

**ENTRENAMIENTO VIBRATORIO.**  
**BASE FISIOLÓGICA Y EFECTOS FUNCIONALES**

VIBRATION TRAINING.

PHYSIOLOGICAL BASIS AND EFFECTS

GARCÍA-ARTERO E, ORTEGA PORCEL FB, RUIZ RUIZ J, CARREÑO GALVEZ F.

Dpto. Fisiología, Facultad de Medicina, Universidad de Granada. Grupo EFFECTS-262  
(Evaluación Funcional y Fisiología del Ejercicio. Ciencia y Tecnología para la Salud - 262).

Gutiérrez Sáinz A, Castillo Garzón MJ.

**Autor para correspondencia**

GARCÍA-ARTERO, ENRIQUE. Universidad de Granada, Facultad de Medicina, Dpto. de  
Fisiología. Avd. Madrid s / n, 18012. Tfno: 958 243 540. Fax: 958 249 015.

e-mail: [artero@ugr.es](mailto:artero@ugr.es)

**RESUMEN**

El uso de las plataformas vibratorias como estrategia de entrenamiento es cada vez mayor entre deportistas de todos los niveles. Las vibraciones emitidas actúan sobre las estructuras neurológicas del organismo. Receptores musculares principalmente, pero también vías medulares e incluso estructuras corticales sufren la acción del estímulo vibratorio. La activación muscular que se produce permite desarrollar mayores niveles de fuerza y potencia muscular. Al transmitirse por las estructuras blandas del organismo, el estímulo vibratorio origina adaptaciones cardiorrespiratorias. El sistema endocrino también responde, aunque sobre esto los resultados son aún contradictorios. Conocer la base fisiológica de su mecanismo de acción será fundamental para diseñar programas eficaces de entrenamiento vibratorio. La frecuencia vibratoria, la amplitud, el tiempo de estimulación, la posición adoptada, etc, deberán ser correctamente escogidos para obtener resultados positivos.

**PALABRAS CLAVE:** entrenamiento vibratorio, activación neuromuscular, rendimiento.

**SUMMARY**

The use of vibrating platforms as a training method is widely used in sport training. The vibration stimulates the neurological structures of the body, therefore, both muscle receptors and cortical and medulla structures are activated. The vibration stimulus is known to induce a force and power gains, as well as cardiorespiratory adaptations. Endocrine adaptations also seem to occur after a vibration training period, but the results are contradictory. Knowing the physiological effects of that unusual but effective stimulus is of interest for designing successful vibration training-based programs. Frequencies, amplitude, application time, body position, etc, are important variables to take into account in order to achieve optimal results.

**KEY WORDS:** vibration training, neuromuscular activation, performance.

## **INTRODUCCIÓN**

Desde la segunda mitad de los años 80 hasta la actualidad se ha desarrollado una forma de entrenamiento basada en la utilización de estímulos vibratorios. Empleada por primera vez por entrenadores rusos (1), se trata de una modificación del *reflejo tónico vibratorio*, una contracción muscular refleja originada al estimular localmente un músculo o tendón mediante vibraciones (2).

Inicialmente se emplearon sistemas que transmitían vibraciones a los músculos, mediante cables o fijados directamente a la piel. En la actualidad existen máquinas que provocan una vibración del cuerpo entero. Se trata de plataformas que vibran en sentido vertical con una frecuencia (número de ciclos vibratorios por segundo, Hz) y longitud de desplazamiento (distancia recorrida por la vibración en cada ciclo, mm) determinadas. La utilización de estas plataformas vibratorias orientada al desarrollo de las propiedades contráctiles del músculo ha dado lugar al entrenamiento vibratorio (EV) (Fig. 1).

El creciente número de trabajos publicados sobre esta forma de entrenamiento y su uso cada vez más extendido entre deportistas de todos los niveles, hacen necesario el esfuerzo de recopilar los resultados y conclusiones de mayor rigor, con el fin de establecer los principios básicos que deben regir esta nueva metodología de entrenamiento.

## **BASE FISIOLÓGICA**

Para conocer el proceso en profundidad, la mayoría de los estudios dedicados a la fundamentación fisiológica del EV se han llevado a cabo mediante estimulación específica local de un músculo aislado o grupo muscular. En este sentido, la aplicación de movimientos oscilatorios sinusoidales sobre los músculos o sobre los tendones provoca pequeños y rápidos cambios en la longitud de la unidad músculo-tendinosa. Estos rápidos cambios de longitud son detectados por los propioceptores, principalmente los husos neuromusculares (3). Recordemos que el huso neuromuscular es responsable de detectar de manera inconsciente el

grado de elongación del músculo y mantenerlo constante mediante una contracción muscular refleja cuando ese músculo es elongado externamente. Es lo que se conoce como reflejo miotático (Fig. 2). Como consecuencia de la detección de las vibraciones por parte de los husos neuromusculares, se produce una mayor ratio de descarga de estas estructuras (3) y ello se traduce en un aumento de los potenciales motores evocados en los músculos sometidos a vibración (4, 5). También se ha sugerido la intervención de los corpúsculos tendinosos de Golgi (3) e incluso de los receptores cutáneos (6). Todo ello supone, tal y como se ha constatado, una activación de los circuitos medulares en los que se basa el reflejo miotático (7), lo que provoca una mayor sincronización de unidades motrices a través de sus motoneuronas  $\alpha$  (8).

Por otra parte, también resultan estimuladas las motoneuronas  $\gamma$  (8) que mantienen elongada la parte central de los husos neuromusculares, haciendo que éstos sean más sensibles. Ello mejora la eficiencia del sistema neuromuscular una vez que el estímulo ha cesado. Los músculos antagonistas a los estimulados también resultan afectados, mediante un descenso de sus potenciales motores (5). Ello podría hacer que la co-contracción fuera menor, aliviando las fuerzas de frenado en los movimientos explosivos (8). El hecho de que este efecto inhibitorio de la vibración sobre los músculos antagonistas se haya observado también en el miembro contralateral al estimulado, indica cierta influencia de las señales aferentes sobre la coordinación interhemisférica (mediante las fibras transcallosas), lo cual podría a su vez modular las señales eferentes evocadas por la corteza motora (5).

Todo ello señala que el efecto de la estimulación vibratoria parece no limitarse a las estructuras medulares que dirigen el nivel reflejo de los movimientos. El aumento de los potenciales motores (4, 5) junto con el aumento de la frecuencia de la señal electromiográfica tras exposición prolongada (7, 9), sugieren un estado de notable excitabilidad de la corteza motora. Ello provocaría un reclutamiento predominante de fibras musculares tipo II, quizá

debido a un descenso del umbral de descarga de estas unidades motrices grandes, en comparación con el umbral elevado que suelen presentar en la activación voluntaria (10).

La consecuencia de todo ello es que la aplicación del estímulo vibratorio produce un estado de mayor eficiencia neuromuscular (11, 12) que permite aumentar el rendimiento en los movimientos voluntarios. Sin embargo, aún no se ha explicado el porqué de esta activación muscular. La clave parece radicar en un proceso de adaptación de los músculos a lo que supone el estímulo vibratorio. Esta activación muscular les confiere una mayor rigidez que les permite absorber más energía vibratoria, lo que ayudaría a atenuar los posibles efectos adversos (13, 14). Se trata, en definitiva, de una respuesta defensiva del organismo ante los estímulos que recibe.

## **EFFECTOS DEL ENTRENAMIENTO VIBRATORIO**

### **Efectos durante el estímulo vibratorio**

Se trata de aquellos efectos que se producen mientras los músculos están siendo sometidos a la vibración. En estas circunstancias, y mediante estimulación local aislada de un músculo, se ha constatado un aumento de los potenciales motores (efecto facilitador) en el músculo estimulado y un descenso de esos mismos potenciales (efecto inhibitor) en el músculo antagonista (4, 5). También se ha observado un aumento de la actividad electromiográfica (11, 15, 16, 17), aumento de la máxima contracción voluntaria isométrica (18) y concéntrica (19) y aumento de la potencia muscular (20).

La estructura muscular no es la única afectada. También se producen adaptaciones agudas por parte del sistema cardiorrespiratorio. Mantenerse en pie sobre una plataforma vibratoria durante 3 minutos supone un aumento considerable del consumo de oxígeno, hasta un nivel comparable al necesario para caminar a velocidad moderada (21). Por ello se puede decir que se trata de una forma de ejercicio, y no de una simple activación muscular pasiva. (Tabla I).

### **Efectos a corto plazo**

Son aquéllos que tienen lugar inmediatamente después de la aplicación del estímulo vibratorio. Se ha observado una mayor potencia muscular (11, 12, 22) con una menor actividad electromiográfica, lo cual indica un estado de alta eficiencia neuromuscular (11, 12). Se han registrado mejoras en la capacidad de máxima contracción voluntaria concéntrica (22) e isométrica (23), una mayor altura de salto en contramovimiento (12, 23) y una mejora del equilibrio estático (23). El aumento de la carga gravitatoria que ha de soportar el sistema neuromuscular provoca adaptaciones endocrinas. Se han registrado aumentos en las concentraciones plasmáticas de hormona de crecimiento (12, 24) y testosterona (12), junto con un descenso del cortisol (12), lo que origina un perfil hormonal eminentemente anabólico. Sin embargo, los resultados en este campo son aún contradictorios. Di Loreto y colaboradores (25) encontraron tan solo un descenso de la glucemia junto con un aumento de la concentración plasmática de noradrenalina, sin cambios en las concentraciones de hormona de crecimiento, IGF 1 (*insulin-like growth factor 1*) ni testosterona (libre y total).

En algunos trabajos la aplicación de la estimulación vibratoria ha sido extenuante, para poder estudiar el tipo de fatiga provocada por esta forma de entrenamiento. En estas circunstancias se han registrado descensos en la altura del salto (9), en la capacidad de máxima contracción voluntaria (9, 26, 27, 28), en el pico de fuerza isométrica ante cargas submáximas (7), un descenso del tiempo que se puede mantener una contracción submáxima (7, 29) e incluso un deterioro en la producción de fuerza por unidad de tiempo (26).

Se trata, por tanto, de una fatiga manifestada principalmente a nivel muscular, causada por un estado de notable activación neurológica cuyo origen no está aún del todo esclarecido (9). Dilucidar a qué nivel neurológico nace esta fatiga sería vital para poder determinar cuál es el origen de la activación muscular provocada por la estimulación vibratoria, y si este origen es único o una combinación de varios. Por los trabajos realizados hasta la fecha, parece ser el origen multifactorial la posibilidad con más argumentos a favor. Se ha observado un descenso

en la capacidad voluntaria de activación muscular tras estimulación vibratoria, lo cual situaría el origen de la fatiga a nivel cortical. Sin embargo, en el mismo estudio se observó también un descenso en la capacidad total del músculo de generar fuerza mediante estimulación eléctrica, lo que situaría el origen de la fatiga a nivel periférico (30).

Debido a que las vibraciones pueden transmitirse por los tejidos blandos, éstas se convierten en un estímulo general sobre todo en el EV con plataformas. Además de la función neuromuscular, se ponen en marcha sistemas y funciones fisiológicas de mayor alcance. Tras una sesión de EV combinado con squat y llevado hasta la fatiga, se han registrado valores de 128 lpm como frecuencia cardíaca media, una tensión arterial de 132/52 mmHg, una concentración de lactato de 3.5 mmol/L, un consumo de oxígeno del 48,8 % del máximo y un cociente respiratorio de 0,90 (9).

En estudios llevados a cabo en nuestro laboratorio (EFFECTS-262), mediante plataforma vibratoria (*Galileo 900®*, Novotec, Germany), se obtuvieron resultados que concuerdan con los de anteriores trabajos (9, 21). Estímulos vibratorios (25 Hz y 4,2 mm) aplicados sobre brazos y piernas por separado, en series de un minuto, provocaron un aumento de la frecuencia cardíaca, un aumento de la tensión arterial sistólica al aplicarse sobre las piernas, así como un descenso de la tensión arterial diastólica cuando las vibraciones fueron aplicadas sobre los brazos. Estos procesos estarían en consonancia con el aumento del flujo sanguíneo obtenido por otros autores (9, 31, 32), y añadirían (sobre todo el descenso de la TA diastólica) la posibilidad de un proceso de vasodilatación. Algún autor concreta algo más y habla de ensanchamiento de capilares (31). De un modo u otro, este argumento explicaría los eritemas que suelen aparecer en las sesiones de EV (9) y los aumentos que hemos registrado en los perímetros musculares de bíceps relajado, bíceps contraído y muslo. En resumen, el proceso global consistiría en que un elevado flujo sanguíneo en la zona origina un edema temporal de los miembros, debido a una notable extravasación del plasma desde los capilres al espacio

intersticial, lo que en el campo del entrenamiento deportivo se conoce como hipertrofia transitoria.

Especial atención merecen los cambios observados en la actividad electromiográfica una vez finalizada la aplicación del estímulo vibratorio. Tras series de 1 minuto, la señal electromiográfica desciende pero se alcanza un alto rendimiento neuromuscular (11, 12) de origen probablemente periférico. Sin embargo, cuando el estímulo se aplica hasta la fatiga en series de hasta 5 ó 6 minutos, ocurre todo lo contrario. El rendimiento muscular desciende pero la señal electromiográfica aumenta (7, 9), sugiriendo una alta excitabilidad cortical que conllevaría el reclutamiento de grandes unidades motrices. Sin olvidar nunca la importancia de parámetros como la frecuencia, la amplitud y la realización o no de movimientos voluntarios sobre la plataforma, estos resultados sugieren que el tiempo de aplicación de la estimulación vibratoria podría determinar qué tipo de estructuras neurológicas se ven afectadas. (Tabla II).

### **Efectos a largo plazo**

Son aquéllos que surgen tras un programa estructurado de EV. La duración de estos programas ha variado de unos trabajos a otros, por lo que éste será un factor a tener en cuenta a la hora de analizar los resultados.

Tras 10 días de EV con un volumen aproximado de 10 minutos al día, Bosco y colaboradores (33) observaron mejoras significativas en un test de saltos repetidos de 5 segundos. En el test de salto en contramovimiento no hubo mejora alguna. Los autores argumentaron que en este tipo de salto la fase de elongamiento de los músculos no es lo suficientemente rápida como para activar el reflejo miotático o de estiramiento (base fisiológica del EV), cosa que sí ocurre en el test de saltos repetidos. Como explicación a las adaptaciones producidas, se sugirió una posible elevación del umbral de descarga de los órganos tendinosos de Golgi. Ello permitiría

que el complejo músculo-tendón pudiera soportar mayores tensiones y, por tanto, un mayor número de unidades motrices fueran reclutadas durante la fase excéntrica.

Un estudio posterior (34) empleó exactamente el mismo protocolo de EV que Bosco (33), confirmando la ausencia de mejoras en el salto en contramovimiento y extendiéndola al salto desde parado y a diferentes tests de velocidad y agilidad. Los efectos que hasta ahora ha demostrado tener el EV y la base fisiológica en que se sustentan estos, sugieren que quizá las capacidades de velocidad y (sobre todo) agilidad no sean las más susceptibles de ser mejoradas con esta metodología. Además, en el caso concreto de la agilidad, se trata de una cualidad física que incluye numerosos factores tales como coordinación, fuerza explosiva, velocidad, entre otros.

En experiencias previas de nuestro grupo de investigación, un programa de 4 semanas de EV en plataforma (25 Hz, 4 mm, 3 sesiones / semana, 10 minutos / sesión) no produjo mejora alguna en el test de salto en contramovimiento. En este estudio se evaluaron también otras variables relacionadas con la función neuromuscular y con el perfil antropométrico, destacando aumentos del 6.2 % en la potencia máxima desarrollada en press banca y del 4 % en el test de 1 repetición máxima de sentadilla (en ambos  $p > 0,05$ ). La capacidad de equilibrio estático, evaluada mediante *flamingo balance test*, mejoró notablemente, reduciéndose en un 51 % el número de desequilibrios cometidos en un minuto de apoyo monopodal ( $p = 0,06$ ).

De Ruiters (30), en un estudio de características similares al desarrollado por nosotros pero con una duración de 2 semanas, tampoco observó mejora alguna en la máxima contracción voluntaria isométrica ni en la fuerza por unidad de tiempo. En ambos trabajos el poco tiempo de estimulación (5 series de 1 minuto) y el tipo de muestra empleada pueden ser causa de los resultados. La corta duración de los programas de entrenamiento también puede ser en parte responsable. En un estudio muy reciente (35) se ha comprobado que 5 semanas de EV no han

supuesto ningún aumento adicional en el rendimiento de atletas de velocidad respecto a su entrenamiento convencional.

Investigadores belgas (17) registraron, tras 12 semanas de EV en plataforma, mejoras significativas en la máxima contracción voluntaria isométrica y en la fuerza isocinética concéntrica de los extensores de rodilla. Dichas mejoras fueron similares a las obtenidas por otro grupo que entrenó fuerza convencionalmente, con igual duración total y misma frecuencia semanal. El grupo de EV obtuvo un incremento significativo en la altura del salto en contramovimiento que no se produjo en el otro grupo. No obstante hay que destacar que el entrenamiento convencional de fuerza, con 2 series por ejercicio y 10-20 repeticiones máximas en cada serie, no era el más apropiado para la mejora de la fuerza explosiva. La presencia de un grupo placebo (mismo programa de EV pero con una amplitud inapreciable) en el que no se produjo ningún tipo de mejora, permitió a los autores afirmar que las mejoras del grupo EV fueron debidas a la estimulación vibratoria y no a los ejercicios voluntarios realizados durante la misma.

Ampliar la duración de los programas de EV no siempre asegura resultados positivos. Tras dos meses de entrenamiento vibratorio en plataforma se obtuvo una mejora en la altura del salto en contramovimiento del 10,2 %, mientras que a los 4 meses dicha mejora bajó hasta el 8,5 % (36). En el mismo estudio, un aumento de la máxima contracción voluntaria isométrica fue observado sólo a los 2 meses. No se registraron cambios ni en la capacidad de equilibrio estático ni en la velocidad-agilidad. Los resultados llevaron a los autores a sugerir que las adaptaciones producidas por el EV son similares a las ocurridas durante las primeras semanas de un programa de entrenamiento de fuerza, adaptaciones de tipo neuromuscular.

Los efectos del EV mencionados hasta ahora, principalmente las adaptaciones endocrinas, sugieren la posibilidad de algún cambio en la composición corporal tras un programa de entrenamiento en plataforma. Aunque se trata de un aspecto aún por clarificar, debido a la

existencia de resultados contradictorios (12, 24, 25), un estudio de Roelants y colaboradores (37) obtuvo resultados que apuntan en esta dirección. Tras 24 semanas de EV se registró un aumento significativo de la masa libre de grasa en mujeres jóvenes no entrenadas, junto con mejoras notables en la máxima contracción isométrica e isocinética concéntrica.

### **Entrenamiento vibratorio asociado a entrenamiento convencional**

La combinación del EV con el entrenamiento tradicional de fuerza ha dado resultados muy prometedores. En tan sólo 3 semanas de entrenamiento realizando curl de bíceps combinado con vibración, al 80-100 % de 1 repetición máxima, se registraron mejoras del 49,8 % en el test de 1 repetición máxima, frente a mejoras del 16 % obtenidas al realizar sólo entrenamiento tradicional (38). En la misma línea, 5 semanas realizando sentadillas a una intensidad de 6-10 repeticiones máximas sobre plataforma vibratoria produjeron mejoras significativas en el test de 1 repetición máxima (32,4 %) y en la altura del salto en contramovimiento (9,1 %), frente a un aumento también significativo pero menor de 1 repetición máxima (24,2 %) y ningún cambio en el salto en contramovimiento en otro grupo que entrenó exactamente igual pero sin estímulo vibratorio (39). La combinación de ambas formas de entrenamiento, tradicional y vibratoria, puede ser la estrategia ideal para el desarrollo de la fuerza y la potencia muscular (Tabla III).

### **Percepción subjetiva ante la estimulación vibratoria en plataforma**

Al tratarse de una forma novedosa de estimulación, resulta conveniente conocer las sensaciones que experimentan los deportistas, algo sobre lo que no muchos autores han trabajado. Los sujetos de nuestros estudios expresaron una sensación de cosquilleo en los músculos más cercanos a la plataforma, sensación que iba atenuándose progresivamente en zonas más alejadas. La fatiga provocada fue, según ellos mismos, muy localizada e intensa aunque de pronta recuperación. Tras series de 1 minuto de estimulación vibratoria los valores promedio de RPE (*rating of perceived exertion*) fueron de 13 para brazos y 10,5 para piernas

en la escala de Borg 6 a 20 (40). Deportistas de otro estudio (17) calificaron las sesiones de EV mediante plataforma como divertidas y fatigantes, en ningún caso como trabajo duro.

Como en todo tipo de entrenamiento, en el EV también se produce una adaptación progresiva a las cargas de entrenamiento. Cochrane (34) indicó que la primera sesión de EV causó en sus sujetos un nivel de incomodidad significativamente mayor que el resto. En nuestros estudios (EFFECTS-262) se observó un descenso significativo de la RPE de un 25 % al progresar dentro de un programa de 4 semanas.

### **FACTORES DETERMINANTES EN EL ENTRENAMIENTO VIBRATORIO**

Existe una gran variedad de protocolos de estudio respecto al EV. No obstante, estos pueden ser agrupados en los siguientes parámetros fundamentales (Tabla IV).

#### **Forma de aplicación**

El estímulo vibratorio puede ser aplicado de dos formas. De forma directa sobre el vientre muscular o sobre el tendón, mediante cables que transmiten la vibración de forma localizada o mediante instrumentos vibratorios fijados a la piel. O bien de forma indirecta, mediante plataforma vibratoria. Ésta última forma es la más empleada en la actualidad, y se conoce como *whole body vibration*. Se sabe que las estructuras blandas absorben parte de la vibración en su recorrido hasta el músculo objeto del entrenamiento. Por esto los músculos más cercanos a la plataforma vibratoria resultan activados en mayor medida que aquellos situados más lejos (17, 23). La forma directa no sufre esta atenuación, pues se aplica sobre el músculo o tendón que se pretende estimular. Sin embargo, la forma indirecta presenta la ventaja de activar un mayor número de músculos.

#### **Frecuencia vibratoria**

Ciclos por segundo que presenta la vibración (Hz). Una frecuencia de 50 Hz resultó más efectiva que 137 (15), al igual que 80 frente a 120 y 160 Hz (4) y 30 Hz frente a 120 (26). Al emplear plataformas vibratorias, frecuencias de 30, 40 y 50 Hz han resultado efectivas para

aumentar la señal electromiográfica, aunque de forma significativamente mayor los 30 y los 40 Hz (16). Aumentar la frecuencia empleada en plataforma vibratoria en un rango de 18 a 34 Hz supone un aumento proporcional del consumo de oxígeno, lo cual indica que, al menos en ese rango, a mayor frecuencia mayor actividad metabólica muscular (41). En general, en el empleo de plataformas vibratorias las frecuencias se mantienen por debajo de los 50 Hz, pudiendo situar el rango más efectivo entre 25 y 45 Hz. Es recomendable comenzar con una frecuencia algo más baja e ir aumentando poco a poco conforme avanza el entrenamiento. En todo caso, se recomienda evitar frecuencias por debajo de 20 Hz debido al fenómeno de resonancia o desplazamiento entre los órganos y la estructura esquelética.

### **Amplitud de la vibración**

Distancia recorrida por la vibración en cada ciclo (mm). Algunos autores lo expresan como la distancia total (*peak-to-peak*), pero lo habitual en plataformas vibratorias es indicarlo como la mitad del recorrido, es decir, la distancia desde la posición horizontal de la plataforma hasta uno de los extremos, ya sea el superior o el inferior. De esta segunda forma nos referiremos nosotros a la amplitud para explicar ahora su importancia en los efectos del EV. Dos estudios realizados por los mismos investigadores, idénticos en todo salvo en la amplitud de la vibración, obtuvieron resultados muy diferentes. Uno de ellos (42) empleó 1 mm de amplitud, sin producir cambio alguno en el rendimiento neuromuscular. El otro (36) utilizó 4 mm, obteniendo un aumento en la máxima contracción voluntaria isométrica y en la altura del salto en contramovimiento.

El aumento de la amplitud vibratoria en un rango de 2,5 a 7,5 mm, mientras el resto de parámetros permanecen constantes, supone un aumento del consumo de oxígeno, siendo estos aumentos significativamente mayores con las amplitudes más altas (41). Los estudios revisados parecen indicar que amplitudes de 4 a 6 mm garantizan la activación muscular pretendida con el uso de plataformas vibratorias.

### **Tiempo de aplicación del estímulo**

Tras series vibratorias de 1 minuto se han obtenido aumentos de la potencia muscular (11, 12, 22), mientras que exposiciones excesivamente cortas de 6-7 segundos no han producido dichas mejoras (20). Cuando el estímulo se prolonga en exceso llegando a exposiciones ininterrumpidas de 5-6 minutos o incluso más, lo que se obtiene es todo lo contrario, un descenso del rendimiento neuromuscular (7, 9, 26, 27, 28, 29).

Dos estudios longitudinales de similares características obtuvieron resultados contrarios, radicando la principal diferencia en el tiempo de estimulación empleado en las sesiones. El estudio en el que sí se registraron mejoras en el rendimiento (17) empleó sesiones que incrementaron su duración desde 3 minutos al comienzo hasta 20 en las sesiones finales. Sin embargo, en aquél en el que no se obtuvo ninguna mejora (43) las sesiones progresaron sólo desde 5 hasta 8 minutos. Torvinen (23), a pesar de emplear un programa de EV de 4 meses, apenas registró mejoras en el rendimiento neuromuscular, quizá debido a que la estimulación vibratoria en cada sesión tenía un volumen total de tan sólo 4 minutos. Se recomienda aumentar sesión tras sesión el tiempo de estimulación vibratoria, hasta llegar a exposiciones ininterrumpidas (series) de 1-1,5 minutos y un volumen total de 20-25 minutos por sesión.

### **Protocolo de ejercicio**

El tipo de ejercicio que el sujeto realiza mientras recibe el estímulo vibratorio puede influir notablemente. Los ejercicios dinámicos parecen ser los más adecuados para provocar mejoras en la fuerza y potencia musculares (44). Se suelen emplear, entre otros, movimientos de squat, squat profundo, squat con una pierna, extensiones de tobillo y apoyos sobre los talones. Algunos protocolos de EV han añadido sobrecarga externa (38, 39). La eficacia que han demostrado ha sido notablemente alta, obteniendo las ganancias crónicas más altas en lo que a parámetros neuromusculares dinámicos se refiere (test de 1 repetición máxima y salto en

contramovimiento) y además en períodos de aplicación relativamente cortos, de entre 3 y 5 semanas.

El ángulo de flexión adoptado por las articulaciones (principalmente la rodilla) al realizar los ejercicios también debe ser tenido en cuenta. Este factor provocará una alta especificidad en los resultados, de modo similar a como ocurre en el entrenamiento isométrico. La relación directamente proporcional establecida entre la eficacia del estímulo vibratorio y el grado de estiramiento del músculo apoyaría esta teoría (16).

### **Tipo de muestra**

Tan sólo dos estudios se han ocupado de investigar los efectos de un mismo protocolo de EV sobre deportistas con diferentes niveles de entrenamiento. Dichos trabajos analizaron los efectos agudos y sus resultados pusieron de manifiesto que la vibración es más eficaz cuanto más entrenados son los sujetos. Se obtuvieron mejoras significativamente mayores en deportistas de élite respecto a amateur (20) y en atletas olímpicos respecto a nacionales, juniors y amateur (19). La mayor sensibilidad de los receptores musculares y del sistema nervioso central de los deportistas de élite hacia la estimulación adicional puede ser la causa de este fenómeno (20).

### **CONCLUSIONES**

El EV se presenta como una novedosa estrategia en el campo de la actividad física y el deporte, cuyo uso se encuentra en expansión dentro del mundo deportivo. Los estudios realizados hasta la fecha, junto con revisiones como ésta, nos muestran cómo deben ser empleadas las plataformas para obtener importantes beneficios en el rendimiento deportivo. Series de hasta 1,5 minutos con frecuencias de 25-45 Hz, amplitudes de 4-6 mm, ejercicios dinámicos, variados y con sobrecarga cuando se tiene un nivel considerable, pueden ser las consignas más importantes de cara al desarrollo de la potencia muscular, la fuerza máxima isométrica y concéntrica y la fuerza explosiva.