



Revisión

El entrenamiento vibratorio como intervención en la sarcopenia: repercusiones en el sistema neuromuscular de los adultos mayores

María Victoria Palop Montoro¹, Juan Antonio Párraga Montilla², Emilio Lozano Aguilera³ y Milagros Arteaga Checa²

¹Universidad de Jaén. Departamento de Ciencias de la Salud. ²Departamento de Didáctica de la Expresión Musical, Plástica y Corporal. ³Departamento de Estadística e Investigación Operativa. España.

Resumen

Introducción: el envejecimiento se acompaña de una reducción progresiva de la masa muscular que contribuye al desarrollo de limitaciones funcionales, donde el entrenamiento vibratorio puede ser una opción de intervención óptima en la prevención y tratamiento de la sarcopenia.

Objetivo: comprobar la efectividad del entrenamiento de vibraciones de cuerpo completo en el sistema neuromuscular de los adultos mayores.

Métodos: revisión sistemática en las bases de datos Medline, CINAHL, WOS y PEDro, mediante la combinación de los descriptores del Medical Subjects Headings (MeSH) referentes a entrenamiento vibratorio, fuerza muscular, masa muscular y personas mayores.

Resultados: fueron encontrados un total de 214 estudios sobre el entrenamiento vibratorio en personas mayores, bien como única intervención o en combinación con otros ejercicios, de los cuales 45 cumplían los criterios de selección. De ellos, 30 artículos fueron eliminados por no superar los 5 puntos según la escala de PEDro. Se incluyeron para el análisis final 15 ensayos clínicos.

Conclusión: el entrenamiento con plataformas vibratorias demuestra ser un método de entrenamiento de la fuerza seguro, adecuado y eficaz para la población de mayor edad, pero con resultados similares al ejercicio de resistencia convencional, en la prevención y tratamiento de la sarcopenia.

(Nutr Hosp. 2015;32:1454-1461)

DOI:10.3305/nh.2015.32.4.9505

Palabras clave: Vibraciones de cuerpo completo. Sarcopenia. Fuerza muscular. Masa muscular. Personas mayores.

THE VIBRATION TRAINING AS SARCOPENIA INTERVENTION: IMPACT ON THE NEUROMUSCULAR SYSTEM OF THE ELDERLY

Abstract

Introduction: aging is accompanied by a progressive reduction of muscle mass that contributes to the development of functional limitations, and where vibration training may be an option for optimal intervention in the prevention and treatment of sarcopenia.

Objective: to assess the effectiveness of whole-body vibration in the neuromuscular system of the elderly.

Methods: systematic review in Medline, CINAHL, WOS and PEDro data by combining the descriptors of Medical Subject Headings concerning vibration training, muscle strength, muscle mass and older adults.

Results: a total of 214 studies were found on the vibration training in older people as either the only intervention or in combination with other exercises, of which 45 met the selection criteria. Of these, 30 items were eliminated by not more than 5 points according to the PEDro scale. They were included 15 clinical trials for final analysis.

Conclusion: WBV training proves to be a safe, adequate and effective strength training method in the elderly population, but results are similar to conventional resistance exercise in the prevention and treatment of sarcopenia.

(Nutr Hosp. 2015;32:1454-1461)

DOI:10.3305/nh.2015.32.4.9505

Key words: Whole body vibration. Sarcopenia. Muscle strength. Muscle mass. Older people.

Correspondencia: M.^a Victoria Palop Montoro.
C/ Doctor Eduardo Arroyo, nº 1; 1º izqda. 23004, Jaén.
E-mail: mpalop@ujaen.es

Recibido: 20-VI-2015.
Aceptado: 26-VII-2015.

Abreviaturas

MEDLINE: Medical Literature Analysis and Retrieval System Online o MEDLARS Online.

ISI WOS: Institute for Scientific Information, Web Of Science.

CINAHL: Cumulative Index to Nursing and Allied Health Literature.

PEDro: Physiotherapy Evidence Database.

WBV: Whole Body Vibration.

GENUD: Growth, Exercise, NUtrition and Development.

Introducción

La pérdida de masa muscular que acontece con la edad, denominada sarcopenia, es un proceso natural que incluye cambios cualitativos y cuantitativos en el tejido muscular¹. Su evolución se encuentra asociada a factores tales como los hábitos alimenticios y el ejercicio físico. Así el sedentarismo produce una mayor y más rápida pérdida de masa muscular y, por tanto, de la fuerza. Por el contrario, el ejercicio físico se prescribe como intervención eficaz para contrarrestar la sarcopenia^{2,3}.

Una modalidad de ejercicio, que surgió como potencial intervención que podría influir positivamente en el sistema muscular de los adultos mayores, es lo que se conoce como las vibraciones de cuerpo completo o whole body vibration (WBV). Las vibraciones estimulan el sistema neuromuscular, activando la musculatura a través de los reflejos espinales. Como consecuencia de la detección de vibraciones por parte de los husos neuromusculares se provoca un aumento de la ratio de descarga de estas estructuras⁴. Esto produce un aumento de los potenciales motores evocados en los músculos sometidos a vibración^{5,6}, que supone una activación de los circuitos medulares en los que se basa el reflejo miotático⁷. De este modo se provoca mayor sincronización de unidades motoras a través de motoneuronas alfa⁸. Además, este circuito parece estar mediado por las vías de los receptores cutáneos^{9,10}.

También se estimulan motoneuronas gamma, que mantienen elongada la parte central de los husos musculares; ello mejora la eficiencia del sistema neuromuscular una vez que el estímulo ha cesado⁸. Adicionalmente, se ha encontrado que la vibración produce una mayor coactivación agonista-antagonista, tanto durante su aplicación¹¹ como después de la misma¹²; lo que podría tener un efecto positivo en la estabilización activa de la articulación¹¹. El efecto de la estimulación vibratoria, por tanto, no se limitaría a estructuras medulares. El aumento de los potenciales motores y de la frecuencia de señal electromiográfica, tras una exposición prolongada, sugieren un estado de notable excitabilidad de la corteza motora y provocaría un mayor reclutamiento de fibras tipo II¹³. La consecuencia sería un estado de mayor eficiencia neuromuscular que permite mayor rendimiento en los movimientos voluntarios^{14,15}.

Se ha de tener muy en cuenta la frecuencia, amplitud, dirección y duración de las vibraciones, ya que el cuerpo humano ha demostrado responder de manera altamente específica a la variación de estos parámetros¹⁶. Respecto al nivel de entrenamiento, existe la opinión de que la vibración resulta más eficaz cuanto más entrenados estén los sujetos¹⁷, por aumento de la sensibilidad de los receptores musculares y del sistema nervioso central hacia la estimulación adicional. En cambio, otros autores sugieren que las mejoras podrían ser mayores en personas sedentarias e individuos frágiles¹⁸. Actualmente se especula que cada colectivo puede requerir de unos parámetros específicos diferentes, al igual que cada individuo debe responder de un modo a la aplicación de vibraciones y, por tanto, deberían prescribirse de forma personalizada. Es más, cada grupo muscular parece tener una frecuencia de estimulación óptima.

La eficacia de WBV reside en su facilidad de uso, el poco tiempo requerido de utilización, demandas aeróbicas bajas y efectos leves sobre la presión arterial¹⁹. Puede servir para la mejora de la eficiencia neuromuscular; y sus efectos positivos, ya observados en adultos jóvenes, conllevan la necesidad de un mayor conocimiento de la posible utilización de WBV en una población de más edad. Las investigaciones sugieren que WBV puede afectar favorablemente al rendimiento muscular^{20,21}. Otros estudios, sin embargo, han reportado resultados equívocos^{22,23}. La diversidad de los protocolos de entrenamiento vibratorio empleados hace que la comparación de las intervenciones sea extremadamente difícil.

Por tanto, el propósito de este estudio es investigar los efectos de WBV sobre el sistema neuromuscular de los adultos mayores. Existe la hipótesis de que el entrenamiento vibratorio se traduciría en un mayor rendimiento de las extremidades inferiores que el mismo ejercicio sin vibración, previniendo la sarcopenia asociada a la edad.

Material y método

El diseño de este estudio es de tipo descriptivo transversal de artículos publicados mediante una revisión sistemática. La fuente de obtención de datos se obtuvo de la consulta directa a la literatura científica indizada en las siguientes bases de datos: Medical Literature Analysis and Retrieval System Online (MEDLINE), Cumulative Index to Nursing and Allied Health Literature (CINAHL), Web Of Science (WOS) y Physiotherapy Evidence Database (PEDro).

Se analizaron los artículos publicados por instituciones o investigadores individuales, cuyo idioma fuera inglés, portugués o castellano; acotando la búsqueda desde el año 2000 en adelante. Los descriptores utilizados fueron: "whole body vibration", "vibration training", "older people", "elderly persons", "muscle strength", "muscle mass" y "lean mass"; mediante su

combinación con los operadores booleanos AND y OR. Los límites empleados fueron: humanos y ensayos clínicos. Los estudios debían estar publicados como originales en revistas documentadas, fueron seleccionados a partir del título y resumen de los mismos, y se obtuvieron a texto completo para un análisis más detallado. La fecha de la última actualización de la búsqueda se realizó en diciembre de 2014. Los documentos debieron cumplir con los siguientes criterios:

- Criterios de inclusión: Ensayos clínicos aleatorizados publicados en revistas indexadas en bases de datos internacionales, sujetas a revisión por pares y con acceso al texto completo.
- Criterios de exclusión: Revisiones y documentos de interés que no basaban su estudio en personas mayores, que el entrenamiento realizado no fuera específicamente con vibraciones de cuerpo completo, que solo analizaran el efecto agudo tras una sesión y aquellos que no incluyeran como variable de estudio la fuerza o la masa muscular.

Para evaluar la calidad metodológica de los ensayos clínicos utilizamos la escala PEDro que está basada en la lista Delphi desarrollada por Verhagen et al²⁴. Esta escala identifica cuáles de los ensayos clínicos aleatorios pueden tener suficiente validez interna (criterios 2-9) y suficiente información estadística para hacer que sus resultados sean interpretables (criterios 10-11). Un criterio adicional (criterio 1) que se relaciona con la validez externa (“generalizabilidad” o “aplicabilidad” del ensayo), pero no se utiliza para el cálculo de la puntuación.

Resultados

Se encontraron 214 artículos sobre el entrenamiento vibratorio en personas mayores, bien como única intervención o en combinación con otros ejercicios combinados de resistencia, aeróbicos, de equilibrio o flexibilidad; de los cuales 45 cumplían los criterios de selección. De ellos, 30 artículos fueron eliminados por no superar los 5 puntos según la escala PEDro. Por tanto, se incluyeron para el análisis final 15 ensayos clínicos. En la tabla I se presentan las principales características de los mismos: autores y año, participantes y características de la muestra, tipo de vibración, intervención, frecuencias y amplitudes (y/o aceleraciones) utilizadas; así como sus instrumentos de medida y la puntuación obtenida en la escala PEDro.

Discusión

Este estudio ofrece una visión de la eficacia de WBV como intervención de capacitación para el desempeño funcional e intervención en la sarcopenia, en

adultos mayores, a través de mejoras en el sistema neuromuscular.

Bogaerts et al²⁵ comprobaron un aumento significativo de la fuerza isométrica, la fuerza explosiva y la masa muscular, tanto en el grupo de WBV como en el de fitness durante un año de intervención, del mismo modo que Rees et al²⁶, lo cuales limitaron su estudio a 2 meses, encontrando mejoras en la fuerza de miembros inferiores y la velocidad de la marcha de los adultos mayores, al igual que en el grupo que realizó ejercicios de fuerza sin vibración. La única diferencia entre los grupos experimentales (WBV y entrenamiento de fuerza clásico) la obtuvieron en la fuerza de flexión plantar, que fue mayor con entrenamiento vibratorio. Por su parte, Pollock et al²⁷ combinaron WBV con un programa de ejercicio reportando mayores ganancias de fuerza con la vibración que el ejercicio solo, tras 8 semanas de intervención. Otros autores han señalado mejoras en la fuerza isométrica y dinámica con WBV tras 6 meses^{28,29} comparando este entrenamiento con otros ejercicios, bien de fuerza o bien aeróbico. En contraste, Von Stengel et al³⁰ no encontraron diferencias significativas entre un programa de ejercicio y este mismo suplementado con WBV. Sin embargo, los autores informaron de mayor tendencia a incrementos de la fuerza muscular en los individuos sometidos a vibración.

Respecto a la posición adoptada en la plataforma, un ensayo clínico se planteó como objetivo examinar los efectos de la postura en bipedestación durante el entrenamiento vibratorio sobre la función muscular y su morfología. Los mayores que formaron la muestra fueron divididos en 3 grupos; unos adoptaron la postura en flexión de rodillas, otros en extensión y el grupo control se mantuvo en flexión sin vibraciones. Después de 3 meses, la velocidad de contracción de la parte superior del cuerpo mejoró significativamente después de WBV con flexión de rodillas y la fuerza del tren inferior mejoró con ambas posturas, respecto al grupo control. Así, la hipótesis de la adaptación diferencial de la postura solo se observó para la velocidad de miembros superiores³¹. Simão et al³² trabajaron con mayores afectos de osteoartritis de rodilla durante 12 semanas, en posición de squat, mejorando la velocidad de la marcha y la distancia caminada en el grupo de WBV. Los marcadores inflamatorios y la percepción del dolor disminuyeron también considerablemente.

En referencia a las mejoras en la masa muscular, en España, el grupo de investigación GENUD quiso comprobar si un programa de entrenamiento vibratorio de corta duración tiene algún efecto sobre la masa magra en personas mayores. Tras 11 semanas de WBV, los autores señalaron que este periodo no es suficiente para producir cambios significativos³³. Previamente otros investigadores habían testado el impacto de WBV por sí solo (es decir, no combinado con otros tipos de ejercicio), obteniendo incrementos del área de sección transversal del vasto medial, así como de la fuerza y la velocidad de miembros inferiores, tras

Tabla I
Resumen de estudios incluidos en la revisión.

<i>Autores y año</i>	<i>Muestra</i>	<i>Tipo de vibración</i>	<i>Intervención</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Amplitud / aceleración</i>	<i>Instrumentos de medida</i>	<i>Puntuación PEDro</i>
Bautmans et al ³⁷	Mayores institucionalizados N: 21 Edad media: 77,5 años Rango de edad: 76-78 años	Vertical	2-6 ejercicios estáticos con 60-30 s de reposo 5-6 min/sesión 3 sesiones/semana	30-40 Hz	2-5 mm	Chair Sit and Reach Timed Up and Go Tinetti Vigorímetro Dinamómetro	7
Bogaerts et al ²⁵	Grupo mixto de mayores residentes en la comunidad N: 180 Edad media: 67,1 años Rango de edad: 65-70 años	Vertical	4-12 series de 30-60 s con 60-15 s de reposo 8 ejercicios estáticos y dinámicos 3 sesiones/semana	30-40 Hz	2,5-5 mm	Dinamómetro isocinético Pulsómetro Espirometría en bicicleta ergométrica	6
Bogaerts et al ³⁵	Mujeres mayores N: 103 Edad media: 79,6 años Rango de edad: 78-80 años	Vertical	2-5 ejercicios de 15-60 s con 60-5 s de reposo duración de la vibración entre 1 y 12 minutos 3 sesiones/semana	30-40 Hz	1,6-2,2 g	Dinamómetro isocinético Posturografía computarizada Shuttle walk (10 m) Physiological Profile Assessment (riesgo de caídas)	7
Gómez Cabello et al ³³	Grupo mixto de mayores no institucionalizados N: 49 Edad media: 75 años Rango de edad: 65-80 años	Vertical	10 repeticiones de 45 s con 60 s de reposo posición estática en squat 3 sesiones/semana	40 Hz	2 mm	DXA	5

Tabla I (cont.)

Resumen de estudios incluidos en la revisión.

Machado et al ³⁴	Mujeres mayores N: 25 Edad media: 72,8 años Rango de edad: 61-86 años	Vertical	Ejercicios estáticos y dinámicos en progresión máximo 22 min/ sesión 3-5 sesiones/semana	20-40 Hz	2 y 4 mm	Dinamómetro Timed Up and Go	5
Marín et al ³⁹	Grupo mixto de mayores que viven en la comunidad N: 34 Edad media: 84,3 años Rango de edad: no especificado	Vertical	6 diferentes ejercicios estáticos y dinámicos con aumento progresivo del número de series y ejercicios de 30 s con 60 s de reposo 2 o 4 sesiones/semana	35-40 Hz	1,05-2,11 mm	Chair Stand test Romberg Plataforma de fuerzas Cuestionario de salud SF-36	5
Mikhael et al ³¹	Grupo mixto de mayores N: 19 Edad media: 64,4 años Rango de edad: 50-80 años	Oscilante	1 min con 1 min de reposo duración total 20 minutos posición estática en 20° de flexión o extensión de rodillas 3 sesiones/semana	12 Hz	1 mm/0,3 g	Estadiómetro Tomografía Plataforma de fuerzas computerizada Equipo de resistencia neumática	7
Pollock et al ²⁷	Mayores frágiles N: 77 Edad media: 82 años Rango de edad: 80-83 años	Oscilante	5 series de 1 minuto 3 sesiones/semana	15-30 Hz	2-8 mm	Timed Up and Go Caminar 6 m Equilibrio estático Riesgo de caídas SF-12	6
Rees et al ²⁶	Grupo mixto de mayores desentrenados N: 30 Edad media: 73,7 años Rango de edad: 66-85 años	Oscilante	6 series de 45 s con 80 s de reposo 4,5-8 min por sesión progresión de ejercicios estáticos a dinámicos 3 sesiones/semana	26 Hz	5-8 mm	Sit-to-Stand Velocidad de la marcha en 5 y 10 m Timed Up-and-Go Dinamómetro isocinético	5

Tabla I (cont.)
Resumen de estudios incluidos en la revisión.

Simão et al ³²	Grupo mixto de personas mayores N: 32 Edad media: 75 años Rango de edad: 69-75 años	Vertical	6-8 series de ejercicios de squat con flexión de rodillas a 10-60° de 20-40 s con 20-40 s de reposo 3 sesiones/semana	35-40 Hz	4 mm/2-2,61 g	Caminar 6 m Berg Análisis de marcadores inflamatorios Percepción del dolor	7
Verschuere et al ²⁸	Mujeres posmenopáusicas N: 70 Edad media: 64,6 años Rango de edad: 60-70 años	Vertical	5 diferentes ejercicios estáticos y dinámicos aumento de la duración de la sesión, nº de series y disminución del tiempo de reposo máximo 30 minutos 3 sesiones/semana	35-40 Hz	1,7-2,5 mm/ 2,28-5,09 g	Dinamómetro Plataforma de fuerzas DXA	5
Verschuere et al ²⁹	Mujeres mayores N: 103 Edad media: 79,6 años Rango de edad: 78-80 años	Vertical	2-5 ejercicios de 15-60 s con 60-5 s de reposo duración de la vibración entre 1 y 12 minutos 3 sesiones/semana	30-40 Hz	1,6-2,2 g	Dinamómetro isocinético Tomografía Radioinmunoensayo	7
Von Stengel et al ³⁰	Mujeres posmenopáusicas N: 151 Edad media: 68,5 años Rango de edad: 65-75 años	Vertical	6 series de 1 minuto en progresión combinadas con ejercicios dinámicos de miembros inferiores 15 min/sesión 2 sesiones/semana	25-35 Hz	1,7-2 mm	CMJ Dinamometría DXA	7
Zhang et al ³⁶	Mayores frágiles N: 44 Edad media: 85,2 años Rango de edad: 80-87 años	Oscilante	4-5 series de 60 segundos en posicionamiento estático 3-5 sesiones/semana	6-26 Hz	1-3 mm	Timed Up and Go Chair Stand Test Dinamometría Equilibrio funcional Estado de salud general	7

10 semanas de WBV³⁴. Verschueren et al²⁹ comprobaron aumentos de la fuerza isométrica máxima en su grupo de entrenamiento vibratorio suplementado con vitamina D, al igual que Bogaerts et al³⁵, sin encontrar cambios en la masa muscular. En cambio, Von Stengel et al³⁰ encontraron un aumento de la masa muscular y una disminución de la grasa corporal total. Los diferentes resultados podrían ser por la variedad en cuanto a protocolos empleados, la duración de los mismos y las características de la muestra. Así, los estudios que encontraron hipertrofia significativa escogieron a personas mayores institucionalizadas, las cuales estarían más debilitadas.

Zhang et al³⁶ basaron sus estudios en individuos mayores frágiles y, tras 8 semanas de WBV, este ejercicio por sí solo aumentó la fuerza, velocidad y potencia en estas personas, proporcionando mejoras en el estado de salud de los participantes. Otros investigadores que dirigieron su atención hacia este colectivo, tras 6 semanas de tratamiento, objetivaron un aumento de la velocidad de la marcha. La fuerza se vio beneficiada del mismo modo, pero de igual forma que en el grupo de ejercicio sin vibración³⁷. Parece que WBV debe mejorar la fuerza y la potencia muscular de este colectivo cuando se compara con un grupo control; en cambio, los resultados no difieren de los que produce el ejercicio convencional. De igual modo, Kennis et al³⁸ llegaron a las mismas conclusiones, aportando que WBV puede ser un entrenamiento específico para las fibras rápidas. Estos autores evaluaron los efectos de un año de entrenamiento vibratorio en el volumen y calidad muscular, fuerza isométrica y concéntrica, y en la potencia de adultos mayores. Un grupo realizó ejercicios aeróbicos y de fuerza, y otro grupo entrenamiento vibratorio progresivo. Lo interesante de este estudio es su seguimiento después de la intervención, ya que un año después, el grupo de WBV disminuyó la potencia, pero se mantuvo significativamente más alta que en sus valores de inicio del entrenamiento, respecto al grupo de ejercicio y a un control.

Existe poco acuerdo sobre los parámetros que optimizan el rendimiento con WBV, existiendo diferencias en los protocolos de intervención. Marín et al³⁹ investigaron los efectos del entrenamiento vibratorio realizado 2 o 4 días a la semana, durante 8 semanas. Ambos grupos aumentaron la fuerza de miembros inferiores significativamente pero, 3 semanas después de la intervención, el grupo que realizó 2 sesiones semanales obtuvo una reducción de la fuerza más rápida. Los autores señalaron que 4 días puede ser más beneficioso para producir adaptaciones positivas en el estatus funcional de las personas mayores.

Por otro lado, hay que señalar que en la mayoría de estudios con WBV y adultos mayores predomina el sexo femenino en la muestra o este se realiza exclusivamente con féminas. Este sesgo de género puede ser debido al creciente estudio con mujeres posmenopáusicas así como el mayor porcentaje de mujeres que llegan a edades avanzadas. A pesar de la variabilidad

de protocolos empleados en los diferentes estudios, lo que todos refieren en común es que WBV es un método que no produce efectos adversos ni problemas de salud en las personas de edad.

Conclusiones

WBV demuestra ser un método de entrenamiento de la fuerza seguro, adecuado y eficaz para la población de mayor edad, pero con resultados similares al ejercicio de resistencia convencional. Debido a que este entrenamiento puede llevarse a cabo en el hogar, podría servir como una intervención de ejercicio alternativo en aquellos adultos mayores que no se sienten atraídos por el ejercicio de resistencia tradicional o que no pueden realizarlo debido a alguna afección que los limita de su práctica. Tras la revisión de ensayos clínicos, lo que todos señalan es que este tipo de ejercicio podría ser efectivo en el tratamiento y la prevención de la sarcopenia.

Como aportación práctica, sería interesante establecer protocolos de intervención individualizados ajustados a las capacidades de cada persona; sobre todo en el colectivo de personas mayores y en aquellos con limitaciones funcionales.

Referencias

1. Rolland Y, Czerwinski S, Abellan Van Kan G, Morley JE, Cesari M, Onder G et al. Sarcopenia: Its assessment, etiology, pathogenesis, consequences and future perspectives. *J Nutr Health Aging* 2008;12(7):433-50.
2. Fiatarone M, Marks E, Ryan N, Meredith C, Lipsitz L, Evans W. High intensity strength training in nonagenarians. Effects on skeletal muscle. *JAMA* 1990;263:3029-34.
3. Hagerman FC, Walsh SJ, Staron RS, Hikida RS, Gilders RM, Murray TF et al. Effects of high-intensity resistance training on untrained older men. I. Strength, cardiovascular, and metabolic responses. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2000;55(7):B336-46. doi: 10.1093/gerona/55.7.B336.
4. Nishihira Y, Iwasaki T, Hata A, Wasaka T, Kaneda T, Kuroiwa K et al. Effect of whole body vibration stimulus and voluntary contraction on motoneuron pool. *Adv Exerc Sport Physiol* 2002;8:83-6.
5. Kossev A, Siggelkow S, Schubert M, Wohlfarth K, Dengler R. Muscle vibration: different effects on transcranial magnetic and electrical stimulation. *Muscle Nerve* 1999;22:946-8.
6. Kossev A, Siggelkow S, Kapels H, Dengler R, Rollnik JD. Crossed effects of muscle vibration on motor-evoked potentials. *Clin Neurophysiol* 2001;112:453-6.
7. Rittweger J, Mutschelknauss M, Felsenberg D. Acute changes in neuromuscular excitability after exhaustive whole body vibration exercise as compared to exhaustion by squatting exercise. *Clin Physiol Funct Imaging* 2003;23:81-6.
8. Cardinale M, Bosco C. The use of vibration as an exercise intervention. *Exerc Sport Sci Rev* 2003;31(1):3-7.
9. Abbruzzese G, Hagbarth KE, Homma I, Wallin U. Excitation from skin receptors contributing to the tonic vibration reflex in man. *Brain Res* 1978;150(1):194-7. doi: 10.1016/0006-8993(78)90665-0.
10. Romaguere P, Vedel JP, Azulay JP, Pagni S. Differential activation of motor units in the wrist extensor muscles during the tonic vibration reflex in man. *J Physiol* 1991;444:645-67.
11. Berschin G, Sommer H. Vibrationskrafttraining und Gelenkabilität: EMG-Untersuchungen zur Wirkung von Vibrations-

- frecuencia y Körperhaltung auf Muskelaktivierung und -koaktivierung. *DZSM* 2004;55:152-6.
12. Gabriel DA, Basford JR, An KN. Vibratory facilitation of strength in fatigued muscle. *Arch Phys Med Rehabil* 2002;83:1202-5.
 13. Romaguere P, Vedel JP, Pagni S. Effects of tonic vibration reflex on motor unit recruitment in human wrist extensor muscles. *Brain Res* 1993;602(1):32-40.
 14. Bosco C, Colli R, Intorini E, Cardinale M, Tsarpela O, Madella A et al. Adaptive responses of human skeletal muscle to vibration exposure. *Clin Physiol* 1999;19:183-7.
 15. Bosco C, Iacovelli M, Tsarpela O, Cardinale M, Bonifazi M, Tihanyi J et al. Hormonal responses to whole-body vibration in men. *Eur J Appl Physiol* 2000;81:449-54.
 16. Cardinale M, Pope MH. The effects of whole body vibration on humans: dangerous or advantageous? *Act Physiol Hung* 2003;90:195-206.
 17. Issurin VB, Tenenbaum G. Acute and residual effects of vibratory stimulation on explosive strength in elite and amateur athletes. *J Sports Sci* 1999;17:177-82.
 18. Lam, F.M., Lau, R.W., Chung, R.C. & Pang, M.Y. (2012). The effect of whole body vibration on balance, mobility and falls in older adults: a systematic review and meta-analysis. *Maturitas*, 72, 206-213.
 19. Rittweger, J., Beller, G. & Felsenberg, D. (2000). Acute physiological effects of exhaustive whole-body vibration exercise in man. *Clin Physiol*, 20, 134-42.
 20. Delecluse, C., Roelants, M. & Verschueren, S. (2003). Strength increase after whole-body vibration compared with resistance training. *Med Sci Sports Exerc*, 35, 1033-41.
 21. Roelants, M., Delecluse, C. & Verschueren, 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.
 22. Schlumberger A, Salin D, Schmidtbleicher D. (2001). Strength training with superimposed vibrations. *Sportverletz Sportschaden* 2001;15(1):1-7.
 23. De Ruiter CJ, Raak SM, Schilperoot JV, Hollander AP, Haan A. The effects of 11 weeks whole body vibration training on jump height, contractile properties and activation of human knee extensors. *Eur J Appl Physiol* 2003;88:472-5.
 24. Verhagen AP, de Vet HC, de Bie RA, Kessels AG, Boers M, Bouter LM et al. The Delphi list: a criteria list for quality assessment of randomized clinical trials for conducting systematic reviews developed by Delphi consensus. *J Clin Epidemiol* 1998;51(12):1235-41.
 25. Bogaerts A, Delecluse C, Claessens AL, Troosters T, Boonen S, Verschueren SM. Effects of whole body vibration training on cardiorespiratory fitness and muscle strength in older individuals (a 1-year randomised controlled trial). *Age Ageing* 2009;38(4):448-54. doi: 10.1093/ageing/afp067.
 26. Rees SS, Murphy AJ, Watsford ML. Effects of whole-body vibration exercise on lower-extremity muscle strength and power in an older population: a randomized clinical trial. *Phys Ther* 2008;88(4):462-70. doi: 10.2522/ptj.20070027.
 27. Pollock RD, Martin FC, Newham DJ. Whole-body vibration in addition to strength and balance exercise for falls-related functional mobility of frail older adults: a single-blind randomized controlled trial. *Clin Rehabil* 2012;26(10):915-23. doi: 10.1177/0269215511435688.
 28. Verschueren SM, Roelants M, Delecluse C, Swinnen S, Vanderschueren D, Boonen S. 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* 2004;19:352-9. doi: 10.1359/JBMR.0301245.
 29. Verschueren SM, Bogaerts A, Delecluse C, Claessens AL, Haentjens P, Vanderschueren D et al. The effects of whole-body vibration training and vitamin D supplementation on muscle strength, muscle mass, and bone density in institutionalized elderly women: a 6-month randomized, controlled trial. *J Bone Miner Res* 2011;26(1):42-9. doi: 10.1002/jbmr.181.
 30. Von Stengel S, Kemmler W, Engelke K, Kalender WA. Effect of whole-body vibration on neuromuscular performance and body composition for females 65 years and older: a randomized-controlled trial. *Scand J Med Sci Sports* 2012;22(1):119-27. doi: 10.1111/j.1600-0838.2010.01126.x
 31. Mikhael M, Orr R, Amsen F, Greene D, Singh MA. Effect of standing posture during whole body vibration training on muscle morphology and function in older adults: a randomised controlled trial. *BMC Geriatr* 2010;10:74. doi: 10.1186/1471-2318-10-74.
 32. Simão AP, Avelar NC, Tossige-Gomes R, Neves CD, Mendonça VA, Miranda AS et al. Functional performance and inflammatory cytokines after squat exercises and whole-body vibration in elderly individuals with knee osteoarthritis. *Arch Phys Med Rehabil* 2012; 93(10):1692-700. doi: 10.1016/j.apmr.2012.04.017.
 33. Gómez-Cabello A, González-Aguero A, Ara I, Casajus JA, Vicente-Rodríguez G. Effects of a short-term whole body vibration intervention on lean mass in elderly people. *Nutr Hosp* 2013;28(4):1255-8.
 34. Machado A, García-López D, González-Gallego J, Garatachea N. Whole-body vibration training increases muscle strength and mass in older women: a randomized-controlled trial. *Scand J Med Sci Sports* 2010;20(2):200-7. doi: 10.1111/j.1600-0838.2009.00919.
 35. Bogaerts A, Delecluse C, Boonen S, Claessens AL, Milisen K, Verschueren SM. Changes in balance, functional performance and fall risk following whole body vibration training and vitamin D supplementation in institutionalized elderly women. A 6 month randomized controlled trial. *Gait Posture* 2011;33(3):466-72. doi: 10.1016/j.gaitpost.2010.12.027.
 36. Zhang L, Weng C, Liu M, Wang Q, Liu L, He Y. Effect of whole-body vibration exercise on mobility, balance ability and general health status in frail elderly patients: a pilot randomized controlled trial. *Clin Rehabil* 2014;28(1):59-68. doi: 10.1177/0269215513492162.
 37. Bautmans I, Van Hees E, Lemper JC, Mets T. The feasibility of whole body vibration in institutionalized elderly persons and its influence on muscle performance, balance and mobility: a randomized controlled trial. *BMC Geriatr* 2005;22(5):17.
 38. Kennis E, Verschueren SM, Bogaerts A, Van Roie E, Boonen S, Delecluse C. Long-term impact of strength training on muscle strength characteristics in older adults. *Arch Phys Med Rehabil* 2013;94(11):2054-60. doi: 10.1016/j.apmr.2013.06.018.
 39. Marín PJ, Martín-López A, Vicente-Campos D, Angulo-Carreire M, García-Pastor T, Garatachea N et al. Effects of vibration training and detraining on balance and muscle strength in older adults. *J Sports Sci Med* 2011;10(3):559-64.