibratorio WBV y parámetros cardiorrespiratorios (Bogaerts et al., 2009; De Hoyo et al., 2009b; Mester et al., 2006; Otsuki et al., 2008; Prisby et al., 2008; Rittweger et al., 2000), tomando como medidas a examinar la frecuencia cardíaca (FC), tensión arterial sistólica (PAS), tensión arterial diastólica (PAD), tensión arterial media (PAM), gasto cardíaco (GC), resistencia periférica total (TPR), rigidez arterial y consumo de oxígeno máximo ( $VO_2$  máx.).

Cabe pensar que con tantos parámetros de entrenamiento (amplitud de vibración, frecuencia vibratoria, etc.), los efectos no serán los mismos; y esto mismo pensaron algunos investigadores como Mester et al. (2006), los cuales, tras realizar seis pruebas vibratorias combinando 2mm, 4mm de amplitud y 30, 40 y 50 Hz de frecuencia, concluyeron que el GC había disminuido en todas las pruebas; y la PAM, expresada como  $PAM = PAD + (PAS - PAD)/3$ , había aumentado, con el fin de mantener un efectivo y necesario gasto cardíaco, también en ambos sujetos y en todas las combinaciones. Sin embargo la TPR aumentó en todas las pruebas menos en la última (4mm y 50 Hz) (Mester et al., 2006), dejándonos entre ver ya la relación entre los parámetros de entrenamiento y los efectos del mismo.

Continuando con la relación entre parámetros y efectos cardiorrespiratorios, la frecuencia de vibración juega un papel importante a la hora de conocer las consecuencias del entrenamiento. En este sentido, De Hoyo et al., (2009b) afirmaban que los efectos de la vibración sobre el consumo de oxígeno máximo ( $VO_2$  máx.) y sobre la frecuencia cardíaca se observaban antes a mayor frecuencia de vibración en 5 series

de un minuto con igual tiempo de descanso; aunque experimentaron las mismas diferencias significativas a menor frecuencia.

De igual manera la PAS y PAD aumentaban a frecuencias de 30 Hz y no a frecuencias más bajas. No obstante, y a pesar de los esfuerzos de estos autores (De Hoyo et al., 2009b; Mester et al., 2006), no es por completo manifiesta la relación entre los distintos parámetros de vibración que componen la pauta de entrenamiento y los efectos que este causa en el sujeto.

En 2009, un estudio realizado por Bogaerts et al., a 154 hombres mayores de 65 años, reveló un aumento de la frecuencia cardíaca de reserva, incrementando de manera más acentuada en la realización de ejercicios dinámicos sobre la plataforma. Sus resultados divergen con el estudio realizado por Otsuki et al., (2008), que no presentaba cambios para la frecuencia cardíaca ni tensión arterial tras 10 sesiones de 60 segundos a 26 Hz de frecuencia. Bogaerts et al., (2009), además encontraron diferencias significativas en el consumo de oxígeno máximo ( $VO_2$  máx.), que aumentó un 18% tras entrenar tres veces a la semana durante un año, y en el tiempo máximo de ejercicio (TPE) que mide la capacidad aeróbica.

Estos beneficios obtenidos no presentaron una diferencia significativa en relación a los obtenidos en un grupo que realizaba entrenamiento cardiovascular, de resistencia, equilibrio y flexibilidad durante el mismo tiempo; de hecho el TPE mostraba un aumento significativamente mayor en el grupo de entrenamiento convencional que en el de entrenamiento vibratorio. Sin embargo, ambos grupos experimentaron un incremento significativo respecto a un grupo sedentario.

Por otro lado, otros autores dedican sus estudios a aspectos más directamente relacionados con la salud, y que son síntomas de posibles enfermedades cardiovasculares (Otsuki et al., 2008; Prisby et al., 2008).

La alteración de la circulación sanguínea es un riesgo bien conocido asociado al trabajo con vibraciones. Sin embargo, la magnitud de este efecto depende de la pauta de vibración. Debido a esto, Prisby et al., en su revisión de estudios realizada en 2008, examinaron las consecuencias del entrenamiento vibratorio en el flujo sanguíneo y la perfusión tisular. Así determinaron que 9 minutos de WBV a 26 Hz mejoraban el relativo movimiento de la sangre en músculos esqueléticos (cuádriceps y gemelos) y la media de flujo sanguíneo a través de la arteria poplítea. Por el contrario expusieron que tres sesiones de 60 segundos de vibración a 30 Hz aumentaban dramáticamente el flujo de sangre en la piel, manteniéndose elevado hasta 10 minutos después de la última sesión de vibración.

La rigidez arterial es considerada como un predictor de enfermedad cardiovascular, de aquí que fuese

objeto de estudio de Otsuki et al., en 2008. Estos descubrieron efectos positivos del entrenamiento vibratorio a 26 Hz, al disminuir la rigidez arterial medida 20 y 40 minutos después del entrenamiento y recuperando el valor inicial a los 60 minutos de la última sesión vibratoria en hombres sanos.

Como conclusión, según la evidencia científica al respecto, parece ser que un entrenamiento vibratorio es tan válido y beneficioso como un entrenamiento convencional, y presenta efectos cardiovasculares beneficiosos.

#### **Composición corporal:**

La composición corporal hace referencia a los distintos compartimentos en los que está dividido el cuerpo humano, estos son: masa grasa y masa magra o libre de grasa (huesos, músculos, fluidos, etc.).

La composición corporal es una de las principales razones que convierten a muchas personas en usuarios de estas máquinas. La razón fundamental es la reducción de masa grasa del cuerpo y la pérdida de peso corporal.

Fjeldstad et al., (2009) comprobaron que en mujeres mayores de 60 años, realizar entrenamiento de resistencia tres veces a la semana durante una hora, unido a un entrenamiento de vibración (15-30 Hz, 3mm) disminuía el tanto por ciento de grasa corporal y aumentaba la masa magra en brazos y regiones del tronco; en comparación con la realización del mismo entrenamiento de resistencia, pero sin un entrenamiento de vibraciones adicional, que mejoraba la masa magra pero no disminuía la grasa corporal.

Resultados semejantes obtuvo el estudio de Maddalozzo et al., en 2008, en el cuál tras someter a un grupo de ratas hembras a estímulos vibratorios (30 – 50 Hz; 6mm) durante 12 semanas, 5 días a la semana; determinaron que su peso, niveles de grasa corporal y porcentaje de grasa corporal habían disminuido en comparación con un grupo de ratas control.

Por el contrario, otros estudios no muestran cambios significativos en la disminución de grasa corporal.

En el estudio realizado por Roelants et al., (2004), 48 mujeres jóvenes desentrenadas no mostraron cambios significativos en el peso corporal y en el porcentaje de masa grasa tras 24 semanas de entrenamiento vibratorio (35 - 40 Hz; 2,5 – 5 mm).

Según las siguientes demostraciones, se puede deducir que en mujeres jóvenes el ejercicio vibratorio a altas frecuencias (35 – 40 Hz) no presenta ningún cambio significativo en el porcentaje graso del cuerpo tras 24 semanas de entrenamiento; sin embargo en mujeres de avanzada edad, un entrenamiento vibratorio a reducida frecuencia (15 – 30 Hz) provoca efectos

positivos, disminuyendo el nivel de grasa corporal y aumentando la masa magra.

A pesar del interés general por confirmar estos efectos, tan importantes hoy en día, son pocos los estudios que se centran en este aspecto de la composición corporal, haciendo falta más investigaciones que aclaren lo positivo o negativo de los efectos, y si tienen consecuencias secundarias.

#### **Flexibilidad:**

La flexibilidad muscular es la capacidad que permite realizar movimientos en su máxima amplitud y viene determinada por la movilidad articular y la capacidad de extensibilidad de músculos, aponeurosis, tendones y ligamentos (Sáez, 2005).

La flexibilidad es una cualidad muy importante para la salud, pues el envejecimiento y el sedentarismo tienden a reducir el rango de movimiento articular o movilidad de nuestras articulaciones. Con el tiempo, esta pérdida puede afectar a la capacidad para desarrollar actividades de la vida diaria como agacharse o alcanzar objetos. De la misma manera que la estabilidad o control corporal son importantes para lograr llevar una vida independiente y autónoma, tener desarrollada la flexibilidad va a permitir realizar tareas que, quizás a una determinada edad, no sean tan fáciles de realizar.

Según lo expuesto, el entrenamiento de la flexibilidad muscular es fundamental a la hora de obtener beneficios a largo plazo en aspectos relacionados con la salud.

Por consiguiente, la aparición de este nuevo método de entrenamiento con vibraciones ha llevado a numerosos investigadores a analizar sus posibles efectos beneficiosos en la flexibilidad (Cochrane y Stannard, 2005; Gerodimos et al., 2010; Kinser et al., 2008; Van Den Tillaar, 2006). A su vez algunos estudios han analizado los efectos del entrenamiento vibratorio, añadido al tradicional programa de entrenamiento de flexibilidad (Dolny y Reyes, 2008; Van Der Tillaar, 2006), justificando que el splits hacia delante, derecho e izquierdo, mejora un 18% con el entrenamiento combinado de flexibilidad y vibraciones, en comparación con un 9% y 2% de mejora para aquellos que realizan entrenamiento vibratorio y entrenamiento de flexibilidad, respectivamente (Dolny y Reyes, 2008); y que el entrenamiento WBV unido a un entrenamiento de Facilitación Neuromuscular Propioceptiva (PNF) mejoraba el rango de movimiento articular (ROM) (ángulo entre fémur y pelvis) un 30%, frente un 14% de mejora de un grupo que entrenaba únicamente mediante PNF (Van Den Tillaar, 2006).

Según Dolny y Reyes (2008) los efectos del entrenamiento con vibraciones mecánicas también se reflejan en la potencia muscular a la hora de realizar un salto

con contramovimiento (CMJ) o Squat Jump (SJ), puesto que parece ser que existe una relación negativa entre flexibilidad y fuerza explosiva que la exposición a las vibraciones parece poder atenuar.

Es decir, cuando sujetos realizan estiramientos estáticos antes de realizar un salto CMJ o un test de salto estático, se observa una disminución significativa de la altura del salto; sin embargo, cuando los estiramientos son realizados en un dispositivo vibratorio, no hay posteriores disminuciones en ningún parámetro (Dolny y Reyes, 2008). Por lo que añadiendo exposiciones a la vibración en el entrenamiento de flexibilidad, se mejora significativamente la flexibilidad, mientras se mantiene la fuerza explosiva.

Tal como concluyeron Sands, McNeal et al., en su estudio realizado en 2008, y como indican Cochrane y Stannard (2005), la vibración puede ser un medio prometedor de aumentar el ROM más allá del obtenido con estiramientos estáticos, en deportistas de élite altamente capacitados. Siendo una idea compartida y ampliada a personas desentrenadas (Dolny y Reyes, 2008; Gerodimos et al., 2010; Kinser et al., 2008; Van Den Tillaar, 2006)

Si bien, están esclarecidos los efectos positivos derivados del entrenamiento vibratorio, la relación entre parámetros de vibración (frecuencia y amplitud) y rendimiento de flexibilidad no parece clara por el momento.

Así lo determinaron Gerodimos et al., en el 2010, cuando demostraron que mujeres de 20 años habían mejorado su flexibilidad con distintas frecuencias (15, 20 y 30 Hz; 6 mm de amplitud) y con distintas amplitudes (4, 6 y 8 mm; 25 Hz), sin presentar diferencias entre los efectos positivos de las seis pruebas.

Dicho esto, se puede concluir con la evidencia de la aparición de beneficios en la flexibilidad de miembros inferiores derivados del entrenamiento vibratorio únicamente, o de éste unido al entrenamiento de flexibilidad; sin definir cuál es la pauta de entrenamiento más adecuada para aprovechar el máximo rendimiento.

#### **Fuerza muscular y potencia muscular:**

La función muscular está estrechamente relacionada con la salud y con la edad. Esto es, a medida que se envejece se produce un deterioro de la fuerza y potencia muscular debido a una pérdida progresiva de masa muscular (sarcopenia) que se traduce en menores niveles de fuerza a nivel general (Val y Gatachea, 2004). Esto es uno de los principales factores que influyen en la disminución de la capacidad de vida independiente de las personas. La fuerza máxima y explosiva son capacidades necesarias para poder realizar muchas tareas de la vida cotidiana como subir escaleras, levantarse de una silla o pasear.

El entrenamiento de fuerza permite mantener el músculo joven, sin que se deteriore su contractibilidad, y así, evitar la reducción del sistema neuromuscular para generar fuerza, que es, en muchos casos, causa de la dependencia de adultos mayores, y de las caídas y resbalones típicos de este grupo de población. Esto es lo que ha llevado a considerar su valoración con cada vez más interés por parte de los investigadores.

Con la aparición de las plataformas vibratorias y sus potenciales efectos beneficiosos en la capacidad neuromuscular del cuerpo humano, son muchos los estudios dedicados a descubrir si la relación entre entrenamiento vibratorio y fuerza y potencia muscular, es positiva o negativa.

Numerosos estudios han demostrado que tanto mujeres posmenopáusicas y hombres mayores de 60 años (Bogaerts et al., 2006; Niewiadomski et al., 2005; Roelants et al., 2004), como adultos jóvenes (Delecluse et al., 2003) todos desentrenados, mejoraron su fuerza muscular isométrica y dinámica, mediante un entrenamiento vibratorio o entrenamiento cardiovascular y de resistencia muscular, que iba desde 12 semanas (Delecluse et al., 2003) hasta 1 año de entrenamiento (Bogaerts et al., 2006).

Sin embargo, no queda claro la pauta ideal de entrenamiento para obtener el mayor rendimiento. Torvinen et al., en su estudio realizado en el 2002, mostraron cambios beneficiosos en la fuerza muscular isométrica y en la altura del salto de adultos jóvenes hasta 2 minutos después de la exposición a las vibraciones, pero desapareciendo estos, 60 minutos después. Además, el tiempo de exposición al estímulo vibratorio, según señalaban García-Artero et al. (2006), es determinante a la hora de conseguir efectos positivos, pues, con series de un minuto si se obtenían aumentos de la potencia muscular, mientras que con series excesivamente cortas, de 6-7 segundos no se producen mejoras; además, con series de larga duración, de hasta 6-7 minutos ininterrumpidos, el rendimiento muscular descendía (García-Artero et al., 2006).

No hay que olvidarse de, que a pesar de que los efectos desaparezcan una hora después del entrenamiento, el estudio advierte de que una simple carga de vibración de 4 minutos induce un significativo y transitorio incremento en la fuerza isométrica de extensión de las piernas y en la altura del salto (Torvinen et al., 2002); haciendo evidente el pensamiento de que los efectos inmediatos de una corta exposición a la vibración son beneficiosos para el desarrollo físico.

De la misma manera, algunos estudios nos dan a conocer lo desconocido o sorprendente de estos efectos, al presentarnos por ejemplo que un atleta de alto nivel mejoraba su fuerza máxima el triple que un atleta de bajo nivel con unos mismos parámetros de

vibración, durante 6 semanas de entrenamiento (Mester et al., 2006), o que la fuerza de extensión de rodilla solo mejoraba sobre plataforma estable de vibración y no en una plataforma inestable, a 25-30 Hz, 30-70 segundos, al contrario que la fuerza de flexión de rodilla, que no presentaba cambios significativos (Trans et al., 2008). Estos estudios nos demuestran que queda mucho por investigar, analizar y escribir sobre los efectos en la fuerza y potencia muscular derivados del entrenamiento con vibraciones mecánicas.

En cuanto a la potencia muscular de las piernas, todos los estudios utilizan test de salto para medirla (Bogaerts et al., 2006; Cochrane et al., 2005; De Hoyo et al., 2009a; Mester et al., 2006; Roelants et al., 2004; Russo et al., 2003; Torvinen et al., 2002), coincidiendo todos ellos en lo beneficioso del entrenamiento vibratorio para la potencia muscular.

Hong et al. (2010), señalan que los cambios producidos por el entrenamiento con vibraciones, son más acentuados en el miembro inferior que en el superior. En su estudio realizado con 40 jóvenes sin precedentes de lesión, evaluaron los efectos del entrenamiento vibratorio en la propiocepción y características musculares del hombro. Encontraron diferencias significativas entre el grupo control y experimental, que apuntaban, entre otros aspectos, que este tipo de entrenamiento mejoraba las características musculares del hombro.

Existen revisiones que centran su atención en recopilar información acerca de la mejora la fuerza muscular y la potencia. En la revisión realizada en 2007 por Rehn et al., se concluyó que había evidencias, de fuertes a moderadas, de que a largo plazo el ejercicio con vibraciones puede tener efectos positivos sobre el rendimiento muscular de las piernas entre sujetos desentrenados y personas de edad avanzada. En sus revisiones, de 9 a 14 estudios presentaron mejoras significativas de la fuerza o potencia de las piernas, ocho usaron sujetos desentrenados y de avanzada edad, de los cuales la mayoría eran mujeres. Sin embargo, no hubo evidencias claras de beneficios para el rendimiento muscular después de un corto plazo de exposición vibratoria. De los cinco estudios analizados, tres mostraron resultados positivos con sujetos jóvenes adultos (Rehn et al., 2007).

Marín y Rhea (2010), en su meta-análisis centrado en la mejora de la fuerza tras el entrenamiento vibratorio, demostraron la importancia del tipo de plataforma vibratoria sobre el efecto que dicho entrenamiento tiene sobre el desarrollo de la fuerza. Así, del total de 31 estudios revisados, pudieron observar diferencias en los efectos agudos y crónicos, al comparar la fuerza muscular adquirida en plataformas vibratorias verticales y en plataformas de carácter oscilan-

te. También señalaban que aspectos como el género, el nivel del entrenamiento, y el protocolo de ejercicios, se presentan como moderadores de la respuesta al ejercicio con vibraciones (en plataformas verticales) para el desarrollo de la fuerza. Concluían, basándose en su meta-análisis, que el ejercicio con vibraciones puede ser efectivo para obtener adaptaciones crónicas en la fuerza muscular.

Marín en 2011, señalaba que se registraban ganancias de fuerza muscular mayores con frecuencias comprendidas entre 40 y 50 Hz, con la máxima amplitud posible y una duración total del estímulo por sesión de entre 720 y 1.020 s (12-17 series de 30 a 60 s), llevando a cabo 3 sesiones por semana. En cuanto a la potencia muscular las frecuencias más apropiadas se encontraban comprendidas entre 35 y 40 Hz, con la máxima amplitud posible y una duración total del estímulo por sesión de entre 360 y 720 s (6-12 series de 30 a 60 s), realizando 3 sesiones por semana. Este autor concluye que "las mayores respuestas y adaptaciones del sistema neuromuscular, para generar fuerza, se consiguen con altas magnitudes de vibraciones" (Marín, 2011).

Son, por tanto, una mayoría de investigadores los que presentan en sus estudios correlaciones positivas entre entrenamiento vibratorio y fuerza muscular (Bogaerts et al., 2006; Mester et al., 2006; Mulder et al., 2007; Niewiadomski et al., 2005; Rehn et al., 2007; Roelants et al., 2004; Torvinen et al., 2002; Trans et al., 2008; Hong, 2010), en contraposición con un número muy inferior de estudios que no presentan cambios significativos como consecuencia del entrenamiento WBV (Russo et al., 2003).

#### **CONCLUSIONES**

Tras el análisis y revisión realizados, sigue siendo complicado dar una conclusión válida y certera de la que el lector pueda obtener afirmaciones contrastadas.

Sin embargo, y a pesar de que existen algunas incongruencias en los resultados, la mayoría de ellos coinciden en atribuir un carácter positivo a los efectos causados por el entrenamiento vibratorio. Por lo que, de lo expuesto anteriormente se puede considerar que el entrenamiento con vibraciones puede tener numerosas aplicaciones en el ámbito de la salud (prevención y rehabilitación).

De esta manera, parecen evidentes las mejoras obtenidas en el sistema cardiorrespiratorio, en la composición corporal, en la flexibilidad y en la fuerza y potencia muscular, aspectos que los investigadores expuestos no dudan en relacionar positivamente con el entrenamiento vibratorio, puesto que sus estudios así lo demuestran.

En cuanto a las recomendaciones de seguridad, debemos tenerlas en cuenta a la hora de programar y de realizar el entrenamiento, tanto en un entrenamiento convencional, como en uno en plataforma vibratoria. En este último la relevancia de la seguridad aumenta debido a la multitud de parámetros a tener en cuenta. Estos son: la frecuencia vibratoria, la amplitud de vibración, la intensidad del entrenamiento, la carga y duración del entrenamiento, la duración de los periodos de reposo, la duración de todo el proceso de entrenamiento y la posición del cuerpo sobre la plataforma.

De este modo, cada uno de los resultados obtenidos en los estudios citados en esta revisión conllevan un específico diseño de entrenamiento, con la variación de sus distintos parámetros (frecuencia, amplitud, duración, posición específica...); por lo que no se puede sentenciar que el entrenamiento vibratorio sea beneficioso para estos aspectos en cualquier parámetro de vibración. Es conveniente la realización de más investigaciones que aclaren los rangos de amplitud de vibración y frecuencia vibratoria óptimos para lograr el máximo rendimiento del objetivo que se plantee; así como el tiempo que el sujeto debería estar expuesto al estímulo vibratorio por serie, y por sesión, el tiempo dedicado a la recuperación y las posiciones a adoptar en cada ejercicio en función del objetivo. Tener una guía de estas características del entrenamiento, hará más sencillo y seguro el diseño de este nuevo método de entrenamiento, permitiendo al sujeto usuario desarrollar un programa de ejercicios hacia la consecución de sus objetivos, de un modo adecuado y sin perjuicios secundarios.

De manera general, derivado de las diversas investigaciones y con respecto a los parámetros básicos de frecuencia y amplitud se pueden establecer unos criterios básicos según el objetivo de trabajo (tabla 1).

**Tabla 1. Parámetros básicos de frecuencia y amplitud**

	Fuerza - potencia	Flexibilidad	Cardio respiratorio
Frecuencia	25 – 50Hz	20 – 30 Hz	26 – 40 Hz
Amplitud	2 – 6 mm	2 – 10 mm	2 – 4 mm

Con respecto a la duración del estímulo la mayoría de autores emplea series entre 30 y 90 segundos de duración en sus estudios, advirtiendo otros, que este rango parece ser el más adecuado y seguro para obtener beneficios sin perjuicios secundarios (Dolny et al., 2008; Da Silva et al., 2006; García Artero et al., 2006).

Una de las consideraciones más importantes a tener en cuenta a la hora de realizar un programa de entrenamiento es la seguridad. Lo novedoso de la máquina y del método de entrenamiento, provoca muchas veces entre los usuarios más desinformados, la realización de pautas de ejercicios contraindicadas, la exposición excesiva a las vibraciones sobre la plataforma, la adopción de posturas incorrectas en ejercicios, etc.

Para esto, así como para el entrenamiento tradicional cardiovascular o de fuerza, es necesario un experto, para el entrenamiento en plataforma vibratoria también es conveniente la intervención de un especialista que aconseje al usuario y prepare el plan de entrenamiento, teniendo en cuenta el objetivo a conseguir, las características del sujeto y las condiciones de seguridad.

Teniendo en cuenta los aspectos que hacen de la plataforma vibratoria un método seguro de entrenamiento, la facilidad de uso de las máquinas de vibración y el poco tiempo necesario para que se produzcan resultados parece ser que el entrenamiento.

## REFERENCIAS

- Bogaerts, A., Delecluse, C., Claessens, A.L., Coudyzer, W., Boonen, S. y Sabine M. (2009). Impact of Whole-Body Vibration Training Versus Fitness Training on Muscle Strength and Muscle Mass in Older Men: A 1-Year Randomized Controlled Trial. *J. Gerontol. A Biol. Sci. Med. Sci.*, 62, 630-635.
- Bogaerts, A., Verschueren, S., Delecluse, C., Claessens, A. y Boonen, S. (2006). Effects of Whole Body Vibration training on postural control in older individuals: A 1 year randomized controlled trial. *Age and Ageing*, 38, 448-454.
- Cochrane, D. y Stannard, S. (2005). Acute whole body vibration training increases vertical jump and flexibility performance in elite female field hockey players. *Br. J. Sports Med.*, 39, 860-865.
- De Hoyo, M., Romero, S., Sañudo, B. y Carrasco, L. (2009a). Efecto de una sesión con vibraciones mecánicas sobre la capacidad de salto. *Rev. Int. Med. Cienc. Act. Fís. Deporte*, 9(36), 366-378.
- De Hoyo, M., Sañudo, B. y Carrasco, L. (2009b). Respuesta cardiovascular y respiratoria aguda derivada de la aplicación de estímulos vibratorios de diferente magnitud. *Apunts. Medicina de l'Esport*, 45, 22-29.
- Delecluse, C., Roelants, M., Verschueren, S. (2003). Strength increase after whole-body vibration compared with resistance training. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 35(6), 1033-1041.
- Dolny, D. y Reyes, G. (2008). Whole body vibration exercise: training and benefits. *Curr. Sports Med. Rep.*, 7(3), 152-157.
- Da Silva, M.E., Vaamonde, D.M. y Padullés, J.M. (2006). Efectos del entrenamiento con vibraciones mecánicas sobre la 'performance' neuromuscular. *Apunts, Ed. Fis. Dep.*, 84, 39-47.
- Fjeldstad, C., Palmer, I., Bembem, M. y Bembem, D. (2009). Whole body vibration increases resistance training effects on body composition in postmenopausal women. *Maturitas*, 63(1), 79-83.
- García-Artero, E., Ortega, F., Ruiz, J. y Carreño, F. (2006). Entrenamiento vibratorio. Base fisiológica y efectos funcionales. *Selección*, 15(2), 78-86.
- Gerodimos, V., Zafeiridis, A., Karatrantou, K., Vasilopoulou, T., Chanou, K. y Pispirikou, E. (2010). The acute effects of different whole-body vibration amplitudes and frequencies on flexibility and vertical jumping performance. *J. Sci. Med. Sport*, 13(4), 438-443.
- Hong, J., Velez, M.T., Moland, A.M. y Sullivan, J.A. (2010). Acute Effects of Whole Body Vibration on Shoulder Muscular Strength and Joint Position Sense. *J. Hum. Kinet.*, 25, 17-25.
- Kinser, A.M., Ramsey, M.W., O'Bryant, H.S., Ayres, C.A., Sands, W.A. y Stone, M.H. (2008). Vibration and stretching effects on flexibility and explosive strength in young gymnasts. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 40, 133-140.
- Maddalozzo, G.F., Iwaniec, U.T., Turner, R.T., Rosen, C.J., Widrick, J.J. (2008) Whole-body vibration slows the acquisition of fat in mature female rats. *Int. J. Obes. (Lond)*, 32, 1348-1354.
- Marín, P.J. y Rhea, M.R. (2010). Effects vibration training on muscle strength: a meta-analysis. *J. Strength Cond. Res.*, 24(2), 548-556.
- Marín, P.J. (2011). Revisión de las relaciones entre la dosis y respuesta del entrenamiento con vibraciones sobre la fuerza y la potencia muscular. *Rev. Andal. Med. Deporte*, 4(1), 29-37.
- Mester, J., Kleinöder, H., Yue, Z. (2006). Vibration Training: benefits and risk. *J. Biomech.*, 39, 1056-1065.

- Mulder, E., Gerrits, K., Kleine, B., Rittweger, J., Felsenberg, D., Haan, A. y Stegeman, D. (2007). High-density surface EMG study on the time course of central nervous and peripheral neuromuscular changes during 8 weeks of bed rest with or without resistive vibration exercise. *J. Electromyogr. Kinesiol.*, 19(2), 208-218
- Niewiadomski, W., Cardinales, M., Gasiorowska, A., Cybulski, G., Karuss, B. y Strasz, A. (2005). Could Vibration Training Be an Alternative to Resistance Training in Reversing Sarcopenia. *J. Hum. Kinet.*, 14, 3-20.
- Otsuki, T., Takanami, Y., Aoi, W., Kawai, Y., Ichikawa, H. y Yoshikawa, T. (2008). Arterial stiffness acutely decreases after whole-body vibration in humans. *Acta Physiol.*, 1-6.
- Prisby, R., Lafage, M.H., Malaval, L., Belli, A. y Vico, L. (2008). Effects of whole body vibration on the skeleton and other organ systems in man and animal models: What we know and what we need to know. *Ageing Res. Rev.*, 7, 319-329.
- Rehn, B., Lidstrom, J., Skoglund, J., Lindstrom, B. (2007). Effects on leg muscular performance from whole-body vibration exercise: a systematic review. *Scand J. Med. Sci. Sports*, 17, 2-11.
- Rittweger, J., Beller, G., Felsenberg, D. (2000). Acute physiological effects of exhaustive whole-body vibration exercise in man. *Clin. Physiol.*, 20, 134-142.
- Roelants, M., Delecluse, C., Goris, M., Verschuere, S. (2004). Effects of 24 weeks of whole body vibration training on body composition and muscle strength in untrained females. *Int. J. Sport Med.*, 25(1), 1-5.
- Russo, C., Lauretani, F., Bandinelli, S., Bartali, B., Cavazzini, C., Guralnik, J.M., Ferrucci, L. (2003). High-frequency vibration training increases muscle power in postmenopausal women. *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, 84, 1854-1857.
- Sands, W., McNeal, J.R., Stone, M.H., Kimmel, W., Half, G.G. y Jemni, M. (2008). The effect of vibration on active and passive range of motion in elite female synchronized swimmers. *Eur. J. Sport Sci.*, 8, 217-223.
- Sáez Pastor, F. (2005). Una revisión de los métodos de flexibilidad y de su terminología. *Kronos*, 7(47), 5-15.
- Torvinen, S., Kannus, P., Sievänen, H. et al. (2002). Effect of a vibration exposure on muscular performance and body balance. Randomized cross-over study. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 34, 1523-1528.
- Trans, T., Aaboe, J., Henriksen, M., Christensen, R., Bliddal, H. y Lund, H. (2008). Effect of whole body vibration exercise in muscle strength and proprioception in women with knee osteoarthritis. *The Knee*, 16(4), 256-261.
- Val, R. y Garatachea, N. (2004). Análisis de la condición física funcional de personas mayores e influencia de un programa de actividad física. *Kronos*, 5(31), 5-10.
- Van Den Tillaar, R. (2006). Will Whole-Body Vibration training help increase the range of motion of the hamstrings? *J. Strength Cond. Res.*, 20 (1), 192-196.

## Propuestas para la prevención de lesiones de menisco interno en fútbol

### Proposals for prevention of medial meniscus injuries in soccer

Calero, J.C.<sup>1</sup>, Espada, M.<sup>2</sup>, Gallardo, J.<sup>3</sup>, Santacruz, J.A.<sup>4</sup>, Clemente, A.L.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> New EFESO School

<sup>2</sup> Universidad Pontificia de Comillas. Universidad Camilo José Cela. Universidad Internacional de La Rioja.

<sup>3</sup> Universidad Politécnica de Madrid (INEF).

<sup>4</sup> Universidad Alcalá de Henares.

Dirección de contacto

Jose Carlos Calero Cano: jc.calero@hotmail.es

Fecha de recepción: 2 de Febrero de 2012

Fecha de aceptación: 22 de Mayo de 2012

#### RESUMEN

Las lesiones de rodilla son unas de las más frecuentes en el mundo del fútbol. Dentro de estas lesiones se encuentran las de menisco interno con una alta incidencia lesional. Este trabajo tiene por objetivo realizar una serie de propuestas útiles para elaborar un programa de prevención de este tipo de lesiones en fútbol. No obstante, se establecen pautas que pueden ser aplicadas en otros deportes, adaptando los ejercicios a los requerimientos funcionales de los mismos. Para ello, en esta primera parte se realizará un breve recuerdo anatómico y se llevará a cabo una amplia descripción de las lesiones meniscales, donde se abordan los mecanismos de lesión y los diferentes tipos. Finalmente en la segunda parte del artículo se establecerán diferentes consideraciones a tener en cuenta a la hora de proponer un programa de prevención de lesiones de menisco interno.

Palabras clave: lesión meniscal, menisco interno, prevención, fútbol.

#### ABSTRACT

Knee injuries are among the most frequent in soccer. Within these lesions are those of medial meniscus lesion with a high incidence. This paper aims to conduct a series of proposals designed to develop a prevention program of this type of injuries in soccer. However, provide guidelines that can be applied in other sports, adapting the exercises to the functional requirements. For this, in this first part of the article, it is remembered a brief anatomical and carried out an extensive description of meniscal injuries, which addresses the mechanisms of injury and different types. Finally, in the second part of this article, different considerations will be established to take into account when proposing an injury prevention program of the medial meniscus.

Key words: meniscal injury, medial meniscus, prevention, soccer.