



Universitat
de les Illes Balears

TRABAJO DE FIN DE GRADO

EFFECTIVIDAD DE LA TERAPIA VIBRATORIA EN EL ABORDAJE DEL DOLOR MUSCULAR DE APARICIÓN TARDÍA EN DEPORTISTAS Y PERSONAS FÍSICAMENTE ACTIVAS

Alberto Venzal Ballester

Grado de Fisioterapia

Facultad de Enfermería y Fisioterapia

Año Académico 2020-2021

EFFECTIVIDAD DE LA TERAPIA VIBRATORIA EN EL ABORDAJE DEL DOLOR MUSCULAR DE APARICIÓN TARDÍA EN DEPORTISTAS Y PERSONAS FÍSICAMENTE ACTIVAS

Alberto Venzal Ballester

Trabajo de Fin de Grado

Facultad de Enfermería y Fisioterapia

Universidad de las Illes Balears

Año Académico 2020-21

Palabras clave del trabajo:

Terapia vibratoria, DMAT, deportistas

Vibration, DOMS, athletes

Nombre Tutor/Tutora del Trabajo: Natalia Romero Franco.

Se autoriza la Universidad a incluir este trabajo en el Repositorio Institucional para su consulta en acceso abierto y difusión en línea, con fines exclusivamente académicos y de investigación

Autor		Tutor	
Sí	No	Sí	No
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

ÍNDICE

1. RESUMEN.....	4
2. ABSTRACT.....	5
3. INTRODUCCIÓN.....	6
4. OBJETIVOS.....	8
5. METODOLOGÍA.....	8
5.1 Fuentes de información.....	8
5.2 Límites.....	8
5.3 Criterios de elegibilidad.....	9
5.4 Calidad metodológica.....	9
6. RESULTADOS.....	11
6.1 Fuentes de información y calidad metodológica.....	11
6.2 Características generales de la muestra.....	13
6.3 Intervención.....	16
6.4 Variables.....	20
7. DISCUSIÓN.....	24
8. CONCLUSIÓN.....	28
9. BIBLIOGRAFÍA.....	29

RESUMEN

Contexto: En los últimos años, la terapia vibratoria se ha utilizado como método de recuperación deportiva. Sin embargo, no se sabe con certeza su influencia en el dolor muscular de aparición tardía (DMAT).

Objetivos: Conocer la efectividad y los protocolos de intervención más utilizados de la terapia vibratoria en cuanto al abordaje del DMAT en deportistas de élite y población físicamente activa.

Metodología: Se realizaron búsquedas en PubMed, SportDiscus, BVS y PEDro sobre la terapia vibratoria para tratar el DMAT en deportistas, desde el año 2011 hasta el 30 de abril de 2021.

Resultados: La revisión incluyó 13 artículos tras el cribado, 8 de ellos utilizaron la vibración de cuerpo entero (VCE) y los 5 restantes utilizaron vibración local (VL). Los parámetros de aplicación fueron muy variados, con frecuencias de 20-120Hz, amplitudes de 1-6mm y duraciones de 1-15 minutos. Todos los artículos midieron el dolor muscular mediante la Escala Visual Analógica (EVA) o el umbral de dolor por presión (UDP). La gran mayoría estudió la terapia vibratoria post-ejercicio en población físicamente activa. De hecho, sólo 3 artículos estudiaron los efectos de la terapia vibratoria en deportistas de élite y ninguno de ellos la aplicaron pre-ejercicio.

Conclusión: La VL obtuvo mejores resultados que VCE en población físicamente activa, mientras que ambos métodos de intervención obtuvieron buenos resultados en deportistas de élite. Sin embargo, hacen falta más estudios para determinar el protocolo de intervención óptimo para ambos grupos poblacionales.

ABSTRACT

Context: In recent years, vibration therapy has been used as a sports recovery method. However, its influence on delayed-onset muscular soreness (DOMS) is not known with certainty.

Objectives: To know the effectiveness and the most used intervention protocols of vibration therapy to treat DMAT in elite athletes and physically active population.

Methodology: PubMed, SportDiscus, BVS and PEDro were searched for vibration therapy to treat DMAT in athletes, from 2011 to April 30, 2021.

Results: The review included 13 articles after screening. 8 of them used whole body vibration (WBV) and the remaining 5 used local vibration (LV). The application parameters were very varied. Frequencies of 20-120Hz, amplitudes of 1-6mm and durations of 1-15 minutes were used. All articles measured muscle pain using the Visual Analogue Scale (VAS) or pressure pain threshold (PPT). The vast majority studied post-exercise vibration therapy in the physically active population. In fact, only 3 articles studied the effects of vibration therapy in elite athletes and none of them applied it pre-exercise.

Conclusion: LV obtained better results than WBV in physically active population, while both intervention methods obtained good results in elite athletes. However, more studies are needed to determine the optimal intervention protocol for both population groups.

INTRODUCCIÓN

Tanto la población deportista como la no deportista, cuando se somete a un ejercicio excéntrico desconocido o no acostumbrado, experimentará lo que se conoce como daño muscular inducido por el ejercicio (DMIE). Se caracteriza por la aparición de dolor muscular de aparición tardía (DMAT) entre las 24h y 72h posteriores al ejercicio y suele ir acompañado de rigidez e hinchazón muscular, disminución en la producción de fuerza muscular, del rango articular y de la propiocepción, así como un aumento en los niveles séricos de marcadores de daño muscular como la creatina quinasa (CK) [1,2,3,4,5,6]. Se carece de datos epidemiológicos precisos sobre DMAT debido a un gran número de casos no evaluados [1]. Actualmente, no existe una definición clara para el diagnóstico de DMAT a pesar de que se han desarrollado muchas hipótesis para explicar su etiología. La teoría más aceptada por la comunidad científica es la que considera que el DMIE provoca microrroturas dentro de las fibras musculares y un ensanchamiento en línea Z de los sarcómeros alterando su estructura, lo cual produce a un aumento de la degradación proteica, apoptosis celular y respuesta inflamatoria local mediante un aumento de neutrófilos, monocitos y macrófagos [1,4,6]. Estas sustancias inflamatorias alcanzan su punto máximo alrededor de las 48h post ejercicio y sensibilizan las aferencias del huso neuromuscular, órgano tendinoso de Golgi y las terminaciones nerviosas de tipo III y IV a la estimulación mecánica, química o térmica, lo que da como resultado el dolor percibido [2].

Aunque el DMAT se considera un tipo de lesión leve (distensión muscular de tipo I) [3,4], es una de las razones más comunes que comprometen la práctica deportiva, presentando una incidencia global de 10-55% de todas las lesiones deportivas [1]. En la población deportista, tanto de élite como recreacional, el DMAT ocurre generalmente tras un aumento en la intensidad/volumen de entrenamiento, cuando se modifica el programa de ejercicios o se implementa uno nuevo [2,3]. La presencia de DMAT suele ir acompañado de rigidez muscular, disminuyendo el rango articular y la capacidad para generar fuerza, disminuyendo de esta forma el rendimiento y aumentando el riesgo de lesión. Por lo tanto, la prevención y el tratamiento de DMAT es de gran importancia para entrenadores,

terapeutas y deportistas. El dolor muscular en miembros inferiores puede alterar el patrón de marcha y de carrera, así como el estado de ánimo del deportista y el rendimiento, ya que puede hacer que el deportista se salte un entrenamiento o entrene con molestias. Un rango de movimiento reducido puede conllevar a la incapacidad de absorber de forma eficiente el impacto, además de incrementar la tensión ejercida sobre los tejidos blandos al realizar un gesto demandante. Por otro lado, la pérdida de fuerza puede conllevar un reclutamiento compensatorio de otros músculos, lo que puede causar una tensión excesiva en esa musculatura no acostumbrada [6].

Se han utilizado varios métodos para tratar el DMAT, como los estiramientos estáticos, el masaje, la crioterapia, baños de contraste o el ejercicio de intensidad moderada (recuperación activa) [2,3,5]. Sin embargo, según la evidencia actual, no hay un método “Gold Standard” para abordar el dolor muscular tardío. La terapia por vibración ha ido ganando reconocimiento en los últimos años, especialmente en el ámbito deportivo. La vibración estimula las aferencias del huso muscular, lo que conlleva a un mecanismo neurofisiológico conocido como “reflejo tónico vibratorio” el cual produce contracciones reflejas involuntarias mejorando la activación, reclutamiento y sincronización de las neuronas motoras [2,3,4,6]. La intensidad de la vibración está determinada por la frecuencia (Hz), que es la tasa de ciclos por segundo, y la amplitud (mm), que es el desplazamiento o extensión del movimiento vibratorio [6]. Hay dos tipos de terapia vibratoria: vibración local (VL) y vibración de cuerpo entero (VCE). La VL consiste en la aplicación de un estímulo vibratorio aplicado directamente sobre el músculo, tendón o unión miotendinosa. Por otra parte, VCE se lleva a cabo mediante plataformas vibratorias, las cuales pueden aplicar la vibración de forma vertical u horizontal [2]. A día de hoy, el efecto de la terapia vibratoria en cuanto a la preservación de fuerza muscular y el rango de movimiento tras un programa de DMIE ha sido muy estudiado y presenta evidencia, aunque no sea de mucha calidad, ya que no se ha establecido un protocolo óptimo para su uso [6]. Sin embargo, existe mucha controversia en cuanto a la disminución de DMAT [2,3] especialmente en población deportista y físicamente activa.

Esta revisión tiene como objetivo esclarecer las dudas sobre los efectos de la terapia vibratoria, ya sea local o de cuerpo entero, en cuanto a la prevención y el tratamiento de DMAT en población deportista.

OBJETIVOS

Objetivo general:

- Conocer la efectividad de la terapia vibratoria en el abordaje del DMAT en población deportista y físicamente activa.

Objetivos específicos:

- Conocer los protocolos de terapia vibratoria más utilizados para abordar el DMAT en población deportista y físicamente activa.
- Conocer las posibles diferencias en cuanto al efecto y la aplicación de la terapia vibratoria entre deportistas y personas físicamente activas.

METODOLOGÍA

Fuentes de información.

Esta revisión de la literatura ha sido realizada sobre el efecto de la terapia vibratoria en la prevención y tratamiento del dolor muscular tardío se realizó en las siguientes bases de datos: PubMed, SportDiscus, BVS y PEDro. La última búsqueda se realizó en abril de 2021. Las palabras clave, descriptores y operadores booleanos utilizados en el proceso de búsqueda fueron: (DOMS OR myalgia OR muscle soreness) AND (vibration) AND (athletes OR sports). (Tablas 1 y 2).

Límites.

- Idioma: inglés y español.
- Tipo de estudio: sin límite establecido.
- Año de publicación: últimos 10 años (2011 – 2021)

Criterios de elegibilidad:

Criterios de inclusión:

- Estudios que analizaran la terapia vibratoria, tanto local como de cuerpo entero, ya sea de forma preventiva o como tratamiento ante el dolor muscular tardío.
- Estudios con una muestra poblacional de sujetos sanos y físicamente activos. Desde personas moderadamente activas hasta deportistas de élite, entendiendo como personas “moderadamente activas” aquellas que hayan realizado ejercicio físico un mínimo de 3 veces por semana durante los últimos 6 meses.

Criterios de exclusión:

- Estudios que incluyeran sujetos con algún tipo de lesión musculoesquelética que pudiera interferir en la eficacia de la intervención.

Calidad metodológica:

El nivel de evidencia de todos los estudios incluidos en esta revisión ha sido evaluado y determinado mediante la escala PEDro. Esta escala permite evaluar la validez interna de los artículos, consta de un total de 11 ítems y se otorga un punto por cada criterio cumplido. El primer ítem está relacionado con la validez externa por lo que no se tiene en cuenta en la puntuación total. Los estudios con una puntuación de 9-10 se consideran de una calidad metodológica excelente, entre 6-8 se consideran de una buena calidad metodológica, entre 4-5 una calidad metodológica regular y por debajo de 4 se consideran de mala calidad metodológica.

Tabla 1: Estrategia de búsqueda bibliográfica.

Base de datos Medline	A través de la plataforma PubMed
Estrategia de búsqueda #1:	(DOMS OR myalgia OR muscle soreness) AND vibration AND (athletes OR sports)
Base de Datos BVS	A través de la plataforma Biblioteca Virtual en Salud
Estrategia de búsqueda #1:	(DOMS OR myalgia OR muscle soreness) AND vibration AND (athletes OR sports)
Base de datos SportDiscus	A través de la plataforma EBSCO Cinahl
Estrategia de búsqueda #1:	(DOMS OR myalgia OR muscle soreness) AND vibration AND (athletes OR sports)
Base de Datos PEDro	A través de la plataforma PEDro
Estrategia de búsqueda #1:	(DOMS OR myalgia OR muscle soreness) AND vibration AND (athletes OR sports)

Tabla 2: Descriptores y palabras clave.

Descriptores	
DECS	MESH
Mialgia	Myalgia
Vibración	Vibration
Atletas	Athletes
Deportes	Sports
Palabras clave (leguaje natural)	
Español	Inglés
DMAT	DOMS
Dolor muscular	Muscle soreness

RESULTADOS

1. Fuentes de información y calidad metodológica.

La estrategia de búsqueda mostró 41 artículos inicialmente. Después de revisar los títulos y resúmenes, 34 artículos fueron elegidos para su completa evaluación. Por último, tras revisar el texto completo de los artículos a evaluar, 13 estudios fueron incluidos en esta revisión (Figura 1).

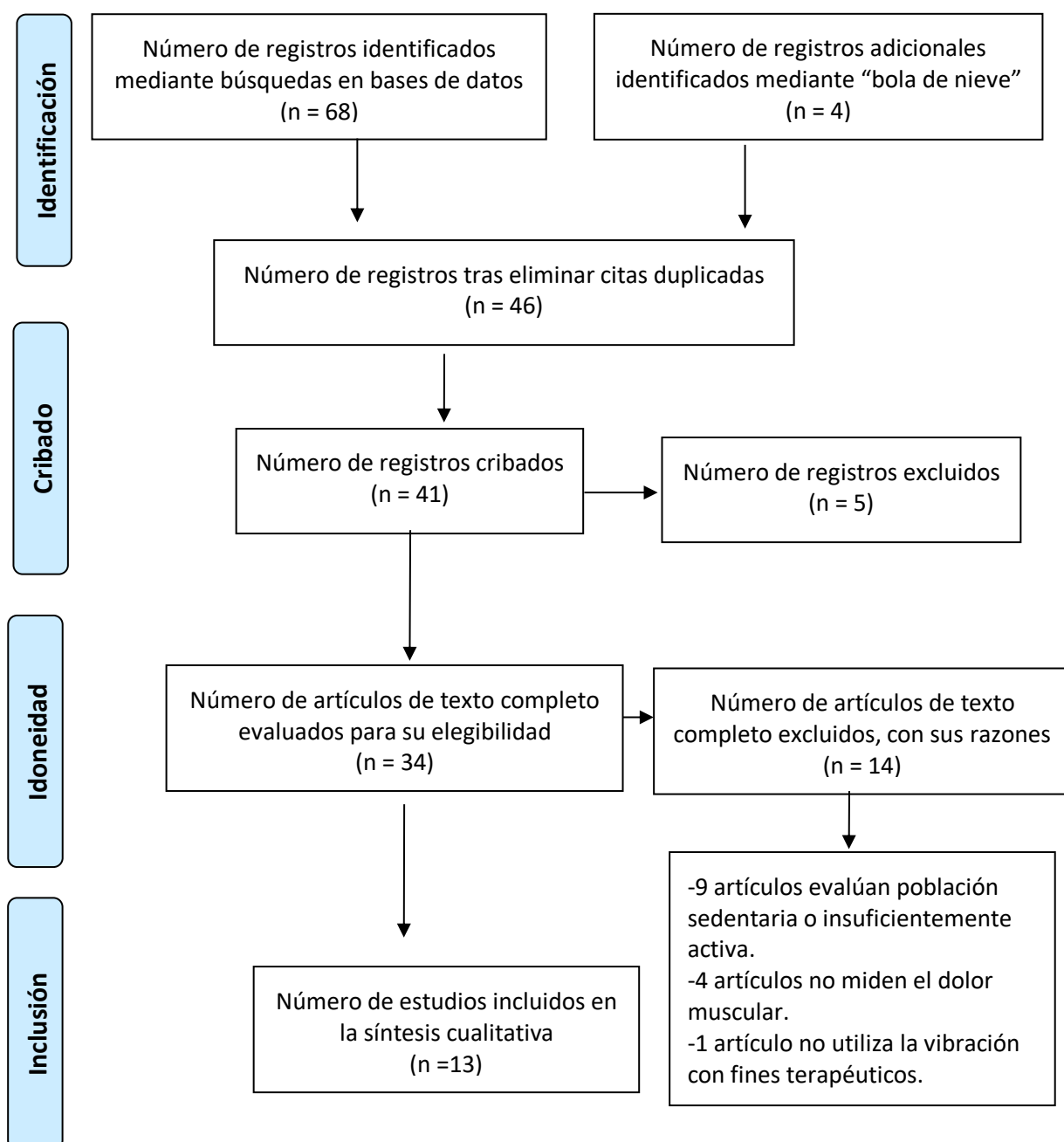


Figura 1. Flujograma.

Los resultados de la escala PEDro se muestran en la tabla 3. Todos los estudios obtuvieron una puntuación de entre 6 y 7 en la escala PEDro exceptuando el estudio de Merrigan et al. (2017), el cual obtuvo una puntuación de 5. Por tanto, la mayoría de los estudios presentan una buena calidad metodológica. En todos los estudios, los sujetos fueron asignados al azar a los grupos y éstos fueron similares al inicio en relación a los indicadores de pronóstico más importantes y las medidas de al menos uno de los resultados clave fueron obtenidas en todos los sujetos, al igual que las comparaciones estadísticas entre grupos. El estudio de Xanthos et al. (2013) fue el único estudio en el cual se realizó un ocultamiento en la asignación de la muestra mediante sobres opacos y estratificados por género. Además, fue el único estudio en el que no se obtuvieron los resultados de todos los sujetos, ya que uno de ellos fue excluido del análisis debido a que las concentraciones de creatina quinasa indicaron que no se siguió el protocolo del estudio. La mayor limitación de todos los estudios fue el proceso de cegamiento tanto de pacientes como terapeutas y evaluadores. Debido al tipo de intervención, no es posible realizar el cegamiento de pacientes y terapeutas ya que el estímulo vibratorio no es enmascarable. Cabe destacar el estudio de Custer et al. (2017), quienes fueron los únicos de la presente revisión que cegaron al evaluador de los resultados.

Tabla 3. Escala PEDro.

Ítems Escala PEDro	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	TOTAL
Iodice, et al. (2018)	SI	SI	NO	SI	NO	NO	NO	SI	SI	SI	SI	7
Cochrane, et al. (2017)	NO	SI	NO	SI	NO	NO	NO	SI	SI	SI	SI	6
Magoffin, et al. (2018)	SI	SI	NO	SI	NO	NO	NO	SI	SI	SI	SI	7
Broadbent, et al. (2008)	SI	SI	NO	SI	NO	NO	NO	SI	SI	SI	SI	7
Wheeler, et al. (2013)	SI	SI	NO	SI	NO	NO	NO	SI	SI	SI	SI	7
Custer, et al. (2017)	SI	SI	NO	SI	NO	NO	SI	SI	SI	SI	NO	7
Merrigan, et al. (2017)	NO	SI	NO	SI	NO	NO	NO	SI	SI	SI	NO	5
Dabbs, et al. (2015)	SI	SI	NO	SI	NO	NO	NO	SI	SI	SI	SI	7
Marín, et al. (2012)	NO	SI	NO	SI	NO	NO	NO	SI	SI	SI	SI	6
Xanthos, et al. (2013)	SI	SI	SI	SI	NO	NO	NO	SI	NO	SI	SI	7
Nepocaty, et al (2015)	SI	SI	NO	SI	NO	NO	NO	SI	SI	SI	SI	7
Kim, et al. (2017)	SI	SI	NO	SI	NO	NO	NO	SI	SI	SI	NO	6
Da Silva, et al. (2017)	SI	SI	NO	SI	NO	NO	NO	SI	SI	SI	SI	7

1 = Los criterios de elección fueron especificados; 2 = Los sujetos fueron asignados al azar a los grupos; 3 = La asignación fue oculta; 4 = Los grupos fueron similares al inicio en relación a los indicadores de pronóstico más importantes; 5 = Todos los sujetos fueron cegados; 6 = Todos los terapeutas que administraron la terapia fueron cegados; 7 = Todos los evaluadores que midieron al menos un resultado fueron cegados; 8 = Las medidas de al menos uno de los resultados clave fueron obtenidas de más del 85% de los sujetos asignados en los grupos; 9 = Se presentaron resultados de todos los sujetos que recibieron tratamiento o fueron asignados al grupo control; 10 = Los resultados de comparaciones estadísticas entre grupos fueron informados para al menos un resultado clave; 11 = El estudio proporciona medidas puntuales y de variabilidad para al menos un resultado clave.

2. Características generales de la muestra

Todos los sujetos a estudio eran sanos y físicamente activos. A pesar de que la media de edad de los sujetos de la presente revisión oscila entre los 20 y 25 años, el rango de edad total de la muestra es de 17 a 45 años. Gran parte de los estudios presentan una muestra balanceada en cuanto a la proporción de hombres y mujeres. Uno de ellos se realizó exclusivamente en mujeres [14], sin embargo, abundan en mayor medida los estudios en hombres. En cuanto al nivel de actividad física y a la especialidad deportiva, ha habido mucha variedad. La mayoría de los estudios presentan una población deportiva a nivel recreacional, entrenados entre 3 y 5 veces por semana durante al menos 6 meses. Sólo tres estudios evaluaron a deportistas de élite, uno de ellos en nadadores profesionales [13] y los otros dos en futbolistas [7,15] (tabla 4).

Tabla 4. Características de los sujetos.

Autor, año	Diseño	Muestra	Inclusión	Exclusión
Iodice et al. (2019)	ECA ¹	30 jugadores masculinos profesionales de fútbol	Índice de masa corporal (IMC) en el rango de normalidad (18,5 <IMC <25 kg m ⁻²)	Presencia de trastornos endocrinos, cardiovasculares, pulmonares, neurológicos u ortopédicos
Cochrane et al. (2017)	ECA	13 varones entrenados en resistencia		
Magoffin et al. (2018)	ECA	30 varones entrenados en resistencia		Lesión en miembros inferiores en los últimos 6 meses
Broadbent et al. (2010)	ECA	29 corredores recreativos (hombres)	Correr durante 40 minutos 3 o 4 sesiones por semana	Antecedentes de enfermedades cardiovasculares, diabetes, asma o que tuvieran cualquier otra condición médica que contraindicara el ejercicio vigoroso.
Wheeler et al. (2013)	ECA	20 estudiantes (10 hombres y 10 mujeres)	Actividad física 3 veces por semana durante el último año	Tienen o han tenido alguna lesión musculoesquelética en los últimos 6 meses
Custer et al. (2017)	ECA	19 sujetos sanos (10 hombres y 9 mujeres)	Moderadamente activos. Sin lesión en miembros inferiores en los últimos 3 meses y sin antecedentes de fractura	Embarazo, marcapasos, inflamación aguda o trastorno inflamatorio, enfermedad cardiovascular, circulatoria o discopatía
Merrigan et al. (2017)	ECA	19 nadadores profesionales (10 hombres y 9 mujeres)		

Dabbs, et al. (2015)	ECA	30 mujeres	Actividad física 3 veces por semana durante los últimos 6 meses	Lesión en miembros inferiores en los últimos 6 meses o que tome medicación que altere el sistema musculoesquelético o el sistema nervioso
Marin et al. (2012)	ECA	16 jugadores de fútbol de alto nivel		
Xanthos et al. (2013)	ECA	13 adultos sanos (8 hombres y 5 mujeres). Un participante fue excluido (n=12)	Actividad física 3 veces por semana	Presencia de alguna afección musculoesquelética o cardiovascular que afecte a su capacidad para caminar o correr
Nepocatych et al. (2015)	ECA	8 hombres físicamente activos	Pasar el test PAR-Q y un cuestionario sobre el estado de salud y de entrenamiento	
Kim et al. (2017)	ECA	30 hombres adultos físicamente activos	Dominio de la mano derecha sin antecedentes de un trastorno de cuello	Presencia de un trastorno actual de hombro
Da Silva et al. (2017)	ECA	24 adultos físicamente activos	Actividad física 5 veces por semana durante los últimos 6 meses	Presencia de tumores, alteraciones del sistema circulatorio, afecciones cardíacas, prótesis articulares, diabetes o epilepsia

¹ Ensayo clínico aleatorizado

3. Intervención.

Todos los estudios realizaron una intervención mediante la aplicación de un estímulo vibratorio. De los trece artículos incluidos en esta revisión, ocho de ellos utilizaron la vibración de cuerpo entero (VCE) mientras que los otros cinco utilizaron la vibración local (VL). Tres de los ocho artículos de VCE combinaron la vibración con otro tratamiento. Dos de ellos incorporaron una sesión de estiramientos, ya sea de forma previa a la vibración [13] o durante la vibración [15], y el tercero añadió crioterapia durante la vibración [17]. La gran mayoría utilizó la vibración como método de tratamiento post-ejercicio. Se utilizaron frecuencias comprendidas entre 26Hz - 50Hz y amplitudes de entre 2mm – 6mm. La duración de la intervención mediante VCE fue muy variable en los estudios, desde la aplicación de 10 minutos seguidos [11,17], pasando por pequeñas tandas de 1 minuto de vibración con descansos de 30 segundos [9,13,14,15,16], hasta la aplicación de únicamente 60 segundos [19]. El número de intervenciones realizadas varió desde una [9,15,17,19] hasta cinco intervenciones de VCE separadas 24h entre ellas [11,16]. Cabe destacar la plataforma “Power Plate” fue la más utilizada, ya que se utilizó en cuatro de los ocho estudios. En cuanto a los estudios que utilizaron VL, todos utilizaron la vibración post-ejercicio y uno de ellos dividió la intervención en dos grupos, uno pre-ejercicio y otro post-ejercicio [18]. El dispositivo utilizado fue diferente en cada estudio y el mecanismo varió en función del lugar de aplicación. Dos de los cinco estudios de VL, analizaron su efecto en las extremidades superiores utilizando dispositivos manuales [8,18]. Los otros tres estudios analizaron el efecto de la vibración en los miembros inferiores y utilizaron dispositivos más pesados, como plataformas de VCE [1,4] o Swisswing [12]. A diferencia de los estudios de VCE, los estudios de VL utilizaron frecuencias muy variadas, desde los 20Hz [12] hasta los 120Hz [7,8]. Los métodos más utilizados para producir DMIE fueron ejercicios excéntricos analíticos mediante dinamómetro isocinético [7,8,9] o peso libre [18], y ejercicios globales de miembro inferior [14,17,19,11] (tabla 5).

Tabla 5. Características de la intervención.

Autor, año	DMIE²	Grupo Experimental	Grupo Control
Iodice et al. (2019)	Ejercicio excéntrico máximo de flexores y extensores de rodilla en dinamómetro isocinético. Realizaron 5 series de 15 repeticiones, 30 segundos de descanso entre series y 5 minutos entre piernas.	15 minutos de VL ³ (VibraTrim) a 120Hz de frecuencia y 1.2mm de amplitud en la musculatura del miembro inferior. Se aplicó justo después del ejercicio, a las 24h y a las 48h después.	Mismo protocolo, pero no se aplicó vibración.
Cochrane et al. (2017)	Ejercicio excéntrico máximo de flexores de codo en dinamómetro isocinético. Realizaron 10 series de 6 repeticiones con 2 minutos de descanso entre series.	15 min VL (MyoVolt) a 120 Hz de frecuencia y 1.2mm de amplitud en bíceps braquial y antebrazo. Se aplicó la intervención justo después el ejercicio y a las 24h, 48h y 72h posteriores.	No se aplicó la intervención en el brazo contrario.
Magoffin et al. (2018)	Ejercicio excéntrico máximo de extensores de rodilla en dinamómetro isocinético. Realizaron 30 series de 10 repeticiones. No se especifica el descanso entre series.	5 tandas de 1 minuto de VCE ⁴ (Power Plate Pro5) descansando 30 segundos entre series a 40Hz de frecuencia y 2.05mm de amplitud. Se aplicó la intervención como calentamiento.	Se utilizó el mismo protocolo de calentamiento, pero no se aplicó vibración.
Broadbent et al. (2010)	Carrera cuesta abajo durante 40 minutos.	3 tandas de 1 minuto de VL mediante la plataforma VibroGym en cuádriceps, isquiotibiales, pantorrillas y banda iliotibial con 45 segundos de descanso entre series a 40Hz de frecuencia y 5mm de amplitud. Se aplicó la	No se aplicó la intervención.

		intervención justo después del ejercicio y una vez al día durante los 5 días posteriores.	
Wheeler et al. (2013)	Zancadas con una mancuerna en cada mano. 3 series de 10 repeticiones	10 minutos de VCE en la plataforma Vibra Trim 100. La frecuencia aumentaba de forma progresiva (20 - 45 Hz). No se especificó la amplitud. Se aplicó la intervención justo después del ejercicio y una vez al día durante los 5 días posteriores.	Caminaron 10 min por una cinta de correr
Custer et al. (2017)	Protocolo de ejercicio de 30 minutos dividido en 5 ciclos. Cada ciclo comprendía 5 minutos de caminata en cinta inclinada y 1 minuto de ejercicios de salto.	Un episodio de VL (Swisswing) de 2 minutos a 20Hz y 2mm aplicado de forma bilateral para tríceps sural, cuádriceps, isquiotibiales y glúteos. Se aplicó la intervención durante las visitas 1 y 3, justo después del ejercicio.	Se utilizó el mismo protocolo de intervención, pero no se aplicó vibración. Se les dijo a los sujetos que la vibración se daba a un nivel subsensorial.
Merrigan et al. (2017)	Entrenamientos de natación a final de pre-temporada.	Sesión de estiramientos en miembros inferiores junto con la intervención de VCE (Power Plate Pro5, AIRdaptive) 50Hz y 6mm. La exposición total a VCE tuvo una duración de 7 minutos y medio.	Sesión de 9 estiramientos de miembro inferior.
Dabbs, et al. (2015)	4 series de sentadillas al fallo muscular con el 40% del peso corporal de cada	2 series de media sentadilla con una ratio trabajo-descanso de 1:1 de 30 segundos en una	Se utilizó el mismo protocolo, pero no se aplicó vibración.

	sujeto, descansando un minuto entre series.	plataforma de VCE (Power Plate Pro5, AIRdaptive) a 30Hz y 2-4mm. Se aplicó la intervención justo después del ejercicio y a las 24h, 48h y 72h posteriores.	
Marin et al. (2012)	2 series de 6 sprints de 40m (20m con un giro de 180°) descansando 20 segundos.	Sesión de estiramientos de miembro inferior encima de una plataforma de VCE (Power Plate, Next Generation) variando la frecuencia y amplitud en función del ejercicio (50Hz y 2mm o 35Hz y 1 mm). Se aplicó VCE y VL en función del estiramiento. La exposición total a la vibración fue de 6 minutos. Se aplicó la intervención justo después del ejercicio.	Sesión de estiramientos encima de la plataforma vibratoria, pero no se aplicó vibración.
Xanthos et al. (2013)	Caminata hacia atrás y cuesta abajo durante 60 minutos. Los sujetos usaron un chaleco de 10 kg.	10 tandas de 1 minuto de VCE (Galileo 900) a 26Hz y 4,5mm, con un descanso de 30 segundos entre tandas con los miembros inferiores a 130° de flexión de rodilla. Se aplicó la intervención justo después del ejercicio y una vez al día durante los 4 días posteriores.	Estiramientos en miembros inferiores. Se realizó justo después del ejercicio y los 4 días posteriores.
Nepocatych et al. (2015)	3 series de sentadillas con el 40% del peso corporal hasta la	Grupo 1: VCE (VibePlate) a 35Hz y	Se utilizó el mismo protocolo de intervención,

	fatiga voluntaria. 2 minutos de descanso entre series.	2mm durante 10 minutos. Grupo 2: misma intervención que en el grupo 1 con la adición de crioterapia en cuádriceps e isquiotibiales.	pero no se aplicó vibración.
Kim et al. (2017)	Ejercicio excéntrico máximo de flexores de codo (curl predicador). Se realizaron 5 series de 15 repeticiones, descansando 60 segundos entre series.	VL (AT-1000) a 60Hz en el bíceps braquial durante 5 minutos. No se especifica la amplitud de la vibración. Grupo 1: VL pre-ejercicio. Grupo 2: VL post-ejercicio.	No se aplicó la intervención.
Da Silva et al. (2017)	Sentadilla isométrica a 90° de flexión de rodillas con apoyo de la espalda en la pared. La postura se mantuvo hasta la fatiga y se repitió 3 veces.	VCE a 35Hz y 5mm durante 60 segundos. Grupo 1: VCE pre-ejercicio. Grupo 2: VCE post-ejercicio.	No se aplicó la intervención.

² Daño muscular inducido por el ejercicio.

³ Vibración local

⁴ Vibración de cuerpo entero

4. Variables

Dolor muscular percibido:

El DMAT suele aparecer entre las 24h y 72h posteriores al ejercicio, por lo que el seguimiento ha de establecerse dentro de ese rango de tiempo. Algunos estudios prolongaron el seguimiento hasta las 96h [11], 120h [10] e incluso una semana después

[9,13,16]. Sin embargo, uno de los estudios lo realizó únicamente hasta las 24h después del tratamiento [12]. Para la medición del dolor muscular percibido se utilizaron dos métodos: la Escala Visual Analógica (EVA) y el umbral de dolor por presión (UDP). La EVA es una escala subjetiva y consiste en marcar el nivel de dolor en una línea horizontal de 100 milímetros, donde 0mm representa la ausencia de dolor y 100mm representa el peor dolor imaginable. A diferencia de la EVA, el UDP representa una medida semi-objetiva para evaluar el dolor. Se realiza mediante el uso de un algómetro, instrumento de medición que permite cuantificar el dolor mediante el umbral de presión, que es la presión mínima que el sujeto percibe como dolorosa cuando se aplica en forma gradual y creciente (tabla 6).

Otras variables de interés: *niveles séricos de CK, fuerza muscular y rango articular.*

Cinco de los trece estudios realizaron un seguimiento de los niveles de CK sanguíneo mediante un proceso de centrifugado [7,8,10,16,18]. Cuatro estudios midieron la fuerza explosiva mediante el salto contra movimiento (CMJ) [12,15,16] o el salto vertical (vertical jump test) [5] y otros cuatro estudios midieron la fuerza isométrica e isocinética mediante un dinamómetro isocinético [7,8,9,15]. Cinco estudios midieron el rango articular, la mayoría mediante goniometría ya sea de forma activa [8,9,14] o pasiva [14,19].

Tabla 6. Variables de estudio.

Autor, año	Seguimiento	Variables	Resultados (pre-post)
Iodice et al. (2019)	0h antes del ejercicio y 0h, 24h, 48h y 72h después.	Dolor muscular (EVA ⁵ y UDP ⁶)	En el grupo VL, el dolor percibido fue significativamente menor a las 48h y 72h en comparación con el grupo control.
Cochrane et al. (2017)	0h, 24h, 48h y 72h después del ejercicio.	Dolor muscular (EVA y UDP)	El grupo VL consiguió reducir en gran medida el dolor del bíceps braquial a las 24h y 72h (EVA) y a las 48h y 72h (UDP) con respecto grupo control.
Magoffin et al. (2018)	48h antes del tratamiento y 24h, 48h y 1 semana tras el tratamiento.	Dolor muscular (EVA y UDP)	El grupo VCE redujo significativamente el dolor a las 24h y 48h mediante la escala EVA, pero no hubo diferencias en UDP. A la semana del tratamiento, ninguna variable obtuvo diferencias significativas.
Broadbent et al. (2010)	0h, 24h, 48h, 72h, 96h y 120h después de la carrera.	Dolor muscular (EVA).	El grupo VL redujo significativamente el dolor en pantorrilla (96h) y en glúteos (96h y 120h) en comparación con el grupo control.
Wheeler et al. (2013)	Justo después del ejercicio, justo después del tratamiento y 24h, 48h, 72h y 96h después.	Dolor muscular (EVA)	No se encontraron diferencias significativas entre grupos. VCE es igual de eficaz que el ejercicio ligero para el tratamiento del dolor muscular.
Custer et al. (2017)	Antes del ejercicio, justo después del tratamiento y 24h después.	Dolor muscular (EVA)	No hubo diferencias significativas entre el grupo VL y el grupo control en ninguna de las variables del estudio.
Merrigan et al. (2017)	Justo después del entrenamiento	Dolor muscular (EVA)	No hubo diferencias significativas en cuanto a la

	de natación. Un total de 6 mediciones.		percepción de dolor muscular en ambos grupos.
Dabbs, et al. (2015)	Justo después del ejercicio, justo después del tratamiento y 10 minutos después. Se repitió este proceso a las 24h, 48h y 72h.	Dolor muscular (EVA y UDP)	No hubo diferencias significativas entre el grupo VCE y el grupo control en ninguna de las variables del estudio.
Marin et al. (2012)	Justo antes del ejercicio, 24h, 48h y 72h después del tratamiento.	Dolor muscular (EVA)	El grupo VCE obtuvo mejorías significativas en el dolor muscular (24h, 48h y 72h) en comparación con el grupo control.
Xanthos et al. (2013)	Justo antes del ejercicio y 24h, 48h, 96h y una semana después del ejercicio.	Dolor muscular (EVA).	El grupo VCE no obtuvo mejores resultados en ninguno de los parámetros.
Nepocatych et al. (2015)	24h, 48h y 72h después del tratamiento.	Dolor muscular (EVA)	A pesar de que hubo una tendencia hacia un dolor muscular percibido ligeramente más bajo en el grupo LBVC (VCE + crioterapia), no alcanzó significación estadística.
Kim et al. (2017)	Justo antes del ejercicio y 24h, 48h y 72h después del tratamiento.	Dolor muscular (UDP).	Tanto el grupo VL pre-ejercicio como el post-ejercicio obtuvieron mejores resultados en comparación con el grupo control. Sin embargo, el dolor muscular fue menor en el grupo pre-ejercicio que en el post-ejercicio.

Da Silva et al. (2017)	Justo después del tratamiento o del ejercicio, a las 24h y a las 48h.	Dolor muscular (EVA)	VCE tanto pre como post ejercicio ha obtenido mejores resultados que el grupo control en cuanto al dolor muscular. Sin embargo, VCE post-ejercicio parece ser más efectivo.
------------------------	---	----------------------	---

⁵ Escala visual analógica

⁶ Umbral de dolor por presión

DISCUSIÓN

Actualmente, no se sabe a ciencia cierta el mecanismo exacto de la terapia vibratoria en cuanto a la disminución del DMAT. Se cree que la vibración aplicada como calentamiento pre-ejercicio mejora el reclutamiento de unidades motoras, lo cual podría distribuir el estrés contráctil a un mayor número de fibras musculares y reducir así el estrés individual que experimenta cada fibra durante el ejercicio. Por tanto, la percepción del dolor podría verse disminuida como resultado de una mayor eficiencia neuromuscular [2,6,9]. En cuanto a su efecto aplicado como tratamiento post-ejercicio, la hipótesis más aceptada en la literatura es que la vibración inhibe los nociceptores musculares mediante la teoría “gate control”. De esta forma, el estímulo vibratorio activaría las fibras nerviosas de gran diámetro, las cuales producen una excitación de las interneuronas inhibitorias de la médula espinal, bloqueando así el paso de la información nociceptiva al sistema nervioso central [4,6,14,17]. Además, la vibración ayudaría a la eliminación de desechos metabólicos gracias al aumento de circulación periférica [2,6,14,15,17]. El daño muscular inducido por el ejercicio (DMIE) es un factor imprescindible para provocar DMAT y, de esta forma, poder analizar los efectos de la terapia vibratoria sobre ese dolor. Merrigan et al. (2017) no obtuvieron diferencias en cuanto al DMAT en nadadores profesionales ya que los entrenamientos de pre-temporada, al ser una práctica deportiva habitual y no contener ejercicio excéntrico intenso, no presentan un estrés muscular suficiente como para provocar DMIE [13]. De igual forma, Custer et al. (2017) tampoco consiguieron provocar

DMAT mediante un circuito de 30 minutos de caminata en cinta inclinada y saltos verticales, a pesar de haber obtenido una puntuación de entre “duro” y “muy duro” en la escala Borg [12]. Por otro lado, los estudios de Dabbs et al. (2015) y Xanthos et al. (2013) provocaron un daño muscular excesivo a sujetos moderadamente activos, por lo que el protocolo de vibración utilizado no mejoró el dolor muscular [14] e incluso pudo provocar un mayor daño [16]. Por tanto, el protocolo de vibración y el método utilizado para provocar DMIE han de ser individualizados y dependerán del nivel físico de cada persona [5].

La aplicación de VCE entre 35-50Hz de frecuencia y 2-5mm de amplitud durante 1-6 minutos podrían ser los parámetros indicados para disminuir DMAT en población deportista [15] y físicamente activa [9,19]. Además, en aplicaciones de alrededor de 5 minutos sería interesante realizar tandas de 1 minuto de vibración descansando 30 segundos [15,19] ya que una duración de VCE excesiva, a pesar de ser interválica, puede ser contraproducente y provocar un mayor daño muscular [16]. Existe mucha controversia en la aplicación de VCE pre o post ejercicio. Da Silva et al. (2017) compararon ambas intervenciones y concluyeron que la aplicación de VCE post-ejercicio obtuvo mejores resultados en la reducción de DMAT [13]. Sin embargo, la mayoría de los estudios no observaron diferencias significativas [11,13,14,16,17]. Por ejemplo, Wheeler et al. (2013) equipararon la eficacia del tratamiento mediante VCE (-25,1% de DMAT) con una caminata de 10 minutos a baja intensidad (-23,5% de DMAT) en estudiantes moderadamente activos [11]. Por otro lado, VCE aplicada como calentamiento pre-ejercicio ha obtenido buenos resultados, a pesar de la escasa literatura encontrada [9,19]. En cuanto a la LV, todos los estudios han obtenido resultados favorables en la disminución de DMAT. Por lo general, la VL se suele utilizar a frecuencias más altas (40-120Hz), menor amplitud (1-2mm) y mayor duración (5-15 minutos) en comparación con VCE, ya que la vibración se aplica directamente al músculo y la transmisión del estímulo no se ve interrumpida [8]. Los estudios de Iodice et al. (2019) y Cochrane et al. (2017) utilizaron los mismos parámetros de aplicación (120Hz, 1.2mm y 15 minutos) en sujetos de diferente nivel físico, en diferentes grupos musculares y con diferentes dispositivos de vibración. Sin embargo, ambos obtuvieron diferencias significativas en la reducción del DMAT

[7,8]. En cuanto al momento de aplicación (pre o post ejercicio), no hay diferencias entre los resultados. Kim et al. (2017) estudiaron el efecto de VL pre y post ejercicio a 60Hz durante 5 minutos en sujetos físicamente activos a nivel del bíceps braquial y observaron que el grupo pre-ejercicio obtuvo una mayor disminución del dolor que el post-ejercicio [18]. No obstante, al ser éste el único estudio encontrado sobre VL pre-ejercicio en personas físicamente activas y observando los buenos resultados obtenidos en los estudios de VL post-ejercicio [7,8,10,18], no es posible establecer una afirmación categórica al respecto. A pesar de la gran variedad metodológica de los estudios y a la poca literatura al respecto, parece ser que VL presenta mayores beneficios que VCE en cuanto a la disminución del DMAT en población físicamente activa. Mientras que la magnitud de la amplitud y frecuencia de VCE puede verse amortiguada por la absorción por los tejidos blandos, la VL actúa directamente sobre el músculo, aumentando potencialmente los efectos de la vibración [12]. Por lo general, la VL utiliza frecuencias más altas con un mayor tiempo de aplicación, lo que puede resultar en una mayor influencia en las aferencias de varias estructuras, como los corpúsculos de Meissner, Pacini y husos musculares, reduciendo la percepción de dolor [7,8]. Además, durante la intervención de VL la musculatura se encuentra en un estado de reposo, a diferencia de VCE que se encuentra en contracción isométrica, lo cual podría producir un mayor daño muscular [16].

La gran mayoría de estudios de la presente revisión estudiaron la terapia vibratoria en deportistas recreacionales. De hecho, descartando el estudio de Merrigan et al. (2017) debido a la ausencia de DMAT tras el entrenamiento de natación [13], sólo dos artículos estudiaron a deportistas de élite. Como se ha comentado, Iodice et al. (2019) estudiaron la VL aplicada en el miembro inferior de jugadores profesionales de fútbol y obtuvo resultados similares al estudio de Cochrane et al. (2017) quienes utilizaron el mismo protocolo, pero en población moderadamente activa [7,8]. Marin et al. (2012) obtuvieron buenos resultados en la disminución de DMAT en jugadores profesionales de fútbol 11. Combinaron una sesión de estiramientos encima de una plataforma de VCE a 35-50Hz y 1-2mm con una duración de 6 minutos en total, realizando descansos de 30 segundos entre estiramientos [15]. Se podría afirmar que los deportistas de élite responden mejor a la

terapia vibratoria con el objetivo de disminuir el dolor muscular percibido ya que ambos estudios presentaron buenos resultados, a diferencia de otros estudios realizados en población físicamente activa [11,12,13,14,16,17]. Este hecho podría explicarse debido a que los deportistas de élite presentan una mejor condición muscular, así como un umbral de excitabilidad de las motoneuronas y de sensibilidad refleja más elevado, capaz de soportar un mayor estrés mecánico muscular [6,7]. A pesar de que se desconocen los parámetros óptimos, los deportistas de élite se podrían beneficiar ante una mayor frecuencia, amplitud y duración de la vibración para reducir DMAT en comparación con personas menos entrenadas [6]. El estudio de Xanthos et al. (2013) es el claro ejemplo de que los deportistas recreacionales necesitan una mayor individualización de la intervención, ya que un DMIE excesivo o una excesiva duración de la vibración puede ser contraproducente y provocar un mayor daño muscular [10]. Sin embargo, hace falta más literatura que estudie la terapia vibratoria para reducir DMAT en deportistas de élite para poder confirmar esta hipótesis.

Existen algunas limitaciones en la presente revisión. En primer lugar, el número de ensayos clínicos aleatorizados encontrados es relativamente bajo, al igual que el tamaño muestral de la mayoría de los estudios. En segundo lugar, los protocolos de intervención varían en cuanto a la frecuencia, amplitud y duración de la vibración, lo que puede afectar a la comparación entre los estudios. La escasa literatura encontrada, especialmente en cuanto a la vibración pre-ejercicio y a la vibración aplicada en deportistas de élite, el tamaño muestral relativamente pequeño, la falta de cegamiento y los fallos metodológicos respecto al ejercicio utilizado para inducir DMAT de algunos estudios, afectan negativamente a la calidad de la evidencia de esta revisión. A pesar de estas limitaciones, la terapia vibratoria puede ser una herramienta terapéutica eficaz para disminuir el DMAT en población deportista y físicamente activa. Investigaciones futuras deberían enfocarse en estudiar el protocolo de intervención óptimo en deportistas. Además, sería interesante estudiar los efectos de la terapia vibratoria en diferentes modalidades deportivas. Se deberían investigar los efectos de la vibración pre-ejercicio en deportistas de élite, ya que

ha obtenido buenos resultados en cuanto a la disminución del DMAT en población físicamente activa.

CONCLUSIÓN

En general, la terapia vibratoria presenta buenos resultados en la disminución del DMAT en personas físicamente activas y deportistas de élite, siempre y cuando se adapte el método de intervención al nivel físico del atleta, ya que una aplicación excesiva puede ser contraproducente. En personas físicamente activas, la VL tanto pre como post ejercicio parece ser más efectiva que VCE. En deportistas de élite, tanto la VL como VCE puede ser eficaz para reducir el DMAT. Sin embargo, la revisión actual es limitada y se necesitan más estudios para determinar los protocolos de intervención óptimos, especialmente en deportistas de élite.

BIBLIOGRAFÍA

1. Hotfiel T, Freiwald J, Hoppe MW, Lutter C, Forst R, Grim C, et al. Advances in Delayed-Onset Muscle Soreness (DOMS): Part I : Pathogenesis and Diagnostics Delayed Onset Muscle Soreness – Teil I : Pathogenese und Diagnostik Authors Mechanisms and pathogenesis. Sport Sport [Internet]. 2018;32(04):243–250. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30537791><http://www.thieme-connect.de/DOI/DOI?10.1055/a-0753-1884>
2. Tan J, Shi X, Witchalls J, Waddington G, Lun Fu AC, Wu S, et al. Effects of Pre-exercise Acute Vibration Training on Symptoms of Exercise-Induced Muscle Damage. J Strength Cond Res. 2020; Publish Ah(March 2021).
3. Lu X, Wang Y, Lu J, You Y, Zhang L, Zhu D, et al. Does vibration benefit delayed-onset muscle soreness?: a meta-analysis and systematic review. J Int Med Res. 2019;47(1):3–18.
4. Veqar Z, Millia J. Effect of Vibration in Prevention of Delayed Onset Muscle Soreness : A Recent Update. J Physiother Sport Med [Internet]. 2012;1(July). Available from: https://www.researchgate.net/profile/Zubia_Veqar/publication/236582387_Effect_of_Vibration_in_Prevention_of_Delayed_Onset_Muscle_Soreness_A_Recent_Update/links/53e083150cf2a768e49f68b7/Effect-of-Vibration-in-Prevention-of-Delayed-Onset-Muscle-Soreness-A-R
5. Utland JETP. P b e w -b v m r a e. 2012;26(10):2907–11.
6. Veqar Z, Imtiyaz S. Vibration therapy in management of delayed onset muscle soreness. J Clin Diagnostic Res. 2014;8(6):10–3.
7. Iodice P, Ripari P, Pezzulo G. Local high-frequency vibration therapy following eccentric exercises reduces muscle soreness perception and posture alterations in elite athletes. Eur J Appl Physiol [Internet]. 2019;119(2):539–49. Available from: <http://dx.doi.org/10.1007/s00421-018-4026-5>.

8. Cochrane DJ. Effectiveness of using wearable vibration therapy to alleviate muscle soreness. *Eur J Appl Physiol.* 2017;117(3):501–9.
9. Opkins JTYH, Eland JBRF. *W -b v w - b e -i m d s d -o m s t s.* 2018;00(00):1–10.
10. Broadbent S, Rousseau JJ, Thorp RM, Choate SL, Jackson FS, Rowlands DS. Vibration therapy reduces plasma IL6 and muscle soreness after downhill running. *Br J Sports Med.* 2010;44(12):888–94.
11. Oreness ONMUS, Lexibility F, Heeler AMAW. *E w -b v d o m s , f , p.* 2013;27(9):2527–32.
12. Custer L, Peer KS, Miller L. The effects of local vibration on balance, power, and self-reported pain after exercise. *J Sport Rehabil.* 2017;26(3):193–201.
13. Merrigan J, Tynan M, Oliver J, Jagim A, Jones M. Effect of Post-Exercise Whole Body Vibration with Stretching on Mood State, Fatigue, and Soreness in Collegiate Swimmers. *Sports.* 2017;5(1):7.
14. Dabbs NC, Black CD, Garner J. Whole-body vibration while squatting and delayed- onset muscle soreness in women. *J Athl Train.* 2015;50(12):1233–9.
15. Marin PJ, Zarzuela R, Zarzosa F, Herrero AJ, Garatachea N, Rhea MR, et al. Whole-body vibration as a method of recovery for soccer players. *Eur J Sport Sci.* 2012;12(1):2–8.
16. Xanthos PD, Lythgo N, Gordon BA, Benson AC. The effect of whole-body vibration as a recovery technique on running kinematics and jumping performance following eccentric exercise to induce delayed-onset muscle soreness. *Sport Technol.* 2013;6(3):112–21.
17. Nepocatych S, Balilionis G, Katica CP, Wingo JE, Bishop PA. Acute Effect of Lower-Body Vibration as a Recovery Method After Fatiguing Exercise. *Montenegrin J Sport Sci Med [Internet].* 2015;4(2):11–6. Available from: <http://libaccess.mcmaster.ca/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=sph&AN=109311840&site=ehost-live&scope=site>

18. Kim JY, Kang DH, Lee JH, Se-Min O, Jeon JK. The effects of pre-exercise vibration stimulation on the exercise-induced muscle damage. *J Phys Ther Sci.* 2017;29(1):119–22.
19. Ortega DJ. *European Journal of Physical Education and Sport Science* EFFECTS OF WHOLE-BODY VIBRATION OVER DELAYED-ONSET MUSCLE SORENESS IN PHYSICAL ACTIVE PERSONS. 2017;26–38.