

Efectos del rodillo de espuma o *foam roller* sobre el rango de movimiento, la flexibilidad, la fuerza y el dolor muscular de inicio retardado en deportistas de alto rendimiento

Diego Fernández-Lázaro^{1,2}, Cesar I. Fernandez-Lazaro³, Gema Santamaría⁴, Jesús Seco-Calvo^{5,6}

¹Departamento de Biología Celular, Genética, Histología y Farmacología. Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad de Valladolid Campus de Soria. Soria. ²Grupo de Investigación en Neurobiología. Facultad de Medicina. Universidad de Valladolid. Valladolid. ³Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública. Facultad de Medicina. Universidad de Navarra. Instituto Navarro de Investigación Sanitaria (IdiSNA). Pamplona. ⁴Departamento de Anatomía y Radiología. Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad de Valladolid. Campus de Soria. Soria. ⁵Instituto de Biomedicina (IBIOMED). Departamento de Fisioterapia. Universidad de León. Campus de Vegazana. León. ⁶Departamento de Fisiología. Facultad de Medicina. Universidad del País Vasco. Leioa. Vizcaya.

doi: 10.18176/archmeddeporte.00130

Resumen

Recibido: 28/10/2022
Aceptado: 26/11/2022

Introducción: El rodillo de espuma o *Foam Roller (FR)* es un instrumento de liberación miofascial autoinducida, para aplicar presión de forma directa sobre la musculatura diana. *FR* es ampliamente empujado por deportistas como herramienta de auto-masaje.

Objetivo: Evaluar la evidencia actual sobre el impacto del *FR*, sobre el sistema musculoesquelético, en deportistas, tratando de identificar los mecanismos que influyen sobre los tejidos miofasciales.

Material y método: Basándonos en las directrices de los Elementos de Información Preferidos para Revisiones Sistemáticas y Metaanálisis (PRISMA), revisamos sistemáticamente estudios indexados en Web of Science, Cochrane y PubMed, para evaluar los efectos del *FR* en el rango articular de movimiento (ROM), la flexibilidad, la fuerza y el dolor muscular de inicio retardado (DOMS) en deportistas de alto rendimiento. Se incluyeron artículos originales publicados desde el 2018 hasta el 30 de septiembre de 2022, con diseño de ensayo controlado o pre-post intervención, en los que se comparó la intervención de *FR* con un grupo control. Se utilizó la escala PEDro para evaluar de la calidad metodológica.

Resultados: Entre los 141 registros identificados en la búsqueda, un total de 10 estudios cumplieron los criterios de inclusión y exclusión. En general, el uso de *FR*, en los deportistas de alto rendimiento, mostró mejoras significativas sobre el ROM y flexibilidad, y efectos notablemente beneficiosos sobre el DOMS y la fuerza, sin efectos adversos en el tejido miofascial. El *FR* puede actuar mejorando la arquitectura tisular miofascial, atenuando el efecto inflamatorio y nociceptivo.

Conclusión: El uso *FR*, parece seguro, es un instrumento efectivo para la mejora de las cualidades físicas de movilidad, fuerza y flexibilidad, y disminuir el DOMS incrementando del rendimiento deportivo.

Palabras clave:

Rodillo de espuma. Inducción miofascial. Flexibilidad. Rango de movimiento. Fuerza. DOMS.

Effects of Foam Roller on Range of Motion, Flexibility, Strength, and Delayed Onset Muscle Soreness in High Performance Athletes

Summary

Introduction: The Foam Roller (FR) is a self-induced myofascial release instrument to apply pressure directly on the target musculature. FR is widely used by athletes as a self-massage tool.

Objective: We evaluate the current evidence on the impact of FR on the musculoskeletal system in athletes, trying to identify the mechanisms that influence myofascial tissues.

Material and method: Based on the Preferred Reporting Item Guidelines for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA), we systematically reviewed studies indexed in Web of Science, Cochrane, and PubMed to evaluate the effects of FR on joint range of motion (ROM), flexibility, strength, and delayed onset muscle soreness (DOMS) in high-performance athletes. Original articles published from 2018 through September 30, 2022, with controlled trial or pre-post intervention design, in which the FR intervention was compared to a control group, were included. The PEDro scale was used to assess methodological quality.

Results: Among the 141 records identified in the search, a total of 10 studies met the inclusion and exclusion criteria. In general, the use of FR, in high performance athletes, showed significant improvements on ROM and flexibility, and markedly beneficial effects on DOMS and strength, with no adverse effects on myofascial tissue. FR may act by improving myofascial tissue architecture, attenuating the inflammatory and nociceptive effect.

Conclusion: The use of FR seems to be safe; it is an effective tool for the improvement of the physical qualities of mobility, strength, and flexibility, and to decrease DOMS and increase sports performance.

Key words:

Foam roller. Myofascial induction. Flexibility. Range of motion. Strength. DOMS.

Premios SEMED a la investigación 2022

Correspondencia: Diego Fernández-Lázaro
E-mail: diego.fernandez.lazaro@uva.es

Introducción

La óptima recuperación musculoesquelética es el elemento clave que permitirá al deportista entrenarse un día tras otro y asimilar las cargas de entrenamiento con garantías incrementar su rendimiento¹. La buena salud musculoesquelética se consigue impulsando al deportista hacia el entrenamiento de la flexibilidad, la fuerza y el mantenimiento de un correcto rango articular de movimiento *Range of Motion* (ROM) de manera funcional y específica al deporte practicado². Sin embargo, los periodos de entrenamiento de mayor exigencia física sitúan al deportista en el límite de la disfunción muscular y del dolor subclínico³. Las alteraciones musculoesqueléticas se instauran de forma progresiva y el deportista manifiesta rigidez muscular, restricción y alteración de movimiento⁴, condicionando su actividad físico-deportiva. Sin embargo, las cargas de entrenamiento son necesarias para aumentar el rendimiento deportivo⁵ y están asociadas a procesos biológicos homeostáticos de adaptación que no sólo incluyen procesos de remodelación estructural tisular muscular⁶, sino que también afecta a las características viscoelásticas del tejido miofascial, modificando sus cualidades mecánicas⁷. Para afrontar los desórdenes musculares y fasciales inducidos por a las tensiones psico-físicas, derivadas del ejercicio extenuante e intenso, y recuperar adecuadamente los deportistas emplean procesos de prevención, tratamiento y readaptación. Esas técnicas favorecen la restauración del comportamiento mecánico y fisiológico musculoesquelético¹. En el contexto de todo este proceso, la intervención sobre el tejido miofascial, permitiría, potencialmente, la tolerancia a la actividad deportiva intensa, modulando la adaptación muscular⁷.

El rodillo de espuma o *Foam Roller* (FR) (Figura 1) es un instrumento que permite implementar la liberación miofascial autoinducida, en la que el propio deportista usa el FR para aplicar presión de forma directa sobre la musculatura diana⁸. FR es un cilindro cuyo interior puede ser hueco o no, recubierto de espuma y con diferentes tamaños y densidades (Tabla 1). El FR permite realizar presión, que depende directamente del peso corporal que se deja reposar sobre él, y hacerlo rodar sobre la musculatura diana a tratar, considerando que la presión directa puede cambiar las propiedades viscoelásticas del tejido miofascial⁹. Actualmente, el FR es un instrumento ampliamente empelado como terapia de simulación de liberación miofascial utilizado por deportistas de élite y recreacionales, aunque desde finales de la década de los 80 del siglo XX se han utilizado como herramientas de auto-masaje¹⁰.

Se ha reportado que el uso de FR permite ciertas mejoras, en adultos sanos físicamente activos, sobre la flexibilidad^{11,12}, la reducción del dolor muscular de inicio retardado o *Delayed Onset Muscle Soreness* (DOMS)^{13,14}, y el ROM¹⁵, aunque las ganancias sobre a fuerza muscular fueron más exiguas tras el tratamiento autoaplicado con FR¹⁶. Sin em-

Tabla 1. Características y recomendaciones de uso de los diferentes tipos de Roller Foam.

Tipos de Roller Foam	Características y recomendaciones de uso
Baja densidad	<ul style="list-style-type: none"> - Ligeros y suaves al contacto con el cuerpo. Permiten su uso sin sentir una presión muy intensa. - Aplicación recomendada en zonas musculares con gran rigidez muscular; zonas delicadas o dolorosas. - Para grupos musculares como la parte lateral del muslo (vasto externo del cuádriceps y tensor de la fascia lata), la zona de la espalda, evitando clavarnos las apófisis vertebrales.
Densidad firme	<ul style="list-style-type: none"> - Son duros al contacto con el cuerpo, pudiendo incluso resultar doloroso por la elevada presión. - Aplicación recomendada para recuperar rápidamente, debido a que produce masaje muy profundo con descarga muscular más efectiva, equivaliendo a días de recuperación y sesiones específicas de masoterapia. - Para grupos musculares más difíciles de masajear siendo necesaria la profundidad, como pueden ser los sóleos, isquiotibiales y/o tibial anterior.
Con relieve	<ul style="list-style-type: none"> - Poseen protuberancias moderadas que distribuyen la presión ejercida a lo largo del FR. Son bastante agradables dado que tienen una densidad intermedia. - Aplicación recomendada de uso diario en los entrenamientos por su bajo peso y tamaño reducido. - Permiten liberar el tejido fascial y en concreto incidir más sobre determinados puntos gatillo.

Figura 1. Roller foam o rodillo de espuma.



bargo, los deportistas de élite demandan niveles de movilidad, fuerza y flexibilidad que en ocasiones superan la capacidad humana natural, y son factores físicos determinantes en el rendimiento. Las potenciales mejoras sobre estas capacidades físicas y DOMS podrían estar relacionadas con los cambios en la rigidez del tejido muscular y en sus estructuras morfológicas^{17,18}. Desafortunadamente, hasta la fecha el uso del *FR* no está suficientemente estudiado y/o no existe una revisión crítica de la literatura de los efectos del *FR* en deportistas de alto rendimiento. En consecuencia, los objetivos del estudio fueron realizar una revisión sistemática de los efectos del *FR*, sobre el sistema musculoesquelético, en el ROM, la flexibilidad, la fuerza y el DOMS en deportistas altamente entrenados, tratado de identificar los mecanismos que influyen sobre los tejidos miofasciales. Utilizamos el modelo PICO de acuerdo con los métodos estándar propuestos por los Elementos de Información Preferidos para Revisiones Sistemáticas y Metaanálisis (PRISMA)¹⁹ de la siguiente manera: Población: hombres adultos sanos deportistas de competición, o altamente entrenados; Intervención: tratamiento de auto-inducción miofascial mediante el *FR*; Comparación: grupo de control/placebo o grupo de datos de comparación antes/después; Resultados: ROM, flexibilidad, fuerza y DOMS. El estudio siguió las recomendaciones para la publicación ética de revisiones sistemáticas propuestas por Wager y Wiffen²⁰ y el protocolo de revisión se encuentra publicado en el Registro Prospectivo de Revisiones Sistemáticas (PROSPERO); referencia CRD42022367950.

Material y método

Estrategia de búsqueda

Para la selección de artículos se efectuó una búsqueda estructurada utilizando las bases de datos electrónicas *Medline (PubMed)*, *Scopus*, *Cochrane* y *Web of Science (WOS)* para los estudios publicados desde 2018 hasta el 30 de septiembre de 2022. La estrategia de búsqueda contenía una combinación de *Medical Subject Headings (MeSH)* y palabras libres para conceptos clave relacionados que incluían: ("*foam rolling*" OR "*self-myofascial release*" OR "*roller massage*" OR "*foam roller*") AND ("*range of motion*" OR "*ROM*" OR "*flexibility*") AND ("*strength*" OR "*muscle strength*") AND ("*DOMS*" OR "*Delayed Onset Muscle Soreness*") AND ("*athletes*" OR "*elite athletes*" OR "*high performance athletes*" OR "*high trained athletes*") AND ("*warm up*" OR "*pre-exercise*" OR "*post-exercise*"). Dos autores (D.F.L. y C.I.F.-L.) realizaron de forma independiente la búsqueda de estudios publicados y un tercer revisor (J.S.-C.) resolvió los desacuerdos sobre los registros. Todos los estudios obtenidos en las 3 bases de datos fueron comparados a 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 existentes para evitar pérdidas de estudios por ausencia de términos de búsqueda.

Selección de artículos: criterios de inclusión

Para la selección de estudios establecimos los siguientes criterios de inclusión: a) adultos sanos, atletas de élite o de alto rendimiento en ausencia de patologías agudas y/o crónicas (excluyendo estudios realizados en animales e *in vitro*); b) uso del instrumento *FR* de manera

aislada, antes, durante o después del ejercicio; c) registros originales con ensayos aleatorios y no aleatorios, diseño controlado doble ciego o paralelo (no se tendrán en cuenta revisiones, metaanálisis, editoriales y estudios no originales); d) estudios que evalúen la relación existente entre el abordaje miofascial mediante el *FR* y los factores físicos (ROM, flexibilidad, fuerza y DOMS) ya sea como principal resultado de estudio o resultados secundarios; e) estudios con clara información sobre la intervención con *FR*, duración total del tratamiento miofascial, momento exacto de la intervención y la zona muscular de aplicación; f) documentos publicados desde 2018 hasta el 30 de septiembre de 2022; g) estudios ≥ 6 puntos en la escala de calidad metodológica *Physiotherapy Evidence Database (PEDro)*²¹. Se excluyeron todos aquellos estudios que no cumplieran estos criterios.

Extracción y síntesis de datos

La siguiente información se extrajo de cada estudio incluido en la revisión sistemática: se incluyó el nombre del primer autor; año de publicación; país donde se realizó el estudio; diseño del estudio; tamaño de la muestra; sexo y edad de los participantes; altura; peso corporal; intervención de *FR*, es decir, duración, momento de la intervención, zona de aplicación; parámetros analizados; y resultados finales. Dos investigadores (D.F.L. y C.I.F.-L.) realizaron el proceso de extracción de datos mediante una hoja de cálculo. En caso de desacuerdos relacionados con la extracción de datos, un tercer autor revisor (J.S.-C.) participó en el proceso.

Evaluación de calidad metodológica

La evaluación de la calidad metodológica de los registros seleccionados se realizó utilizando PEDro²¹. El objetivo de esta evaluación fue excluir los estudios con una metodología deficiente.

Resultados

Selección de estudios

Se identificaron un total de 141 estudios, 134 estudios procedían de 3 bases de datos electrónicas *Cochrane*, *SCOPUS* y *PubMed*, y 7 provinieron de fuentes adicionales, por ejemplo, *ResearchGate* ($n = 2$) y listas de referencias de estudios relevantes ($n = 5$). Tras la exclusión de 44 duplicados, se examinaron un total de 90 artículos identificados en bases de datos. Después de la evaluación del título y el resumen, 31 artículos fueron considerados como registros potenciales. Después de la revisión del texto completo y la evaluación de registros potenciales de bases de datos, se incluyeron 10²²⁻³¹ estudios en la revisión sistemática (Figura 2).

Evaluación de la calidad metodológica

Tras la selección de los artículos, se evaluó su calidad metodológica, utilizando la escala PEDro²¹. De los 10 estudios incluidos²²⁻³¹, 1 estudio²⁴ fue calificado como excelente y la calidad metodológica de los 9^{22,23,25-31} estudios restantes fue calificada como buena. Los ítems número 5 y 6 fueron los menos cumplidos, estos se refieren al enmascaramiento del participante y al enmascaramiento del terapeuta respectivamente (Tabla 2).

Figura 2. Diagrama de flujo que representa los procesos de identificación y selección de estudios relevantes de acuerdo con las pautas de Elementos de informe preferidos para revisiones sistemáticas y metanálisis (PRISMA).

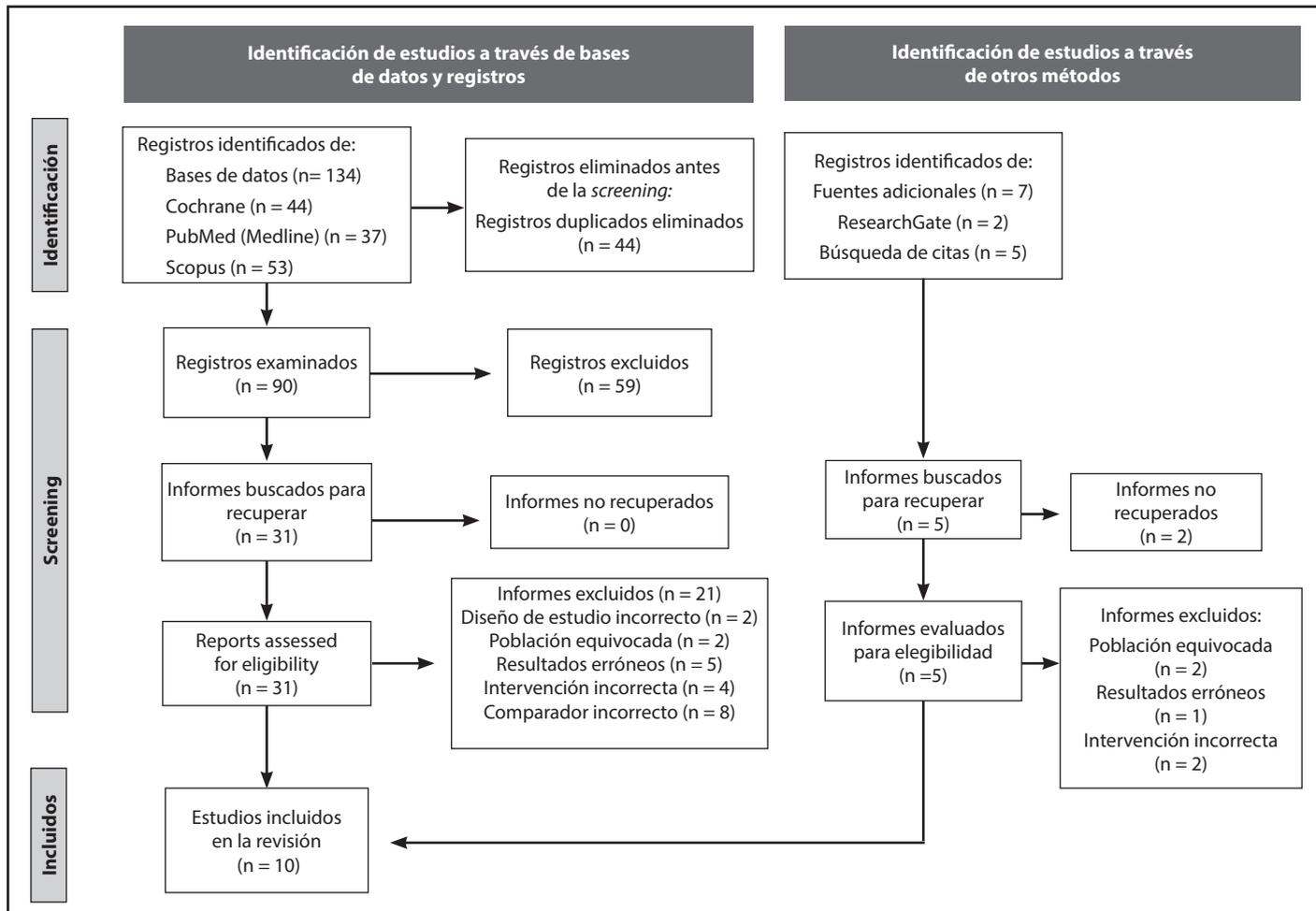


Tabla 2. Escala PEDro para la evaluación de la calidad metodológica.

Referencia	Ítems											T _E	Calidad
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
Lopez-Samanes <i>et al.</i> , 2021 ²⁹	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	7	B
Maniatakis <i>et al.</i> , 2020 ²⁶	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	8	B
Oranchuk <i>et al.</i> , 2019 ²⁵	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	8	B
Rey <i>et al.</i> , 2017 ²⁷	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	8	B
Richman <i>et al.</i> , 2018 ³¹	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6	B
Romero <i>et al.</i> , 2019 ²⁴	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	10	E
Scudamore <i>et al.</i> , 2021 ²³	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	7	B
Siebert <i>et al.</i> , 2020 ²⁸	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	7	B
Souza <i>et al.</i> , 2020 ³⁰	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	7	B
Sulowska-Daszyk <i>et al.</i> , 2022 ²²	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	8	B

Abreviaturas: T_E: total de ítems cumplidos por estudio; E: Excelente; B: Buena; 1: Criterio cumplido; 0: Criterio no cumplido.

Características de los participantes e intervenciones

Las características de los participantes se muestran en la Tabla 3. El número total de voluntarios fue de 215, 111 hombres y 84 mujeres, aunque un estudio no especificó el sexo de sus 20 sujetos²³, todos ellos son deportistas sanos (sin condiciones crónicas que impidieran la práctica deportiva intensa) con un elevado nivel de entrenamiento. Los estudios incluyeron atletas de alto rendimiento que practicaban atletismo^{22,24}, baloncesto^{26,28,31}, voleibol^{125,28,31}, tenis^{28,29}, fútbol^{127,28}, lacrosse²⁵ y competiciones militares²³. La intervención con el *FR* se utilizó en el calentamiento previo al ejercicio en 7 estudios^{22,24,26,28-31}, en 2 estudios lo emplearon después del entrenamiento^{23,27} y únicamente Oranchuk *et al.*²⁵ lo usaron entre sesiones de ejercicio. Los grupos musculares donde se empleó el *FR* fueron mayoritariamente en las extremidades inferiores (EEl), principalmente isquiotibiales, cuádriceps, glúteos y gastrocnemios^{22-25,27-31}, y en el estudio realizado por Maniatakis *et al.*²⁶ en jugadores de voleibol lo emplearon en 3 zonas del hombro. No se informó de la densidad, longitud y relieve de *FR* en ninguno de los estudios incluidos en esta revisión sistemática²²⁻³¹. No se reportaron efectos adversos derivados del uso del *FR*²²⁻³¹.

Evaluación de resultados

La Tabla 3 resume los resultados de los estudios contenidos en esta revisión sistemática.

Rango articular de movimiento "Range of Motion" (ROM)

En los 5 estudios^{24-26,28,29}, incluidos en esta revisión, que se midió el ROM se observaron mejoras significativas ($p < 0,05$) en el grupo intervención (GI) después del empleo de *FR* para los grupos musculares evaluados: elevación pasiva de la pierna dominante (test de cadera)^{25,29}, en la rotación externa y flexión de hombro²⁶, en dorsiflexión de tobillo, extensión de cadera y flexión de rodilla²⁴ y en la flexión de la sección longitudinal de la cadera²⁸. Sin embargo, únicamente el ROM mejoró significativamente ($p < 0,05$) en la sección longitudinal de extensores de cadera (bíceps femoral y semitendinoso)²⁸ y en la flexión de rodilla²⁴ cuando se comparó con la condición sin uso de *FR*. Además, Romero *et al.*²⁴ no encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$) en la capacidad propioceptiva de la articulación de la rodilla.

Flexibilidad

Tres de los estudios incluidos en la revisión sistemática^{22,27,31}, evaluaron la flexibilidad muscular tras la aplicación del *FR*. Dos estudios^{27,31} utilizaron la prueba sentarse y alcanzar o *Sit and Reach* y reportaron aumentos significativos ($p < 0,05$) en el GI. Cuando se comparó el GI con el grupo control (GC), la flexibilidad mejoró notablemente sólo en jugadores de fútbol²⁷ y no hubo cambios en los jugadores de baloncesto³¹. Sulowska-Daszyk *et al.*²² mostraron un aumento significativo ($p < 0,05$) de la flexibilidad en el tensor de la fascia lata, y aumentos sustanciales

Tabla 3. Estudios incluidos, intervenciones, descripción de los voluntarios, parámetros evaluados y resultados informados.

Primer autor, año de publicación, país	Tipo de estudio	Participantes (tamaño y características de la muestra inicial, retiradas y tamaño de la muestra final del grupo)	Intervención	Parámetros evaluados	Resultados
López-Samanes <i>et al.</i> , 2021, España ²⁹	Cruzado aleatorio	9 ♂ Tenistas profesionales ranking ATP Edad (media ± DE): 20,64 ± 3,56 años Altura (media ± DE): 1,83 ± 0,05 metros Peso (media ± DE): 75,55 ± 5,03 kg GI (n = 9): calentamiento + TTO con <i>FR</i> GC (n = 9): calentamiento + TTO con ED Sin pérdidas de participantes	<i>FR</i> masaje balanceo en grupos musculares: - Cuádriceps - Isquiotibiales - Glúteos - Gemelos 8 mins: 60 s * grupo muscular x cada EEl Calentamiento	ROM test cadera; - EPPR, MD - EPPR, MND - TT, MD - TT, MND 2 intentos máximos * prueba; 30 s descanso entre intentos Medición Inclinómetro (°)	GI vs GC ↔ ROM test cadera: EPPR & TT (MND / MD) GI: cambios línea base ↑ ^Δ EPPR, MD ↔ ^Δ EPPR, MND ↔ TT, MD ↔ TT, MND
Maniatakis <i>et al.</i> , 2020, Grecia ²⁶	Piloto pre / post test	15 ♂ jugadores elite de voleibol 1ª división griega y competición en Europa Edad (media ± DE): 24 ± 4,54 años Altura (media ± DE): 177 ± 0,08 cm Peso (media ± DE): 81 ± 7,71 kg Los 15 jugadores son tratados de manera simultánea. Se compara con la línea base (pre / post test)	<i>FR</i> Automovilizaciones 3 zonas de hombro: - Anterior - Lateral - Posterior durante 10 mins: 3 rep * 60 s * zona hombro. Descanso 20 s entre zonas hombro Calentamiento	ROM (°): - Flexión - RI - RE Se midieron ambas EESS y se calculó la media Medido con goniómetro (°)	GI vs cambios línea base ↑* Flexión ↑ RI ↑* RE

(continúa)

Tabla 3. Estudios incluidos, intervenciones, descripción de los voluntarios, parámetros evaluados y resultados informados (continuación).

Primer autor, año de publicación, país	Tipo de estudio	Participantes (tamaño y características de la muestra inicial, retiradas y tamaño de la muestra final del grupo)	Intervención	Parámetros evaluados	Resultados
Oranchuk et al., 2019, Estados Unidos ²⁵	Cruzado aleatorio, simple ciego	11 ♀ jugadoras de Lacrosse + 11 ♀ jugadoras de baloncesto. Competición NCAA II Edad (media ± DE): 19,4 ± 1,7 años Altura (media ± DE): 164,8 ± 9,2 cm Peso (media ± DE): 61,4 ± 8,9 kg GI: TTO con FR GC: Descanso pasivo	FR masaje de balanceo en grupo muscular: - Isquiotibiales 3 series * 1 min; 30 s descanso entre series Entre sesiones de entrenamiento	Flexibilidad aguda isquiotibiales usando ROM en la flexión de la cadera (°) Valorado con test EPPR, utensilio goniómetro(°)	GI vs GC ↑ EPPR GI: Cambios línea base ↑* EPPR ↑*Δ % cambio: 7,3%
Rey et al., 2017, España ²⁷	Controlado aleatorio	18 ♂ jugadores de fútbol. Liga de Fútbol Profesional (1º y 2º división) Experiencia 14,8 ± 2,6 años Edad (media ± DE): 26,6 ± 3,7 años Altura (media ± DE): 180,5 ± 4,55 cm Peso (media ± DE): 75,8 ± 4,7 kg Grasa corporal (media ± DE): 10,2 ± 0,8% 1* RM sentadilla: 156,7 ± 24,9 kg VO ₂ máximo: 61,2 ± 4,2 ml/kg/min GC (n = 9): 20 mins sedestación GI (n = 9): FR 20 mins	FR masaje de balanceo en grupos musculares: - Cuádriceps - Isquiotibiales - Aductores - Glúteos - Gemelo 2 rep de 45 s * grupo muscular * cada EEII 15 s descanso En las dos piernas Después del entrenamiento	Flexibilidad - Columna lumbar - Isquiotibiales (Test "sentarse & alcanzar" (cm)) DOMS: - TQR - EVA	GI vs GC Flexibilidad: ↑ Test sentarse & alcanzar DOMS: ↑ TQR ↓ EVA GI: cambios línea base Flexibilidad: ↑* Test sentarse & alcanzar ↑*Δ % cambio: 18,79% DOMS: ↑ TQR ↓ EVA
Richman et al., 2018, Estados Unidos ³¹	Cruzado aleatorio	14 ♀ n = 8 jugadoras de voleibol + n = 6 jugadoras de baloncesto. Competición NCAA II Edad (media ± DE): 19,8 ± 1,3 años Altura (media ± DE): 172 ± 24 cm Peso (media ± DE): 69,3 ± 10,9 kg GI (n = 7): TTO con FR + ED GC (n = 7): carrera a pie aeróbica ligera + ED	FR masaje balanceo a presión constante en grupos musculares - Flexores cadera - Cuádriceps - Aductores - TFL - Glúteos - Isquiotibiales - Flexores plantares - Flexores dorsales 6 mins: 30 s * grupo muscular en cada EEII Calentamiento	Flexibilidad (Test "sentarse & alcanzar" (cm)) 3 tiempos T1, T2, T3	GI vs GC ↔ T2 ↔ T3 GI: cambios línea base ↑* T1 vs. T2 ↑* T1 vs. T3 ↑ T2 vs. T3
Romero et al., 2019, España ²⁴	Controlado aleatorio	30 atletas; ♂ n = 18; ♀ n = 12 GI (n = 15; 8♂, 7♀): TTO con FR + carrera a pie aeróbica Edad (media ± DE): 24,2 ± 4,2 años Altura (media ± DE): 177,0 ± 7,0 cm Peso (media ± DE): 70,1 ± 14,2 kg GC (n = 15; 10♂, 5♀): Carrera a pie aeróbica Edad (media ± DE): 25,0 ± 4,7 años Altura (media ± DE): 175,0 ± 8,0 cm Peso (media ± DE): 67,5 ± 5,6 kg	FR masaje balanceo en músculos: - Muslo anterior - Muslo posterior - Gastrocnemio 6 mins: 45 s * músculo en cada EEII 15 s descanso entre cada EEII Calentamiento	ROM Tobillo: Dorsiflexión Rodilla: Extensión / Flexión Cadera: Extensión Medido con Inclinómetro (°) Propiocepción Rodilla: AAE RAE VAE 10 minutos después	GI vs GC ROM: Tobillo: ↑ Dorsiflexión Rodilla: ↑ Extensión / ↑* Flexión Cadera: ↑ Extensión Propiocepción: Rodilla ↔ (AAE, RAE, VAE) GI: cambios línea base ROM: Tobillo: ↑* Dorsiflexión Rodilla: ↑ Extensión / ↑* Flexión Cadera: ↑* Extensión Propiocepción: Rodilla ↔ (AAE, RAE, VAE)

(continúa)

Tabla 3. Estudios incluidos, intervenciones, descripción de los voluntarios, parámetros evaluados y resultados informados (*continuación*).

Primer autor, año de publicación, país	Tipo de estudio	Participantes (tamaño y características de la muestra inicial, retiradas y tamaño de la muestra final del grupo)	Intervención	Parámetros evaluados	Resultados
Scudamore, et al., 2021, Estados Unidos ²³	Cruzado aleatorio	20 militares ♂ y ♀ Competiciones de resistencia militar ≥1 año Edad (media ± DE): 23,6 ± 4,1 años Altura (media ± DE): 176,4 ± 5,6 cm Peso (media ± DE): 84,7 ± 13,4 kg GI: FR GC: pasiva en sedestación	FR masaje balanceo en grupos musculares: - Glúteos - Isquiotibiales - Cintilla ilirotibial - Cuádriceps - Aductores 20 mins: 45 s * 2 * grupo muscular en cada EEII; 15 s descanso entre EEII Después del entrenamiento	DOMS Ejercicio inductor de DOMS (EID) 10*10 sentadillas# 60% 1*RM #sentadilla 5 s excéntrica 1 s pausa 2 s concéntrica 1 s pausa Ratio de DOMS (RDM) (CR-11)	GI vs GC ↓ DOMS GI: cambios línea base ↔ DOMS
Siebert et al., 2020, Alemania ²⁸	Cruzado aleatorio	14 ♂ deportistas (tenis, natación, voleibol, gimnasia, baloncesto) nivel nacional entrenamiento ≥3 días*semana Edad (media ± DE): 23,7 ± 1,3 años Altura (media ± DE) 182 ± 8 cm Peso (media ± DE): 79,4 ± 6,9 kg GI: FR en banco GC: pasiva en sedestación	Posición del deportista sedestación banco con FR movimiento transversal de balanceo en músculos - Bíceps femoral - Semitendinoso 6 mins: 10 / 12 pases completos sobre isquiotibial * 30 s cada uno Calentamiento	ROM flexión de la cadera se midió en el plano sagital con los sujetos acostados en una posición lateral (EMG) de superficie de 2 extensores de cadera (bíceps femoral & semitendinoso)	GI vs GC ↑* ROM sección longitudinal ↔ ROM sección transversal GI: cambios línea base ↑* ROM sección longitudinal ↔ ROM sección transversal
Souza et al., 2020, Brasil ³⁰	Controlado aleatorio	14 ♀ futbolistas profesionales 1ª división, <i>Esporte Club Vitoria</i> GI (n = 7): FR + calentamiento específico Edad (media ± DE): 22,3 ± 2,3 años Altura (media ± DE): 170 ± 0,1cm Peso (media ± DE): 64 ± 10 kg GC (n = 7): calentamiento específico fútbol Edad (media ± DE): 28,8 ± 4,3 años Estatura (media ± DE): 170 ± 0,1cm Peso (media ± DE): 62 ± 7,6 kg	FR masaje balanceo en grupos musculares: - Cuádriceps - Isquiotibiales - Tríceps sural 2 semanas TTO: 3* semana 3 series * 1 min * músculo; 30 s descanso entre músculos Calentamiento	FM Par máximo de Extensión en: - MND - MD Flexión en: - MND - MD Velocidad angular 60°/s.	GI vs GC Extensión ↑ MND ↑ MD Flexión ↑ MND ↑ MD GI: cambios línea base Extensión ↔ MND ↔ MD Flexión ↔ MND ↔ MD
Sulowska-Daszyk et al., 2022, Polonia ²²	Controlado aleatorio	62 ♂ y ♀ Atletas compiten a nivel nacional pruebas de larga distancia GI (n = 30) (n = 18 ♂; n = 12 ♀): FR Edad (media ± DE): 34,09 ± 7,73 años Altura (media ± DE): 175,81 ± 8,73 cm Peso (media ± DE): 69,88 ± 9,55 kg GI (n = 32) (n = 22 ♂; n = 10 ♀): pasiva sedestación Edad (media ± DE): 33,46 ± 7,33 años Altura (media ± DE): 177,60 ± 7,63 cm Peso (media ± DE): 70,70 ± 8,79 kg	FR masaje balanceo en grupos musculares: - Isquiotibiales - Glúteo mayor - Aductores de cadera - Cuádriceps - TFL - Gastrocnemios En ambas EEII a: 2 mins * grupo muscular: 2,5 cm/s, 10 * músculo Calentamiento	Flexibilidad -RE (piriforme) -Psoas ilíacos -TFL -Recto femoral -Aductores Medido con cinta métrica (cm)	GI vs GC ↑ RE ↓* Psoas ilíacos ↑ TFL ↓ Recto femoral ↑ Aductores GI: Cambios con la línea base ↑ RE ↓* Psoas ilíacos ↑* TFL ↓* Recto femoral ↑ Aductores

Abreviaturas: ↑: incremento no significativo; ↓: disminución no significativa; ↔: sin cambio significativo. ↑*: incremento significativo; ↓*: disminución significativa; GC: grupo control; GI: grupo intervención; ⁴interacción significativa entre grupo-tiempo; ²efecto temporal principal significativo; ¹efecto principal significativo del grupo; DE: desviación estándar; ♂: Hombre; ♀: Mujer; Kg: kilogramos; cm: centímetros; ml: mililitros; FR: *foam roller*; ROM: Rango articular de movimiento; RE: rotación externa; RI: rotación interna; TFL: tensor de la fascia lata; EEII: extremidades inferiores; EESS: extremidades superiores; mins: minutos; s: segundos; rep: repeticiones; EPPR: elevación pasiva pierna recta; MD: miembro dominante; MND: miembro no dominante; TTO: tratamiento; ED: ejercicios dinámicos; TT: test de Thomas; DOMS: dolor muscular de inicio tardío; AAE: *absolute angular error* (error angular absoluto); RAE: *relative angular error* (error angular relativo); VAE: *variable angular error* (error angular variable); TQR: *total quality recovery* (recuperación de la calidad total); EVA: escala visual analógica; NCAA: *National Collegiate Athletic Association*; RM: Repetición máxima; CR-11: relación de categoría de 11 ítems; EMG: electromiografía; ATP: asociación tenistas profesionales; EID: Ejercicio inductor de DOMS; RDM: *Ratio* de DOMS.

no significativos ($p > 0,05$) en los músculos piriforme y aductores en el GI después del uso del *FR*. Sin embargo, la flexibilidad en el GI fue significativamente menor ($p < 0,05$) en los músculos psoas ilíaco y en el recto femoral con respecto al grupo de control y para el psoas ilíaco desde el inicio hasta el final del tratamiento con *FR*.

Fuerza

Souza et al.³⁰ evaluaron el uso del *FR* durante el calentamiento de jugadores de fútbol sobre cuádriceps, isquiotibiales y tríceps sural consiguiendo sustanciales mejoras en la fuerza de extensión de ambos miembros (dominante y no dominante) de las EELI tras 2 semanas de tratamiento.

Dolor muscular de inicio retardado "Delayed Onset Muscle Soreness" (DOMS)

Los 2 estudios incluidos en esta revisión sistemática^{23,27} reportaron notables descensos sobre el DOMS en el GI comparado con el GC evaluados mediante la escala visual analógica del dolor (EVA)²⁷ y una escala de relación de categoría de 11 ítems (CR-11).

Discusión

En los diez estudios que cumplieron los criterios de inclusión / exclusión preespecificados, el uso de *FR* como terapia de autoinducción en deportistas de alto rendimiento mostró mejoras significativas sobre el ROM y la flexibilidad, y efectos notablemente beneficiosos sobre el DOMS y la fuerza, sin efectos adversos o alteraciones patológicas en el tejido miofascial.

La actividad física de los deportistas altamente entrenados incluye cargas de trabajo de alta intensidad que inducen alteraciones de las propiedades mecánicas del tejido blando que merman el umbral de tolerancia a la carga del sistema musculoesquelético e impulsan un deterioro mecánico del tejido miofascial que es especialmente recurrente en deportes que requieren una alta densidad de movimientos con alto componente excéntrico³⁴. Además, los procesos biológicos de mecano adaptación de la matriz extracelular del tejido conjuntivo, frente a extenuantes cargas físicas repetitivas que inducen una respuesta inflamatoria mediada por interleucinas (IL) inflamatorias como IL-1 β , IL-6 y factor de necrosis tumoral alfa (TNF- α). Adicionalmente se produce la liberación del factor transformador del crecimiento beta 1 (TGF β -1) que favorece la fibrosis y la rigidez tisular por medio de la diferenciación y proliferación de fibroblastos y la síntesis excesiva de colágeno^{32,33}. Estas adaptaciones conducen a una alteración patológica del comportamiento mecánico del tejido conjuntivo por restricciones fasciales causando pérdida de elasticidad, aumento de rigidez y deshidratación. Cuando esto ocurre, la fascia se anastomosa alrededor de las áreas traumatizadas, provocando una adhesión fibrosa. Las adherencias interfieren con el desarrollo funcional evitando una mecánica muscular normal y pueden provocar puntos gatillo con hiperactividad muscular y pérdida de: ROM, elasticidad, fuerza, flexibilidad, y resistencia muscular^{7,34}. Estos estados subclínicos podrían resultar determinantes en situaciones de alta exigencia deportiva.

Para revertir esta situación se han empleado las técnicas de liberación miofascial que modularían la afectación muscular, y se servirían de la naturaleza tixotrópica de la fascia para devolverla a un estado más flexible y maleable^{7,35}. El *FR* es una herramienta de autoliberación miofascial que potencialmente aumentaría la flexibilidad y la biotensegridad a corto plazo³⁶. Esta revisión incluyó 2 estudios^{27,31} que mejoraron significativamente la flexibilidad, evaluada mediante el test *Sit and Reach* en el post-entrenamiento de futbolistas²⁷ y el calentamiento de jugadoras de baloncesto³¹ profesionales. Estos resultados son acordes a lo reportado en voluntarios sanos³⁷, usando el mismo test de flexibilidad, y a los obtenidos con estiramientos estáticos¹⁵. La mejora de la flexibilidad podría deberse al efecto del *FR* en la restauración estructural fascial de septos, anclajes y tabiques intermusculares, que conseguiría unas propiedades mecánicas óptimas y atenuar la rigidez muscular^{7,35}. Además, la técnica miofascial por el *FR* provocaría la estimulación del reflejo miotático inverso, lo que proporcionaría una señal de relajación facilitando la flexibilidad³⁵. Sin embargo, en un estudio en voluntarios practicantes de actividad física no se vio efecto sobre la flexibilidad en el test *Sit and Reach*³⁸. Las limitaciones de la prueba *Sit and Reach* que mide la flexibilidad isquiotibial mediante una flexión de cadera³⁹, podría justificar estas diferencias en los resultados. El estudio realizado por Sulowska-Daszyk et al.²² mostró resultados contradictorios con respecto a la flexibilidad con mejoras sobre el tensor de la fascia lata, piriforme y aductores con descensos moderados en el psoas ilíaco y en el recto femoral en atletas de larga distancia. Seco et al.⁴⁰ han reportado que aunque la activación muscular puede influir en la hipertrofia inducida por el entrenamiento, es el modo de contracción el mayor impulsor de los cambios arquitectónicos dentro de los isquiotibiales, con excesiva rigidez muscular, lo que podría inducir a que estos deportistas presentasen un pinzamiento isquiofemoral, lo que produce un síndrome extraarticular de la cadera acompañado de compresión entre el trocánter menor y la tuberosidad isquiática. Este síndrome extraarticular de la cadera es la lesión más común en atletas que restringe la acción de estos grupos musculares⁴⁰, y podría explicar las diferencias encontradas por Sulowska-Daszyk et al.²².

La presión ejercida por el *FR* sobre el conjunto de estructuras miofasciales provocaría cambios en las adherencias fasciales, los puntos gatillo miofasciales y las propiedades viscoelásticas del tejido por remodelación de colágeno y elastina⁴¹, lo que resulta en un aumento de la distensibilidad del tejido, facilitando la capacidad de deslizamiento entre planos y, por lo tanto mejorando el ROM^{7,35}. Además, los aumentos de flujo sanguíneo por la vasodilatación, al estimular la liberación de óxido nítrico y reducir la rigidez vascular⁴², reintegraría el líquido intersticial a la circulación sistémica, induciendo un efecto de calentamiento y facilitado la movilidad⁴³. Estos mecanismos serían los potencialmente responsables de las mejoras significativas sobre el ROM en el GI tras la intervención con *FR* sobre los diferentes grupos musculares^{24,26,28,29}. Estos resultados son semejantes a los descritos en 2 estudios^{44,45} y una revisión³⁵ en población no deportista que obtuvieron resultados significativamente positivos en el ROM con el uso del *FR* (≥ 2 semanas). Además, se han observado efectos similares sobre el ROM después de técnicas convencionales de masoterapia⁴⁶.

También se han descrito mecanismos neurofisiológicos³⁵ analgésicos, tras la terapia de autoinducción miofascial, que suscitan un

cambio del tono simpático al parasimpático, el cual se ha asociado con aumentos en el ROM. Además, la tolerancia al dolor también podría contribuir a la mejora del ROM. Este aumento del umbral doloroso se produciría por el control inhibitorio nocivo difuso que se activa mediante la recepción de un estímulo nociceptivo sostenido, que es capaz de suprimir la nocicepción del área local y de áreas distantes, es decir que la autoinducción miofascial de *FR* combatiría el dolor en un área al crearla en otra^{7,47}. Este fenómeno de contra-irritación también se produce en crioterapia¹, o en la aplicación de corrientes de estimulación muscular eléctrica (EMS)⁴⁸. Aunque probablemente este mecanismo tendría un papel más relevante sobre la modulación del DOMS.

El dolor y la rigidez muscular relacionada con el DOMS es consecuencia de la respuesta inflamatoria generada por las cargas físicas continuadas e intensas de los deportistas^{32,33}. También contribuye al DOMS la liberación de mediadores pronociceptivos como bradicinina, y sustancia *P*, que activan la sensibilización periférica a nivel periférico, en el entorno mecánico de las terminaciones nerviosas libres y a nivel espinal³². Por tanto el efecto de *FR* sobre el DOMS vendría determinado por la influencia sinérgica de la autoinducción sobre la mecánica y la arquitectura tisular, los mediadores moleculares inflamatorios y pronociceptivos y los mecanismos neurofisiológicos de control nociceptivo^{18,49}. Especialmente importante es el mecanismo neurofisiológico del control inhibitorio nocivo difuso, mecanismo que utiliza el *FR* para revertir el dolor miofascial de los puntos gatillo, conocido como *Gate Control*, donde varios estímulos se dirigen al mismo nivel medular, el dolor y la presión por el uso del *FR*, y existe un compromiso para la entrada ya que la información procedente de los nociceptores carecen de superioridad ante otro estímulo, de forma que se terminan inhibiendo, aunque temporalmente⁵⁰.

Las diferentes técnicas miofasciales⁵¹, incluido *FR*, son capaces de reestablecer y aumentar el ROM, flexibilidad y disminuir el DOMS, sin afectar la intensidad de la actividad o el rendimiento muscular³⁶. De hecho Souza *et al.*³⁰ describieron notables mejoras en la fuerza de las EEI en los grupos musculares cuádriceps, isquiotibiales y tríceps sural. Estos incrementos podrían confirmar que la liberación miofascial es la responsable de las mejoras en la fuerza, porque la transmisión de fuerza al tendón depende de la integridad muscular en la contracción y también de las propiedades mecánicas del tejido conjuntivo y del grado de pretensión del sistema fascial⁵². Adicionalmente los efectos sobre el incremento del flujo sanguíneo del *FR*⁴² proporcionarían un mayor aporte de oxígeno y sustratos para ejecutar las acciones muscular.

Los autores de esta revisión reconocen algunas limitaciones. Primero, un número limitado de manuscritos que cumplió con los criterios de inclusión. No obstante, nuestro enfoque sistemático siguió el método PRISMA¹⁹, la búsqueda se realizó utilizando 3 bases de datos principales y cubrió la literatura gris. Además, utilizamos la herramienta de PEDro para la evaluación de la calidad metodológica²¹ para garantizar que todos los registros seleccionados cumplieran con los criterios mínimos de calidad e incluyeran una serie de resultados comúnmente utilizados en la valoración de medicina deportiva para explicar la fisiopatología de los procesos de actividades deportivas intensas y repetitivas. En segundo lugar, existe una gran heterogeneidad de los estudios con respecto a los resultados, modalidad deportiva, grupos musculares de la intervención, y la duración, lo que no nos permite realizar un meta-

nálisis. La gran variabilidad en la intervención de *FR* exige precaución al interpretar los resultados; sin embargo, se ha sugerido que mejorar las cualidades físicas de movilidad, fuerza y flexibilidad produce beneficios en la salud y rendimiento de los deportistas, siendo de gran utilidad para la prevención, tratamiento y readaptación de lesiones en deportistas de alto rendimiento.

En conclusión, la evidencia presentada en esta revisión sistemática mostró que la utilización del *FR* es segura. Dadas las mejoras significativas en ROM y flexibilidad, y los efectos notablemente beneficiosos sobre el DOMS y la fuerza, sin efectos adversos o alteraciones patológicas en el tejido miofascial, el uso de *FR* podría ser beneficioso también en adultos con patologías musculoesqueléticas. El efecto pleiotrópico de *FR* puede actuar mejorando la mecánica y la arquitectura tisular miofascial, atenuando el efecto las citoquinas inflamatorias y pronociceptivos, y activando los mecanismos neurofisiológicos de control nociceptivo^{18,49}. Sin embargo, se necesita más investigación para confirmar los posibles beneficios para las cualidades físicas con el empleo de *FR* como herramienta de autoinducción en deportistas de alto rendimiento.

Agradecimientos

Los autores quieren agradecer al Grupo Reconocido de Investigación “Envejecimiento, Neurociencia, Salud y Desarrollo” del Departamento de Fisioterapia del Instituto de Biomedicina (IBIOMED) de la Universidad de León por su colaboración.

Financiación

Sin financiación.

Conflicto de interés

Los autores no declaran conflicto de interés alguno.

Bibliografía

1. Fernández-Lázaro D. Estrategias ergogénicas para optimizar el rendimiento y la salud en participantes de actividad física regular: evaluación de la eficacia de la crioterapia compresiva, la exposición a la hipoxia intermitente en reposo y el entrenamiento sectorizado de los músculos inspiratorios. Tesis doctoral, Universidad de León, León, España, 2020. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=286163&info=resumen&idioma=SPA> (citado 12 octubre 2022).
2. Afonso J, Ramirez-Campillo R, Moscão J, Rocha T, Zacca R, Martins A, *et al.* Strength training versus stretching for improving range of motion: A systematic review and meta-analysis. *Healthcare*. 2021;9:427.
3. Ferraro E, Giammarioli AM, Chiandotto S, Spoleitini I, Rosano G. Exercise-Induced Skeletal Muscle Remodeling and Metabolic Adaptation: Redox Signaling and Role of Autophagy. *Antioxid Redox Signal*. 2014;21:154-76.
4. El-Tallawy SN, Nalamasu R, Salem GI, LeQuang JAK, Pergolizzi JV, Christo PJ. Management of Musculoskeletal Pain: An Update with Emphasis on Chronic Musculoskeletal Pain. *Pain Ther*. 2021;10:181-209.
5. Macinnis MJ, Gibala MJ, Macinnis MJ, Gibala MJ. Physiological adaptations to interval training and the role of exercise intensity. *J Physiol*. 2017;595:2915-30.
6. Franchi MV, Reeves ND, Narici MV. Skeletal muscle remodeling in response to eccentric vs. concentric loading: Morphological, molecular, and metabolic adaptations. *Front Physiol*. 2017;4:447.
7. Wheeler AH. Myofascial Pain Disorders: Theory to Therapy. *Drugs*. 2004;64:45-62.
8. Freiwald J, Baumgart C, Kühnemann M, Hoppe MW. Foam-Rolling in sport and therapy – Potential benefits and risks: Part 2 – Positive and adverse effects on athletic performance. *Sport Orthop Traumatol*. 2016;32:267-75.

9. Hughes GA, Ramer LM. Duration of myofascial for optimal recovery, range of motion, and performance: A systematic review of the literature. *Int J Sports Phys Ther.* 2019;14:845-59.
10. Romero-Moraleda B, López-Rosillo A, González-García J, Morencos Martínez E. Efectos del foam roller sobre el rango de movimiento, el dolor y el rendimiento neuromuscular: revisión sistemática. *Retos.* 2020;38:879-85.
11. Boguszewski D, Falkowska M, Adamczyk JG, Białoszewski D. Influence of foam rolling on the functional limitations of the musculoskeletal system in healthy women. *Biomed Hum Kinet.* 2017;9:75-81.
12. Griefahn A, Oehlmann J, Zalpour C, von Piekartz H. Do exercises with the Foam Roller have a short-term impact on the thoracolumbar fascia? - A randomized controlled trial. *J Bodyw Mov Ther.* 2017;21:186-93.
13. Romero-Moraleda B, Touche R, Lerma-Lara S, Ferrer-Peña R, Paredes V, Peinado AB, et al. Neurodynamic mobilization and foam rolling improved delayed-onset muscle soreness in a healthy adult population: a randomized controlled clinical trial. *PeerJ.* 2017;5:e3908.
14. Romero-Moraleda B, González-García J, Cuéllar-Rayó Á, Balsalobre-Fernández C, Muñoz-García D, Morencos E. Effects of Vibration and Non-Vibration Foam Rolling on Recovery after Exercise with Induced Muscle Damage. *J Sports Sci Med.* 2019;18:172-80.
15. Su H, Chang NJ, Wu WL, Guo LY, Chu IH. Acute Effects of Foam Rolling, Static Stretching, and Dynamic Stretching During Warm-ups on Muscular Flexibility and Strength in Young Adults. *J Sport Rehabil.* 2017;26:469-77.
16. Grabow L, Young JD, Alcock LR, Quigley PJ, Byrne JM, Granacher U, et al. Higher quadriceps roller massage forces do not amplify range-of-motion increases nor impair strength and jump performance. *J Strength Cond.* 2018;32:3059-69.
17. Baumgart C, Freiwald J, Kühnemann M, Hotfiel T, Hüttel M, Hoppe MW. Foam Rolling of the Calf and Anterior Thigh: Biomechanical Loads and Acute Effects on Vertical Jump Height and Muscle Stiffness. *Sport.* 2019;7:27.
18. Wiewelshove 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.
19. 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;372:n71.
20. Wager E, Wiffen PJ. Ethical issues in preparing and publishing systematic reviews. *J Evid Based Med.* 2011;4:130-4.
21. Moseley AM, Elkins MR, Van der Wees PJ, Pinheiro MB. Using research to guide practice: The Physiotherapy Evidence Database (PEDro). *Brazilian J Phys Ther.* 2020;24:384-91.
22. Sulowska-Daszuk I, Skiba A. The Influence of Self-Myofascial Release on Muscle Flexibility in Long-Distance Runners. *Int J Environ Res Public Health.* 2022;19:457.
23. Scudamore EM, Sayer BL, Church JB, Bryant LG, Příbyslavská V. Effects of foam rolling for delayed onset muscle soreness on loaded military task performance and perceived recovery. *J Exerc Sci Fit.* 2021;19:166-70.
24. Romero-Franco N, Romero-Franco J, Jiménez-Reyes P. Jogging and Practical-Duration Foam-Rolling Exercises and Range of Motion, Proprioception, and Vertical Jump in Athletes. *J Athl Train.* 2019;54:1171-78.
25. Oranchuk DJ, Flattery MR, Robinson TL. Superficial heat administration and foam rolling increase hamstring flexibility acutely; with amplifying effects. *Phys Ther Sport.* 2019;40:213-7.
26. Maniatakis A, Mavraganis N, Kallistratos E, Mandalidis D, Mylonas K, Angelopoulos P, et al. The effectiveness of Ergon Instrument-Assisted Soft Tissue Mobilization, foam rolling, and athletic elastic taping in improving volleyball players' shoulder range of motion and throwing performance: a pilot study on elite athletes. *J Phys Ther Sci.* 2020;32:611-4.
27. Rey E, N-Cabo AP, Costa PB, Barcala-Furelos R. Effects of Foam Rolling as a Recovery Tool in Professional Soccer Players. *J strength Cond Res.* 2019;33:2194-201.
28. Siebert T, Donath L, Borsdorf M, Stutzig N. Effect of Static Stretching, Dynamic Stretching, and Myofascial Foam Rolling on Range of Motion During Hip Flexion: A Randomized Crossover Trial. *J strength Cond Res.* 2022;36:680-85.
29. Lopez-Samanes A, Del Coso J, Hernández-Davó JL, Moreno-Pérez D, Romero-Rodríguez D, Madruga-Parera M, et al. Acute effects of dynamic versus foam rolling warm-up strategies on physical performance in elite tennis players. *Biol Sport.* 2021;38:595-601.
30. Souza SM, Costa Neto JFP, Santos JET. Revista Pesquisa em Fisioterapia. *Rev Pesqui em Fisioter.* 2020;10:188-94.
31. Richman ED, Tyo BM, Nicks CR. Combined Effects of Self-Myofascial Release and Dynamic Stretching on Range of Motion, Jump, Sprint, and Agility Performance. *J strength Cond Res.* 2019;33:1795-803.
32. Zügel M, Maganaris CN, Wilke J, Jurkat-Rott K, Klingler W, Wearing SC, et al. Fascial tissue research in sports medicine: from molecules to tissue adaptation, injury and diagnostics: consensus statement. *Br J Sports Med.* 2018;52:1497.
33. Barbe MF, Gallagher S, Massicotte VS, Tytell M, Popoff SN, Barr-Gillespie AE. The interaction of force and repetition on musculoskeletal and neural tissue responses and sensorimotor behavior in a rat model of work-related musculoskeletal disorders. *BMC Musculoskelet Disord.* 2013;14:1-26.
34. Wong TL, Huang CF, Chen PC. Effects of Lower Extremity Muscle Fatigue on Knee Loading During a Forward Drop Jump to a Vertical Jump in Female Athletes. *J Hum Kinet.* 2020;72:5-13.
35. Beardsley C, Skarabot J. Effects of self-myofascial release: A systematic review. *J Bodyw Mov Ther.* 2015;19:747-58.
36. Hendricks S, Hill H, Hollander S den, Lombard W, Parker R. Effects of foam rolling on performance and recovery: A systematic review of the literature to guide practitioners on the use of foam rolling. *J Bodyw Mov Ther.* 2020;24:151-74.
37. Sullivan KM, Silvey DBJ, Button DC, Behm DG. Roller-massager application to the hamstrings increases sit-and-reach of motion within five to ten seconds without performance impairments. *Int J Sports Phys Ther.* 2013;8:228-36.
38. Peacock CA, Kerin DD, Silver TA, Sanders GJ, VON Carlowitz KA. An Acute Bout of Self-Myofascial Release in the Form of Foam Rolling Improves Performance Testing. *Int J Exerc Sci.* 2014;7:202-11.
39. Crotti M, Bosio A, Invernizzi PL. Validity and reliability of submaximal fitness tests based on perceptual variables. *J Sports Med Phys Fitness.* 2018;58:555-62.
40. Seco-Calvo J, Palavicini M, Rodríguez-Pérez V, Sánchez-Herráez S, Abecia-Inchaurregui LC, Mielgo-Ayuso J. The Role of Hip Joint Clearance Discrepancy as Other Clinical Predictor of Reinjury and Injury Severity in Hamstring Tears in Elite Athletes. *J Clin Med.* 2021;10:1-16.
41. Schleip R. Fascial plasticity – a new neurobiological explanation: Part 1. *J Bodyw Mov Ther.* 2003;7:11-9.
42. Hotfiel T, Swoboda B, Krinner S, Grim C, Engelhardt M, Uder M, et al. Acute Effects of Lateral Thigh Foam Rolling on Arterial Tissue Perfusion Determined by Spectral Doppler and Power Doppler Ultrasound. *J Strength Cond Res.* 2017;31:893-900.
43. MacDonald GZ, Penney MDH, Mullaley ME, Cuconato AL, Drake CDJ, Behm DG, et al. An acute bout of self-myofascial release increases range of motion without a subsequent decrease in muscle activation or force. *J Strength Cond Res.* 2013;27:812-21.
44. Junker DH, Stögg TL. The Foam Roll as a Tool to Improve Hamstring Flexibility. *J Strength Cond Res.* 2015;29:3480-5.
45. Mohr AR, Long BC, Goad CL. Effect of Foam Rolling and Static Stretching on Passive Hip-Flexion Range of Motion. *J Sport Rehabil.* 2014;23:296-9.
46. Eriksson Crommert M, Lacourpaille L, Heales LJ, Tucker K, Hug F. Massage induces an immediate, albeit short-term, reduction in muscle stiffness. *Scand J Med Sci Sports.* 2015;25:e490-6.
47. Aboodarda S, Spence A, Button DC. Pain pressure threshold of a muscle tender spot increases following local and non-local rolling massage. *BMC Musculoskelet Disord.* 2015;16:265.
48. Leone C, Truini A. The CPM Effect: Functional Assessment of the Diffuse Noxious Inhibitory Control in Humans. *J Clin Neurophysiol.* 2019;36:430-6.
49. Monteiro ER, Cavanaugh MT, Frost DM, Novaes J da S. Is self-massage an effective joint range-of-motion strategy? A pilot study. *J Bodyw Mov Ther.* 2017;21:223-6.
50. Braz J, Solorzano C, Wang X, Basbaum AI. Transmitting pain and itch messages: A contemporary view of the spinal cord circuits that generate Gate Control. *Neuron.* 2014;82:522-36.
51. Ajimsha MS, Al-Mudahka NR, Al-Madzar JA. Effectiveness of myofascial release: systematic review of randomized controlled trials. *J Bodyw Mov Ther.* 2015;19:102-12.
52. Bernabei M, van Dieën JH, Maas H. Altered mechanical interaction between rat plantar flexors due to changes in intermuscular connectivity. *Scand J Med Sci Sports.* 2017;27:177-87.