



Universidad de Valladolid

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD DE SORIA

GRADO EN FISIOTERAPIA

TRABAJO FIN DE GRADO

Eficacia comparativa del rodillo de espuma vibratorio frente al rodillo de espuma no vibratorio o tradicional en marcadores perceptuales, de fisioterapia y de rendimiento deportivo. Revisión Sistemática.

Presentado por: Raúl Armario Ramírez

Tutor: Diego Fernández Lázaro & César Ignacio Fernández Lázaro

Soria, a 02 de junio de 2023

Resumen

Introducción: El rodillo de espuma o *foam roller* (FR) y el rodillo de espuma vibratorio o *vibratory foam roller* (VFR) son herramientas de liberación miofascial autoinducida, empleados como instrumento de auto-masaje.

Objetivo: Analizar la eficacia comparativa del VFR frente al FR sobre los factores perceptuales, de fisioterapia y rendimiento deportivo en personas físicamente activas.

Metodología: Siguiendo las directrices de los Elementos de Información Preferidos para Revisiones Sistemáticas y Metaanálisis (PRISMA), se revisaron sistemáticamente estudios indexados en Medline (PubMed), *Physiotherapy Evidence Database* (PEDro), Cochrane y Scopus desde el inicio de las bases de datos hasta el 15 de mayo de 2023; con el fin de evaluar la eficacia comparativa entre VFR y FR en el dolor, rango articular de movimiento (ROM), actividad electromiográfica (EMG), rigidez muscular, dureza del tejido, equilibrio, estabilidad, fuerza, saturación muscular de oxígeno, perfusión y oscilación del flujo sanguíneo, concentración de lactato y fatiga percibida en personas físicamente activas. Se utilizó la escala PEDro para evaluar la calidad metodológica y la herramienta de Cochrane para evaluar el riesgo de sesgo.

Resultados: Entre los 715 estudios identificados en la búsqueda, 14 cumplieron con los criterios de inclusión y exclusión. Los participantes que usaron VFR obtuvieron descensos en la percepción del dolor, dureza del tejido, concentración de lactato y fatiga percibida, o incrementos en el ROM, EMG, equilibrio, estabilidad, saturación muscular de oxígeno, perfusión y oscilación del flujo sanguíneo, con respecto al rodillo tradicional. Siendo significativo ($p < 0,05$) en la disminución de la puntuación en la escala visual analógica, y en el aumento del umbral del dolor por presión, ROM, EMG, perfusión sanguínea y oscilación del flujo sanguíneo miogénico.

Conclusiones: El uso de VFR es más efectivo que el FR para mejorar factores de fisioterapia, físicos o de rendimiento deportivo y perceptuales del dolor, en comparación con FR.

Palabras clave: rodillo de espuma, rodillo de espuma vibratorio, rendimiento, recuperación.

Índice

1.	Introducción.....	1
2.	Justificación.....	3
3.	Objetivos.....	4
3.1	Objetivo general.....	4
3.2	Objetivos específicos.....	4
4.	Material y métodos.....	4
4.1	Estrategia de búsqueda.....	4
4.2	Criterios de inclusión y de exclusión.....	5
4.3	Evaluación de la calidad metodológica.....	5
4.4	Evaluación del riesgo de sesgo.....	5
4.5	Extracción de datos.....	6
4.6	Protocolo y registro.....	6
5.	Resultados.....	6
5.1	Selección de estudios.....	6
5.2	Evaluación de la calidad metodológica.....	8
5.3	Evaluación del riesgo de sesgo.....	10
5.4	Características de los pacientes e intervención.....	11
5.5	Evaluación de resultados.....	11
6.	Discusión.....	22
6.1	Marcadores perceptuales.....	22
6.2	Marcadores de fisioterapia.....	22
6.3	Marcadores físicos o de rendimiento.....	23
6.4	Métodos de aplicación y formas de intervención.....	24
6.5	Limitaciones y fortalezas.....	24
7.	Conclusiones.....	25
8.	Bibliografía.....	26
9.	Anexos.....	29
ANEXO I:	Ecuaciones de búsqueda.....	29
ANEXO II:	Combinación de Medical Subject Headings (MeSH) y palabras libres utilizadas para realizar la estrategia de búsqueda.....	29
ANEXO III:	Evaluación de resultados.....	29
Marcadores perceptuales.....		30
Marcadores de fisioterapia.....		30
Marcadores físicos o de rendimiento.....		31

Índice de tablas

Tabla 1: Puntuación según la escala PEDro para la evaluación de la calidad metodológica de los estudios incluidos en la revisión.....	9
Tabla 2: Puntuación del sesgo de los estudios según la herramienta de Cochrane.....	10
Tabla 3: Resumen de los estudios seleccionados.....	13

Índice de figuras

Figura 1: Rodillo de espuma o <i>foam roller</i> (FR).....	2
Figura 2: Rodillo de espuma vibratorio o <i>vibratory foam roller</i> (VFR).....	3
Figura 3: Diagrama de flujo que representa el proceso de identificación y selección de los estudios seleccionados según las directrices de <i>Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analyses</i> (PRISMA).....	7
Figura 4: Diagrama de red de los ensayos del uso de rodillo de espuma vibratorio (VFR) en comparación con el uso de rodillo de espuma tradicional. Este gráfico se elaboró mediante www.connectedpapers.com , accediendo el 15 de mayo de 2023.....	8

Glosario de abreviaturas

EMG: Actividad electromiográfica.

EVA: Escala visual analógica.

FR: Rodillo de espuma o *foam roller*.

GFR: Grupo rodillo de espuma.

GVFR: Grupo rodillo de espuma vibratorio.

LA⁻: Lactato.

MeSH: *Medical Subject Headings*.

NO: Óxido nítrico.

PEDro: *Physiotherapy Evidence Database*.

PRISMA: Elementos de Información Preferidos para Revisiones Sistemáticas y Metaanálisis o *Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analyses*.

ROM: Rango de movimiento articular.

SmO₂: Saturación muscular de oxígeno.

VFR: Rodillo de espuma vibratorio o *vibratory foam roller*.

1. Introducción

La adecuada recuperación del sistema musculoesquelético es trivial para el correcto desempeño de la actividad física, y los rodillos de espuma o *foam roller* (FR), rodillos de espuma vibratorios o *vibratory foam roller* (VFR), o incluso las terapias de vibración, constituyen una gran opción de tratamiento para manipular y liberar de forma auto asistida el tejido fascial, muscular, piel y tendones (1). Con el uso de estas técnicas se busca obtener un tratamiento que ayude a mejorar el rendimiento y la recuperación de una forma más autónoma e independiente de la presencia de un fisioterapeuta.

Esta mejoría se consigue gracias a los efectos fisiológicos que aporta el masaje realizado con estos aparatos sobre el organismo, capaces de producir cambios en variables esenciales para el rendimiento deportivo (2). Algunos de estos cambios se producen a nivel articular, aumentando el rango de movimiento articular (ROM) (1,3–12); y a nivel muscular, mejorando la función muscular (13) con una mayor activación muscular (1,7,9), una menor rigidez muscular (10) y menor dureza del tejido (11). Por otro lado, se ha visto que también se producen cambios positivos para los atletas a nivel arterial, como la mejora de la función endotelial vascular, la reducción de la rigidez arterial, el aumento de la concentración plasmática de óxido nítrico (NO) o la reducción de la velocidad de pulso braquial y de tobillo (14).

1.1 Rodillo de espuma

Este artilugio con forma de cilindro y recubierto de espuma, puede encontrarse de diferentes formas y tamaños, pero lo esencial de él es que con su uso el sujeto sea capaz de obtener beneficios en la recuperación y rendimiento deportivos a través del masaje aplicado por el propio deportista (15); con el fin de asemejarse al masaje que podría ofrecer un fisioterapeuta, pero en este caso proporcionado por el propio sujeto aplicando el peso de su cuerpo sobre dicha herramienta y rodando sobre ella, dosificando la intensidad de la presión y la velocidad de rodamiento (13). Esta técnica de masaje con rodillo, también llamada *foam rolling* o liberación miofascial, puede ser aplicada en diferentes momentos del entrenamiento: antes de la actividad física, después de ella, intra-entrenamiento, o incluso en sesiones aisladas y separadas de la actividad física; siendo esta terapia de mayor o menor utilidad según el momento en el que sea empleada, teniendo en cuenta los objetivos del deportista (13,15).

El rodillo de espuma actúa principalmente sobre el tejido miofascial, compuesto por todas las estructuras que forman la musculatura y por la fascia, matriz tridimensional continua de tejido conectivo que da soporte estructural a los músculos y órganos del cuerpo, conectando y separando al mismo tiempo todos ellos entre sí (16). Además, la fascia es la encargada de cubrir y dividir al músculo en haces de fibras y éstas en miofibrillas musculares (16). El tejido miofascial contiene gran cantidad de terminaciones nerviosas y receptores sensoriales como el órgano tendinoso de Golgi que, al ser estimulados con el rodillo de espuma son capaces de detectar la variación en la tensión muscular; dando lugar a una relajación muscular ordenada por huso muscular con el fin de regular la longitud de las fibras musculares para disminuir la tensión (17). Este mecanismo provoca en la musculatura efectos beneficiosos para los deportistas, así como la activación de la respuesta parasimpática o el aumento de endorfinas plasmáticas (18), pudiendo disminuir el dolor y la fatiga percibidas (18,19).

Se han descrito cantidad de efectos beneficiosos de la liberación miofascial con FR, mostrando un aumento de la actividad electromiográfica (EMG) (1,7), aumento del ROM (1,3–12), disminución de la rigidez (10,12) y dureza de los tejidos (11), y los ya mencionados efectos tanto a nivel arterial, como en el dolor y la fatiga percibida. Traduciéndose todo esto en una mejora del rendimiento y la recuperación tras la actividad deportiva.



Figura 1. Rodillo de espuma o *foam roller* (FR).

1.2 Terapia de vibración

Por otro lado, otra de las terapias muy utilizadas por los deportistas en los últimos años es la terapia de vibración. Esta técnica consiste en la aplicación sobre el cuerpo de un estímulo mecánico en forma de movimientos oscilatorios (20). Además, se ha visto que esta técnica proporciona también beneficios de gran utilidad para los deportistas (20) que, además, podrían ser adyuvantes al masaje con rodillo de espuma. La vibración puede ser aplicada directamente de forma local sobre el músculo o tejido que queremos tratar, o bien puede ser administrada indirectamente de forma más general a través de plataformas vibratorias (20).

En cuanto al uso de vibración directa, se ha descrito que es muy útil como método de mejora de rendimiento y recuperación tras actividad física, ya que se ha visto que puede tener mejoras en el aumento del ROM y el alivio del dolor en fatiga muscular tras actividad física, tal y como lo describen algunos autores en la musculatura flexora de codo (21).

Al considerar la posibilidad de combinar ambas terapias de FR y vibración, debido a los beneficios capaces de brindar a deportistas, se creó el rodillo de espuma vibratorio.

1.3 Rodillo de espuma vibratorio

Esta herramienta permite el uso simultáneo de vibración y *foam rolling* provocando un efecto superior en variables de recuperación y rendimiento, en comparación con el del rodillo de espuma sin vibración; quizá debido a que la agregación de la vibración al rodillo causa cambios más sustanciales en la estimulación de algunos mecanorreceptores como los corpúsculos de Pacini, encargados de percibir los cambios de presión y vibraciones en el tejido subcutáneo (22).

A pesar de lo relativamente reciente que es el VFR, hay autores que ya se han encargado de investigar sus potenciales efectos y realizar comparativas con el FR. Algunas investigaciones (1,3–12) describen el VFR como un método capaz de producir aumentos significativos ($p < 0,05$) en el ROM; otros estudios (3,5,11) afirman que tiene la capacidad de atenuar el dolor percibido

y disminuir el umbral del dolor por presión. Además, algunos autores (1,7,9) investigan el impacto que esta técnica puede tener en cuanto a la EMG de la musculatura tratada, a la dureza del tejido (11), la rigidez muscular (9,10,12), el equilibrio y la estabilidad (4), la fatiga percibida (23), la oscilación del flujo sanguíneo (24), la saturación muscular de oxígeno (SmO_2) (3) y los efectos sobre el rendimiento medido a través de distintos tipos de salto (3,6,10,25) o contracciones voluntarias máximas (1,8–10,12).

Es tan importante investigar acerca del impacto en los beneficios que pueda tener esta terapia del VFR en el rendimiento deportivo y la recuperación, como hacerlo sobre su correcto modo de empleo. Es por ello, que algunas investigaciones (26,27) se dedicaron a clarificar si el VFR podría tener los mismos efectos aplicándose de forma estática o rodando sobre la musculatura a tratar. De hecho, se ha descrito que tanto la aplicación de VFR de forma rodada, como en compresión estática sobre el vientre muscular del tríceps sural, son capaces de mejorar la rigidez muscular y ROM de flexión dorsal sin producir efectos adversos en el rendimiento deportivo ni en la fuerza muscular (27). Por otro lado, también se ha visto que la compresión estática del VFR aplicado tras la fatiga muscular inducida, es capaz de mejorar el dolor y la función muscular (26).

Otro punto importante acerca del uso del VFR es la frecuencia de vibración para el uso de dicha herramienta, ya que crea incertidumbre si altas o bajas frecuencias podrían tener efectos diferentes en los deportistas. Sin embargo, a pesar de que se necesiten más estudios al respecto, se ha visto que la mejora del dolor y la función muscular, tras fatiga inducida, se pueden obtener de forma similar tanto con altas, como con bajas frecuencias (28).



Figura 2. Rodillo de espuma vibratorio o *vibratory foam roller* (VFR).

2. Justificación

La fisioterapia juega un papel clave en el ámbito deportivo y, de hecho, los deportistas cada vez la demandan más con el fin de aumentar su rendimiento en el deporte, mejorar la recuperación tras la actividad deportiva y, tratar y prevenir lesiones, entre otros objetivos. Podemos encontrar infinidad de técnicas de fisioterapia cuya finalidad es preparar a los deportistas para que puedan llegar a la competición en sus mejores condiciones físicas. Es por esto por lo que cada vez es más determinante la fisioterapia en el deporte de alto rendimiento.

Por otro lado, se están desarrollando y lanzando al mercado aparatos diseñados para ser utilizados por deportistas con fines fisioterapéuticos. Éstos podrían ser una ventaja para los atletas en caso de no tener la posibilidad de acudir a fisioterapia, sin embargo, también podrían tener un efecto contraproducente en caso de no ser usados correctamente. Por lo tanto, la importancia del fisioterapeuta radica en conocer estas herramientas, sus pautas de uso y sus indicaciones a la perfección. Entre estas técnicas podemos encontrar el rodillo vibratorio y no

vibratorio, cada vez más usados por deportistas tanto en el calentamiento, como tras la actividad física para la recuperación de la fatiga muscular producida.

Actualmente, está muy de moda el uso de estos dos aparatos entre los deportistas y personas físicamente activas. Sin embargo, no está muy claro cuál de los dos podría ofrecer mejores resultados a los deportistas, debido a que el rodillo de espuma vibratorio es más novedoso y menos estudiado que el no vibratorio. De aquí surge el motivo de la realización de esta revisión sistemática; buscar toda la bibliografía existente que compare los efectos del rodillo de espuma vibratorio y no vibratorio en deportistas y personas físicamente activas, como método de mejora del rendimiento y, como método de recuperación tras la actividad física. Con ello, se hará una comparación de los diferentes artículos y se sabrá más acerca del impacto de cada rodillo sobre los deportistas.

3. Objetivos

3.1 Objetivo general

El presente estudio es una revisión sistemática desarrollada entre marzo y mayo de 2023, que tiene como objetivo principal realizar una búsqueda estructurada de la bibliografía disponible sobre el impacto del rodillo de espuma vibratorio frente al rodillo de espuma no vibratorio en personas sanas físicamente activas.

3.2 Objetivos específicos

- Analizar la eficacia comparativa del rodillo de espuma vibratorio frente al rodillo de espuma no vibratorio o tradicional sobre:
 - o Factores perceptuales,
 - o Marcadores de fisioterapia
 - o Rendimiento deportivo.
- Describir los posibles métodos de aplicación y formas de intervención del rodillo de espuma vibratorio.

4. Material y métodos

4.1 Estrategia de búsqueda

Para la realización de esta revisión sistemática que compara el impacto del uso del FR o VFR en personas físicamente activas sobre los marcadores del campo de la fisioterapia, se efectuó una búsqueda exhaustiva, para artículos publicados desde el inicio de la base de datos hasta el 15 de mayo de 2023, restringido a estudios en inglés y español en las siguientes bases de datos electrónicas: Medline (PubMed), *Physiotherapy Evidence Database* (PEDro), Cochrane y Scopus. Se llevó a cabo siguiendo las pautas metodológicas específicas *Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analyses* (PRISMA) (29) y el modelo de preguntas PICOS (30) de la siguiente forma:

P (población): “hombres y mujeres adultos, físicamente activos, sanos y sin patología”. I (intervención): “uso del rodillo de espuma vibratorio tanto pre-actividad física como post-actividad física”. C (comparación): “uso del rodillo de espuma no vibratorio tanto pre-actividad física como post-actividad física”. O (resultados): perceptuales (dolor mediante escala visual

analógica (EVA) y umbral del dolor por presión); de fisioterapia (ROM, EMG, rigidez muscular, dureza del tejido, equilibrio y estabilidad); físicos o de rendimiento (fuerza, diferentes tipos de salto, SmO₂, perfusión del flujo sanguíneo, oscilación del flujo sanguíneo, lactato (LA⁻) y fatiga). S (diseño del estudio): “ensayos clínicos, ensayos cruzados, ensayos aleatorios y no aleatorios y, estudios de diseño pre-test/post-test”.

Para la selección de artículos se desarrolló una búsqueda estructurada entre los meses de marzo y mayo de 2023 utilizando las bases de datos electrónicas Medline (Pubmed), PEDro, Cochrane y Scopus. La estrategia de búsqueda utilizada en cada una de ellas se detalla en el Anexo I, conteniendo una combinación de *Medical Subject Headings* (MeSH) y palabras libres para conceptos clave relacionados (Anexo II).

Con la finalidad de acotar más la búsqueda se aplicaron una serie de filtros en las bases de datos, tales como *Free Full Text*, *Clinical Trial* y artículos publicados en inglés y español. Todos los estudios obtenidos en Medline, PEDro, Cochrane y Scopus fueron comparados con el fin de delimitar lo máximo posible la búsqueda y evitar la repetición de estudios, y se procedió a una revisión de todos los metaanálisis y revisiones sistemáticas para evitar así pérdidas de estudios por ausencia de términos de búsqueda.

4.2 Criterios de inclusión y de exclusión

Para la selección de los artículos se establecieron los siguientes criterios de inclusión: a) adultos sanos, físicamente activos o atletas, con ausencia de patologías agudas y/o crónicas (excluyendo estudios realizados en animales e *in vitro*); b) uso del instrumento FR y VFR de manera aislada cada uno, antes o después del ejercicio; c) registros originales con ensayos aleatorios y no aleatorios, diseño controlado doble ciego o paralelo (no se tendrán en cuenta metaanálisis, revisiones, estudios no originales y editoriales); d) estudios que evalúen comparativamente FR y VFR en cuanto a la relación existente de cada aparato y los factores perceptuales, de fisioterapia y físicos o de rendimiento deportivo, ya sea como resultado principal del estudio, o como resultados secundarios; e) estudios que especifiquen claramente la información sobre la intervención con ambos dispositivos, duración del tratamiento miofascial, momento de la intervención y zona de aplicación del tratamiento; f) documentos publicados desde el inicio de la base de datos hasta el 15 de mayo de 2023; y estudios de ≥ 4 puntos en la escala de calidad metodológica (PEDro) (31) y en la herramienta de evaluación del riesgo de sesgo de Cochrane (32) con la finalidad de no excluir estudios de calidad más baja que puedan aportar información relevante en este campo tan poco estudiado. Se excluyeron todos aquellos estudios que no cumplieran con estos criterios.

4.3 Evaluación de la calidad metodológica

La calidad metodológica de los catorce artículos seleccionados fue evaluada mediante la escala PEDro (31).

4.4 Evaluación del riesgo de sesgo

La evaluación del riesgo de sesgo de los artículos seleccionados se llevó a cabo a través de la herramienta de Cochrane (32).

4.5 Extracción de datos

Los datos de los catorce estudios seleccionados aparecen sintetizados en la tabla 3. Incluyéndose en ella: apellido del primer autor, año de publicación, país donde se desarrolló el estudio, tipo de estudio, tamaño muestral (sexo, edad, altura y peso de los participantes), intervención, parámetros evaluados y resultados obtenidos.

4.6 Protocolo y registro

Esta revisión se realizó y se informó de acuerdo con las pautas PRISMA (29). Como esta revisión era elegible para el registro PROSPERO, se registró para acceso público para evitar duplicaciones innecesarias (#CRD42023426452).

5. Resultados

5.1 Selección de estudios

Tras introducir la estrategia de búsqueda en las distintas bases de datos, se encontraron 715 estudios y no se añadieron estudios adicionales identificados en otras fuentes. Entre ellos, tras la lectura del título y/o resumen se eliminaron 29 duplicados, además 661 no fueron seleccionados debido al tipo de estudio y por no estar relacionados con el objetivo establecido. Seguidamente, tras el análisis a texto completo se excluyeron 11 artículos más y, finalmente 14 cumplieron con los criterios de inclusión establecidos, siendo incluidos para la elaboración de la presente revisión (1,3–12,23–25) (Figura 3).

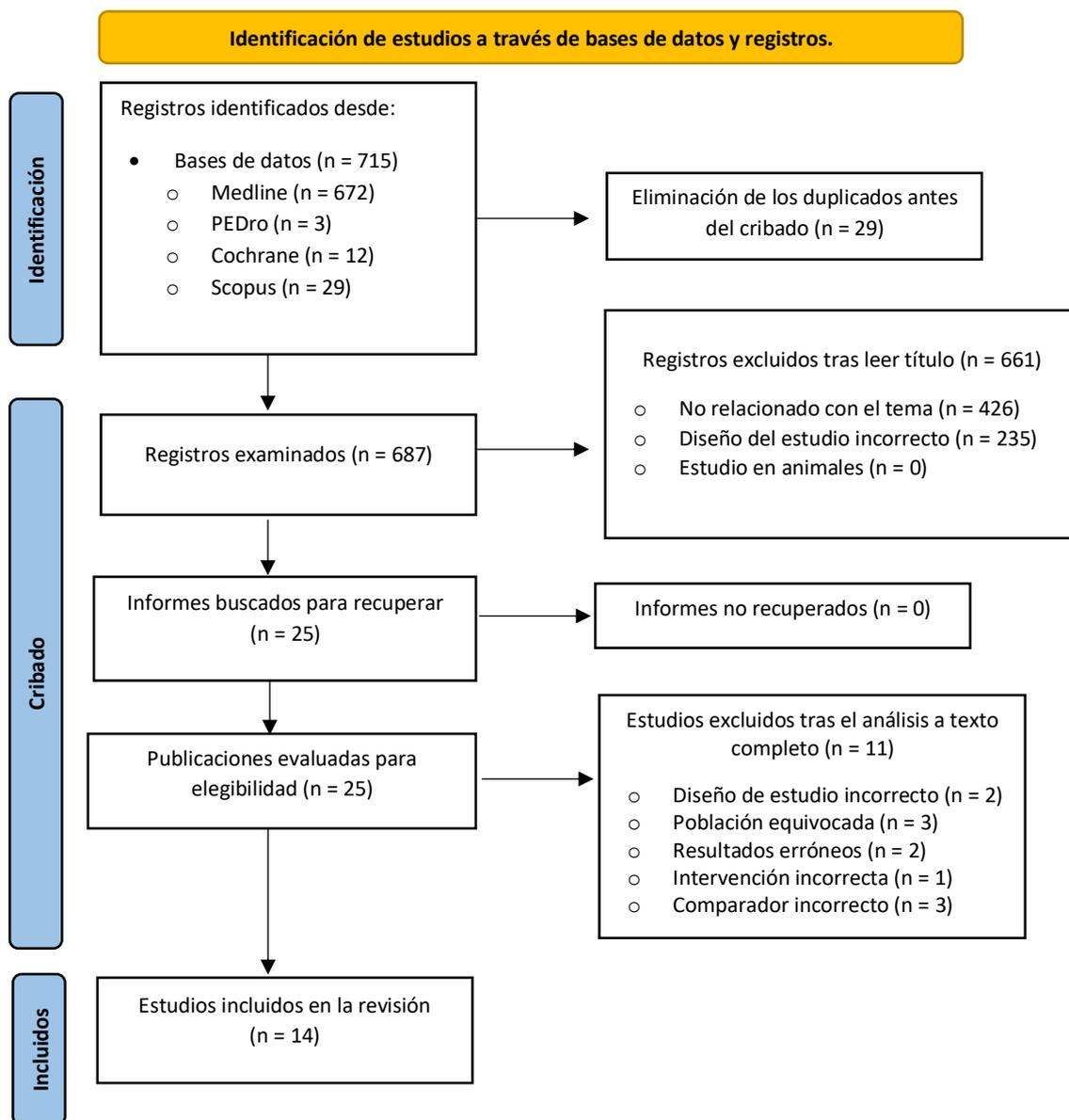


Figura 3. Diagrama de flujo que representa el proceso de identificación y selección de los estudios seleccionados según las directrices de *Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analyses* (PRISMA).

Además, la verificación de estudios clave en estudio de los efectos de VFR y se puede ver en la Figura 4 a través de un gráfico que muestra cada nodo, consideramos que el gráfico de nodos se originó a partir de Kasahara et al (11).

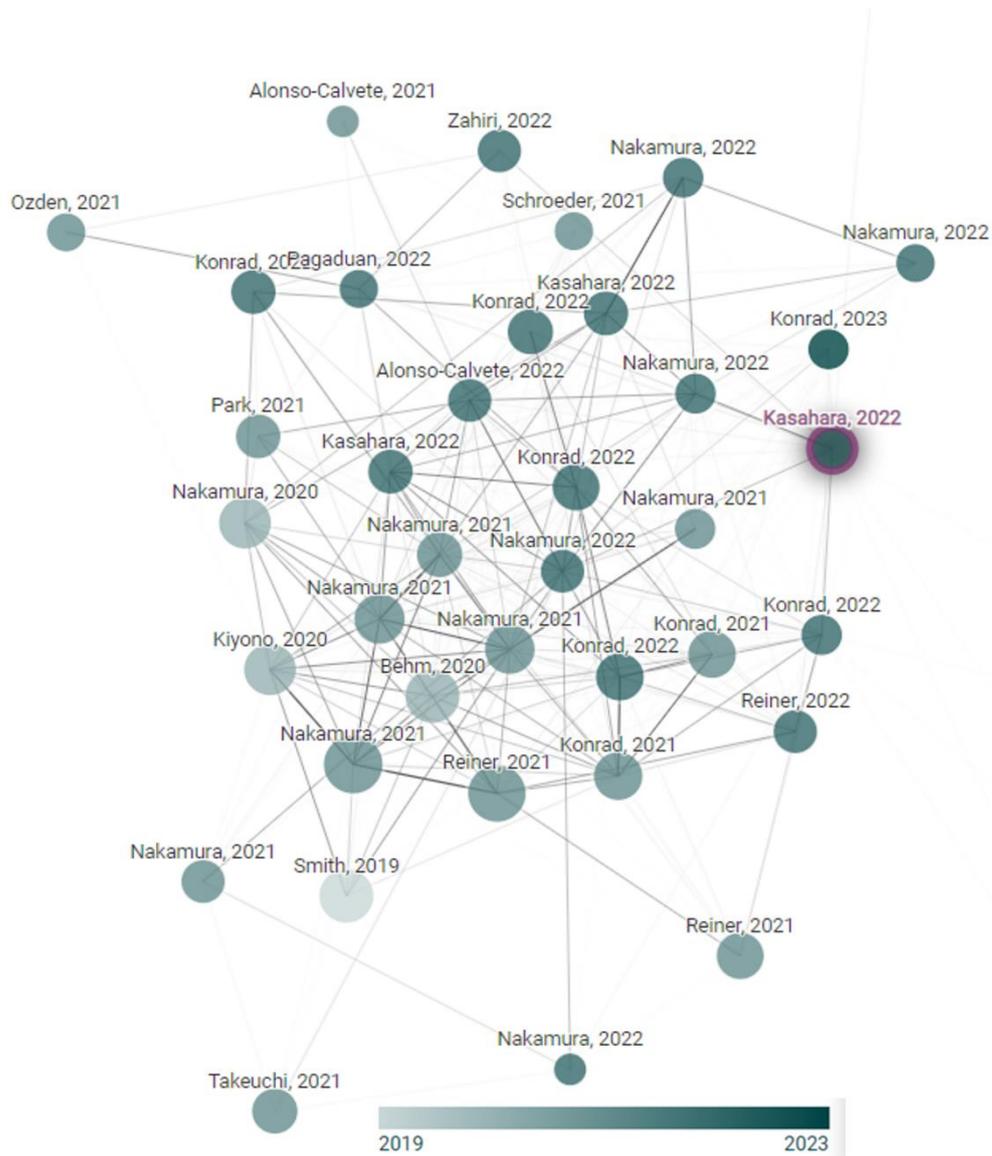


Figura 4. Diagrama de red de los ensayos del uso de rodillo de espuma vibratorio (VFR) en comparación con el uso de rodillo de espuma tradicional. Este gráfico se elaboró mediante www.connectedpapers.com, accediendo el 15 de mayo de 2023.

5.2 Evaluación de la calidad metodológica

La evaluación de la calidad metodológica mediante la escala PEDro (31) arrojó unas puntuaciones que variaron entre 4 y 8 puntos sobre 11 (Tabla 1). Mostrando un solo estudio 4 puntos (23), dos registros 5 puntos (3,4), otros dos (9,10) 6 puntos, 8 (1,5,6,8,11,12,24,25) 7 puntos y un estudio 8 puntos (7).

Tabla 1. Puntuación según la escala PEDro para la evaluación de la calidad metodológica de los estudios incluidos en la revisión.

ESTUDIO Y AÑO	ÍTEMS											T	CM
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
Teresa García-Gutiérrez et al. (8), 2018	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	7	B
de Benito et al. (4), 2019	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	5	R
Cheatham et al. (5), 2019	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	7	B
Lim & Park. (6), 2019	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	7	B
Lim et al. (7), 2019	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	8	B
Romero-Moraleda et al. (3), 2019	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1	5	R
Lai et al. (24), 2020	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	7	B
Alonso-Calvete et al. (23), 2021	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	4	R
Reiner et al. (9), 2021	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6	B
Ruggieri et al. (1), 2021	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	7	B
Tsai et al. (25), 2021	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	7	B
Kashara, Konrad, Yoshida, Murakami, Koizumi, et al. (11), 2022	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	7	B
Kasahara, Konrad, Yoshida, Murakami, Sato, et al. (12), 2022	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	7	B
Nakamura et al. (10), 2022	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	6	B

Abreviaturas: T: Total de ítems cumplidos por estudio; CM: Calidad Metodológica; B: Calidad Buena; R: Calidad Regular; 1: ítem cumplido; 0: ítem no cumplido.

Ítems de la escala PEDro: 1 = Criterios de elección; 2 = Asignación aleatoria; 3 = Asignación oculta; 4 = Similitud de grupos al inicio; 5 = Cegamiento de los participantes; 6 = Cegamiento del terapeuta; 7 = Cegamiento del evaluador; 8 = Mínimo del 85% de seguimiento; 9 = Análisis de los datos por intención de tratar; 10 = Comparación estadística entre grupos; y 11 = Medidas puntuales y de variabilidad.

5.3 Evaluación del riesgo de sesgo

Con evaluación del riesgo de sesgo de Cochrane (32), un único estudio obtuvo una puntuación de 6 puntos (7), once estudios (1,3,5,6,8–12,24,25) 5 puntos y dos estudios obtuvieron una puntuación de 4 (4,23). Los principales sesgos fueron los ítems 2, 3 y 4 (Tabla 2).

Tabla 2. Puntuación del sesgo de los estudios según la herramienta de Cochrane.

ESTUDIO Y AÑO	ÍTEMS								T
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Teresa García-Gutiérrez et al. (8), 2018									5
de Benito et al. (4), 2019									4
Cheatham et al. (5), 2019									5
Lim & Park. (6), 2019									5
Lim et al. (7), 2019									6
Romero-Moraleda et al. (3), 2019									5
Lai et al. (24), 2020									5
Alonso-Calvete et al. (23), 2021									4
Reiner et al. (9), 2021									5
Ruggieri et al. (1), 2021									5
Tsai et al. (25), 2021									5
Kashara, Konrad, Yoshida, Murakami, Koizumi, et al. (11), 2022									5
Kasahara, Konrad, Yoshida, Murakami, Sato, et al. (12), 2022									5
Nakamura et al. (10), 2022									5

Abreviaturas: T: total de ítems cumplidos por estudio; “+”: sesgo de bajo riesgo; “-”: alto riesgo de sesgo; “?”: incertidumbre acerca del potencial de sesgo o falta de información al respecto.

Ítems de la herramienta Cochrane: 1 = generación de secuencias aleatorias; 2 = ocultamiento de la asignación; 3 = cegamiento de los participantes; 4 = cegamiento del evaluador; 5 = seguimiento incompleto; 6 = informe de datos; 7 = sesgo de publicación; 8 = sesgo del observador.

5.4 Características de los pacientes e intervención

El total de sujetos incluidos al inicio de los estudios utilizados para la elaboración de esta revisión fue de 329, sin embargo, el número de individuos que finalizaron los estudios fue 324 (235 hombres y 89 mujeres). Ningún paciente lesionado o que no cumplía los criterios de inclusión formó parte de la muestra de la investigación. En cinco (9–12,25) de los 13 ensayos seleccionados la muestra fue únicamente masculina, en uno (1) fue exclusivamente femenina y, en ocho (3–8,23,24) de ellos la muestra fue mixta. Todos ellos eran ≥ 18 años, sanos y personas deportistas o físicamente activas (1,3–12,23–25). Tabla 3.

Las características de las muestras e intervenciones llevadas a cabo en los estudios que se revisaron se pueden ver de forma resumida en la tabla 3. De los 14 estudios utilizados, seis (3,5–7,11,12) son ensayos controlados aleatorios y ocho (1,4,8–10,23–25) son ensayos cruzados aleatorios, incluyendo aquí un estudio piloto (23). En todos ellos (1,3–12,23–25) se realiza una comparación entre el grupo intervención o grupo rodillo de espuma vibratorio (GVFR) y el grupo rodillo de espuma no vibratorio (GFR), con el fin de valorar el impacto del uso de estos dispositivos de fisioterapia sobre la población deportista o físicamente activa. Además, también se compara el GVFR respecto a la línea base para obtener un seguimiento de la intervención.

5.5 Evaluación de resultados

Los resultados de los 14 estudios incluidos en esta revisión sistemática se describen en la tabla 3. Además, se han dividido los resultados en marcadores perceptuales, de fisioterapia y físicos o de rendimiento, cuya descripción completa se detalla en el anexo III.

TABLA 3: Resumen de los estudios seleccionados.

PRIMER AUTOR, AÑO DE PUBLICACIÓN Y PAÍS	TIPO DE ESTUDIO	PARTICIPANTES (TAMAÑO Y CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA)	INTERVENCIÓN	PARÁMETROS EVALUADOS	RESULTADOS
García-Gutiérrez et al. (8), (2018) España	Ensayo cruzado aleatorio	38 estudiantes recreativamente activos → (19 ♂ y 19 ♀) ♂: Edad (media ± DE): 21,80 ± 2,70 años Altura (media ± DE): 178,90 ± 0,10 cm Peso (media ± DE): 73,70 ± 9,10 kg ♀: Edad (media ± DE): 19,50 ± 7,20 años Altura (media ± DE): 167,80 ± 0,10 cm Peso (media ± DE): 59,20 ± 2,20 kg GVFR (n = 38) GFR (n = 38)	FR y VFR (32 Hz) masaje con balanceo rodando sobre zona de tríceps sural. 3 series de 20 segundos con 10 segundos de descanso entre series.	ROM: -Dorsiflexión CIVM a la flexión plantar -Flexión dorsal -Flexión plantar	<u>GVFR vs GFR</u> ROM: -Dorsiflexión ↔ CIVM: -Flexión dorsal ↔ -Flexión plantar ↔ <u>GVFR cambios línea base</u> ROM: -Dorsiflexión ↑* CIVM: -Flexión dorsal ↔ -Flexión plantar ↔
de Benito et al. (4), (2019) España	Ensayo cruzado aleatorio	n inicial = 26 participantes recreativamente activos n final = 24 participantes recreativamente activos → (17 ♂ y 7 ♀) ♂: Edad (media ± DE): 22,50 ± 0,38 años	Fatiga muscular inducida mediante ciclismo. FR y VFR (30 Hz) masaje con balanceo rodando sobre cuádriceps e isquiotibiales de ambas piernas.	ROM: -Dorsiflexión -Alcance sentado Equilibrio: -Alcance anterior -Alcance posteromedial	<u>GVFR vs GFR</u> ROM: -Dorsiflexión ↑ -Alcance sentado ↔ Equilibrio: -Alcance anterior ↔ -Alcance posteromedial ↑

Altura (media ± DE): 177,03 ± 0,72 cm

Peso (media ± DE): 73,43 ± 1,41 kg

♀:

Edad (media ± DE): 20,43 ± 0,51 años

Altura (media ± DE): 160,86 ± 1,78 cm

Peso (media ± DE): 56,64 ± 1,67 kg

GVFR (n = 24)

GFR (n = 24)

2 series de 1 minuto en cada grupo muscular con 30 segundos de descanso.

A 30 rodamientos por minuto.

-Alcance posterolateral

Estabilidad:

-Rodilla

-Tobillo

-Alcance posterolateral ↔

Estabilidad:

-Rodilla ↑

-Tobillo ↑

GVFR cambios línea base

ROM:

-Dorsiflexión ↑*

-Alcance sentado ↑

Equilibrio:

-Alcance anterior ↑

-Alcance posteromedial ↑*

-Alcance posterolateral ↑*

Estabilidad:

-Rodilla ↑*

-Tobillo ↑*

**Cheatman et al. (5),
(2019) Estados Unidos**

Ensayo controlado aleatorio

45 participantes recreativamente activos → (27 ♂ y 18 ♀)

GVFR (n = 15)

Edad (media ± DE): 26,60 ± 6,34 años

Altura (media ± DE): 170,51 ± 9,49 cm

Peso (media ± DE): 72,45 ± 13,01 kg

FR y VFR (33 Hz) masaje con balanceo rodando sobre cuádriceps en decúbito prono. ambas piernas.

1 serie de 2 minutos.

ROM:

-Flexión pasiva rodilla en decúbito prono

PPT

GVFR vs GFR

ROM

-Flexión pasiva rodilla en decúbito prono ↔

PPT: ↑*

GVFR cambios línea base

ROM

		<p>GFR (n = 15)</p> <p>Edad (media ± DE): 24,53 ± 3,96 años</p> <p>Altura (media ± DE): 171,72 ± 8,25 cm</p> <p>Peso (media ± DE): 75,47 ± 15,02 kg</p> <ul style="list-style-type: none"> • 15 personas no recibieron ningún tratamiento (grupo sin tratamiento) 			<p>-Flexión pasiva rodilla en decúbito prono ↑*</p> <p>PPT: ↑*</p>
<p>Lim et al. (6), (2019) Korea</p>	<p>Ensayo controlado aleatorio</p>	<p>20 participantes recreativamente activos → (14 ♂ y 6 ♀)</p> <p>GVFR (n = 10) → (7 ♂ y 3 ♀)</p> <p>Edad (media ± DE): 20,21 ± 1,01 años</p> <p>Altura (media ± DE): 170,34 ± 10,60 cm</p> <p>Peso (media ± DE): 63,67 ± 11,10 kg</p> <p>GFR (n = 19) → (7 ♂ y 3 ♀)</p> <p>Edad (media ± DE): 21,72 ± 2,16 años</p> <p>Altura (media ± DE): 170,91 ± 10,60 cm</p> <p>Peso (media ± DE): 68,93 ± 17,16 kg</p>	<p>FR y VFR (32 Hz) masaje con balanceo rodando por isquiotibiales de ambas piernas.</p> <p>5 series de 1 minuto con 1 minuto de descanso (mientras una pierna descansa se aplica el rodillo en la otra).</p>	<p>ROM:</p> <p>-Prueba de elevación de la pierna recta (ASLR)</p> <p>-Prueba de extensión activa de rodilla (AKE)</p> <p>Salto vertical</p>	<p><u>GVFR vs GFR</u></p> <p>ROM:</p> <p>-ASLR ↑* ambas piernas</p> <p>-AKE ↑* pierna izquierda, ↑ pierna derecha</p> <p>Salto vertical ↔</p> <p><u>GVFR cambios línea base</u></p> <p>ROM:</p> <p>-ASLR ↑* ambas piernas</p> <p>-AKE ↑* ambas piernas</p> <p>Salto vertical ↑</p>
<p>Lim et al. (7), (2019) Korea</p>	<p>Ensayo controlado aleatorio</p>	<p>16 personas recreativamente activas</p> <p>GVFR (n = 8) → (5 ♂ y 3 ♀)</p>	<p>FR y VFR (32 Hz) masaje con balanceo rodando sobre isquiotibiales de la pierna dominante (entre</p>	<p>ROM (prueba de sentarse y alcanzar)</p>	<p><u>GVFR vs GFR</u></p> <p>Sentarse y alcanzar ↔</p> <p>EMG: VM ↑*, VL ↑* y RF ↑*</p>

		<p>Edad (media ± DE): 20,37 ± 1,06 años</p> <p>Altura (media ± DE): 168,00 ± 9,41 cm</p> <p>Peso (media ± DE): 59,88 ± 8,79 kg</p> <p>GFR (n = 8) → (6 ♂ y 2 ♀)</p> <p>Edad (media ± DE): 20,75 ± 1,39 años</p> <p>Altura (media ± DE): 171,63 ± 7,09 cm</p> <p>Peso (media ± DE): 67,25 ± 14,93 kg</p>	<p>pliegue glúteo y fosa poplítea).</p> <p>5 series de 1 minuto con 30 segundos de descanso entre series.</p> <p>A 40 rodamientos por minuto.</p>	<p>EMG (en contracción isométrica máxima)</p>	<p><u>GVFR cambios línea base</u></p> <p>Sentarse y alcanzar ↑*</p> <p>EMG: VM ↑, VL ↑* y RF ↑*</p>
<p>Romero-Moraleda et al. (3), (2019) España</p>	<p>Ensayo controlado aleatorio</p>	<p>n inicial = 39 individuos sanos</p> <p>n final = 38 individuos sanos → (32 ♂ y 6 ♀)</p> <p>GVFR (n = 19)</p> <p>Edad (media ± DE): 21,90 ± 3,70 años</p> <p>Altura (media ± DE): 177,00 ± 7,00 cm</p> <p>Peso (media ± DE): 75,26 ± 8,00 kg</p> <p>GFR (n = 19)</p> <p>Edad (media ± DE): 22,20 ± 3,20 años</p> <p>Altura (media ± DE): 174,00 ± 7,00 cm</p> <p>Peso (media ± DE): 69,70 ± 11,40 kg</p>	<p>Inducir daño muscular de aparición tardía mediante sentadillas.</p> <p>48 horas después: FR y VFR (18 Hz) masaje con balanceo rodando sobre cuádriceps de pierna dominante (vasto medio (VM), vasto lateral (VL) y recto femoral (RF)).</p> <p>5 series de 1 minuto con 30 segundos de descanso entre series.</p>	<p>Dolor:</p> <p>-EVA</p> <p>-PPT</p> <p>ROM:</p> <p>-Cadera: Extensión activa y pasiva</p> <p>-Rodilla: Flexión activa y pasiva</p> <p>Salto con contramovimiento</p> <p>Saturación muscular de oxígeno (SmO₂)</p>	<p><u>GVFR vs GFR</u></p> <p>Dolor:</p> <p>-EVA: ↓</p> <p>-PPT: VM ↔, VL ↔ y RF ↔</p> <p>ROM:</p> <p>-Cadera: Extensión activa ↔; Extensión pasiva ↑</p> <p>-Rodilla: Flexión activa ↔; Flexión pasiva ↔</p> <p>Salto con contramovimiento: ↔</p> <p>SmO₂: ↔</p> <p><u>GVFR cambios línea base</u></p> <p>Dolor:</p> <p>-EVA: ↓*</p> <p>-PPT: VM ↑*, VL ↑* y RF ↑*</p>

ROM:

-Cadera: Extensión activa ↑*;
Extensión pasiva ↑*

-Rodilla: Flexión activa ↑*; Flexión pasiva ↑

Salto con contramovimiento: ↓*

SmO₂: ↑*

Lai et al. (24), (2020) Taiwán	Ensayo cruzado aleatorio	23 corredores sanos → (12 ♂ y 11 ♀) ♂: Edad (media ± DE): 26,20 ± 5,20 años Altura (media ± DE): 169,50 ± 3,90 cm ♀: Edad (media ± DE): 26,60 ± 7,80 años Altura (media ± DE): 156,80 ± 5,10 cm	Fatiga muscular inducida mediante carrera. FR y VFR masaje con balanceo rodando sobre zona de tríceps sural de ambas piernas, abarcando gastrocnemios medial y lateral. 3 minutos por pierna a 20 rodamientos por minuto. Frecuencia de VFR → realizaba ciclos variando cada 10 segundos de frecuencia en el siguiente orden: 20, 25, 32, 40, 32, 25, 20, 25 (Hz).	<i>Tres tiempos: antes de la fatiga (T1), tras la fatiga pre-intervención (T2) y tras fatiga post-intervención (T3)</i> Flujo sanguíneo de la piel (SBF) Oscilación del flujo sanguíneo (BFO): -Endotelial -Neurogénico -Miogénico	<u>GVFR vs GFR</u> SBF (T2↓ vs T1) (T3↑ vs T1) (T3↑ vs T2) BFO Endotelial (T2↔ vs T1) (T3↑ vs T1) (T3↑ vs T2) BFO Neurogénico (T2↓ vs T1) (T3↔ vs T1) (T3↔ vs T2) BFO Miogénico (T2↑ vs T1) (T3↑ vs T1) (T3↔ vs T2) <u>GVFR cambios línea base</u> SBF (T2↑ vs T1) (T3↑* vs T1) (T3↑ vs T2) BFO Endotelial (T2↔ vs T1) (T3↑ vs T1) (T3↑ vs T2) BFO Neurogénico (T2↓ vs T1) (T3↓ vs T1) (T3↑ vs T2) BFO Miogénico (T2↑ vs T1) (T3↑* vs T1) (T3↑ vs T2)
---	--------------------------	---	---	---	--

<p>Alonso-Calvete et al. (23), (2021) España</p>	<p>Estudio piloto cruzado aleatorio</p>	<p>Inicialmente 10 socorristas n final = 7 socorristas → (5 ♂ y 2 ♀) Edad (media ± DE): 23,29 ± 1,11 años Altura (media ± DE): 173,43 ± 8,60 cm Peso (media ± DE): 76,57 ± 5,94 kg GVFR (n = 7) GFR (n = 7)</p>	<p>Fatiga inducida tras nadar 100 metros con aletas realizando un rescate acuático a un maniquí. FR y VFR (18 Hz) masaje con balanceo rodando sobre cuádriceps e isquiotibiales de ambas piernas. 2 series de 30 segundos sobre cada músculo con 15 segundos de descanso.</p>	<p>[LA⁻] Fatiga (RPE): -Global -En pecho -En brazos -En piernas</p>	<p><u>GVFR vs GFR</u> [LA⁻] ↓ Fatiga: global ↔, pecho ↔, brazos ↔ y piernas ↔ <u>GVFR cambios línea base</u> [LA⁻] ↓* Fatiga: global ↓*, pecho ↓*, brazos ↓* y piernas ↓*</p>
<p>Reiner et al. (9), (2021) Austria</p>	<p>Ensayo cruzado aleatorio</p>	<p>21 ♂ hombres físicamente activos Edad (media ± DE): 25,20 ± 3,80 años Altura (media ± DE): 182,50 ± 6,90 cm Peso (media ± DE): 77,60 ± 8,80 kg GVFR (n = 21) GFR (n = 21)</p>	<p>FR y VFR (32 Hz) masaje con balanceo rodando sobre cuádriceps de pierna derecha (vasto medio, vasto lateral y recto femoral). 1 serie de 1 minuto sobre cada una de las tres zonas con 30 segundos de descanso entre cada serie.</p>	<p>ROM (extensión pasiva de cadera) Electromiografía de superficie Rigidez muscular (módulo de cizallamiento muscular) Fuerza: -CIVM (extensión rodilla) -Fuerza resistiva pasiva (PRT)</p>	<p><u>GVFR vs GFR</u> Extensión pasiva de cadera ↑ Electromiografía de superficie ↔ Rigidez muscular ↔ CIVM ↑ PRT ↔ <u>GVFR cambios línea base</u> Extensión pasiva de cadera: RF ↑*, VL ↑ y VM ↔ Electromiografía de superficie ↔ Rigidez muscular ↓* CIVM ↑*</p>

			A 30 rodamientos por minuto.		PRT ↔
Ruggieri et al. (1), (2021) Estados Unidos	Ensayo cruzado aleatorio	15 ♀ mujeres universitarias entrenadas en fuerza	FR y VFR (68 Hz) masaje con balanceo rodando sobre isquiotibiales de la pierna dominante.	ROM (elevación de la pierna en decúbito supino)	<u>GVFR vs GFR</u>
		Edad (media ± DE): 22,90 ± 2,00 años Altura (media ± DE): 162,70 ± 4,80 cm Peso (media ± DE): 66,00 ± 9,70 kg	Se dividió la zona isquiotibial en 3 tercios y, cada tercio se rodó en una única serie durante 30 segundos, aplicando 10 segundos de descanso entre zonas.	EMG Fuerza máxima Relación cuádriceps-isquiotibiales (C-I)	Elevación pierna ↔ (en pierna tratada y no tratada) Actividad EMG (↑ en pierna tratada) (↓ en pierna no tratada) Fuerza máxima (↑ en pierna tratada y no tratada) Relación C-I (↑* en pierna tratada) (↔ en pierna no tratada) <u>GVFR cambios línea base</u> Elevación pierna (↑* en pierna tratada y no tratada) Actividad EMG (↓ en pierna tratada) (↑ en pierna no tratada) Fuerza máxima (↓* en pierna tratada) (↔ en pierna no tratada) Relación C-I (↔ en pierna tratada) (↓* en pierna no tratada)
Tsai et al. (25), (2021) Taiwán	Ensayo cruzado aleatorio	16 jugadores ♂ de voleibol de la División I de la NCAA	FR y VFR (45 Hz) masaje con balanceo rodando en ambas piernas sobre:	<i>Tres tiempos: antes de la intervención (T1), 2 minutos post-intervención (T2) y 5 minutos post-intervención (T3)</i>	<u>GVFR vs GFR</u>
		Edad (media ± DE): 21,50 ± 1,15 años Altura (media ± DE): 177,56 ± 5,05 cm Peso (media ± DE): 69,37 ± 6,66 kg	- Cuádriceps (primero con flexión de rodilla y después con extensión de rodilla).	<u>Salto con caída:</u> -Índice de fuerza reactiva (RSI)	Salto con caída: (T2↓ vs T2) (T3↓ vs T1) (T3↑ vs T2) -RSI (T2↓ vs T1) (T3↓ vs T1) (T3↑* vs T2)

		GVFR (n = 16) GFR (n = 16)	<ul style="list-style-type: none"> -Glúteos. -Bíceps femoral. -Tibial anterior. -Gastrocnemios. -Fascia lata. -Fascia plantar. <p>Una serie de 1 minuto por región, alternando ambas piernas y siguiendo el mismo orden (ambas fascias plantares fueron tratadas al mismo tiempo).</p> <p>Total: 15 minutos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Tiempo de contacto en el suelo (GCT) -Potencia de la cadera -Potencia de la rodilla -Potencia del tobillo 	<ul style="list-style-type: none"> -GCT (T2↔ vs T1) (T3↑ vs T1) (T3↑ vs T2) -Potencia de la cadera (T2↓ vs T1) (T3↓ vs T1) (T3↓ vs T2) -Potencia de la rodilla (T2↑ vs T1) (T3↔ vs T1) (T3↓ vs T2) -Potencia del tobillo (T2↓ vs T1) (T3↑ vs T1) (T3↑ vs T2) <p><u>GVFR cambios línea base</u></p> <p>Salto con caída: (T2↓ vs T1) (T3↑ vs T2) (T3↓ vs T1)</p> <ul style="list-style-type: none"> -RSI (T2↔ vs T1) (T3↑ vs T1) (T3↑ vs T2) -GCT (T2↓* vs T1) (T3↓* vs T1) (T3↑ vs T2) -Potencia de la cadera (T2↓ vs T1) (T3↓* vs T1) (T3↔ vs T2) -Potencia de la rodilla (T2↔ vs T1) (T3↑ vs T1) (T3↔ vs T2) -Potencia del tobillo (T2↔ vs T1) (T3↓ vs T1) (T3↑ vs T2)
Kasahara et al. (11), (2022) Japón	Ensayo controlado aleatorio	14 ♂ varones estudiantes sanos y recreativamente activos Edad (media ± DE): 22,10 ± 1,00 años Altura (media ± DE): 170,40 ± 5,90 cm	FR y VFR masaje con balanceo rodando sobre cuádriceps de pierna dominante.	<i>Cinco tiempos: antes de la intervención (T1), tras la intervención (T2), 10 minutos post-intervención (T3), 20 minutos post-intervención (T4)</i>	<u>GVFR vs GFR</u> PPT (T2, T3, T4 y T5 ↔ vs T1) (T3, T4 y T5 ↔ vs T2) (T4 y T5 ↔ vs T3) (T5 ↑ vs T4)

Peso (media ± DE): 68,30 ± 10,00 kg	3 series de 1 minuto con 30 segundos de descanso.	y 30 minutos post-intervención (T5)	Flexión rodilla pasiva (T2, T3, T4 y T5 ↔ vs T1) (T3, T4 y T5 ↔ vs T2) (T4 y T5 ↔ vs T3) (T5 ↑ vs T4)
GVFR (n = 14)	A 30 rodamientos por minuto.	Dolor (PPT)	Dureza del tejido (T2, T3, T4 y T5 ↓ vs T1) (T3 ↔ vs T2) (T4 y T5 ↓ vs T2) (T4 ↓ vs T3) (T5 ↔ vs T3) (T5 ↔ vs T4)
GFR (n = 14)		ROM (flexión rodilla pasiva)	<u>GVFR cambios línea base</u>
		Dureza del tejido (penetración con una presión de 14,7 N)	PPT (T2 y T3 ↑* vs T1) (T4 y T5 ↑ vs T1) (T3, T4 y T5 ↓ vs T2) (T4 y T5 ↓ vs T3) (T5 ↑ vs T4)
			Flexión rodilla pasiva (T2, T3, T4 y T5 ↑* vs T1) (T3, T4 y T5 ↓ vs T2) (T4 y T5 ↓ vs T3) (T5 ↔ vs T4)
			Dureza del tejido (T2, T3, T4 y T5 ↓* vs T1) (T3 ↔ T4 ↔ T2) (T5 ↑ vs T2) (T4 y T5 ↓ vs T3) (T5 ↑ vs T4)

Kasahara et al. (12), (2022) Japón	Ensayo controlado aleatorio	30 ♂ varones universitarios sanos	FR y VFR (35 Hz) masaje con balanceo rodando sobre tríceps sural 2 veces en semana durante 6 semanas.	ROM (flexión dorsal pasiva)	<u>GVFR vs GFR</u>
		GVFR (n = 15)		Rigidez muscular (módulo de cizallamiento muscular)	FD pasiva ↑
		Edad (media ± DE): 21,80 ± 3,40 años			Rigidez muscular ↔
		Altura (media ± DE): 172,1 ± 5,20 cm			CIVM ↑
		Peso (media ± DE): 68,80 ± 8,00 kg			<u>GVFR cambios línea base</u>
			12 sesiones con mínimo 48 horas de separación: 3 series de 1 minuto con 30 segundos de descanso.	CIVM (flexión plantar)	FD pasiva ↑*
		GFR (n = 15)			Rigidez muscular ↓
		Edad (media ± DE): 21,30 ± 0,60 años			CIVM ↑
		Altura (media ± DE): 172,80 ± 5,50 cm			

		Peso (media ± DE): 67,70 ± 7,00 kg			• En ambas piernas hubo el mismo efecto (en tratada y no tratada)
Nakamura et al. (10) (2022) Japón	Ensayo cruzado aleatorio	16 ♂ hombres estudiantes sanos	FR y VFR (48 Hz) masaje con balanceo rodando sobre tríceps sural de la pierna dominante.	ROM (flexión dorsal): -Activa -Pasiva	<u>GVFR vs GFR</u> FD activa ↑ FD pasiva ↔ Rigidez muscular ↓*
		Edad (media ± DE): 21,70 ± 1,3 años			
		Altura (media ± DE): 170,70 ± 4,20 cm			
		Peso (media ± DE): 62,10 ± 5,20 kg			
		GVFR (n = 16)	3 series de 1 minuto con descanso de 30 segundos entre series.	Rigidez muscular (módulo de cizallamiento muscular)	Salto con caída a una pierna ↑ FP concéntrico ↑ FP isométrico ↑
		GFR (n = 16)			
			A 15 rodamientos por minuto.	Salto con caída a una pierna	<u>GVFR cambios línea base</u> FD activa ↑* FD pasiva ↑* Rigidez muscular ↓* Salto con caída a una pierna ↓ FP concéntrico ↓ FP isométrico ↓
				Fuerza contracción (flexión plantar): -Concéntrico -Isométrico	

Abreviaturas: ↔: sin cambio significativo; ↑: incremento no significativo; ↓: disminución no significativa; ↑*: incremento significativo; ↓*: disminución significativa; GVFR: Grupo *Foam Roller* Vibratorio; GFR: Grupo *Foam Roller*; EVA: Escala Visual Analógica; ROM: rango articular de movimiento; CIVM: contracción isométrica voluntaria máxima; EVA: Escala Visual Analógica; PPT: umbral del dolor por presión; [LA]: concentración de lactato en sangre.

6. Discusión

La realización de esta revisión sistemática ha tenido como objetivo llevar a cabo una evaluación crítica de la eficacia comparativa del impacto del VFR frente al FR en cuanto a la mejora del rendimiento y la recuperación en adultos sanos físicamente activos, gracias a su influencia en parámetros perceptuales, de fisioterapia y de rendimiento deportivo. Fueron seleccionados catorce estudios (1,3–12,23–25) que cumplieran los criterios de inclusión para llevar a cabo esta investigación. En general, los participantes que usaron VFR obtuvieron notables descensos en la percepción del dolor, dureza del tejido, concentración de lactato y fatiga percibida, o sustanciales incrementos en el ROM, equilibrio, estabilidad, saturación muscular de oxígeno, perfusión y oscilación del flujo sanguíneo, con respecto al rodillo tradicional.

6.1 Marcadores perceptuales

El dolor es un parámetro esencial en la correcta recuperación tras fatiga en los deportistas, siendo determinante y, en ocasiones limitante para la vuelta a la actividad física en las mejores condiciones (33). En este sentido, tres estudios evaluaron los cambios en el umbral del dolor por presión (3,5,11) y el dolor percibido a través de la EVA (3). En ellos (3,5,11), los participantes que usaron VFR mostraron un descenso notable en la EVA (3) y un incremento notable en el umbral del dolor por presión (3,5,11). Además, sólo se mostró un aumento significativo en el umbral del dolor por presión tras VFR respecto al grupo FR en uno de los estudios (5), en la EVA también se vieron puntuaciones algo inferiores tras VFR respecto al grupo FR (3). Estas diferencias pueden venir implementadas por el sumatorio del mecanismo de vibración, que reduce la percepción del dolor (34), o quizás por la mayor frecuencia de vibración usada por Cheatham et al. (5), ya que se ha visto que los mejores efectos en terapia de vibración pueden alcanzarse con altas frecuencias y baja intensidad (35).

6.2 Marcadores de fisioterapia

Los deportistas han considerado de gran utilidad los rodillos de espuma, utilizándolos muy frecuentemente como herramienta de fisioterapia para mejorar la recuperación y aumentar el rendimiento (36). De este modo, para evaluar si realmente son una buena opción de fisioterapia debemos averiguar el verdadero potencial para inducir cambios positivos en los parámetros clínicos del campo de fisioterapia y, la eficacia que podría brindar en cada uno de ellos, VFR o FR. En esta revisión, 10 (1,3,4,6–12) de los estudios incluidos se centraron en investigar el efecto de estos rodillos sobre marcadores de fisioterapia como: el ROM, la EMG, rigidez muscular, dureza del tejido, estabilidad y equilibrio.

Se ha descrito que ambos rodillos de espuma, tanto vibratorio como tradicional, son eficaces para aumentar el ROM (1,3,4,6–12). Sin embargo, se ha visto que el VFR provoca en algunos estudios un ligero aumento (3,9,10,12) y en otros un aumento significativo (7) ($p < 0,05$) del ROM respecto al FR. Quizá estas diferencias puedan deberse a la adición de vibración al rodillo, que es capaz de provocar cambios en la estimulación de los corpúsculos de Pacini, encargados de percibir los cambios de presión y vibraciones en el tejido subcutáneo (22).

En cuanto a la EMG, podría parecer que los rodillos de espuma son un gran aliado para aumentarla en la musculatura implicada. Sin embargo, se ha visto que no hay cambios

significativos ($p > 0,05$) en la musculatura sobre la que se aplica (1,9). En cambio, los resultados tras el uso del VFR muestran mejoras significativas ($p < 0,05$) en la EMG de la musculatura antagonista, cuádriceps en este caso, siendo significativamente ($p < 0,05$) mejor en VFR respecto a FR (7). Pudiendo venir dadas estas mejoras gracias al efecto de la vibración, que provoca el reflejo tónico vibratorio, dando lugar a una contracción muscular refleja y, en consecuencia, la relajación (37).

La rigidez muscular es un importante parámetro a investigar que, según tres estudios (9,10,12) disminuye tras la aplicación de ambos rodillos de espuma, siendo esta disminución significativa en dos de ellos (9,10). No obstante, no existen diferencias significativas ($p < 0,05$) entre ambos rodillos (9,10,12). Tal vez el mecanismo de vibración o la frecuencia y tiempo de aplicación no aumenten la efectividad, ya que la inducción miofascial produce efectos en la restauración estructural fascial de anclajes, septos y tabiques intermusculares (38).

Además, FR y VFR han demostrado disminuir significativamente ($p < 0,05$) la dureza del tejido y mantenerlo hasta 30 minutos después de la intervención (11), disminuyendo VFR algo más la dureza respecto al FR en el momento post-intervención (11). Estas diferencias podrían venir determinadas por la agregación de la vibración, que aumenta la capacidad de estimulación de los mecanorreceptores encargados de percibir la presión y vibración, ejerciendo mayor efecto sobre ellos, provocando una mayor vasodilatación y mayor flujo sanguíneo muscular (22).

Por otro lado, tanto VFR como FR, consiguen un aumento significativo del equilibrio y la estabilidad (4), sin embargo, a pesar de una ligera mejoría de la estabilidad de rodilla y tobillo por parte del VFR, no se han visto cambios significativos ($p < 0,05$) entre ambas herramientas (4). Quizá la activación del sistema sensorial propioceptivo mediante vibración no sea suficiente para aumentar el efecto producido por el FR sobre equilibrio y estabilidad (38).

6.3 Marcadores físicos o de rendimiento

La fuerza es uno de los factores más importantes en el rendimiento deportivo, pudiendo ser fundamental y decisivo en algunos deportes (39). Por eso diversos estudios se han encargado de investigar el efecto de los rodillos de espuma sobre la fuerza, midiendo ésta con diferentes métodos. Mediante contracciones voluntarias máximas concéntricas, excéntricas e isométricas se ha visto que no hay cambios significativos ($p > 0,05$) en la fuerza tras la aplicación de rodillos de espuma (8,10,12), excepto en un estudio que tras VFR se vio aumentada significativamente ($p < 0,05$) en la contracción isométrica voluntaria máxima de cuádriceps (9); y en otro estudio que la fuerza máxima de la musculatura isquiotibial se vio significativamente disminuida tras la aplicación de VFR respecto a la línea base (1). La evaluación de la fuerza también se ha realizado a través de distintos tipos de salto (3,6,10,25), en los que se ha visto una disminución del rendimiento (10,25), siendo significativa ($p < 0,05$) en un estudio (3); y aumentándose de forma significativa ($p < 0,05$) únicamente en el salto vertical, aunque de forma no significativa ($p > 0,05$) (6). Además, no se han visto diferencias significativas en el rendimiento entre FR y VFR, únicamente algunas mejorías no significativas del VFR respecto al FR en cuanto a la fuerza voluntaria máxima. Quizá estas mejorías se deban a un mejor control nervioso del reclutamiento de fibras musculares gracias a la estimulación de las funciones espinales y supraespinales, debido a la sumación de estímulos vibratorios. Aunque son necesarios más estudios que evalúen

diferentes tiempos de aplicación y de frecuencia vibratoria que puedan aclarar la gran variedad de resultados obtenidos sobre este parámetro.

Por otro lado, la SmO₂ resultó aumentar significativamente ($p < 0,05$) y de forma similar en ambos rodillos (3). Además, en cuanto a la perfusión y oscilación del flujo sanguíneo endotelial, neurogénico y miogénico, se ha observado que ambos tipos de rodillo tienen una tendencia al incremento en dichos parámetros (24), siendo mayor el efecto en VFR que en FR, aunque no de forma significativa ($p > 0,05$). VFR resultó aumentar de forma significativa ($p < 0,05$) la perfusión sanguínea y la oscilación del flujo sanguíneo miogénico (24). Tal vez podrían explicarse estos cambios gracias al sumatorio de la vibración, que provoca una respuesta vasodilatadora, reduciendo la rigidez vascular, aumentando la liberación de NO y, con ello aumentar el flujo sanguíneo muscular (14,40).

Otros factores clave para el buen rendimiento deportivo son la fatiga y la concentración de lactato en sangre. Mostrándose una tendencia al decremento en ambos parámetros tras aplicar VFR con previa fatiga inducida, siendo algo más eficaz que el FR, aunque sin cambios significativos ($p > 0,05$) (23). Pudiendo deberse estas diferencias entre ambos rodillos a la inducción de relajación local a través de la estimulación de los órganos tendinosos de Golgi, provocada por la adición de estímulos vibratorios al FR (5).

6.4 Métodos de aplicación y formas de intervención

Aunque parezca que la aplicación del rodillo de espuma pueda ser tan sencilla como aplicar la presión del propio cuerpo sobre el rodillo y rodar sobre él, al añadirse la vibración, pueden surgir dudas acerca de la frecuencia de vibración que se debería utilizar o incluso si es suficiente con aplicar sólo presión sin rodar sobre el rodillo. Algunos estudios muestran que la compresión estática puede tener efectos positivos en el ROM, rigidez muscular (27), dolor y función muscular (26). Además, se ha visto que, tanto con altas como con bajas frecuencias de vibración en el VFR se pueden mejorar el dolor y la función muscular (41). Sin embargo, se ha visto que los mejores efectos en terapia de vibración pueden alcanzarse con altas frecuencias y baja intensidad (35). Son necesarios más estudios que prueben la efectividad del *foam rolling* cambiando estas variables y llegar a un consenso para obtener el mayor beneficio a la técnica.

Por otro lado, según los resultados ofrecidos por algunos estudios de esta revisión (1,12), la aplicación de los rodillos de espuma podría brindar un efecto de educación cruzada. Observándose que en parámetros como el ROM, rigidez muscular y fuerza puede haber cambios en la extremidad contralateral a la tratada. Además, también se ha visto que, tras fatiga inducida la aplicación de VFR puede mejorar el dolor y recuperar el ROM de la extremidad contralateral (42). Es decir, la aplicación de *foam rolling* sobre una extremidad podría producir efectos en la extremidad contralateral, aunque son necesarios más estudios que verifiquen el alcance del efecto de educación cruzada.

6.5 Limitaciones y fortalezas

En esta revisión se reconocen una serie de limitaciones. En primer lugar, solo un número limitado de manuscritos cumplió con los criterios de inclusión. Sin embargo, el enfoque sistemático siguió el método PRISMA (29), la búsqueda se realizó en 4 bases de datos, PubMed,

PEDro, Cochrane y Scopus, e incluyó literatura gris y se utilizó la herramienta www.connectedpapers.com, accediendo el 15 de mayo de 2023. Además, se utilizó la escala PEDro (31) y la herramienta de evaluación del riesgo de sesgo de Cochrane (32) para garantizar que todos los registros seleccionados cumplieran con los criterios mínimos de calidad e incluyeran varios resultados comúnmente utilizados en la investigación sobre recuperación y rendimiento deportivo. En segundo lugar, existe una gran heterogeneidad de los estudios en cuanto a resultados, duración de la aplicación y sesiones de intervención, lo que no nos permite realizar un metaanálisis. La gran variabilidad de biomarcadores evaluados, así como las tres intervenciones estudiadas (desde el inicio del estudio, grupo FR y grupo VFR) justifica la interpretación de los resultados con precaución; no obstante, hay indicios de mayores efectos beneficiosos del VFR frente al FR sobre la recuperación y el rendimiento deportivo en adultos sanos físicamente activos. Además, la revisión se registró en PROSPERO, para garantizar la originalidad.

7. Conclusiones

Se describen las siguientes conclusiones para la eficacia comparativa entre rodillo de espuma vibratorio (VFR) frente a rodillo de espuma tradicional o no vibratorio (FR):

- Ambos rodillos de espuma promueven una mejora de los marcadores perceptuales, con una mayor tendencia a la disminución sobre la puntuación en la escala visual analógica y un aumento del umbral del dolor por presión tras aplicar el rodillo de espuma vibratorio, en comparación con el no vibratorio.
- Ambos rodillos de espuma influyen positivamente sobre los marcadores de fisioterapia, siendo de mayor magnitud el rodillo de espuma vibratorio sobre el aumento del rango de movimiento y la actividad electromiográfica, y con una disminución de la dureza del tejido ($p > 0,05$).
- No es eficaz el uso de rodillo de espuma vibratorio ni el rodillo tradicional para aumentar la fuerza, obteniendo resultados similares con ambos rodillos.
- Ambos rodillos de espuma son capaces de mejorar parámetros físicos o de rendimiento, con incrementos notables proporcionados por el rodillo de espuma vibratorio en el aumento de la perfusión sanguínea, oscilación del flujo sanguíneo, disminución de concentración de lactato en sangre y fatiga percibida.
- El rodillo de espuma vibratorio puede ser aplicado indistintamente con frecuencias altas y bajas permitiendo mejoras en el dolor y la función muscular, sin embargo, hacen falta más investigaciones que estudien los rangos óptimos de frecuencias para la obtención del mayor beneficio.
- El rodillo de espuma vibratorio puede ser aplicado mediante compresión estática o rodando sobre la piel.

8. Bibliografía

1. Ruggieri RM, Coburn JW, Galpin AJ, Costa PB. Effects of a Vibrating Foam Roller on Ipsilateral and Contralateral Neuromuscular Function and the Hamstrings-to-Quadriceps. *Int J Exerc Sci*. 2021; 14: 304-323.
2. Peacock CA, Krein DD, Silver TA, Sanders GJ, Von Carlowitz Kpatrick A. An Acute Bout of Self-Myofascial Release in the Form of Foam Rolling Improves Performance Testing. *Int J Exerc Sci*. 2014; 7: 202-211.
3. Romero-Moraleda B, González-García J, Cuéllar-Rayó Á, Balsalobre-Fernández C, Muñoz-García D, Morencos. Effects of Vibration and Non-Vibration Foam Rolling on Recovery after Exercise with Induced Muscle Damage. *J Sports Sci Med*. 2019; 18: 172-180.
4. de Benito AM, Valdecabres R, Ceca D, Richards J, Igual JB, Pablos A. Effect of vibration vs non-vibration foam rolling techniques on flexibility, dynamic balance and perceived joint stability after fatigue. *PeerJ*. 2019.
5. Cheatham SW, Stull KR, Kolber MJ. Comparison of a vibration roller and a nonvibration roller intervention on knee range of motion and pressure pain threshold: A randomized controlled trial. *J Sport Rehabil*. 2019; 28:39–45.
6. Lim JH, Park CB. The immediate effects of foam roller with vibration on hamstring flexibility and jump performance in healthy adults. *J Exerc Rehabil*. 2019; 15:50–54.
7. Lim JH, Park CB, Kim BG. The effects of vibration foam roller applied to hamstring on the quadriceps electromyography activity and hamstring flexibility. *J Exerc Rehabil*. 2019; 15: 560–565.
8. Teresa García-Gutiérrez M, Guillén-Rogel P, Cochrane DJ, Marín PJ. Cross transfer acute effects of foam rolling with vibration on ankle dorsiflexion range of motion. *J Musculoskeletal Neuronal Interact*. 2018; 18: 262-267.
9. Reiner MM, Glashüttner C, Bernsteiner D, Tilp M, Guilhem G, Morales-Artacho A, et al. A comparison of foam rolling and vibration foam rolling on the quadriceps muscle function and mechanical properties. *Eur J Appl Physiol*. 2021; 121: 1461–1471.
10. Nakamura M, Sato S, Kiyono R, Yoshida R, Yasaka K, Yahata K, et al. Comparison Between Foam Rolling With and Without Vibration on Passive and Active Plantar Flexor Muscle Properties. *J Strength Cond Res*. 2022; 36: 3339–3344.
11. Kasahara K, Konrad A, Yoshida R, Murakami Y, Koizumi R, Sato S, et al. Comparison of the Prolonged Effects of Foam Rolling and Vibration Foam Rolling Interventions on Passive Properties of Knee Extensors. *J Sports Sci Med*. 2022; 21:580–585.
12. Kasahara K, Konrad A, Yoshida R, Murakami Y, Sato S, Aizawa K, et al. Comparison between 6-week foam rolling intervention program with and without vibration on rolling and non-rolling sides. *Eur J Appl Physiol*. 2022; 122: 2061–2070.
13. Scott W. Cheatham, Morey J. Kolber, Matt Cain, Matt Lee. The effects of self-myofascial release using a foam roll or roller massager on joint range of motion, muscle recovery, and performance: A systematic review. *Int J Sports Phys Ther*. 2015; 10: 827–838.

14. Okamoto T, Masuhara M, Ikuta K. Acute effects of self-myofascial release using a foam roller on arterial function. *J Strength Cond Res.* 2013; 28: 69-73.
15. Wiewelhove T, Döweling A, Schneider C, Hottenrott L, Meyer T, Kellmann M, et al. A meta-analysis of the effects of foam rolling on performance and recovery. *Front Physiol.* 2019; 10: 376.
16. Findley T. W. Fascia science and clinical applications: a clinician/researcher's perspectives. *J Bodyw Mov Ther.* 2012; 16: 64-66.
17. Torres R, Ribeiro F, Alberto Duarte J, Cabri JM. Evidence of the physiotherapeutic interventions used currently after exercise-induced muscle damage: Systematic review and meta-analysis. *Phys Ther Sport.* 2012; 13: 101–114.
18. Phillips J, Diggin D, King DL, Sforzo GA. Effect of varying self-myofascial release duration on subsequent athletic performance. *J Strength Cond Res.* 2018; 35: 746-753.
19. Nunes GS, Bender PU, de Menezes FS, Yamashitafuji I, Vargas VZ, Wageck B. Massage therapy decreases pain and perceived fatigue after long-distance Ironman triathlon: A randomised trial. *J Physiother.* 2016; 62: 83–87.
20. Cochrane DJ. Vibration exercise: The potential benefits. *Int J Sports Med.* 2011; 32: 75–99.
21. Cochrane DJ. Effectiveness of using wearable vibration therapy to alleviate muscle soreness. *Eur J Appl Physiol.* 2017; 117: 501–509.
22. Behm DG, Wilke J. Do Self-Myofascial Release Devices Release Myofascia? Rolling Mechanisms: A Narrative Review. *Sports Med.* 2019; 49: 1173-1181.
23. Alonso-Calvete A, Lage-Rey A, Lorenzo-Martínez M, Rey E. Does a short intervention with vibration foam roller recover lifeguards better after a water rescue? A pilot study. *Am J Emerg Med.* 2021; 49: 71–75.
24. Lai YH, Wang AY, Yang CC, Guo LY. The recovery benefit on skin blood flow using vibrating foam rollers for postexercise muscle fatigue in runners. *Int J Environ Res Public Health.* 2020; 17: 1–12.
25. Tsai WC, Chen ZR. The acute effect of foam rolling and vibration foam rolling on drop jump performance. *Int J Environ Res Public Health.* 2021; 18.
26. Nakamura M, Kasahara K, Yoshida R, Yahata K, Sato S, Murakami Y, et al. The Effect of Static Compression via Vibration Foam Rolling on Eccentrically Damaged Muscle. *Int J Environ Res Public Health.* 2022; 19.
27. Nakamura M, Sato S, Kiyono R, Yoshida R, Murakami Y, Yasaka K, et al. Acute Effect of Vibration Roller With and Without Rolling on Various Parts of the Plantar Flexor Muscle. *Front Physiol.* 2021; 12.
28. Kasahara K, Yoshida R, Yahata K, Sato S, Murakami Y, Aizawa K, et al. Comparison of the Acute Effects of Foam Rolling with High and Low Vibration Frequencies on Eccentrically Damaged Muscle. *J Sports Sci Med.* 2022; 21: 376-382.

29. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*. 2021.
30. Mamédio C, Santos C, Andrucio De Mattos Pimenta C, Roberto M, Nobre C. Estrategia pico para la construcción de la pregunta de investigación y la búsqueda de evidencias. The PICO strategy for the research question construction and evidence search. *Rev Lat Am Enfermagem*. 2007; 15: 508-511.
31. Moseley AM, Elkins MR, Van der Wees PJ, Pinheiro MB. Using research to guide practice: The Physiotherapy Evidence Database (PEDro). *Braz J Phys Ther*. 2020; 24: 384–91.
32. Higgins JPT, Altman DG, Gøtzsche PC, Jüni P, Moher D, Oxman AD, et al. The Cochrane Collaboration’s tool for assessing risk of bias in randomised trials. *BMJ*. 2011; 343.
33. Dupuy O, Douzi W, Theurot D, Bosquet L, Dugué B. An evidence-based approach for choosing post-exercise recovery techniques to reduce markers of muscle damage, Soreness, fatigue, and inflammation: A systematic review with meta-analysis. *Front Physiol*. 2018; 9: 403.
34. Weerapong P, Hume PA, Kolt GS. The Mechanisms of Massage and Effects on Performance, Muscle Recovery and Injury Prevention. *Sports Med*. 2005; 35: 235-256.
35. Cerciello S, Rossi S, Visonà E, Corona K, Oliva F. Clinical applications of vibration therapy in orthopaedic practice. *Muscles Ligaments Tendons J*. 2016; 6: 147-156.
36. Alonso-Calvete A, Lorenzo-Martínez M, Padrón-Cabo A, Pérez-Ferreirós A, Kalén A, Abelairas-Gómez C, et al. Does Vibration Foam Roller Influence Performance and Recovery? A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Med Open*. 2022; 8: 32.
37. Dallas G, Paradisis G, Kirialanis P, Mellós V, Argitaki P, Smirniotou A. The acute effects of different training loads of whole-body vibration on flexibility and explosive strength of lower limbs in divers. *Biol Sport*. 2015; 32: 235–241.
38. Beardsley C, Škarabot J. Effects of self-myofascial release: A systematic review. *J Bodyw Mov Ther*. 2015; 19: 747–758.
39. Kostikiadis IN, Methenitis S, Tsoukos A, Veligeas P, Terzis G, Bogdanis GC. The Effect of Short-Term Sport-Specific Strength and Conditioning Training on Physical Fitness of Well-Trained Mixed Martial Arts Athletes. *J Sports Sci Med*. 2018; 17: 3348-358.
40. Mitchell U, Johnson P. Vibration and skin blood flow changes in subjects with restless legs syndrome. *J Diabetes Sci Technol*. 2014; 9: 889-894.
41. Nakamura M, Kasahara K, Yoshida R, Murakami Y, Koizumi R, Sato S, et al. Comparison of The Effect of High-and Low-Frequency Vibration Foam Rolling on The Quadriceps Muscle. *J Sports Sci Med*. 2022; 21:376–382.
42. Nakamura M, Kasahara K, Yoshida R, Yahata K, Sato S, Murakami Y, et al. Cross-education effect of vibration foam rolling on eccentrically damaged muscles. 2022; 22: 369-374.

9. Anexos

ANEXO I: Ecuaciones de búsqueda.

Búsqueda en Medline (PubMed):

((((((((((((((((((((foam rolling) OR (selfmyofascial release)) OR (roller massage)) OR (foam roller)) AND (vibration foam rolling)) OR (selfmyofascial release)) OR (vibration roller massage)) OR (vibration foam roller)) AND (range of motion)) OR (ROM)) OR (flexibility)) AND (strenght)) OR (muscle strenght)) AND (DOMS)) OR (Delayed Onset Muscle Soreness)) AND (sport)) OR (athletes)) OR (physically active people)) AND (warm up)) OR (post-exercise)

Búsqueda en PEDro (Physiotherapy Evidence Database):

vibration foam rolling AND foam Rolling

Búsqueda en Cochrane:

((vibrating foam roller) OR (vibration foam roller)) AND ((foam roller) OR (foam rolling)))

Búsqueda en Scopus:

((vibrating foam roller) OR (vibration foam roller)) AND ((foam roller) OR (foam rolling)))

ANEXO II: Combinación de Medical Subject Headings (MeSH) y palabras libres utilizadas para realizar la estrategia de búsqueda.

("foam rolling" OR "selfmyofascial release" OR "roller massage" OR "foam roller") AND ("vibration foam rolling " OR "vibration selfmyofascial release" OR "vibration roller massage" OR "vibratrion foam roller" OR "vibrating foam roller") AND ("range of motion" OR "ROM" OR "flexibility") AND ("strength" OR "muscle strenght") AND ("DOMS" OR "Delayed Onset Muscle Soreness") AND ("sport" OR "athletes" OR "physically active people") AND ("warm up" OR "post-exercise")

ANEXO III: Evaluación de resultados.

Tras el análisis exhaustivo de los estudios seleccionados, se realizó una tabla con el fin de resumir de forma esquematizada el contenido de los artículos. Organizándose en: primer autor, año y país de publicación; diseño del estudio; muestra; intervención; parámetros evaluados; y resultados obtenidos. Describiéndose en la tabla 3.

Marcadores perceptuales

Tres (3,5,11) de los 14 estudios (1,3–12,23–25) utilizados para elaborar esta revisión evaluaron los cambios relativos a la percepción del dolor. En todos se muestra un aumento significativo ($p < 0,05$) del umbral del dolor por presión respecto a la línea base, en vasto medial, lateral y recto femoral (3); y tras la intervención de VFR y tras 10 minutos de ésta (11). El dolor percibido mediante la EVA disminuyó significativamente ($p < 0,05$) respecto a la línea base (3).

Por otro lado, los resultados obtenidos tras evaluar el umbral del dolor por presión fueron similares tras la intervención de los dos grupos (3,11), excepto en un estudio (5) que hubo un aumento significativo ($p < 0,05$) tras la aplicación de VFR respecto a FR. Además, tras la intervención del grupo VFR, la EVA mostró resultados ligeramente inferiores que tras la intervención del grupo FR, pero no significativos ($p > 0,05$) (3).

Marcadores de fisioterapia

Once (1,3–12) de los 14 ensayos evaluaron marcadores fisioterapéuticos, incluyendo todos ellos el ROM como uno de sus parámetros evaluados. Tras la intervención de VFR los estudios arrojaron como cambios significativos ($p < 0,05$) respecto a la línea base el aumento de la extensión activa (3) y pasiva de cadera (3,9), aumento de la flexión activa (3) y pasiva (5) de rodilla, mayor rango de movimiento en la prueba de sentarse y alcanzar (7), prueba de elevación activa de la pierna (6), prueba de extensión activa de rodilla (6), elevación pasiva de la pierna (1), flexión pasiva de la rodilla (11) y flexión dorsal del tobillo (4,8,10,12). Sin embargo, en comparación con el grupo FR, sólo hubo una mejora significativa ($p < 0,05$) en las pruebas de elevación activa de la pierna recta y prueba de extensión activa de rodilla (6); además se produjo una ligera mejora en el aumento del rango de movimiento en la extensión pasiva de cadera (3,9).

Por otro lado, en cuanto a los cambios en la EMG, se ha visto un aumento significativo ($p < 0,05$) con respecto a la línea base en el vasto lateral y recto femoral (7) tras rodar el rodillo de espuma vibratorio por los isquiotibiales de la misma pierna. Sin embargo, no se han encontrado tendencias al incremento en cuádriceps (9) ni isquiotibiales (1) al rodar sobre éstos. Además, se produjo un efecto de educación cruzada aumentando ligeramente la actividad eléctrica isquiotibial en la pierna no tratada y disminuyéndola en la tratada (1). En comparación con el grupo FR, hubo un aumento significativo ($p < 0,05$) en la EMG de vasto medial, vasto lateral y recto femoral tras realizar la intervención sobre la zona isquiotibial (7).

De los 14 registros, sólo tres (9,10,12) evalúan la rigidez muscular y coinciden en que el VFR produce una ligera disminución de dicho parámetro respecto a la línea base, siendo significativo ($p < 0,05$) en dos estudios (9,10). A pesar de esto, se ha observado una tendencia a la disminución de la rigidez del recto femoral en una de las investigaciones (9). En comparación con el grupo FR no se han observado cambios significativos ($p > 0,05$) (9,10,12).

Únicamente un estudio (11) ha evaluado la dureza del tejido tras la intervención de rodillo de espuma, indicando que hay una disminución significativa ($p < 0,05$) de ésta respecto a la línea base tras la intervención de VFR, inmediatamente después del tratamiento, 10, 20 y 30 minutos después. El tejido muestra una mayor disminución, aunque no significativa ($p > 0,05$), de su dureza tras la intervención con VFR respecto a FR (11).

Por otro lado, uno de los estudios (4) se encargó de evaluar el los cambios en el equilibrio y la estabilidad tras las intervenciones de rodillo, mostrando tras la aplicación de VFR un aumento significativo ($p < 0,05$) de equilibrio y estabilidad de rodilla y tobillo con respecto a la línea base. En cambio, frente a la intervención FR no se han visto cambios significativos ($p > 0,05$), aunque sí una mayor mejoría de la estabilidad de rodilla y tobillo por parte del grupo VFR (4).

Marcadores físicos o de rendimiento

Nueve (1,3,6,8–10,12,24,25) de los 13 estudios tratan de evaluar marcadores físicos o de rendimiento tras intervención de VFR. Los que trataron de examinar la fuerza utilizaron diferentes parámetros, arrojando además diferentes resultados en cuanto a la mejora de fuerza. La fuerza máxima de la musculatura isquiotibial se ha visto significativamente disminuida ($p < 0,05$) en comparación con la línea base tras la aplicación de VFR (1). Sin embargo, la contracción isométrica voluntaria máxima en cuádriceps se ha visto aumentada significativamente ($p < 0,05$) tras la aplicación de VFR (9). Además, también hay resultados contradictorios en la fuerza de flexión plantar, ya que hay estudios que muestran que hay un ligero aumento respecto a la línea base tras VFR (12), disminución no significativa ($p > 0,05$) en concéntrico e isométrico (10) y otros muestran que no hay cambios (8). En cambio, estos estudios muestran que, en comparación con el rodillo de espuma no vibratorio, es algo mejor el vibratorio, aunque sin diferencias significativas ($p < 0,05$).

Por otro lado, la fuerza también ha sido medida a través de diferentes tipos de salto (salto con contra movimiento, salto vertical, salto con caída y salto con caída a una pierna) (3,6,10,25). En cuanto al salto con contramovimiento, se ha observado una disminución significativa ($p < 0,05$) de este tras VFR, respecto a la línea base (3); en salto con caída y salto con caída a una pierna también se ha visto una disminución del rendimiento, pero no de forma significativa ($p > 0,05$) (10,25); y en salto vertical, se ha podido ver un ligero aumento tras VFR (6). Sin embargo, tras comparar los resultados obtenidos en grupos FR y VFR, no se han visto diferencias significativas ($p > 0,05$) en cuanto al rendimiento de los saltos, a penas una ligera mejoría en VFR respecto a FR.

La saturación de oxígeno muscular fue medida únicamente en un estudio (3), ofreciendo un aumento significativo ($p < 0,05$) respecto a la línea base tras el uso de VFR y sin diferencias significativas ($p > 0,05$) con respecto al grupo FR.

En cuanto a la perfusión y oscilación del flujo sanguíneo, fue evaluada por un único estudio (24). En él se ha visto que la perfusión del flujo sanguíneo de la piel aumenta respecto a la pre-intervención, y aumenta significativamente ($p < 0,05$) con respecto a antes de la inducción de la fatiga muscular. Además, se ha visto que la intervención con VFR produce un mayor aumento de dicho parámetro en comparación con el FR. En relación a la oscilación del flujo sanguíneo (endotelial, neurogénico y miogénico), se ha visto que se produce un aumento de éste con respecto a la línea base, siendo significativo ($p < 0,05$) en el miogénico. Además, en comparación con la intervención de FR, ha resultado tener mejores resultados la intervención con VFR, aunque no de forma significativa ($p > 0,05$).

Únicamente un estudio (23) ha investigado el efecto del FR y VFR en la fatiga y concentración de lactato en sangre. Se ha visto que, tras inducir fatiga, ésta disminuye significativamente ($p < 0,05$) tras la aplicación de VFR, aunque no se ven cambios significativos ($p > 0,05$) respecto a la

intervención con FR (23). Además, también disminuye significativamente ($p < 0,05$) la concentración de lactato en sangre tras la intervención de VFR en fatiga, siendo algo más eficaz este rodillo vibratorio en comparación con el no vibratorio (23).