PubliCE, (PubliCE) 2018

Article

Efecto de la Vibración Local durante el Ejercicio de Fuerza sobre la Hipertrofia Muscular

Marcos D. M. Drummond[1], Leszek A. Szmuchrowski[1], Roberto Simão[2], Alex S. Maior[3] y Bruno Pena Couto[1]

[1]*Universidad Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil*
[2]*Universidad Federal de Río de Janeiro, Río de Janeiro, Brasil*
[3]*Universidad Augusto Motta (UNISUAM), Río de Janeiro, Brasil*

RESUMEN

La suma de la vibración mecánica al entrenamiento de la fuerza (EF) ha demostrado tener una influencia positiva en las ganancias de fuerza y potencia muscular. El propósito de este estudio fue determinar la influencia de la vibración local en la hipertrofia muscular. La muestra incluyó 20 hombres no entrenados que se ubicaron aleatoriamente en 2 grupos. El Grupo de Vibración (GV) se entrenó con la aplicación local de vibración durante el EF. El grupo sin vibración (GSV) se entrenó sin la aplicación de vibración. Ambos grupos realizaron entrenamiento de la fuerza (EF) durante 12 semanas, 3 veces•sem-1. El protocolo de entrenamiento fue: 4 series de 8 a 10 repeticiones máximas de flexión unilateral de codo en un banco tipo Scott con 120 segundos de descanso entre series. Parámetros de vibración: frecuencia de 30 Hz y amplitud de 6 mm. Aunque ambos grupos mostraron aumentos significativos en el área de sección transversal de las partes distal y media del brazo (GSV = 21,04 ± 6,88% y 19,03 ± 8,49%, respectivamente) al final del programa de EF (GV = 20,90 ± 4,74% y 19,16 ± 10,67%, respectivamente), el área de sección transversal del brazo distal fue mayor en el GSV versus el GV (17,41 ± 4,64%; P<0,05). Por lo tanto, los hallazgos indican que la aplicación de la vibración local no necesita ser incluida en el programa de EF de individuos no entrenados.

Palabras Clave: Área de Sección Transversal, Ejercicio de Flexores de Codo, Hipertrofia Muscular, Vibración

INTRODUCCIÓN

La vibración es un fenómeno mecánico por el cual las oscilaciones ocurren alrededor de un punto de equilibrio. La vibración aplicada durante la rehabilitación se ha utilizado como una estrategia terapéutica para mejorar el sistema músculo-esquelético (8,24). Además, la aplicación de la vibración mecánica durante el entrenamiento de la fuerza (EF) ha recibido una atención considerable en el entrenamiento atlético y en la ciencia del deporte para promover un aumento en la fuerza y potencia muscular (9,10,22,29,32,34).

Dos tipos de entrenamiento que usan vibración incluyen la vibración de todo el cuerpo (VTC) y la vibración local. La VTC es la aplicación indirecta de vibraciones caracterizadas por oscilaciones sinusoidales verticales que se transmiten al músculo aplicable a través de los tejidos del cuerpo (20). En la VTC, la vibración generalmente se transmite desde el contacto del pie con una plataforma vibratoria. Este método se usa comúnmente para agregar vibraciones mecánicas al ejercicio

(13,19). El propósito del entrenamiento de vibración local es dirigir el estímulo de vibración a un grupo muscular específico o un segmento del cuerpo (16). Esta acción puede evitar la pérdida de los estímulos de vibración. Por lo tanto, la energía se produce en la VTC durante la transferencia de vibraciones a través de los tejidos del cuerpo, especialmente en el entrenamiento de los músculos de las extremidades superiores (9,10,34).

Silva et al. (32) indican que la aplicación de la vibración local puede ser más eficiente que la VTC debido a la estimulación de los músculos específicos que realizan el ejercicio. Además, la vibración local también puede hacer vibrar el cable unido a la barra de resistencia y la empuñadura específica del ejercicio propuesto (10,16,32). Este tipo de vibración local puede ser más eficiente porque la suma de la vibración generada puede producir efectos excéntricos cortos en todos los músculos que son responsables del movimiento (10,32). El aumento en la producción de la fuerza con la vibración mecánica puede deberse al reflejo tónico vibratorio, que se asemeja al reflejo de estiramiento (28,34). Este reflejo aumenta la actividad neuromuscular (25) y el reclutamiento de unidades motoras mediante la activación de husos musculares y vías polisinápticas que inhiben recíprocamente las neuronas motoras de los músculos antagonistas (11,28).

El aumento en la activación muscular y la producción de la fuerza mediante la aplicación de vibración puede aumentar los parámetros de carga del EF y puede conducir a una mayor hipertrofia muscular (28,34). Además, varios estudios indican que la aplicación de la vibración durante el EF aumenta la concentración sanguínea de las hormonas anabólicas, la testosterona y la hormona del crecimiento (6,15,17), lo que puede contribuir al aumento de la hipertrofia muscular (34). Sin embargo, ningún estudio ha investigado el efecto de la vibración local sobre la hipertrofia muscular o ha comparado el efecto del EF convencional con el EF con vibración local sobre la hipertrofia muscular. Nuestra hipótesis es que la aplicación de la vibración local con EF en la estimulación refleja de las unidades motoras puede ayudar a aumentar la hipertrofia muscular. Por lo tanto, el presente estudio comparó la influencia del EF y la vibración mecánica local del cable unido a la barra de resistencia con la influencia del EF convencional sobre la hipertrofia muscular de los flexores del codo.

MÉTODOS

Sujetos

Este estudio posee un diseño de grupos paralelos aleatorizados en el que los sujetos fueron situados aleatoriamente en 2 grupos diferentes de EF: grupo sin vibración (GSV) (N = 10; 21,3 ± 3,02 años, 175 ± 0,09 cm, 69,53 ± 6,24 kg) y Grupo de Vibración (GV) (N = 10; 21,1 ± 2,13 años, 176 ± 0,05 cm, 67,81 ± 5,84 kg). No hubo pérdidas o exclusiones después de la aleatorización. El reclutamiento de sujetos se realizó durante un período de 3 semanas y se interrumpió en el momento en que se logró la muestra necesaria. Ninguno de los sujetos participó en ningún tipo de EF y solo había participado en actividades recreativas durante al menos 12 meses antes del estudio. Todos los sujetos fueron instruidos para evitar actividades deportivas regulares durante el estudio. Ninguno de los sujetos tenía un historial de lesiones en las extremidades superiores ni ningún tipo de limitación que pudiera afectar la finalización del entrenamiento o los test de 1RM. Todos los sujetos acordaron participar en el estudio al firmar los Términos de Consentimiento Libre y Claro. Todos los procedimientos fueron aprobados por el Comité Ético de Investigación de la Universidad Federal de Minas Gerais (CAE 0159.0.203.000-11). Las pruebas y las sesiones de entrenamiento se llevaron a cabo a la misma hora del día para cada sujeto. Los datos fueron recogidos en el Laboratorio de Evaluación de Carga en la Universidad Federal de Minas Gerais. No se produjeron cambios importantes en los resultados del estudio después de que comenzó el estudio. Los autores de este estudio inscribieron a los sujetos, generaron la secuencia de asignación aleatoria y asignaron aleatoriamente los sujetos a los grupos.

Como criterios de inclusión, todos los sujetos presentaron la siguiente adecuación nutricional: (a) ingesta de una dieta normo-calórica de 50 a 55% de la ingesta energética de fuentes de carbohidratos; (b) 25 a 30% de lípidos; y (c) 15 a 20% de proteínas con 1,2 a 1,7 g de proteína por kg de masa corporal total del sujeto. Se solicitó a los voluntarios que completaran y devolvieran un registro dietético de 2 días. El software Dietpro (versión 5.1, Dietpro Inc., Viçosa, Minas Gerais, Brasil) se utilizó para analizar la ingesta de alimentos. Se alentó a los sujetos a mantener sus hábitos dietéticos durante el período de estudio. La ingesta calórica y de nutrientes de los sujetos durante el período experimental de entrenamiento es similar a la sugerida por Volek (35). Los procedimientos fueron similares a los adoptados por Ahtiainen et al. (1) y Buresh et al. (7). Los sujetos fueron instruidos para evitar el uso de esteroides androgénicos anabólicos y ayudas ergogénicas nutricionales o farmacológicas.

Se adoptaron los siguientes criterios de exclusión adicionales: (a) uso de medicamentos que pueden afectar las respuestas cardiorrespiratorias; (b) existencia de problemas músculo-esqueléticos diagnosticados que pueden limitar la ejecución del ejercicio de flexión de codo en un banco tipo Scott; (c) hipertensión sistémica (≥140/90 mmHg o el uso de medicación antihipertensiva; (d) enfermedad metabólica; y (e) uso de esteroides anabólicos androgénicos exógenos, drogas y/o

medicamentos con posibles efectos sobre el rendimiento físico.

Procedimientos de Entrenamiento

Inicialmente, los sujetos se sometieron a dos sesiones de familiarización con ejercicios de flexión unilateral de codo en un banco tipo Scott sin la aplicación de vibración. El brazo derecho (brazo dominante) se utilizó en todos los sujetos. El GSV realizó 4 series de 8 a 10 repeticiones máximas (RM) en cada sesión de entrenamiento utilizando un ejercicio de flexión de codo unilateral en un banco tipo Scott. El peso inicial levantado fue del 70% de 1RM. Durante cada serie de entrenamiento, el peso levantado se ajustó de manera que el sujeto pudiera cumplir el rango establecido de repeticiones. Cuando el sujeto realizó 8 RM, el peso levantado en la siguiente serie disminuyó de 0,5 a 1,0 kg. Se observó un intervalo de 120 segundos entre las series (1,7,13). Cada sujeto realizó 3 sesiones semanales, y el intervalo de recuperación mínimo entre las sesiones fue de 48 horas.

El sistema de carga consistía en una guía para el desplazamiento del peso que estaba conectada al banco tipo Scott. El desplazamiento del peso se produjo a través de un cable de acero conectado a la empuñadura específica para el ejercicio propuesto. Se adoptó un sistema ajustable de arandelas, en lugar de discos, para permitir la selección de ajustes de peso más precisos (Figura 1).

El GV realizó el mismo protocolo de entrenamiento que el GSV, pero se aplicaron vibraciones mecánicas locales durante el entrenamiento. Las vibraciones tuvieron una frecuencia de 30 Hz y una amplitud pico a pico de 6 mm en la fuente de vibración (20,32). Un cable de acero unió la columna de anillos a la empuñadura, que se conectó a un motor a través de un eje excéntrico (Figura 1). La activación de este sistema permitió empujar el cable de acero y generar así una vibración mecánica transmitida al cable y posteriormente a todos los músculos que realizaban el movimiento (10,16,32). La transmisión de la vibración a los flexores de codo fue confirmada por los acelerómetros colocados en el vientre del bíceps braquial (10,32). Los datos de acelerometría se midieron mediante acelerómetros de 3 ejes, sistema de adquisición de señales biológicas (ME6000 Biomonitor) y un programa específico (MegaWin, vesão 2.4); todo de la marca Mega Electronics Ltd, Finlandia.

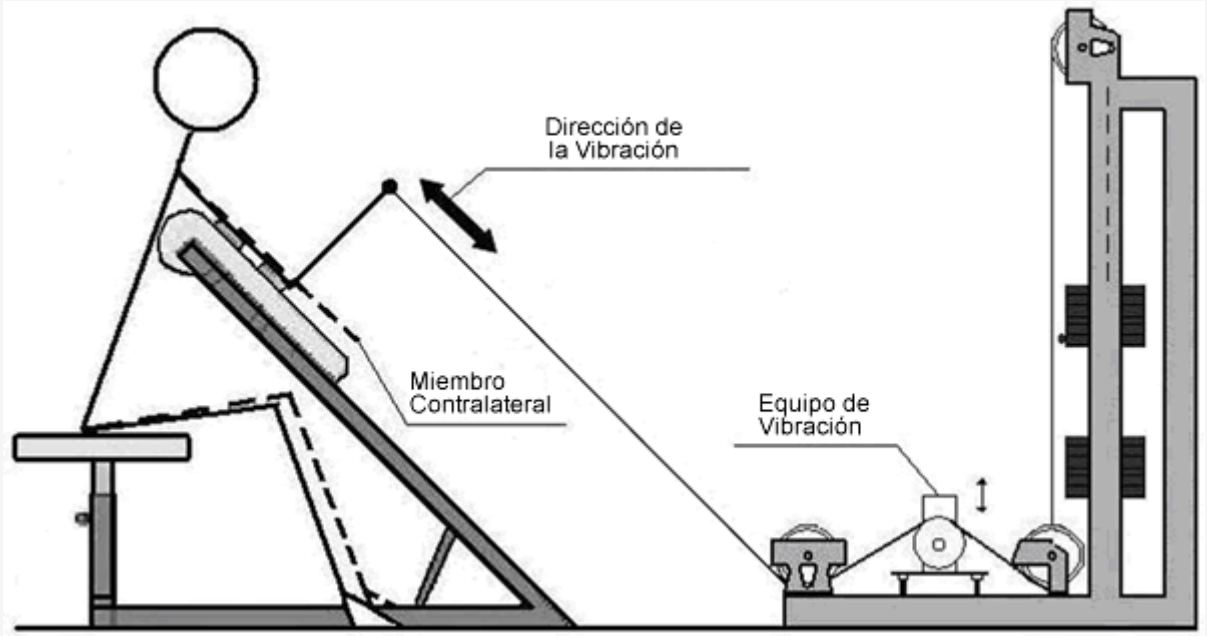


Figura 1. *Equipo de Entrenamiento de la Fuerza.*

Test de Una Repetición Máxima

Todos los sujetos realizaron el test de 1RM después de una sesión de familiarización. El test de 1RM consistió en una flexión unilateral de codo en un banco tipo Scott. Se realizaron dos sesiones de prueba para garantizar la reproducibilidad de la prueba (23). Los intervalos entre sesiones fueron de 48 hs. Los sujetos fueron instruidos para no realizar actividad física durante el período de prueba inicial. Para caracterizar los sujetos y prescribir el peso inicial levantado, se usaron los

resultados de la segunda sesión de prueba. No se permitió ninguna pausa entre las fases concéntrica y excéntrica de una repetición o entre las repeticiones. Para que una repetición sea exitosa, se debe realizar un rango completo de movimiento para el ejercicio. El rango de movimiento para una repetición exitosa se definió de la siguiente manera: codos que comienzan en extensión completa seguidos por flexión completa, mientras mantienen una alineación postural perfecta sin influencia del torso.

Las cargas de 1RM se determinaron en menos de cinco intentos con un intervalo de descanso de 5 minutos entre intentos. La progresión de peso en cada intento fue gradual (0,5 a 1,0 kg) y de acuerdo con la percepción subjetiva de los sujetos y los evaluadores. Cada sujeto recibió instrucciones de realizar solo 1 repetición por intento. Si la ejecución completa del movimiento no se realizó después del intervalo de recuperación, el peso levantado en el intento anterior se consideró como el peso máximo. Las siguientes estrategias se utilizaron para minimizar la ocurrencia de errores durante los tests de 1RM: (a) proporcionar instrucciones estandarizadas a los sujetos sobre el procedimiento del test antes de su realización; (b) estimulación verbal durante la ejecución del test; y (c) verificar la masa de todos los pesos en una balanza de precisión.

Imagen por Resonancia Magnética

Se realizaron escaneos de Imagen por Resonancia Magnética (IRM) después de completar el test de 1RM para determinar el área de sección transversal (AST) pre-entrenamiento de los flexores del codo de los brazos derechos de los sujetos. Los escaneos de IRM se repitieron 48 horas después del final de la última sesión de EF. Las imágenes de IRM se obtuvieron utilizando Siemens® Espree MRI equipment® (modelo Espree Magneton®) con investigadores experimentados que realizaron todos los procedimientos de recolección bajo la supervisión de los autores de este estudio. El equipo fue calibrado en cada día de prueba previo a la primera prueba según las instrucciones del fabricante. El brazo derecho fue escaneado con sujetos en posición supina con el brazo cerca del tronco y las palmas mirando hacia arriba.

En la IRM, se obtuvieron 30 cortes axiales entre el punto proximal (epífisis humeral proximal) y distal del brazo (punto distal anterior a la articulación del codo) en el eje cráneo-caudal. El grosor del corte era de 5 mm con una distancia de 1,5 mm entre cada corte, y el campo de visión era de 40 x 40 cm. La secuencia de pulso spin-eco era una secuencia ponderada en T1 con un tiempo de repetición de 750 ms, tiempo de eco de 20 ms y resolución de matriz de 230 x 290. Las imágenes de resonancia magnética se registraron en un formato digital para su posterior análisis en un entorno controlado. El software PACS-Kodak Carestream (versión 11.0, Carestream Health Inc., Rochester, Nueva York) se utilizó para analizar las imágenes y determinar el AST.

La herramienta "a mano alzada" del software se usó para determinar el área de los músculos flexores del codo. Esta herramienta permite seleccionar un área específica y el área se determina en cm^2 (Figura 2). Los músculos flexores de codo se identificaron y se seleccionaron, y las áreas obtenidas se registraron para el análisis posterior. Se incluyeron todos los componentes musculares, como el tejido conectivo y los vasos sanguíneos pequeños. El mismo analista experimentado realizó todos los análisis. El AST de cada sujeto se determinó a partir del promedio de tres cortes mediales. Específicamente, se seleccionaron los números de corte 14, 15 y 16 posicionados en la región medial del brazo. Los procedimientos fueron similares a los descritos por De Souza et al. (12).

Análisis Estadísticos

La normalidad de los datos se verificó con la prueba de Shapiro-Wilk. El coeficiente de correlación intraclase (ICC) 3.1 y el error estándar de medición (EEM) se utilizaron para verificar la fiabilidad del test de 1RM y la medición del AST (Weir, 2005). El *t*-test no pareado se utilizó para comparar los promedios de los tests de 1RM entre grupos y el número de repeticiones, la duración de cada serie y el volumen total de entrenamiento realizado por los grupos durante el período de entrenamiento.



Figura 2. *Estándar para Medir el Área de Sección Transversal de la parte Distal y Media del brazo.*

Se utilizó un ANOVA bidireccional con medidas repetidas (grupo x tiempo) para comparar los resultados medios de las pruebas de AST antes y después del entrenamiento. Se utilizó el método *post hoc* de Bonferoni cuando correspondía. Se consideró significativo un valor P de <0,05. El tamaño de la muestra se basó en el estudio de De Souza et al. (12) que comparó los efectos crónicos de dos protocolos diferentes de EF sobre la hipertrofia muscular. Se determinó un tamaño del efecto de 25% (estudio piloto) después de 12 semanas de entrenamiento, considerándose como referencia de tiempo cero el valor inicial de la producción de fuerza con un coeficiente de variación del 20%, un valor alfa de 0,95 y un valor beta de 0,80. Los análisis estadísticos se realizaron con GraphPad Prism 7.02 (GraphPad Software Inc., San Diego, CA, EEUU.). También se realizaron análisis de datos descriptivos.

RESULTADOS

Los valores ICC del test de 1RM y los valores EEM fueron de 0,93 y 2,8 kg, respectivamente. Los grupos exhibieron resultados similares de los tests de 1RM (P = 0,581). La fiabilidad de las mediciones del AST se evaluó mediante el análisis de la imagen del brazo de cada sujeto dos veces en 6 meses. La precisión de las mediciones del AST fue buena con un coeficiente de correlación intraclase de 0,99 y un error estándar de medición de 0,08 cm² (33). Al final del programa de entrenamiento, los escaneos de la parte distal y media del brazo mostraron una hipertrofia significativa (P<0,05) en el GSV (21,04 ± 6,88% y 19,03 ± 8,49%, respectivamente) y en el GV (20,90 ± 4,74% y 19,16 ± 10,67%, respectivamente) (Figura 3). Además, después de 12 semanas de EF, el GSV mostró un aumento significativo en el área de sección transversal del brazo distal en comparación con el GV (17,41 ± 4,64%; P<0,05).

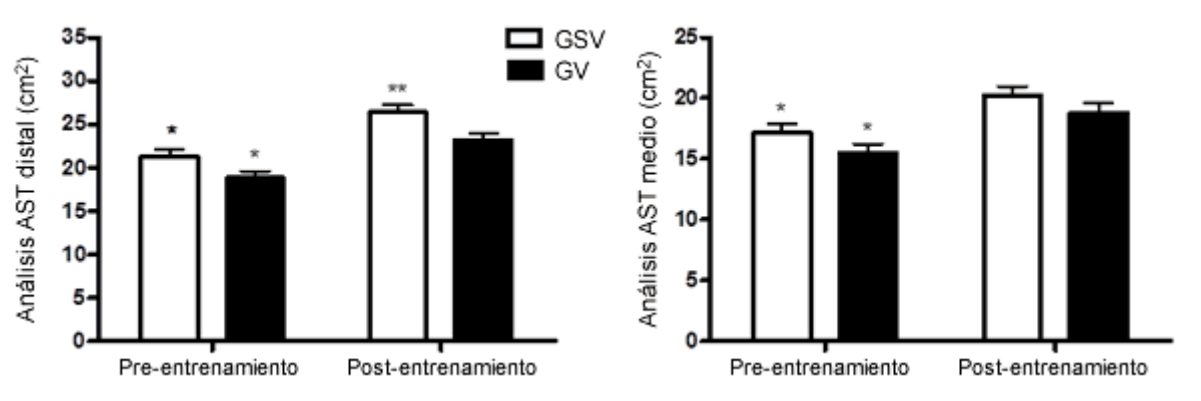


Figura 3. *Cambios Estructurales en el Brazo Distal y el Brazo Medio Antes y Después de 12 semanas de Entrenamiento de la Fuerza Con y Sin Vibración. Los valores se expresan como media ± DE. *P<0,05 vs post-entrenamiento; **P<0,05 vs grupo GV.*

No se observaron diferencias significativas entre el número medio de repeticiones máximas realizadas por serie durante el período de entrenamiento (P=0,215), la duración media de cada serie (P=0,091) o entre los promedios del volumen total de entrenamiento de los grupos (repeticiones totales x peso total levantado) (P=0,136) (Tabla 1). No se observaron eventos adversos a lo largo del estudio.

Tabla 1. *Los Resultados de los Tests de 1RM, el Número de Repeticiones Máximas (RM) Realizadas por Serie, la Duración de Cada Serie y el Volumen Total de Entrenamiento Realizado por los Grupos GSV y GV (media ± DE).*

1RM TesT (kg)		Repeticiones Máximas		Duración (seg)		Volumen Total (kg)	
GSV	GV	GSV	GV	GSV	GV	GSV	GV
14,4±3,03	13,5±2,68	8,97±0,48	8,69±0,29	26,42±2,68	29,03±2,23	1249,7±324,4	1042,0±141,5

DISCUSIÓN

Este estudio investigó el efecto crónico del EF con vibración mecánica local en la hipertrofia de los flexores del codo. No se observó una diferencia significativa en el aumento de la hipertrofia en el GSV y el GV en relación con la parte media del brazo, pero el músculo distal del brazo mostró un aumento significativo en el GSV. Por lo tanto, los resultados no confirmaron la hipótesis del estudio. Hasta la fecha, ningún estudio comparó el efecto de la vibración local (por cable de acero) sobre la hipertrofia muscular, lo que limita la discusión de los resultados del presente estudio. Por lo tanto, se necesitan estudios adicionales en esta área específica.

Todos los sujetos en el presente estudio eran no entrenados y exhibieron una alta adaptabilidad (2,14). La alta adaptabilidad del GV dio lugar a un gran aumento en el AST, similar al aumento observado en el GSV, que también tenía una gran adaptabilidad. Por lo tanto, los individuos no entrenados pueden no requerir un estímulo potenciador para lograr una adaptación morfológica debido al EF. En el presente estudio, la hipertrofia muscular se asoció con cambios significativos en la arquitectura muscular, posiblemente, por la suma de sarcómeros en serie precedida por el desarrollo de hipertrofia a nivel macroscópico. Otro factor importante es que la fase excéntrica puede contribuir con el aumento de la circunferencia del músculo distal, mientras que la fase concéntrica muestra una tendencia al aumento de la circunferencia de la parte media del músculo (31). Por lo tanto, hubo una reducción en el tiempo de tensión en la parte distal del músculo durante la fase excéntrica con vibración. Se deben realizar más estudios en sujetos entrenados para verificar si la suma de vibración mecánica local al EF puede actuar como estímulo diferenciado y potenciador.

En el presente estudio, la suma de la vibración mecánica local durante el EF no aumentó el número de repeticiones máximas, la duración de las series y el volumen total de entrenamiento. Por lo tanto, la suma de la vibración mecánica local

durante el EF no alteró el estímulo de entrenamiento. Moran et al. (26) no observaron aumentos agudos en la fuerza muscular dinámica con la aplicación de la vibración local durante los curls del bíceps. La falta de aumento de la producción dinámica de la fuerza muscular submáxima no conduciría a un aumento en la intensidad del entrenamiento y, en consecuencia, en el volumen total del entrenamiento, que se produjo en el presente estudio y puede explicar en parte los resultados. Ningún otro estudio investigó o comparó el efecto de la vibración local durante el EF sobre el número de repeticiones máximas, la duración de las series y el volumen total de entrenamiento, lo que limita la discusión de los resultados del presente estudio. Por otro lado, algunos estudios demostraron un efecto crónico positivo de la vibración local durante el EF cuando se usan contracciones isométricas máximas (10,32) o una intensidad cercana al 100% de 1 RM (16). Sin embargo, ningún otro estudio ha comparado el efecto crónico de la vibración mecánica local durante el EF dinámico submáximo. La ausencia de datos respalda la necesidad de estudios adicionales en esta área específica.

No se ha alcanzado un consenso sobre un protocolo de vibración ideal (22,34), y diferentes combinaciones de frecuencias y amplitudes variables de vibraciones mecánicas tuvieron diferentes efectos sobre el desarrollo de la fuerza muscular (22). Por lo tanto, aunque las condiciones de 30 Hz y 6 mm que se utilizaron en este estudio pueden no haber generado un aumento en el estímulo del EF y, en consecuencia, en la hipertrofia muscular, otros parámetros pueden producir este efecto. Algunos estudios comentaron que la baja frecuencia de vibración (5-45 Hz) ha sido eficiente para aumentar la actividad EMG, la fuerza muscular y la potencia posiblemente mediante respuestas excitatorias del huso muscular que mejoran la activación muscular que involucra un mecanismo reflejo espinal (6,9,10) .

Algunos estudios investigaron el efecto de la VTC sobre la hipertrofia muscular. Machado et al. (21) y Osawa y Oguma (27) observaron efectos positivos de la VTC sobre la hipertrofia muscular. Lamont et al. (19) y Von Stengel et al. (36) encontraron que la VTC no dio como resultado un aumento en el AST del músculo entrenado, que es similar a los resultados de este estudio. Sin embargo, diferentes protocolos de entrenamiento y diferentes tipos de entrenamiento con vibración limitan la comparación y la discusión de los resultados.

CONCLUSIONES

Los resultados del presente estudio indican que la hipertrofia muscular fue similar entre los grupos. Por lo tanto, la aplicación de la vibración local durante los programas de EF no potenció la ganancia de hipertrofia y no es necesario incluirla en el EF con individuos no entrenados.

AGRADECIMIENTOS

Los autores de este estudio desean agradecer a la Fundação de Amparo à Pesquisa [Fundación de Protección de la Investigación] del estado de Minas Gerais (FAPEMIG - Brasil), la Pró-Reitoria de Pesquisa (PRPQ) [Pro-Rectoría de Investigación] de la Universidad Federal Minas Gerais y AXIAL - Medicina Diagnóstica [Medicina Diagnóstica] de Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

Dirección de correo: Professor Bruno Pena Couto, Laboratory of Load Evaluation. Physical Education School, Federal University of Minas Gerais, Antônio Carlos Av. 6.627, Belo Horizonte, Brazil, Email:brunopena@yahoo.com.br. Phone: +5531988779381

REFERENCIAS

1. Ahtiainen JP, Pakarinen A, Alen M, Kraemer WJ, Häkkinen K. (2005). Short vs. *long rest period between the sets in hypertrophic resistance training: Influence on muscle strength, size, and hormonal adaptations in trained men. J Strength Cond Res. 2005; 19:572-582.*
2. Ahtiainen JP, Hakkinen K. (2009). Strength athletes are capable to produce greater muscle activation and neural fatigue during high-intensity resistance exercise than nonathletics. *J Strength Cond Res. 2009;23:1129-1134.*
3. Bemben MG. (2002). Use of diagnostic ultrasound for assessing muscle size. *J Strength Cond Res. 2002;16:103-108.*
4. Bedient AM, Adams JB, Edwards DA, Serravite DH, Huntsman E, Mow SE, Roos BA, Signorile JF. (2009). Displacement and

frequency for maximizing power output resulting from a bout of whole-body vibration. *J Strength Cond Res. 2009;23:1683-1687.*
5. Bird S. (2010). Strength nutrition: Maximizing your anabolic potential. *Strength Cond J. 2010; 32:80-86.*
6. Bosco C, Iacovelli M, Tsarpela O, Cardinale M, Bonifazi, M, Tihanyi J, Viru M, De Lorenzo A, Viru A. (2000). Hormonal responses to whole-body vibration in men. *Eur J Appl Physiol. 2000;8:449-454.*
7. Buresh R, Berg K, French J. (2009). The effect of resistive exercise rest interval on hormonal response, strength, and hypertrophy with training. *J Strength Cond Res. 2009;23:62-71.*
8. Chanou K, Gerodimos V, Karatrantou K, Jamurtas A. (2012). Whole-body vibration and rehabilitation of chronic diseases: A review of the literature. *J Sports Sci Med. 2012;11; 187-200.*
9. Cochrane DJ. (2011). Vibration exercise: The potential benefits. *Int J Sports Med. 2011;32:75-99.*
10. Couto BP, Silva HR, Barbosa MP, Szmuchrowski LA. (2012). Chronic effects of different frequencies of local vibrations. *Int J Sports Med. 2012;33:123-129.*
11. Crone C, Nielsen J. (1994). Central control of disynaptic reciprocal inhibition in humans. *Acta Physiol Scand. 1994;152:351-363.*
12. De Souza TP, Fleck SJ, Simão R, Dubas JP, Pereira B, Brito Pacheco EM, Silva AC, Oliveira PR. (2010). Comparison between constant and decreasing rest intervals: Influence on maximal strength and hypertrophy. *J Strength Cond Res. 2010;24:1843-1850.*
13. Delecluse C, Roelants M, Verschueren S. (2003). Strength increase after whole-body vibration compared with resistance training. *Med Sci Sport Exer. 2003;35:1033-1041.*
14. Hammett JB, Hey WT. (2003). Neuromuscular adaptation to short-term (4 weeks) ballistic training in trained high school athletes. *J Strength Cond Res. 2003;17:556-560.*
15. Iodice P, Bellomo RG, Gialluca G, Fanò G, Saggini R. (2011). Acute and cumulative effects of focused high-frequency vibrations on the endocrine system and muscle strength. *Eur J Appl Physiol. 2011;111:897-904.*
16. Issurin VB, Liebermann DG, Tenenbaum G. (1994). Effect of vibratory stimulation training on maximal force and flexibility. *J Sports Sci. 1994;12:561-566.*
17. Kvorning T, Bagger M, Caserotti P, Madsen K. (2006). Effects of vibration and resistance training on neuromuscular and hormonal measures. *Eur J Appl Physiol. 2006;96:615-625.*
18. Lamont HS, Cramer JT, Bemben DA, Shehab RL, Anderson MA, Bemben MG. (2010). Effects of adding whole body vibration to squat training on isometric force/time characteristics. *J Strength Cond Res. 2010;24:171-183.*
19. Lamont HS, Cramer JT, Bemben DA, Shehab RL, Anderson MA, Bemben MG. (2011). Effects of a 6-week periodized squat training with or without whole-body vibration upon short-term adaptations in squat strength and body composition. *J Strength Cond Res. 2011;25: 1839-1848.*
20. Luo J, McNamara B, Moran K. (2005). The use of vibration training to enhance muscle strength and power. *Sports Med. 2005;35:23-41.*
21. Machado A, García-López D, González-Gallego J, Garatachea, N. (2010). Whole-body vibration training increases muscle strength and mass in older women: A randomized-controlled trial. *Scand J Med Sci Spor. 2010;20:200-207.*
22. Marín PJ, Rhea MR. (2010). Effects of vibration training on muscle strength: A meta-analysis. *J Strength Cond Res. 2010;24:548-556.*
23. Mccurdy K, Langford G, Jenkerson D, Doscher M. (2008). The validity and reliability of the 1RM bench press using chain-loaded resistance. *J Strength Cond Res. 2008;22: 678-683.*
24. McKeehen JN, Novotny SA, Baltgalvis AK, Call JA, Nuckley DJ, Lowe DA. (2013). Adaptations of mouse skeletal muscle to low intensity vibration training. *Med Sci Sports Exerc. 2013; 45(6):1051-1059.*
25. Mischi M, Cardinale M. (2009). The effects of a 28-Hz vibration on arm muscle activity during isometric exercise. *Med Sci Sports Exerc. 2009;41:645-653.*
26. Moran K, McNamara B, Luo J. (2009). Effect of vibration training in maximal effort (70% 1RM) dynamic bicep curls. *Med Sci Sports Exerc. 39:526-533.*
27. Osawa Y, Oguma Y. (2013). Effects of resistance training with whole-body vibration on muscle fitness in untrained adults. *Scand Med Sci Sports. 2013;23:84-95.*
28. Pollock RD, Woledge RC, Martin FC, Newham, Di J. (2012). Effects of whole body vibration on motor unit recruitment and threshold. *J Appl Physiol. 2012;112:388-395.*
29. Rittweger J. (2010). Vibration as an exercise modality: How it may work, and what its potential might be. *Eur J Appl Physiol. 2010;108:877-904.*
30. Roelants M, Delecluse C, Goris M, Verschueren S. (2004). Effects of 24 weeks of whole body vibration training on body composition and muscle strength in untrained females. *Int J Sports Med. 2004;25:1-5.*
31. Seger JY, Arvidsson B, Thorstensson A. (1998). Specific effects of eccentric and concentric training on muscle strength and morphology in humans. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol. 1998;79:49-57.*
32. Silva HR, Couto BP, Szmuchrowski LA. (2008). Effects of mechanical vibration applied in the opposite direction of muscle shortening on maximal isometric strength. *J Strength Cond Res. 2008;22:1031-1036.*
33. Weir JP. (2005). Quantifying test-retest reliability using the intraclass correlation coefficient and the SEM. *J Strength Cond Res. 2005;19:231-240.*
34. Wilcock IM, Whatman C, Harris N, Keogh JW. (2009). Vibration training: Could it enhance the strength, power, or speed of athletes? J Strength Cond Res. *2009;23:593-603.*
35. Volek JS. (2004). Influence of nutrition on responses to resistance training. *Med Sci Sports Exerc. 2004;36:689-96.*
36. Von Stengel S, Kemmler W, Engelke K, Kalender WA. (2012). 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;22:119-127.*

Cita Original

Drummond DMD, Szmuchrowski LA, Simão R, Maior AS, Couto BP. Efecto de la Vibración Local durante el Ejercicio de Fuerza sobre la Hipertrofia Muscular. JEPonline 2017;20(5):69-79.