

**UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE**

**FACULTAD DE MEDICINA**

**TRABAJO FIN DE GRADO**

**GRADO EN FISIOTERAPIA**



**UNIVERSITAS**  
*Miguel Hernández*

**Estrategias fisioterapéuticas para la recuperación del dolor muscular de aparición tardía (DOMS): revisión bibliográfica**

**AUTOR:** Samper Llavador, Sergio

**TUTOR:** Soto Sánchez, Cristina

**Departamento:** Departamento de histología y anatomía. Área de biología celular.

**Curso académico 2024-2025**

**Convocatoria de Junio**



## ÍNDICE

1. RESUMEN Y PALABRAS CLAVE .....	1
2. INTRODUCCIÓN.....	3
3. OBJETIVOS.....	6
4. MATERIALES Y MÉTODOS .....	7
5. RESULTADOS.....	11
6. DISCUSIÓN .....	29
7. CONCLUSIONES .....	37
8. BIBLIOGRAFÍA .....	38





# 1. RESUMEN Y PALABRAS CLAVE

**Introducción:** el dolor muscular de aparición tardía (DOMS) se basa en una lesión del tejido muscular provocada por un exceso de actividad física, ya sea en intensidad o duración. Este daño provoca rigidez muscular, dolor, inflamación, disminución de la capacidad de ejercer fuerza y descenso del rango de movimiento. La reducción de dicha sintomatología se puede conseguir mediante diversas intervenciones dentro del campo de la fisioterapia, como son la crioterapia (especialmente la inmersión en agua fría, CWI), masoterapia, pistola de masaje, *foam roller*, electroterapia, ondas electromagnéticas y estiramientos estáticos. Sin embargo y a pesar de numerosos estudios, todavía no se ha definido cuál es la mejor opción a elegir.

**Objetivo:** analizar la eficacia de distintas terapias en el tratamiento de los síntomas asociados al DOMS.

**Materiales y métodos:** se seleccionaron 16 ensayos clínicos tras una búsqueda bibliográfica en bases de datos (PubMed, Cochrane y PEDro). Se aplicaron filtros de calidad, criterios de inclusión y exclusión.

**Resultados:** se analizó el efecto provocado por cada una de las terapias sobre la inflamación muscular, el dolor, el rango de movimiento (ROM) y la fuerza. En conjunto, la crioterapia fue la intervención que mejores resultados obtuvo para los síntomas anteriores, aunque otros tratamientos como la masoterapia o los estiramientos también fueron efectivos parcialmente.

**Conclusiones:** la crioterapia parecer ser la intervención más efectiva para el tratamiento del DOMS por medio de la reducción del dolor, la inflamación y la recuperación del rendimiento muscular.

**Palabras clave:** DOMS, fisioterapia, crioterapia, dolor, estiramientos, masaje.

**Background:** *delayed onset muscle soreness (DOMS) is an injury of the muscle tissue caused by excessive physical activity, either in intensity or duration. This damage causes muscle stiffness, pain, inflammation, decreased ability to exert force and reduced range of motion. These symptoms can be improved by various interventions within the field of physiotherapy, such as cryotherapy (especially cold water immersion, CWI), massages, massage gun, foam roller, electrotherapy, electromagnetic waves and static stretching. However, despite numerous studies, the best option to choose has not yet been defined.*

**Objective:** *to analyse the efficacy of different therapies in the treatment of symptoms associated with DOMS.*

**Materials and methods:** *16 clinical trials were selected following a literature search in databases (PubMed, Cochrane and PEDro). Quality filters, inclusion and exclusion criteria were applied.*

**Results:** *the effect of each therapy on muscle inflammation, pain, range of motion (ROM) and strength was analysed. Overall, cryotherapy was the intervention with the best results for the above symptoms, although other treatments such as massages and stretching were also partially effective.*

**Conclusions:** *cryotherapy appears to be the most effective intervention for the treatment of DOMS by reducing pain, inflammation and restoring muscle performance.*

**Keywords:** *DOMS, physiotherapy, cryotherapy, pain, stretching, massage.*

## 2. INTRODUCCIÓN

El **dolor muscular de aparición tardía (DOMS)**, o *Delayed Onset Muscle Soreness*, conocido coloquialmente como “agujetas”, es una lesión muscular que se produce al realizar una actividad deportiva excesiva en intensidad o duración, especialmente si en esta ocurren contracciones excéntricas en las que el músculo se alarga mientras está bajo tensión (1). A nivel histológico, dicha lesión muscular es debida a un daño en las miofibrillas, el sarcolema y el retículo sarcoplasmático del músculo, lo que conlleva la microrrotura de la fibra muscular (2). Estas alteraciones provocan la liberación de enzimas como la creatina kinasa (CK) y la lactato deshidrogenasa (LDH) al torrente sanguíneo, así como que se produce una respuesta inflamatoria caracterizada por el aumento de citoquinas proinflamatorias y la proteína C reactiva (2). En consecuencia, tras 10-12 horas aparece una sintomatología característica de esta patología que tiene un pico máximo a las 24-48 horas, pudiendo no llegar a desaparecer hasta pasadas las 72 horas. Entre los síntomas más habituales se encuentran la rigidez muscular, dolor, inflamación, disminución de la capacidad de ejercer fuerza y descenso del rango de movimiento articular (2, 3).

El DOMS afecta negativamente a la capacidad de realizar ejercicios durante 48-72 horas, lo que resulta muy interesante desde el punto de vista del fisioterapeuta puesto que puede afectar al tratamiento proporcionado. Por ejemplo, si se está tratando a un paciente en consulta con ejercicio terapéutico y se sobreexcede la dosis pertinente provocando que el paciente sufra DOMS, se abrirá un periodo de 2-3 días en los que se tendrá que posponer el tratamiento activo o disminuir la dosis, así como que habrá un aumento de la sensación de dolor e incomodidad percibida por el paciente. En conjunto, todo ello puede derivar en una menor adherencia al tratamiento y la persistencia o empeoramiento de la patología original. Por otro lado, si el paciente es un deportista de élite, durante los días que sufra los síntomas del DOMS su rendimiento deportivo disminuirá significativamente afectando así de manera negativa a su carrera deportiva. Por estos motivos, aunque el DOMS es una lesión que puede remitir pasivamente sin necesidad de tratamiento, resulta de gran interés disponer de los conocimientos y las herramientas

necesarias para decidir qué terapias se pueden aplicar con el objetivo de disminuir la intensidad o el tiempo durante el que el paciente sufre su sintomatología.

En la bibliografía se han descrito múltiples enfoques fisioterapéuticos que se pueden emplear para el tratamiento del DOMS (4), por lo que es importante conocer las fortalezas y las debilidades de los efectos de cada tipo de intervención. En primer lugar, la **masoterapia** es una de las técnicas más comunes para el manejo del DOMS, la cual consiste en la utilización de las manos del fisioterapeuta para conseguir la movilización de tejidos blandos (como músculo o tejido conectivo) y alcanzar así un efecto fisiológico beneficioso sin la necesidad de utilizar materiales externos. Al movilizar los tejidos blandos del cuerpo se induce el relajamiento de las fibras musculares y un aumento de la circulación sanguínea en la zona, lo que favorece la desaparición de parte de los síntomas asociados junto con una mayor recuperación del músculo (5, 6). Como alternativa, también se puede utilizar una **pistola de masaje** para percutir el tejido de la zona a tratar con una frecuencia continua y una fuerza estable, de forma que estas vibraciones provoquen efectos parecidos a los del masaje (7, 8).

Otro tipo de terapia ampliamente utilizada son los **estiramientos**, que consisten en provocar una elongación del músculo a través de la separación de su origen y su inserción por medio de la realización de un movimiento lento y controlado. Este estiramiento del tejido provoca efectos beneficiosos, como un aumento de la flexibilidad, la circulación sanguínea o el rango de movimiento (ROM o *Range of Motion*). De hecho, una de sus mayores ventajas es que no es necesaria la presencia de un profesional para su realización, lo que hace que los estiramientos sean una de las técnicas más utilizadas hoy en día por parte de los pacientes (9).

En cuanto al **foam roller**, se trata de un objeto cilíndrico normalmente compuesto de una goma dura que le permite conseguir la liberación miofascial del músculo a tratar. Su utilización es sencilla, ya que basta

con rodar sobre él para ejercer así presión en el músculo. Esta facilidad en su uso junto con su aplicabilidad de manera autónoma explica su creciente popularidad en los últimos años (10).

A diferencia de los métodos explicados anteriormente que tienen en común la aplicación de fuerza y presiones sobre el área afectada por el DOMS, la **electroterapia** está basada en el uso de corrientes eléctricas para favorecer el alivio del dolor, el aumento del ROM o la ganancia de fuerza, pudiendo ser también beneficiosa para tratar el DOMS. Además, puede contribuir a la modulación nerviosa si se aplica la corriente cerca de un nervio, lo que es particularmente efectivo en el tratamiento del dolor muscular (11). Asimismo, es posible complementar las ondas eléctricas con **ondas electromagnéticas** para así obtener resultados parecidos mediante otro tipo de intervención más dirigida a nivel nervioso (12).

Finalmente, la **crioterapia** es una técnica que consiste en el uso del frío para el tratamiento del DOMS (13). A pesar de que existen diversos tipos de intervenciones utilizando el frío (14), en el presente trabajo se profundizará en el uso de los baños de agua fría, (CWI o *cold water immersion*), los cuales consisten en la inmersión del cuerpo (especialmente de la parte a tratar) en agua helada entre 12-15°C intentado así promover y acelerar el proceso de recuperación muscular (15).

Por tanto, en este Trabajo de Fin de Grado, se llevará a cabo una revisión sistemática exhaustiva sobre estrategias fisioterapéuticas para la recuperación del DOMS. Se comparará principalmente entre los diferentes tipos de intervenciones introducidas anteriormente analizando los efectos que provocan en diversos ensayos clínicos con el objetivo de conocer cuál sería la opción más recomendable para la recuperación y el tratamiento de pacientes con DOMS.

### 3. OBJETIVOS

La selección de los objetivos de este trabajo se realizó mediante la pregunta de investigación **PICO**:

- **P (población):** seres humanos con dolor muscular de aparición tardía (DOMS).
- **I (intervención):** tratamiento fisioterapéutico.
- **C (comparación):** comparación de los efectos sobre el tejido muscular entre las diferentes intervenciones fisioterápicas para el tratamiento del DOMS.
- **O (outcomes o resultados):** efectos de las distintas terapias sobre la sintomatología del DOMS.

Así, la pregunta PICO resultante fue: **¿cuál es la mejor intervención fisioterapéutica para el tratamiento del DOMS?**

Tras la formulación de la pregunta PICO, se definieron los siguientes **objetivos** a alcanzar con esta revisión bibliográfica sistemática:

1. Conocer qué cambios producen las distintas terapias fisioterápicas en el tejido muscular dañado.
2. Determinar cuál es la mejor intervención para mejorar los síntomas del DOMS.
3. Profundizar en la importancia de la fisioterapia en el tratamiento del tejido muscular.

## 4. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio ha sido autorizado por la Oficina de Investigación Responsable de la Universidad Miguel Hernández de Elche con su debido COIR: **TFG.GFI.CSS.SSL.250426**.

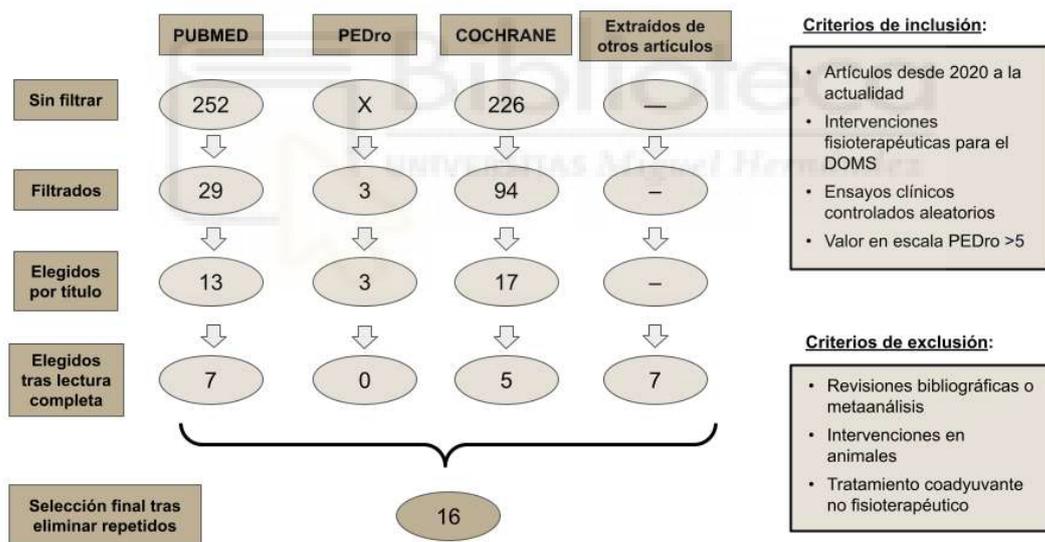
La búsqueda bibliográfica de los artículos científicos para analizar se realizó en diferentes bases de datos de literatura científica: PubMed, PEDro y Cochrane. En todas ellas se utilizaron los mismos criterios de exclusión e inclusión para la selección de los artículos de interés:

- **Criterios de inclusión:** artículos publicados a partir del al 31 de diciembre de 2019, que traten de intervenciones de fisioterapia aplicadas al tratamiento del DOMS en humanos, que sean ensayos clínicos controlados aleatorios y que presenten una valor mínimo de 5 en la escala PEDro (Tabla 1).
- **Criterios de exclusión:** artículos publicados antes del 1 de enero de 2020, que fuesen revisiones bibliográficas o metaanálisis, intervenciones realizadas en modelos animales, así como aquellos que incluyan tratamientos coadyuvantes no fisioterapéuticos (nutrición, medicación...).

Para ello, se utilizó una ecuación de búsqueda específica que se tuvo que adaptar en función de la base de datos utilizada para su correcto funcionamiento (Figura 1) y se aplicaron sucesivos filtros para la selección de los artículos de interés (Figura 2). Brevemente, tras los criterios de inclusión y exclusión, se descartaron aquellos artículos con títulos y *abstracts* que no se correspondían con la temática buscada. A continuación, en la siguiente etapa de filtrado se leyó el artículo completo y se utilizó si contenía la información adecuada.

("delayed onset muscle soreness" OR DOMS OR "muscle soreness") AND ("physical therapy"  
 OR "physiotherapy" OR "manual therapy" OR "massage" OR "cryotherapy" OR "electrotherapy"  
 OR "stretching" OR "exercise therapy") AND (recovery OR "pain reduction" OR rehabilitation  
 OR "functional recovery") AND (humans[MeSH Terms]) NOT review[Publication Type] NOT  
 (nutrition OR supplement OR dietary OR drug OR pharmacologic)

**Figura 1. Ecuación de búsqueda de artículos científicos.** Esta ecuación se adaptó mediante ligeras modificaciones para poder ser usada correctamente en las bases de datos utilizadas: PubMed, PEDro y Cochrane. Figura de elaboración propia.



**Figura 2. Diagrama de flujo seguido en la elección de los artículos científicos revisados.** Se muestran las bases de datos interrogadas y los filtros aplicados, así como los criterios de inclusión y de exclusión utilizados. Figura de elaboración propia.

**Tabla 1. Puntuación en la escala de calidad metodológica PEDro de cada ensayo clínico seleccionado para su análisis.** Para cada estudio, se muestra la superación o no de cada uno de los 11 criterios evaluados por dicha escala, así como la puntuación total. Además, en la leyenda inferior a la tabla se desarrolla el significado de cada criterio de la escala PEDro. Tabla de elaboración propia.

Artículo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	TOTAL
Keriven et al., 2025	Sí	Sí	No	Sí	Sí	No	Sí	Sí	No	Sí	Sí	7
Huang and Chen, 2025	Sí	Sí	No	Sí	No	No	No	Sí	No	Sí	Sí	5
Li et al., 2025	Sí	Sí	No	Sí	No	No	No	Sí	No	Sí	Sí	5
Chen et al., 2025	Sí	Sí	No	Sí	No	No	No	Sí	No	Sí	Sí	5
Boguszewski et al., 2025	Sí	Sí	No	Sí	No	No	No	Sí	No	Sí	Sí	5
Roberts et al., 2024	Sí	Sí	No	Sí	No	No	No	Sí	No	Sí	Sí	5
De Oliveira et al., 2023	Sí	Sí	No	Sí	No	No	No	Sí	No	Sí	Sí	5
Keriven et al., 2023	Sí	Sí	No	Sí	Sí	No	Sí	Sí	No	Sí	Sí	7
Brown et al., 2023	Sí	Sí	No	Sí	No	No	No	Sí	No	Sí	Sí	5
Martínez-Gómez et al., 2022	Sí	Sí	No	Sí	No	No	No	Sí	No	Sí	Sí	5
Ali Fakhro et al., 2022	Sí	Sí	No	Sí	No	No	No	Sí	No	Sí	Sí	5
Angelopoulos et al., 2022	Sí	Sí	No	Sí	No	No	No	Sí	No	Sí	Sí	5
Akehurst et al., 2021	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	No	Sí	Sí	Sí	Sí	7
Qamar et al., 2021	Sí	Sí	No	Sí	No	No	No	Sí	No	Sí	Sí	5

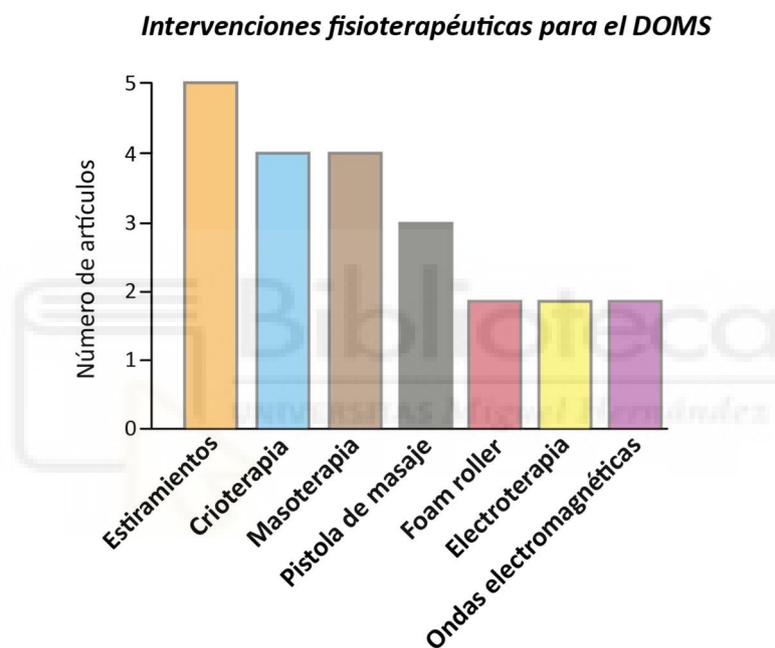
<b>Naderi et al., 2021</b>	Sí	Sí	No	Sí	No	No	No	Sí	No	Sí	Sí	<b>5</b>
<b>Adamczyk et al., 2020</b>	Sí	Sí	No	Sí	No	No	No	Sí	No	Sí	Sí	<b>5</b>

1. *Criterios de elegibilidad especificados*
2. *Asignación aleatoria*
3. *Ocultamiento de la asignación*
4. *Grupos similares al inicio del estudio*
5. *Cegamiento de los sujetos*
6. *Cegamiento de los terapeutas*
7. *Cegamiento de los evaluadores*
8. *Medición de al menos un resultado clave en más del 85% de los sujetos*
9. *Análisis por “intención de tratar”*
10. *Comparación estadística entre grupos*
11. *Medidas puntuales y de variabilidad reportadas*



## 5. RESULTADOS

Una vez seleccionados los artículos de interés, se procedió a una lectura exhaustiva de estos y su consecuente análisis. En este trabajo se han analizado diferentes tipos de intervenciones fisioterapéuticas para el tratamiento del DOMS (Figura 3), de manera que los resultados obtenidos en dicha literatura científica para cada una de estas terapias se han descrito en una tabla que recoge detalladamente la información más importante de cada artículo de forma resumida (Tabla 2).



**Figura 3. Número de artículos en los que se estudia cada tipo de terapia analizada para el tratamiento del DOMS. Figura de elaboración propia.**

**Tabla 2. Lista de los artículos científicos seleccionados y analizados en esta revisión sobre el uso de tratamientos fisioterapéuticos para el manejo del DOMS.** Para cada artículo se ha extraído la información más relevante de manera detallada y resumida: autor y año, tipo de estudio, población, intervención, variables medidas y resultados. Tabla de elaboración propia.

Autor y año	(16) Keriven et al., 2025
Tipo de estudio	Ensayo clínico
Población	<p>54 varones deportistas entre 18 y 35 años.</p> <p><b>Grupo super inductivo (periférico) (P):</b> n=14</p> <p><b>Grupo transcraneal (T):</b> n=13</p> <p><b>Grupo combinado (Comb):</b> n=13</p> <p><b>Grupo control (C):</b> n=14</p>
Intervención	<p>El protocolo aplicado para infligir las DOMS fue el siguiente: 10 series de 10 repeticiones de sentadilla con el 60% de la repetición máxima (RM), 3 series de 10 repeticiones de sentadillas búlgaras y de <i>forward beams</i>.</p> <p><b>Grupo P:</b> 5 ciclos a 100 Hz de estimulación electromagnética periférica (PES), cada ciclo consistiendo en 5 segundos de terapia y 55s de descanso.</p> <p><b>Grupo T:</b> 2000 pulsos de estimulación electromagnética transcraneal (TES) durante mínimo 20 minutos haciendo efecto en el área cortical M1.</p> <p><b>Grupo Comb:</b> se realizaron las dos intervenciones anteriormente mencionadas (PES y TES).</p> <p><b>Grupo C:</b> se les colocó la máquina apagada.</p> <p>La intervención se realizó tras el protocolo DOMS.</p>
Variables medidas	<p><b>Concentración de creatina kinasa (CK):</b> extracción de sangre.</p> <p><b>Concentración de lactato:</b> extracción de sangre.</p> <p><b>Frecuencia cardíaca:</b> se tomó la frecuencia cardíaca máxima y mínima.</p> <p>Las mediciones se hicieron en los siguientes momentos: p0 (pre-DOMS), p1 (1h post-DOMS), p2 (24h), p3 (48h) y p4 (72h).</p>
Resultados	<p><b>Concentración de CK:</b> los niveles de CK aumentaron significativamente a 1h, 24h, 48h y 72h (respecto del valor inicial pre-DOMS) en todos los grupos, siendo a p0 la concentración más baja. Sin embargo, no hubo diferencias significativas entre grupos.</p> <p><b>Concentración de lactato:</b> los niveles de lactato aumentaron significativamente a 1h, 24h, 48h y 72h (respecto del valor inicial pre-</p>

	<p>DOMS) en todos los grupos, siendo a p0 la concentración más baja. Sin embargo, no hubo diferencias significativas entre grupos.</p> <p><b>Frecuencia cardíaca:</b> los grupos P, T y Comb mostraron diferencias significativas respecto al grupo control, mostrando una inhibición del sistema simpático y activación el parasimpático (mejorando así la respuesta inmunitaria). Entre los grupos P y T no se observaron diferencias significativas. El grupo Comb no obtuvo mejores valores que los grupos P y T a las 24 post-DOMS, pero sí tuvo resultados significativamente más beneficiosos que ambos (y que el control) a punto final de 72h post-DOMS.</p>
<b>Autor y año</b>	<b>(17) Huang and Chen, 2025</b>
<b>Tipo de estudio</b>	Ensayo clínico
<b>Población</b>	<p>18 mujeres de edad <math>21,7 \pm 1,1</math> años.</p> <p><b>Grupo de inmersión en agua fría (CWI):</b> n=9</p> <p><b>Grupo control (C):</b> n=9</p>
<b>Intervenciones</b>	<p>Para provocar el daño muscular los sujetos realizaron 10 series de 10 repeticiones de <i>curl</i> femoral excéntrico (partiendo de 90° de flexión y llegando a los 0° de extensión). Cada repetición duró 3 segundos y descansaron 2 minutos entre series.</p> <p><b>Grupo CWI:</b> 14 minutos de inmersión en agua fría (<math>14 \pm 1^{\circ}\text{C}</math>) hasta la espina iliaca anterosuperior que se realizó 5 minutos después del DOMS..</p> <p><b>Grupo C:</b> no recibió tratamiento.</p>
<b>Variables medidas</b>	<p><b>Fuerza:</b> test de contracción máxima voluntaria (MVC) a 30° de la pierna no dominante.</p> <p><b>Dolor:</b> escala visual análoga (EVA) con valores de 0 a 10.</p> <p><b>Test de elevación de la pierna recta (SLR):</b> estiramiento.</p> <p><b>Mioglobina en sangre:</b> oxígeno en sangre.</p> <p>Las variables se midieron: antes del protocolo de daño, 30 minutos después, a las 24h, 48h, 72h, 96h y 120h.</p>
<b>Resultados</b>	<p><b>Fuerza:</b> no hubo cambios significativos hasta las 96h, a partir de ahí el grupo CWI demostró un mejor resultado que el control.</p> <p><b>Dolor:</b> el grupo CWI obtuvo puntuaciones más bajas que el control desde las 48h hasta las 120h, aunque superiores a las obtenidas a las 0h.</p> <p><b>SLR test:</b> el grupo CWI obtuvo puntuaciones más favorables que el control desde las 48h hasta las 120h.</p> <p><b>Mioglobina en sangre:</b> a partir de las 72h el grupo CWI mostró un resultado significativamente mejor respecto al grupo control.</p>

Autor y año	(18) Li et al., 2025
Tipo de estudio	Ensayo clínico
Población	<p>23 varones de entre 19 y 23 años que realizaban mínimo 3 sesiones de deporte a la semana.</p> <p><b>Grupo de estiramiento estático (SS):</b> n=10</p> <p><b>Grupo de pistola de masaje de corta duración (S-PMT):</b> n=10</p> <p><b>Grupo de pistola de masaje de larga duración (L-PMT):</b> n=10</p>
Intervención	<p>El protocolo para provocar los DOMS consistió en un calentamiento de 10 minutos seguido de 10 series de sentadilla pesada (60% RM).</p> <p><b>Grupo SS:</b> se hizo una repetición de los siguientes estiramientos durante 30 segundos: <i>lunge</i> anterior, flexión de rodilla en supino, estiramiento de cuádriceps lateral, semi apertura de piernas, apertura de pierna, mariposa y estiramiento de tríceps sural en bipedestación con pared.</p> <p><b>Grupo S-PMT:</b> con un enganche blando en forma de circunferencia (5 cm de diámetro), se percutió a 53 Hz la musculatura afectada (miembro inferior) en el sentido de las fibras. Se trató cada músculo 2,5 minutos durante un total de 25 minutos.</p> <p><b>Grupo L-PMT:</b> con un enganche blando en forma de circunferencia (5 cm de diámetro), se percutió a 53 Hz la musculatura afectada (miembro inferior) en el sentido de las fibras. Se trató cada músculo 4 minutos durante un total de 40 minutos.</p> <p>Las intervenciones se realizaron tras el protocolo DOMS y pasadas 48h.</p>
Variables medidas	<p><b>Dolor:</b> escala EVA (0-10).</p> <p><b>ROM:</b> ejercicio de <i>kneeling lunge</i>.</p> <p><b>Test de salto en contramovimiento (CMJ):</b> se hicieron 3 saltos máximos y se contó el valor más alto.</p> <p><b>Electromiografía:</b> se midió en vasto lateral, medial y en recto femoral durante el test CMJ.</p> <p>Las variables se midieron a los siguientes tiempos: p0 (pre-DOMS), p1 (post-DOMS), p2 (tras intervención), p3 (tras 24h) y p4 (tras 48h).</p>
Resultados	<p><b>Dolor:</b> en la medición p3 se obtuvo la mayor puntuación de dolor en todos los grupos, a partir de la cual el dolor empezó a disminuir. Al comparar entre grupos se ve una diferencia significativa del grupo L-PMT con el grupo SS en p4.</p> <p><b>ROM:</b> el rango de movimiento disminuyó significativamente en p1 y p2 en los tres grupos respecto a p0. El grupo L-PMT mostró una mejora significativa en p3 y p4 respecto al grupo SS.</p>

	<p><b>CMJ test:</b> todos los grupos obtuvieron un descenso del salto en p1, p2 y p3 respecto a p0, pero el grupo L-PMT disminuyó significativamente menos (tuvo un valor mayor en el test CMJ) que los grupos S-PMT y SS a p4.</p> <p><b>Electromiografía:</b> todos los grupos obtuvieron unos valores similares en p0, p1, p2 y p3. Al llegar a la medición p4 se observó que el grupo L-PMT obtuvo un resultado positivo significativo respecto a los grupos S-PMT y C.</p>
<b>Autor y año</b>	<b>(19) Chen et al., 2025</b>
<b>Tipo de estudio</b>	Ensayo clínico
<b>Población</b>	<p>60 varones jóvenes.</p> <p><b>Grupo de estiramiento estático (SS):</b> n=20</p> <p><b>Grupo de pistola de masaje (PMT):</b> n=20</p> <p><b>Grupo control (C):</b> n=20</p>
<b>Intervenciones</b>	<p>Lo primero que se realizó fue el protocolo para infligir el DOMS. Este se hizo únicamente con la pierna dominante y consistió en 3 series al fallo de extensión de pierna en máquina con 10, 20 o 30 kg para medir la RM. Tras 10 minutos de descanso, se realizaron 10 series de 15 repeticiones al 60% de la RM (descansando 2 minutos entre series).</p> <p><b>Grupo SS:</b> se realizaron 6 series de 30s de estiramiento de miembro inferior (flexión de rodilla y ajuste de la camilla para provocar estiramiento) y se descansó 30s entre series.</p> <p><b>Grupo PMT:</b> se utilizó una pistola de masaje a 40 Hz durante 2 minutos haciendo pasadas siguiendo el sentido de las fibras de proximal a distal en los siguientes músculos: vasto lateral, recto femoral y vasto medial.</p> <p><b>Grupo C:</b> los pacientes estuvieron tumbados en una camilla durante 6 minutos.</p> <p>Las intervenciones se realizaron tras el protocolo DOMS.</p>
<b>Variables medidas</b>	<p><b>Tono y rigidez muscular:</b> se utilizó una herramienta llamada MyotonPRO.</p> <p><b>Fuerza:</b> se midió la fuerza máxima que eran capaces de ejercer en la extensión de pierna con un instrumento de medición de fuerza isocinética.</p> <p>Las mediciones se hicieron en diferentes momentos del estudio: inicial (pre-DOMS), 0h (post-DOMS), tras intervención, a 24h y 48h.</p>
<b>Resultados</b>	<p><b>Tono y rigidez muscular:</b> el grupo PMT logró igualar los resultados de la medición inicial tras la intervención, mientras que el grupo SS (al igual que el control) necesitó llegar a las 24h para igualar este resultado.</p> <p><b>Fuerza:</b> el grupo SS logró recuperar la fuerza ejercida en la valoración inicial a las 24h, en cambio el grupo PMT necesitó 48h. El grupo C no logró igualar la fuerza inicial en ninguna valoración.</p>

<b>Autor y año</b>	<b>(20) Boguszewski et al., 2025</b>
<b>Tipo de estudio</b>	Ensayo clínico
<b>Población</b>	28 personas de entre 20 y 43 años (27,4 años de media). <b>Grupo masaje (M):</b> n=15 (9 mujeres y 6 hombres) <b>Grupo control (C):</b> n=13 (6 mujeres y 7 hombres)
<b>Intervención</b>	El protocolo para provocar las DOMS fue el siguiente: 5 series de <i>forward bends</i> con un descanso de 1 minuto entre ellas. La primera serie se hizo al fallo (máximo de repeticiones) y las otras 4 al 80% del número máximo de repeticiones. <b>Grupo M:</b> 15 minutos de masaje deportivo en la musculatura abdominal. <b>Grupo C:</b> no recibieron tratamiento.  Las intervenciones se realizaron tres veces: tras el protocolo DOMS, a las 24h y a las 48h.
<b>Variables medidas</b>	<b>Dolor:</b> escala EVA (0-10 puntos). Se evaluó esta escala antes del protocolo DOMS, después del DOMS, a las 24h, 48h y 72h. <b>Temperatura:</b> se utilizó un termovisor para medir la temperatura diferentes veces: antes del protocolo DOMS, 5 minutos después, 10 minutos después, 15 minutos después, a las 24h, 48h y 72h.
<b>Resultados</b>	<b>Dolor:</b> ambos grupos aumentaron el dolor respecto a la valoración inicial hasta las 24h. Sin embargo, a partir de las 48h este valor comenzó a decrecer hasta ser significativamente inferior en el grupo M respecto de los controles a las 72h. <b>Temperatura:</b> tras el DOMS, la temperatura no aumentó en el grupo M mientras que sí lo hizo en el grupo C. Al comparar ambos grupos, el masaje consiguió un mejor resultado (menor temperatura) a las 48h y 72h.
<b>Autor y año</b>	<b>(21) Roberts et al., 2024</b>
<b>Tipo de estudio</b>	Ensayo clínico
<b>Población</b>	17 voluntarios, de las cuales 14 eran mujeres (edad $23,4 \pm 2,8$ años) y 3 hombres (edad $26,33 \pm 1,2$ años). <b>Grupo pistola de masaje (PM):</b> n=9 (7 mujeres y 2 hombres) <b>Grupo control (C):</b> n=8 (7 mujeres y 1 hombre)
<b>Intervención</b>	Para provocar el DOMS se realizaron 6 series (2 minutos de descanso entre series) de 10 repeticiones al 85% de la RM de <i>curl</i> predicador, pero únicamente la fase excéntrica, durando esta 7 segundos. <b>Grupo PM:</b> 1 minuto de tratamiento utilizando la pistola a 40 Hz.

	<p><b>Grupo C:</b> no se les realizó ninguna intervención.</p> <p>El tratamiento tuvo lugar antes de cada medición de resultados.</p>
<b>VARIABLES MEDIDAS</b>	<p><b>Magnitud de las DOMS:</b> escala numérica del dolor (NRS) (0-10 puntos).</p> <p><b>ROM:</b> con un goniómetro se midió la flexo-extensión del codo (tanto en pasivo como en activo).</p> <p><b>Fuerza:</b> se pidió contracción máxima y con un dinamómetro isocinético se calculó el valor que eran capaces de alcanzar.</p> <p><b>Electromiografía:</b> se midió mientras se hacía también el ejercicio de medición de fuerza.</p> <p>Se hicieron varias mediciones: 0h (antes de protocolo DOMS), tras 24h, 48h, 72h.</p>
<b>RESULTADOS</b>	<p><b>Magnitud del DOMS:</b> en grupo PM no se observaron diferencias entre las 0h y las 72h (eliminó el dolor), mientras que en el grupo C sí. Asimismo, al comparar entre grupos se observó una menor molestia significativa en el grupo PM a las 24h, 48h y 72h, pero únicamente en las mediciones tomadas justo después de aplicar cada intervención. El tratamiento no tuvo efecto inmediato significativo en el grupo control, pero sí en el grupo PM.</p> <p><b>ROM:</b> el grupo PM obtuvo un valor de ROM significativamente mayor al control a las 24h, 48h y 72h. Además, a las 72h el grupo PM incluso llegó a mejorar el valor inicial de ROM, mientras que el grupo C no.</p> <p><b>Fuerza:</b> comparando con la fuerza hecha a las 0h por el grupo PM, a las 24h se observó un descenso del 12%. Al comparar las 48h con las 24h hubo un aumento del 8%, pero no hubo una diferencia significativa entre las 48h o 72h respecto del valor inicial a las 0h. No se observaron diferencias entre ambos grupos en ningún momento del estudio.</p> <p><b>Electromiografía:</b> cuando se compararon los resultados a las 72h con los obtenidos a las 0h, se vio un aumento del 50% de la actividad nerviosa.</p>
<b>Autor y año</b>	<b>(22) De Oliveira et al., 2023</b>
<b>Tipo de estudio</b>	Ensayo clínico
<b>Población</b>	<p>El estudio se realizó con 39 varones (edad media de 29,2 años).</p> <p><b>Grupo de estiramiento estático (SS):</b> n=13</p> <p><b>Grupo de foam roller (FR):</b> n=13</p> <p><b>Grupo control (C):</b> n=13</p>
<b>Intervención</b>	<p>Antes de realizar las intervenciones fisioterápicas se realizó un protocolo para infligir los DOMS, el cual constó de 100 repeticiones de los siguientes ejercicios: <i>pull-ups</i>, <i>push-ups</i>, sentadilla con mancuerna y sentadilla libre.</p>

	<p><b>Grupo SS:</b> realizaron estiramientos de los siguientes músculos: isquiotibiales, glúteos, cuádriceps, pectoral y dorsal. Un total de 2 repeticiones de 45 segundos de estiramiento y 15s de descanso alternando piernas.</p> <p><b>Grupo FR:</b> se trató la siguiente musculatura con el <i>foam roller</i>: isquiotibiales, glúteos, cuádriceps, pectoral y dorsal. Un total de 2 repeticiones de 45 segundos de <i>foam roller</i> y 15 de descanso alternando piernas.</p> <p><b>Grupo C:</b> no se les realizó ninguna intervención.</p> <p>Las intervenciones se realizaron tras el protocolo DOMS y su consecuente medición de variables.</p>
<p><b>Variables medidas</b></p>	<p><b>Feeling scale (FS):</b> se utilizó esta escala para valorar la sensación de incomodidad y molestia muscular del paciente.</p> <p><b>Dolor:</b> escala EVA (0-10 puntos).</p> <p><b>Total quality recover (TQR):</b> se pasó esta escala (basada en la escala Borg) para medir la percepción general de recuperación de los pacientes.</p> <p><b>Sit and reach (SR):</b> se midió la flexibilidad de los isquiotibiales y musculatura lumbar.</p> <p><b>CMJ test:</b> utilizado para medir el salto y estimar la fuerza del paciente.</p> <p><b>Change of direction (COD):</b> cambio de dirección en un circuito.</p> <p>Las mediciones se hicieron en los siguientes tiempos: inicial (antes del protocolo DOMS), 0h (post-DOMS) y 24h.</p>
<p><b>Resultados</b></p>	<p><b>Feeling scale:</b> no hubo diferencias significativas en esta variable entre los diferentes tratamientos a ningún tiempo analizado.</p> <p><b>Dolor:</b> no hubo diferencias significativas entre los diferentes tratamientos sobre la reducción del dolor a ningún tiempo analizado, llegando incluso a aumentar el dolor a las 24h en el grupo SS respecto de su valor inicial.</p> <p><b>TQR:</b> tras las intervenciones los 3 grupos mostraron un peor valor en este test a 0h post-DOMS, pero lo recuperaron en todos los casos a las 24h. En cuanto a la comparación entre grupos, el grupo FR obtuvo un resultado significativamente mejor que el control.</p> <p><b>SR:</b> no hubo diferencias significativas entre tratamientos a ninguno de los 3 tiempos analizados. Los 3 grupos mostraron una flexibilidad significativamente reducida en este test tras el DOMS (0h), pero tras 24h recuperaron la medición inicial.</p> <p><b>CMJ test:</b> no hubo diferencias significativas entre tratamientos a ninguno de los 3 tiempos analizados. Los 3 grupos mostraron un valor de fuerza significativamente reducido tras el DOMS (0h), pero tras 24h recuperaron la medición inicial.</p>

	<p><b>COD:</b> no hubo diferencias significativas entre tratamientos a ninguno de los 3 tiempos analizados. Tras 24h, todos ellos recuperaron el valor inicial del test.</p>
<b>Autor y año</b>	<b>(23) Keriven et al., 2023</b>
<b>Tipo de estudio</b>	Ensayo clínico
<b>Población</b>	<p>45 hombres jugadores profesionales de fútbol (edad media de 22,3 años).</p> <p><b>Grupo de estimulación electromagnética (EG):</b> n=23</p> <p><b>Grupo control (C):</b> n=22</p>
<b>Intervención</b>	<p>Todos los participantes realizaron un protocolo para provocar el DOMS consistente en 10 series de 10 repeticiones de salto vertical desde un cajón de 40 cm (con mancuernas de un 10% de su peso corporal), descansando 15s entre repeticiones y 1 minuto entre series. Además, realizaron 3 series de 10 repeticiones de nórdicos y de peso muerto a una pierna con 10 kg, y 3 series de 20s de <i>suspension race simulation</i>.</p> <p><b>Grupo EG:</b> la intervención consistió en un protocolo LTP (potenciación a largo plazo) de 5 estimulaciones a 100 Hz con 55 segundos de descanso entre ellas.</p> <p><b>Grupo C:</b> se utilizó los mismos parámetros que en el grupo EG, pero se colocó la máquina a 20 cm para que así no tuviera efecto.</p> <p>Las intervenciones se realizaron tras 1h después del protocolo DOMS, y a las 24, 48 y 72 horas.</p>
<b>Variables medidas</b>	<p><b>Dolor:</b> se utilizó un algómetro para determinar cuánta presión era necesaria para que el estímulo empezase a ser doloroso.</p> <p><b>Fatiga:</b> escala EVA (0-10).</p> <p><b>Rendimiento muscular:</b> se evaluó la fuerza mecánica ejercida al realizar 2 repeticiones de <i>half squat</i> con el 80% del peso corporal.</p> <p><b>Fuerza:</b> con un dinamómetro se observó la fuerza máxima que eran capaces de realizar en una contracción isométrica de extensión de pierna en una posición de 90° de flexión.</p> <p><b>Concentración de lactato de sangre:</b> mediante una extracción de sangre.</p> <p><b>Concentración de CK de sangre:</b> mediante una extracción de sangre.</p> <p>Se hicieron varias mediciones: p0 (antes del protocolo DOMS), p1 (1h después del protocolo DOMS), p2 (24h), p3 (48h) y p4 (72h).</p>
<b>Resultados</b>	<p><b>Dolor:</b> el grupo EG mostró un mayor umbral de tolerancia a la presión al necesitar más presión para notar dolor entre las 48h y 72h en comparación con el grupo C (específicamente en el vasto lateral del cuádriceps).</p>

	<p><b>Fatiga:</b> no hubo diferencias significativas entre los grupos, aunque con el paso del tiempo la fatiga se fue reduciendo sin llegar a desaparecer.</p> <p><b>Rendimiento muscular:</b> no hubo diferencias significativas entre los grupos, aunque con el paso del tiempo el rendimiento se recuperó.</p> <p><b>Fuerza:</b> no hubo diferencias significativas entre los grupos, aunque con el paso del tiempo la fuerza se recuperó.</p> <p><b>Concentración de lactato:</b> la concentración de lactato aumentó solamente 1h tras el DOMS en ambos grupos, pero sin diferencias entre grupos.</p> <p><b>Concentración de CK:</b> la concentración de CK aumentó a 1h, 24h, 42h y 72h tras el DOMS en ambos grupos, pero sin diferencias entre ellos.</p>
<b>Autor y año</b>	<b>(24) Brown et al., 2023</b>
<b>Tipo de estudio</b>	Ensayo clínico
<b>Población</b>	<p>22 personas (11 mujeres y 11 hombres) de 21 años de media.</p> <p><b>Grupo EMS:</b> n=11</p> <p><b>Grupo EMS + restricción del flujo sanguíneo (Comb):</b> n=11</p>
<b>Intervención</b>	<p>El protocolo para provocar el DOMS consistió en realizar un <i>curl</i> predicador de bíceps, pero únicamente la fase excéntrica del movimiento.</p> <p><b>Grupo EMS:</b> mediante electrodos adhesivos, se aplicó corriente interferencial en el bíceps durante 20 minutos a 4000 Hz, con una duración de pulso de 125 microsegundos (trenes de impulsos de 80-150 Hz) y una intensidad tolerable que dependió de la persona.</p> <p><b>Grupo Comb:</b> además del tratamiento anterior con EMS, se aplicó una restricción del flujo sanguíneo del bíceps en series de 2 minutos con descansos de 1 minuto entre ellas.</p> <p>Las intervenciones tuvieron lugar después del protocolo DOMS.</p>
<b>Variables medidas</b>	<p><b>Incomodidad muscular:</b> mediante la escala Borg (0-10 puntos).</p> <p><b>Fuerza:</b> se realizó un ejercicio isométrico de bíceps y se utilizó un dinamómetro para saber la fuerza ejercida por los participantes.</p> <p>Se hicieron varias mediciones a lo largo del estudio: p0 (pre-DOMS), p1 (48h post-DOMS), p2 (post-intervención), p3 (10 minutos post-intervención) y p4 (30 minutos post-intervención).</p>
<b>Resultados</b>	<p><b>Incomodidad muscular:</b> la incomodidad muscular aumentó en ambos grupos a todos los tiempos medidos respecto del valor inicial a p0, aunque desde el momento de la intervención (p2) volvió a disminuir sin llegar a igualar a p0 en ningún momento. No hubo diferencias significativas entre grupos.</p>

	<p><b>Fuerza:</b> la fuerza disminuyó en ambos grupos a todos los tiempos medidos respecto del valor inicial a p0, pareciendo incluso que no ocurría una mejoría tras la intervención (no se recuperó la valoración inicial en ningún momento). No hubo diferencias significativas entre grupos.</p>
<b>Autor y año</b>	<b>(25) Martínez-Gómez et al., 2022</b>
<b>Tipo de estudio</b>	Ensayo clínico
<b>Población</b>	<p>15 atletas varones de 29 años de media (del mismo centro de crossfit).</p> <p><b>Grupo de estimulación eléctrica neuromuscular (NMES):</b> n=5</p> <p><b>Grupo de recuperación activa (AR):</b> n=5</p> <p><b>Grupo control (C):</b> n=5</p>
<b>Intervención</b>	<p>El protocolo para aplicar las DOMS fue el siguiente: 3 series (primera serie de 21 repeticiones, segunda serie de 15, y tercera de 9) de <i>thruster</i> con barra y otras 3 series de dominadas en el mínimo tiempo posible.</p> <p><b>Grupo NMES:</b> se utilizaron 3 canales (con 2 electrodos cada uno) por pierna para tratar los cuádriceps, bíceps femoral, gemelos y semitendinoso con 5 Hz a 300 microsegundos y a una intensidad soportable que varió entre pacientes durante 15 minutos.</p> <p><b>Grupo AR:</b> 15 minutos de bicicleta estática leve.</p> <p><b>Grupo C:</b> recuperación pasiva.</p> <p>Las intervenciones se realizaron tras la sesión para infligir el DOMS.</p>
<b>Variables medidas</b>	<p><b>Dolor:</b> se utilizó la escala Borg (0-10 puntos) mientras realizaban sentadilla isométrica durante 5 segundos (para provocar activación muscular).</p> <p><b>Concentración de lactato:</b> mediante una muestra de sangre.</p> <p><b>CMJ test:</b> para medir la fuerza muscular.</p> <p>Las mediciones se hicieron en diferentes momentos: p0 (pre-DOMS), p1 (post-DOMS), p2 (15 minutos post-DOMS) y p3 (24h post-DOMS). En el caso del lactato, también se tomaron medidas durante la fase de recuperación a 0, 7,5 y 15 min tras el DOMS.</p>
<b>Resultados</b>	<p><b>Dolor:</b> no hubo diferencias significativas entre los 3 grupos, obteniendo todos una puntuación mayor en la escala Borg en todas las mediciones respecto a p0.</p> <p><b>Concentración de lactato:</b> no hubo diferencias significativas entre los 3 grupos, obteniendo todos una mayor concentración de lactato en todas las mediciones respecto a p0.</p> <p><b>CMJ test:</b> la altura conseguida en el test fue menor que en todos los momentos respecto al valor inicial a p0, nuevamente sin diferencias significativas al comparar los grupos entre sí.</p>

Autor y año	(26) Ali Fakhro et al., 2022
Tipo de estudio	Ensayo clínico
Población	<p>60 personas deportistas de entre 19-45 años (siendo 30 hombres y 30 mujeres) que realizaban actividad física moderada 2-3 veces por semana.</p> <p><b>Grupo de inmersión en agua helada (TCWI): n=30</b></p> <p><b>Grupo de masaje con hielo (MI): n=30</b></p>
Intervenciones	<p>Ambos grupos se sometieron a un protocolo de daño muscular con el objetivo de provocar el DOMS. Este protocolo consistía en 5 series de 20 saltos desde un cajón de 60 cm de altura, descansando 2 minutos entre series. Tras este ejercicio realizaron una serie salto vertical máximo en el que en la fase de aterrizaje se les pedía que llegaran mínimo a 90° de flexión de rodilla (cabe destacar que tuvieron las manos en la cintura durante todos los saltos).</p> <p><b>Grupo TCWI:</b> se sometieron a una sesión de inmersión en agua a 12°C durante 15 minutos. Estuvieron sentados en todo momento y el agua les cubría hasta el cuello, no llegando a mojarlo.</p> <p><b>Grupo MI:</b> se les realizó un masaje circular con hielo a una presión constante durante 15 minutos mientras estaban sentados.</p>
Variables medidas	<p><b>Niveles de CK:</b> mediante un análisis de sangre.</p> <p><b>Fuerza máxima:</b> se midió el peso máximo que el paciente podía mover en el ejercicio de extensión de pierna empezando desde 90° de flexión de rodilla.</p> <p><b>Rendimiento muscular:</b> mediante el test CMJ.</p> <p><b>Dolor:</b> se utilizó la escala EVA con una calificación de 0 a 10.</p> <p>Todas las variables se midieron a las 0h, 2h, 24h, 48h y 72h tras el DOMS.</p>
Resultados	<p><b>CK:</b> la concentración de CK fue máxima en ambos grupos a las 24h, momento a partir del cual el grupo TCWI comenzó a disminuir la concentración de CK con valores significativamente menores que el grupo MI a las 48h y 72h.</p> <p><b>CMJ:</b> a las 2h se vio un descenso del valor del test en ambos grupos. A las 24h el grupo TCWI aumentó el valor del test llegando a igualar el valor inicial a las 72h. Por otro lado, el grupo MI continuó bajando hasta las 48h y no fue cuando pasaron 72h que comenzó a aumentar el valor del test CMJ. El grupo TCWI obtuvo un mejor resultado en dicho test a 24h, 48h y 72h respecto del grupo MI.</p> <p><b>Fuerza máxima:</b> pasadas 2h ambos grupos disminuyeron su RM. El grupo TCWI comenzó a aumentar otra vez su fuerza máxima a las 24h consiguiendo igualar el valor inicial a las 72h, mientras que el grupo MI no fue hasta las 72h que volvió a empezar a recuperar su fuerza máxima, pero</p>

	<p>sin ser capaz de igualar el valor inicial. El grupo TCWI obtuvo un mejor resultado en esta prueba a 24h, 48h y 72h respecto del grupo MI.</p> <p><b>Dolor:</b> el grupo TCWI alcanzó el valor máximo de dolor a las 24h, momento en el que empezó a disminuir obteniendo valores significativamente menores que el grupo MI a las 48h y 72h, llegando al mínimo a las 72h con el mismo valor que el inicial. Por el contrario, el grupo MI siguió aumentando el dolor hasta las 48h y entonces comenzó a disminuir, sin llegar a igualar el valor inicial pasadas 72h.</p>
<b>Autor y año</b>	<b>(27) Angelopoulos et al., 2022</b>
<b>Tipo de estudio</b>	Ensayo clínico
<b>Población</b>	<p>60 varones que formaban parte de un equipo amateur de fútbol, balonmano o voleibol (edad media de 21,1 años).</p> <p><b>Grupo inmersión en agua fría (CWI):</b> n=15</p> <p><b>Grupo masaje (M):</b> n=15</p> <p><b>Grupo de CWI y M (Comb):</b> n=15</p> <p><b>Grupo control (C):</b> n=15</p>
<b>Intervenciones</b>	<p>Para infligir el DOMS, todos los participantes realizaron 5 series de 20 saltos desde un cajón de 60 cm de altura. Se descansó 2 minutos entre series y 10 segundos entre repeticiones. Tras los 100 saltos totales se realizó una vuelta a la calma con 15 minutos de carrera al 50% de VO<sub>2</sub> y una serie de estiramientos estáticos de la musculatura de la rodilla.</p> <p><b>Grupo CWI:</b> 10 minutos de inmersión en agua a 10°C hasta las EIAS.</p> <p><b>Grupo M:</b> 20 minutos de masaje (10 minutos por pierna), durante los cuales se fue aumentando la intensidad para tratar así también los tejidos profundos.</p> <p><b>Grupo Comb:</b> se les trató con 10 minutos de inmersión en agua a 10°C y 20 minutos de masaje.</p> <p><b>Grupo C:</b> recuperación pasiva.</p> <p>Las intervenciones se realizaron únicamente tras acabar los ejercicios de vuelta a la calma.</p>
<b>VARIABLES MEDIDAS</b>	<p><b>Sensación de fatiga:</b> escala Borg.</p> <p><b>Dolor:</b> escala EVA.</p> <p><b>Fuerza:</b> se midió la fuerza isométrica de extensión de rodilla con un dinamómetro.</p> <p><b>ROM:</b> con un goniómetro se midió la flexión de rodilla.</p> <p><b>Concentración de CK:</b> extracción de sangre.</p>

	<p><b>Perímetro del recto femoral:</b> con la ayuda de un ultrasonido se midió el perímetro muscular.</p> <p>Las mediciones se realizaron en los siguientes momentos: 0h (pre-DOMS), post-DOMS, 24h, 48h y 72h</p>
<b>Resultados</b>	<p><b>Sensación de fatiga:</b> aumentó en los 4 grupos significativamente entre la medición de 0h y la post-DOMS. A partir de las 24h comenzó a disminuir llegando a igualar la medición inicial a las 72h en todos los grupos. No hubo diferencias significativas entre grupos.</p> <p><b>Dolor:</b> inicialmente aumentó en los 4 grupos tras la aplicación del protocolo DOMS (y en el grupo control siguió haciéndolo linealmente sin descender). El grupo CWI fue el grupo que más disminuyó el dolor significativamente respecto al resto de grupos desde las 24h hasta las 72h. Los grupos grupo M y Comb también mostraron una reducción del dolor significativa respecto al grupo C en este periodo de tiempo, pero no tanto como el grupo CWI.</p> <p><b>Fuerza:</b> disminuyó en los 4 grupos significativamente entre la medición de 0h y la post-DOMS. A partir de las 24h comenzó a aumentar llegando a igualar la medición inicial a las 72h en todos los grupos. No hubo diferencias significativas entre grupos.</p> <p><b>ROM:</b> disminuyó en los 4 grupos significativamente entre la medición de 0h y la post-DOMS. A partir de las 24h comenzó a aumentar llegando a igualar la medición inicial a las 72h en todos los grupos. No hubo diferencias significativas entre grupos.</p> <p><b>Concentración de CK:</b> aumentó en los 4 grupos significativamente entre la medición de 0h y la post-DOMS. A partir de las 24h comenzó a disminuir llegando a igualar la medición inicial a las 48h en todos los grupos. No hubo diferencias significativas entre grupos.</p> <p><b>Perímetro del recto femoral:</b> aumentó en los 4 grupos significativamente entre la medición de 0h y la post-DOMS. A partir de las 24h comenzó a disminuir llegando a igualar la medición inicial a las 72h en todos los grupos. No hubo diferencias significativas entre grupos.</p>
<b>Autor y año</b>	<b>(28) Akehurst et al., 2021</b>
<b>Tipo de estudio</b>	Ensayo clínico
<b>Población</b>	<p>22 jugadores de hockey sobre hielo (14 hombres, 8 mujeres) de 26-27 años.</p> <p><b>Grupo de estiramiento (SS):</b> n=11 (7 hombres y 4 mujeres)</p> <p><b>Grupo de vibración de todo el cuerpo durante estiramientos (WBV):</b> n=11 (7 hombres y 4 mujeres)</p>
<b>Intervenciones</b>	El protocolo DOMS utilizado para inducir el daño muscular consistió en 4 series de 10 repeticiones de extensión de pierna sentado. Durante este ejercicio la fase excéntrica duró 6 segundos y la concéntrica fue hecha lo más rápido posible.

	<p><b>Grupo SS:</b> realizaron estiramientos estáticos del cuádriceps provocando una flexión de rodilla máxima.</p> <p><b>Grupo WBV:</b> se realizaron 3 series que constaban de: 30 segundos de estiramiento de cuádriceps derecho, 30s de estiramiento del cuádriceps izquierdo y un minuto de sentadilla a 90° de flexión de rodilla isométrica. Se descansó 2 minutos entre series y todo el tiempo de tratamiento estuvo en una plataforma de vibración la cuál funcionaba a 30 Hz.</p>
<b>Variables medidas</b>	<p><b>Estiramiento del cuádriceps:</b> se midió la distancia entre el talón y el glúteo en una flexión de rodilla máxima.</p> <p><b>Dolor:</b> se utilizó la escala EVA.</p> <p>Se hicieron varias mediciones: inicial (antes del protocolo DOMS), tras 24h del DOMS, 58h, 72h y 168h.</p>
<b>Resultados</b>	<p><b>Estiramiento del cuádriceps:</b> ambos grupos empeoraron el resultado tras el protocolo DOMS, aumentando la distancia hasta pasadas las 48h en el grupo SS y 24h en el grupo WBV, momento a partir del cual comenzó a descender. Los valores iniciales se recuperaron tras 3 días en el grupo WBV, mientras que el grupo SS necesitó 7 días. Por tanto, el grupo WBV obtuvo resultados significativamente mejores que el grupo SS.</p> <p><b>Dolor:</b> el dolor llegó a una puntuación máxima a las 24h tras el protocolo DOMS en ambos grupos y entonces comenzó a disminuir, habiendo una mayor reducción significativa en el grupo WBV (consiguió recuperar el valor inicial de dolor más rápidamente) respecto al grupo SS.</p>
<b>Autor y año</b>	<b>(29) Qamar et al., 2021</b>
<b>Tipo de estudio</b>	Ensayo clínico
<b>Población</b>	<p>Un total de 60 jóvenes (46 mujeres y 14 hombres) no entrenados, sedentarios pero sanos, con una edad media de 21,47 años.</p> <p><b>Grupo de estiramientos estáticos (AIS): n=30</b></p> <p><b>Grupo control (C): n=30</b></p>
<b>Intervenciones</b>	<p>El protocolo para inducir el DOMS conllevó la realización de 20 series de 10 repeticiones de <i>curl</i> de muñeca (tanto para flexores como para extensores) usando el 90% de la RM.</p> <p><b>Grupo SS:</b> antes del protocolo de DOMS, estos participantes realizaron 10 estiramientos de muñeca de 2 segundos, con un descanso de 5 segundos entre cada uno y sin exceder una fuerza de 1 libra.</p> <p><b>Grupo C:</b> recuperación pasiva.</p>
<b>Variables medidas</b>	<p><b>Dolor:</b> se utilizó la escala EVA para medir el dolor del 0 al 10.</p> <p><b>Pressure pain threshold (PPT):</b> con un algómetro se midió cuánta presión es necesaria para que el estímulo pasase a ser doloroso.</p>

	<p><b>ROM:</b> se midió la flexión y extensión de muñeca con un goniómetro.</p> <p><b>Fuerza de agarre:</b> se midió la fuerza de agarre con un dinamómetro.</p> <p>Las mediciones se hicieron a los siguientes tiempos: 0h (pre-DOMS), 1h post-DOMS, 24h, 48h, 72h, 96h, 120h, 144h y 168h.</p>
<b>Resultados</b>	<p><b>Dolor:</b> el dolor aumentó en ambos grupos hasta el quinto día (120h) respecto a la medición inicial de las 0h en ambos grupos, pero al sexto día el grupo AIS (estiramientos) lo redujo significativamente respecto del control hasta recuperar el valor de partida.</p> <p><b>Pressure pain threshold:</b> la presión necesaria para provocar dolor incrementó hasta el cuarto día (96h) en el grupo AIS, pero en el grupo C continuó haciéndolo hasta el sexto día (en ambos grupos a tiempo final se recuperaron los valores iniciales). El grupo AIS obtuvo un resultado significativamente mejor en esa prueba al quinto día respecto del control.</p> <p><b>ROM:</b> el grupo AIS fue capaz de igualar el valor de ROM inicial tras 48h, a diferencia del grupo B que necesitó llegar a las 144h para obtener el mismo resultado, mostrando así una diferencia significativa entre tratamientos.</p> <p><b>Fuerza:</b> la fuerza de agarre inicial se recuperó al cuarto y quinto día en los grupos AIS y control, respectivamente; teniendo el grupo de estiramientos un déficit significativamente menor.</p>
<b>Autor y año</b>	<b>(30) Naderi et al., 2021</b>
<b>Tipo de estudio</b>	Ensayo clínico
<b>Población</b>	<p>78 personas de más de 60 años que quieren empezar a realizar entrenamiento físico.</p> <p><b>Grupo de inmersión en agua fría (CWI):</b> n=26</p> <p><b>Grupo de masaje (M):</b> n=26</p> <p><b>Grupo control (C):</b> n=26</p>
<b>Intervenciones</b>	<p>Para infligir el DOMS se realizaron 4 series de 12 repeticiones al 50% de la RM de los siguientes ejercicios: <i>seated calf raises</i> (tanto con mancuerna como con máquina) y <i>standing calf raises</i> (tanto con mancuerna como con máquina). Se descansó 2 minutos entre cada serie.</p> <p><b>Grupo CWI:</b> inmersión en agua a 15°C durante 15 minutos.</p> <p><b>Grupo M:</b> 15 minutos de masaje en gastrocnemios.</p> <p><b>Grupo C:</b> recuperación pasiva durante 15 minutos.</p> <p>Todas las intervenciones se realizaron a las 24h, 48h y 72 horas tras el protocolo para infligir el DOMS.</p>

<p><b>Variables medidas</b></p>	<p><b>Dolor:</b> se aplicó una presión de 5 kg en los gemelos y se les pasó la escala EVA de 0 a 10 puntos.</p> <p><b>FES-I test:</b> para medir el miedo a la caída.</p> <p><b>Timed up and go:</b> medición de la estabilidad.</p> <p><b>Propiocepción:</b> se colocó la articulación del tobillo del paciente de forma pasiva en una amplitud de flexión plantar de 15° durante 10 segundos y luego se les pidió que volvieran a esa posición activamente.</p> <p><b>Fuerza:</b> se midió la fuerza realizada en 3 contracciones máximas con un dinamómetro.</p> <p>Las mediciones se realizaron en los siguientes momentos: 0h (antes del protocolo de DOMS), 24h post-DOMS, 48h y 72h. En las últimas 3 mediciones se hizo post-tratamiento.</p>
<p><b>Resultados</b></p>	<p><b>Dolor:</b> el dolor fue significativamente menor en los grupos CWI y M respecto al grupo C tanto a las 48h como a las 72h. Los 3 grupos tuvieron el pico de dolor a las 48h.</p> <p><b>FES-I test:</b> el grupo M mostró menor miedo a la caída que el grupo control a las 24h, 48h y 72h; mientras que el grupo CWI únicamente a las 72h.</p> <p><b>Timed up and go:</b> el grupo M necesitó un menor tiempo (mejor resultado) que el grupo C a las 24h, 48h y 72h; mientras que el grupo CWI únicamente fue mejor que el control a las 48h.</p> <p><b>Propiocepción:</b> el grupo M mostró un menor error a la hora de volver a la posición indicada respecto de los grupos CWI y control a las 24h y 72h (y a las 48h también respecto del control solamente).</p> <p><b>Fuerza:</b> se observó una mayor fuerza de los grupos CWI y M respecto del grupo C a las 48h y 72h.</p>
<p><b>Autor y año</b></p>	<p><b>(31) Adameczyk et al., 2020</b></p>
<p><b>Tipo de estudio</b></p>	<p>Ensayo clínico</p>
<p><b>Población</b></p>	<p>33 varones sanos de 24 años de media.</p> <p><b>Grupo smooth roller (STH):</b> n=11</p> <p><b>Grupo grid roller (GRID):</b> n=11</p> <p><b>Grupo control (C):</b> n=11</p>
<p><b>Intervención</b></p>	<p>El protocolo para provocar el DOMS en todos los participantes consistió en un minuto de sentadilla con salto, intentando hacer el máximo de repeticiones posibles.</p> <p><b>Grupo STH:</b> 30 pasadas con un <i>foam roller</i> liso en cada uno de los siguientes músculos: gemelos, isquiotibiales, cuádriceps, aductores, cintilla iliotibial y glúteos.</p>

	<p><b>Grupo GRID:</b> 30 pasadas con un <i>foam roller</i> irregular en cada uno de los siguientes músculos: gemelos, isquiotibiales, cuádriceps, aductores, cintilla iliotibial y glúteos.</p> <p><b>Grupo C:</b> no recibieron tratamiento.</p> <p>Las intervenciones se realizaron tras el protocolo DOMS.</p>
<p><b>Variables medidas</b></p>	<p><b>Concentración de lactato:</b> cantidad de lactato en sangre.</p> <p><b>Temperatura de la piel:</b> temperatura de los miembros inferiores.</p> <p><b>Dolor:</b> se utilizó la escala EVA (0-10 puntos).</p> <p>Las mediciones se hicieron en los siguientes momentos de tiempo: P0 (pre-DOMS), p1(post-DOMS), p2 (post-intervención), p3 (30 minutos después de la intervención), p4 (24h), p5 (48h), p6 (72h) y p7 (96h).</p>
<p><b>Resultados</b></p>	<p><b>Concentración de lactato:</b> la cantidad de lactato aumentó en los 3 grupos tras el ejercicio y volvió a decrecer 30 minutos después sin llegar a los niveles iniciales (debido a la rápida eliminación del lactato). No hubo diferencias significativas entre los tratamientos analizados y el control.</p> <p><b>Temperatura de la piel:</b> la temperatura disminuyó en todos los grupos al comparar p1 y p2 con p0, mientras que a partir de p3 comenzó a aumentar. Tanto el grupo STH como GRID mostraron diferencias significativas con el grupo C al observar una mayor temperatura a partir de las intervenciones, pero con alta variabilidad entre las diferentes zonas de interés analizadas.</p> <p><b>Dolor:</b> ninguna de las intervenciones mostró diferencias significativas en la reducción del dolor respecto de la recuperación pasiva. Los 3 grupos redujeron el dolor a punto final de 96h, pero solamente los grupos STH y GRID consiguieron decrecer este valor gradualmente entre las 24h y 72h.</p>

## 6. DISCUSIÓN

El objetivo de este Trabajo Fin de Grado consiste en, a través de una revisión bibliográfica sistemática, analizar la eficacia de distintas terapias en el tratamiento de los síntomas asociados al DOMS. Brevemente, el DOMS es provocado tras la realización de una actividad física que somete al cuerpo a un ejercicio inusualmente intenso o prolongado, provocando síntomas tales como rigidez muscular, bajada del rendimiento muscular, inflamación local, dolor o incomodidad muscular, disminución del ROM, etc.

Así, se ha llevado a cabo una comparación entre diversas estrategias fisioterapéuticas para evaluar su efectividad en el tratamiento de los múltiples síntomas asociados a este tipo de lesión muscular. A continuación, se analizarán los resultados obtenidos en esta revisión en la que se ha profundizado en el estudio de las siguientes intervenciones: masaje, pistola de masaje, *foam roller*, estiramientos estáticos, electroterapia y crioterapia.

### **Efectos sobre el dolor o la incomodidad muscular**

El dolor o incomodidad muscular se evaluó principalmente mediante el uso de la Escala Visual Análoga (EVA). Esta escala es una herramienta comúnmente utilizada que consiste en una línea recta habitualmente de 10 centímetros, en la cual un valor de 0 cm indica ausencia de dolor mientras que una medida de 10 cm indica el dolor más fuerte imaginable. Así, se les pregunta a los pacientes con qué puntuación de dolor (entre 0 y 10) calificarían el estímulo nociceptivo que sienten para obtener el resultado en la escala EVA. Cabe mencionar que en otros ensayos el dolor se midió por medio de otros protocolos como la escala Borg (25) o la cantidad de presión necesaria para provocar dolor (23). En cualquier caso, el dolor percibido por los pacientes cuando no recibían tratamiento aumentó hasta

pasadas las 48h tras infligir el DOMS e incrementaba significativamente entre las 24 y 48 horas, llegando incluso a persistir más de una semana.

La terapia de inmersión en agua helada fue la que redujo el dolor de manera más significativa y efectiva respecto al resto de intervenciones, ya que consiguió eliminarlo a partir de las 48 horas tras el daño muscular inducido (17, 26, 27, 30). Este hallazgo es coherente con la literatura científica, que atribuye al frío propiedades analgésicas derivadas del aumento de la presión hidrostática, promoviendo así adaptaciones del flujo sanguíneo y la disminución de la extravasación de líquidos hacia el tejido intersticial. Esto ayuda a controlar el edema y la inflamación en las fases iniciales de la DOMS, lo que deriva en una menor sensación de dolor entre otros efectos. Además, al someter al paciente a una inmersión en agua fría y descender la temperatura se produce una ralentización de las señales nerviosas (incluyendo las nociceptivas) y la liberación de endorfinas, lo que potencia el efecto analgésico global (32).

A continuación, la siguiente intervención que más decreció el dolor fue el masaje deportivo (20, 27, 30), pero con menor eficacia que la crioterapia a las 48h y 72h tras el DOMS (26, 27). En el caso de los estiramientos estáticos, mostraron cierta disconformidad en los resultados. Por un lado, en algunos ensayos se observó que eran capaces de reducir la sensación de dolor (29) e incluso con mayor efectividad cuando se complementaban con una vibración del cuerpo entero (28). Por el contrario, en otros estudios esta intervención no era capaz de mejorar el dolor ni la incomodidad muscular en los pacientes (e incluso la aumentaban ligeramente) (22), lo cual concuerda con la bibliografía científica general (33).

La pistola de masaje consiguió mejores resultados que dichos estiramientos tras 48h (18, 21), aunque su uso está controvertido. Mientras que algunos autores sí confirman que su aplicación puede ayudar a aliviar el dolor, existe evidencia científica que demuestra que las vibraciones intensas provocadas por la

pistola pueden conllevar un aumento del dolor entre las 4-8 horas posteriores al daño muscular debido a la estimulación de las terminaciones nerviosas mecanorreceptores (34), aunque este efecto negativo desaparecía a las 24-48 horas tras el DOMS. Además, las ondas electromagnéticas también ayudaron a la disminución del dolor (23).

Finalmente, no se observó una disminución del dolor con ninguno de los siguientes protocolos: electroterapia (25) con o sin restricción de flujo sanguíneo (24), recuperación activa (25) o *foam roller* (22, 31). En este último caso, aunque el *foam roller* clásico de superficie lisa no parece tener gran efecto en la disminución del dolor, utilizar esta herramienta con una superficie irregular puede ser una alternativa útil puesto que sí permitía una mejora gradual con el tiempo (31). Esto se puede deber a que la presión aplicada durante su utilización aumenta el riego sanguíneo en el tejido muscular dañado (provocando un mayor desecho de productos metabólicos perjudiciales asociados al proceso doloroso e inflamatorio) y una modulación de los nociceptores disminuyendo así la percepción del dolor (tal y como ocurre con el masaje) (35).

### **Efectos sobre la inflamación o el daño muscular**

La inflamación consiste en un proceso fisiológico por el cual el cuerpo inicia una respuesta celular y molecular en respuesta a un daño. En este caso, tras un daño muscular inducido por la realización de un ejercicio exacerbado, se inicia este proceso de adaptación caracterizado por el aumento de una serie de marcadores inflamatorios como la creatina kinasa (CK), la lactato deshidrogenasa o la proteína C reactiva (36). La CK es una enzima presente en la musculatura esquelética y cardíaca que se encarga de la producción de energía en las células musculares cuando se debe llevar a cabo una actividad de alta intensidad. De manera habitual, la CK se localiza en el interior de las células, por lo que su liberación a la sangre se produce únicamente cuando ocurre un daño en el tejido muscular (36).

En primer lugar, en cuanto a la crioterapia (27), masaje (27), combinación de inmersión en agua helada junto con masajes (27) y ondas electromagnéticas (16, 23); ninguna de estas intervenciones analizadas consiguió una reducción significativa de la inflamación local (medida a través de la concentración de CK en sangre) respecto de la recuperación pasiva a modo de control. Es decir, aunque todas ellas tras 48-72h permitían alcanzar unos los niveles de CK niveles similares al momento previo de inducir el DOMS, no lo hacían de una manera más rápida o efectiva que aquellos individuos sin tratamiento activo, por lo que no aportan ningún beneficio adicional. No se encontró ningún ensayo que aborde el efecto de los estiramientos estáticos, la recuperación activa, el *foam roller* o la pistola de masaje sobre la concentración de CK.

Cabe destacar que, en cuanto a la comparación entre las diferentes terapias, la crioterapia resultó ser más efectiva que el masaje en la disminución de la CK tras 48-72h del inicio del DOMS (26), ya que además el agua fría conseguía el mismo efecto por sí sola que añadiendo una sesión de masoterapia (27). De hecho, al analizar estos resultados es sorprendente que la crioterapia no parezca favorecer una mejor recuperación del DOMS respecto del reposo. Esto se debe a que, de acuerdo con la bibliografía y en relación con el dolor explicado previamente, se esperaría que la inmersión en agua fría induzca una serie de adaptaciones en el flujo sanguíneo que reducen el flujo sanguíneo y la permeabilidad en la pared vascular. En consecuencia, debería esperarse una disminución de la cantidad de CK en el tejido muscular al producirse una menor inflamación y daño tisular secundario (32).

Al no poder designar una intervención concreta como la mejor opción para paliar la inflamación, resulta de gran interés continuar investigando en este contexto.

## **Efecto sobre el rango de movimiento (ROM)**

El rango de movimiento o ROM es la amplitud total de movimiento que una articulación o músculo puede realizar, pudiendo perderse en mayor o menor grado en función del problema que impida su normal movilidad. Habitualmente, este valor se toma con un goniómetro, el cual es una herramienta manual que mide el ángulo que puede recorrer una articulación desde su posición neutra hasta su límite máximo durante el transcurso de un movimiento. Así, en diversos ensayos revisados se determinó el ROM de diferentes articulaciones mediante el uso de un goniómetro.

Al analizar las diferentes terapias aplicadas, los estiramientos estáticos ayudaron a recuperar el valor de ROM inicial con mayor rapidez (48 horas tras el DOMS) que la recuperación pasiva (144 horas) (29). A pesar de ello, otros estudios muestran que esta ganancia de ROM se da a muy corto plazo fundamentalmente en la primera hora tras realizar los estiramientos (33), por lo que sólo son útiles si se busca un efecto inmediato puesto que al día siguiente el beneficio habrá desaparecido. Además, la pistola de masaje también mostró una mejora del ROM a diferentes tiempos y la recuperación del valor inicial tras dos días (21), en comparación con los grupos control. De hecho, este tratamiento fue incluso más efectivo que los estiramientos estáticos tras 24-48h cuando se aplicaban sesiones con la pistola de larga duración (18). Así, aunque no se ha descrito cómo este dispositivo alcanza dicho efecto terapéutico, algunos estudios sugieren que la mecanotransducción fomentada por su percusión en el tejido muscular podría incrementar la flexibilidad e indirectamente de esta manera el ROM (37), mientras que otros sugieren que el uso de la pistola de masaje no beneficia la ganancia de ROM (34).

Por el contrario, tanto la crioterapia como el masaje (y una combinación de ambas) tuvieron el mismo resultado sobre el ROM que la recuperación pasiva (27). Respecto a la inmersión en frío, es posible que su efecto sobre la disminución del dolor y la inflamación muscular, pudiera mejorar indirectamente también el rango de movimiento. Sin embargo, la baja temperatura incrementa la rigidez del tejido y decrece la flexibilidad de la zona, dejando así de ser eficaz.

## **Efectos sobre la fuerza muscular**

La fuerza muscular se define como la capacidad de los músculos de generar tensión mediante su contracción para vencer una resistencia, la cual en esta revisión se ha medido fundamentalmente de dos maneras: con el test CMJ que permite medir el rendimiento de la musculatura de las extremidades inferiores del cuerpo a partir de un salto vertical; y mediante el uso de un dinamómetro para determinar la fuerza máxima de contracción/extensión/agarre de diferentes músculos.

En términos generales, en la mayoría de ensayos la crioterapia resultó ser la intervención más efectiva para la recuperación de la fuerza muscular tras el DOMS al conseguir recuperar los valores iniciales en más rápidamente que la recuperación pasiva (a partir de las 24 horas) (17, 30), e incluso lo hizo en un tiempo menor que otras terapias como los masajes (tras 72h) (26). Cabe mencionar que un estudio en concreto mostró que ni la inmersión en agua fría, ni los masajes ni su combinación permitían mejorar la fuerza (27); pero el resto apoyaban su uso. Este efecto beneficioso concuerda con lo descrito en la bibliografía (14, 38), de manera que el agua fría es capaz de reducir el dolor, la inflamación, la rigidez muscular y la fatiga; lo que en conjunto lleva a la capacidad de ejercer una mayor fuerza. Es decir, el rendimiento muscular acaba siendo el resultado integrado del estado del músculo medido a través de múltiples variables.

Sin embargo, a diferencia de las variables analizadas anteriormente, el rendimiento muscular presenta una gran disparidad de resultados para otros tipos de tratamientos. Por ejemplo, se encontraron datos tanto a favor (30) como en contra (27) de la masoterapia. Lo mismo ocurre con los estiramientos estáticos, incluyendo ensayos en los que se recupera la fuerza inicial y con valores más elevados que los controles (19, 29), mientras que en otros no se aprecian diferencias significativas (22). En este caso, no se conoce cómo podrían ayudar a la ganancia de fuerza, ya que se piensa que los estiramientos podrían ser perjudiciales al disminuir la excitabilidad de las motoneuronas y la actividad del huso muscular (39).

Curiosamente, la realización de los estiramientos fue más eficaz que el uso de una pistola de masaje durante una sesión de corta duración puesto que estas terapias permitieron restaurar la fuerza pre-DOMS en un periodo de 24h y 48h, respectivamente (19). No obstante, si la pistola se aplica durante un periodo más prolongado (unos 40 minutos) se llega a recuperar la fuerza con una efectividad mayor a los estiramientos a las 48h (18). Esta disparidad también se da en la bibliografía, con datos tanto a favor (37) como en contra (33) de su efectividad. Sin embargo, habitualmente este instrumento se usa durante pocos minutos sobre el músculo afectado, por lo que el tiempo de tratamiento con la pistola de masaje parece ser clave para paliar los síntomas del DOMS, presentando un rango de efecto desde nulo o escaso (19, 21) hasta muy beneficioso (18).

Finalmente, la evidencia no fue clara respecto del uso del *foam roller* (22), ondas electromagnéticas (23), electroterapia (25) sin o con restricción del flujo sanguíneo (24), y la recuperación activa (25); ya que mostraron efectos parecidos a la recuperación pasiva. Cabe mencionar que se encontró una cantidad muy limitada de artículos que abordaban la recuperación de la fuerza con cada una de estas intervenciones, lo que dificulta su estudio.

### **Problemas y limitaciones**

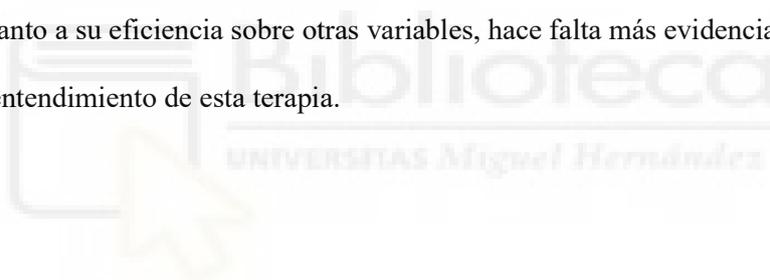
Una vez realizada la lectura, extracción de datos e integración de los ensayos clínicos revisados, se han detectado diversos aspectos a tener en cuenta a la hora de interpretar las conclusiones de este trabajo. En primer lugar, existe una falta de homogeneidad en los protocolos aplicados para inducir el DOMS. Aunque en todos los casos se realizó una serie de ejercicios excéntricos para infligir un daño muscular, cada estudio utilizó ejercicios diferentes en músculos diferentes, lo que puede influir fácilmente en la intensidad de los DOMS producidos y por tanto alterar los resultados. Es cierto que en la mayoría de artículos se comprobaba que no hubiera diferencias significativas en el DOMS provocado entre grupos, pero esta medida de control no existe entre distintos ensayos, lo cual aporta una variabilidad no deseada.

Otro elemento a destacar es que en varios trabajos no se ha incluido un grupo control de pacientes a los que se les induce el DOMS y se les deja en recuperación pasiva. En esta revisión, un 75% (12/16) de los artículos presenta un grupo control, mientras que un 25% (4/16) no lo presenta. Es muy importante disponer en todos los casos de un grupo control, ya que sin él no se puede concluir si las intervenciones aplicadas son realmente efectivas o no, pudiendo deberse el efecto observado simplemente al paso del tiempo.

Por otro lado, en los diferentes ensayos no se han analizado las mismas variables para cada uno de los síntomas asociados al DOMS (dolor, inflamación, ROM y fuerza muscular). Por ejemplo, en el caso de la fuerza se han utilizado diversos métodos para su medición (test CMJ, repetición máxima a una única repetición, fuerza isométrica ejercida...), lo que afecta altamente a la variabilidad de los resultados a la hora de comparar las intervenciones aplicadas. Asimismo, hay tratamientos que no se han podido comparar directamente en el mismo estudio con el resto, sino por medio de comparaciones indirectas dos a dos. En consecuencia, aunque no es incorrecto analizar los datos de esta manera, sería mucho más adecuado poder llevar a cabo un único ensayo en el que se analicen todas las intervenciones junto con un grupo control para todas los síntomas y variables de interés.

## 7. CONCLUSIONES

Tras la revisión sistemática exhaustiva de la literatura científica, este estudio indica que **la terapia de inmersión en agua fría (CWI) es el método más efectivo para tratar el dolor muscular de aparición tardía o DOMS**. La masoterapia, la pistola de masaje, los estiramientos, el *foam roller* y la electroterapia; no consiguen remitir prácticamente ninguno de los síntomas analizados (excepto el dolor con masajes, y el ROM con la pistola o estiramientos), por lo que no resultan opciones útiles. Por el contrario, la crioterapia aporta un gran beneficio para la reducción de la sintomatología del DOMS, especialmente a la hora de disminuir el dolor, la inflamación y recuperar el rendimiento muscular. Además, la facilidad de su aplicación, el bajo coste económico y la ausencia de efectos negativos, convierten a la inmersión en agua fría en la opción más recomendable para el tratamiento fisioterapéutico del DOMS en una gran variedad de pacientes. No obstante, y debido a que todavía existe discrepancia en cuanto a su eficiencia sobre otras variables, hace falta más evidencia clínica para poder profundizar en el entendimiento de esta terapia.



## 8. BIBLIOGRAFÍA

1. Alonso Extremiana, M., & Uribe Tejada, I. (2001). Doms: Dolor Muscular de Inicio Retardado. *Apunts Medicina del Esport*, 36(136), 5–13. [https://doi.org/10.1016/s1886-6581\(01\)75988-9](https://doi.org/10.1016/s1886-6581(01)75988-9)
2. Stožer, A., Vodopivec, P., & Križančić Bombek, L. (2020). Pathophysiology of exercise-induced muscle damage and its structural, functional, metabolic, and clinical consequences. *Physiological research*, 69(4), 565–598. <https://doi.org/10.33549/physiolres.934371>
3. Hotfiel, T., Freiwald, J., Hoppe, M. W., Lutter, C., Forst, R., Grim, C., Bloch, W., Hüttel, M., & Heiss, R. (2018). Advances in Delayed-Onset Muscle Soreness (DOMS): Part I: Pathogenesis and Diagnostics. Delayed Onset Muscle Soreness – Teil I: Pathogenese und Diagnostik. *Sportverletzung Sportschaden: Organ der Gesellschaft für Orthopädisch-Traumatologische Sportmedizin*, 32(4), 243–250. <https://doi.org/10.1055/a-0753-1884>
4. Nahon, R. L., Silva Lopes, J. S., & Monteiro de Magalhães Neto, A. (2021). Physical therapy interventions for the treatment of delayed onset muscle soreness (DOMS): Systematic review and meta-analysis. *Physical therapy in sport: official journal of the Association of Chartered Physiotherapists in Sports Medicine*, 52, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2021.07.005>
5. Guo, J., Li, L., Gong, Y., Zhu, R., Xu, J., Zou, J., & Chen, X. (2017). Massage Alleviates Delayed Onset Muscle Soreness after Strenuous Exercise: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Frontiers in physiology*, 8, 747. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00747>
6. Shin, M. S., & Sung, Y. H. (2015). Effects of Massage on Muscular Strength and Proprioception After Exercise-Induced Muscle Damage. *Journal of strength and conditioning research*, 29(8), 2255–2260. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000688>

7. Sams, L., Langdown, B. L., Simons, J., & Vseteckova, J. (2023). The Effect Of Percussive Therapy On Musculoskeletal Performance And Experiences Of Pain: A Systematic Literature Review. *International journal of sports physical therapy*, 18(2), 309–327. <https://doi.org/10.26603/001c.73795>
8. Ferreira, R. M., Silva, R., Vigário, P., Martins, P. N., Casanova, F., Fernandes, R. J., & Sampaio, A. R. (2023). The Effects of Massage Guns on Performance and Recovery: A Systematic Review. *Journal of functional morphology and kinesiology*, 8(3), 138. <https://doi.org/10.3390/jfmk8030138>
9. Afonso, J., Clemente, F. M., Nakamura, F. Y., Morouço, P., Sarmento, H., Inman, R. A., & Ramirez-Campillo, R. (2021). The Effectiveness of Post-exercise Stretching in Short-Term and Delayed Recovery of Strength, Range of Motion and Delayed Onset Muscle Soreness: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Frontiers in physiology*, 12, 677581. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.677581>
10. Hendricks, S., Hill, H., Hollander, S. D., Lombard, W., & Parker, R. (2020). Effects of foam rolling on performance and recovery: A systematic review of the literature to guide practitioners on the use of foam rolling. *Journal of bodywork and movement therapies*, 24(2), 151–174. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2019.10.019>
11. Enoka, R. M., Amiridis, I. G., & Duchateau, J. (2020). Electrical Stimulation of Muscle: Electrophysiology and Rehabilitation. *Physiology (Bethesda, Md.)*, 35(1), 40–56. <https://doi.org/10.1152/physiol.00015.2019>
12. Jeon, H. S., Kang, S. Y., Park, J. H., & Lee, H. S. (2015). Effects of pulsed electromagnetic field therapy on delayed-onset muscle soreness in biceps brachii. *Physical therapy in sport: official journal of the Association of Chartered Physiotherapists in Sports Medicine*, 16(1), 34–39. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2014.02.006>

13. Kwiecien, S. Y., & McHugh, M. P. (2021). The cold truth: the role of cryotherapy in the treatment of injury and recovery from exercise. *European journal of applied physiology*, *121*(8), 2125–2142. <https://doi.org/10.1007/s00421-021-04683-8>
14. Azevedo, K. P., Bastos, J. A. I., de Sousa Neto, I. V., Pastre, C. M., & Durigan, J. L. Q. (2022). Different Cryotherapy Modalities Demonstrate Similar Effects on Muscle Performance, Soreness, and Damage in Healthy Individuals and Athletes: A Systematic Review with Metanalysis. *Journal of clinical medicine*, *11*(15), 4441. <https://doi.org/10.3390/jcm11154441>
15. Xiao, F., Kabachkova, A. V., Jiao, L., Zhao, H., & Kapilevich, L. V. (2023). Effects of cold water immersion after exercise on fatigue recovery and exercise performance--meta analysis. *Frontiers in physiology*, *14*, 1006512. <https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1006512>
16. Keriven, H., Sierra, A. S., González-de-la-Flor, Á., Arrabé, M. G., de la Plaza San Frutos, M., Maestro, A. L., Guillermo-Garcia-Perez-de-Sevilla, Aguilera, J. F. T., Suarez, V. J. C., & Balmaseda, D. D. (2025). Influence of combined transcranial and peripheral electromagnetic stimulation on the autonomous nerve system on delayed onset muscle soreness in young athletes: a randomized clinical trial. *Journal of translational medicine*, *23*(1), 306. <https://doi.org/10.1186/s12967-025-06238-3>
17. Huang, Y. C., & Chen, H. T. (2025). Effect of cold-water immersion treatment on recovery from exercise-induced muscle damage in the hamstring. *European journal of sport science*, *25*(3), e12235. <https://doi.org/10.1002/ejsc.12235>
18. Li, H., Luo, L., Zhang, J., Cheng, P., Wu, Q., & Wen, X. (2025). The effect of percussion massage therapy on the recovery of delayed onset muscle soreness in physically active young men-a randomized controlled trial. *Frontiers in public health*, *13*, 1561970. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2025.1561970>

19. Chen, G., Gu, Z., Xin, D., Qi, Y., & Dai, J. (2025). Effect of percussive massage treatment and static stretching on muscle tone, stiffness, and strength recovery after exercise-induced muscle fatigue: A randomized controlled study. *Sports Medicine and Health Science*. <https://doi.org/10.1016/j.smhs.2025.03.007>
20. Boguszewski, D., Kaaroud, C., & Adamczyk, J. (2025). Assessment of the effect of classic sports massage on the reduction of delayed onset muscle soreness in the rectus abdominis. *Balt J Health Phys Act.* 17(1). <https://doi.org/10.29359/bjhpa.17.1.09>
21. Roberts, T. D., Costa, P. B., Lynn, S. K., & Coburn, J. W. (2024). Effects of Percussive Massage Treatments on Symptoms Associated with Eccentric Exercise-Induced Muscle Damage. *Journal of sports science & medicine*, 23(1), 126–135. <https://doi.org/10.52082/jssm.2024.126>
22. De Oliveira, F., Paz, G. A., Corrêa Neto, V. G., Alvarenga, R., Marques Neto, S. R., Willardson, J. M., & Miranda, H. (2023). Effects of Different Recovery Modalities on Delayed Onset Muscle Soreness, Recovery Perceptions, and Performance Following a Bout of High-Intensity Functional Training. *International journal of environmental research and public health*, 20(4), 3461. <https://doi.org/10.3390/ijerph20043461>
23. Keriven, H., Sánchez-Sierra, A., Miñambres-Martín, D., González de la Flor, Á., García-Pérez-de-Sevilla, G., & Domínguez-Balmaseda, D. (2023). Effects of peripheral electromagnetic stimulation after an eccentric exercise-induced delayed-onset muscle soreness protocol in professional soccer players: a randomized controlled trial. *Frontiers in physiology*, 14, 1206293. <https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1206293>
24. Brown, L. J., Gasser, A. N., Sterner, R. L., & Dankel, S. J. (2023). The impact of blood flow restricted electrical stimulations on recovery from muscle damage. *Clinical physiology and functional imaging*, 43(2), 103–108. <https://doi.org/10.1111/cpf.12797>

25. Martínez-Gómez, R., Valenzuela, P. L., Lucia, A., & Barranco-Gil, D. (2022). Comparison of Different Recovery Strategies After High-Intensity Functional Training: A Crossover Randomized Controlled Trial. *Frontiers in physiology*, *13*, 819588. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.819588>
26. Fakhro, M. A., AlAmeen, F., & Fayad, R. (2022). Comparison of total cold-water immersion's effects to ice massage on recovery from exercise-induced muscle damage. *Journal of experimental orthopaedics*, *9*(1), 59. <https://doi.org/10.1186/s40634-022-00497-5>
27. Angelopoulos, P., Diakoronas, A., Panagiotopoulos, D., Tsekoura, M., Xaplanteri, P., Koumoundourou, D., Saki, F., Billis, E., Tsepis, E., & Fousekis, K. (2022). Cold-Water Immersion and Sports Massage Can Improve Pain Sensation but Not Functionality in Athletes with Delayed Onset Muscle Soreness. *Healthcare (Basel, Switzerland)*, *10*(12), 2449. <https://doi.org/10.3390/healthcare10122449>
28. Akehurst, H., Grice, J. E., Angioi, M., Morrissey, D., Migliorini, F., & Maffulli, N. (2021). Whole-body vibration decreases delayed onset muscle soreness following eccentric exercise in elite hockey players: a randomised controlled trial. *Journal of orthopaedic surgery and research*, *16*(1), 589. <https://doi.org/10.1186/s13018-021-02760-4>
29. Qamar, M. M., Javed, M. S., Dogar, M. Z. U. H., & Basharat, A. (2021). Effects of active isolated stretching on exercise-induced muscle damage in untrained subjects: a randomized controlled trial. *JPMA. The Journal of the Pakistan Medical Association*, *71*(2(A)), 406–409. <https://doi.org/10.47391/JPMA.494>
30. Naderi, A., Aminian-Far, A., Gholami, F., Mousavi, S. H., Saghari, M., & Howatson, G. (2021). Massage enhances recovery following exercise-induced muscle damage in older adults. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, *31*(3), 623–632. <https://doi.org/10.1111/sms.13883>

31. Adamczyk, J. G., Gryko, K., & Boguszewski, D. (2020). Does the type of foam roller influence the recovery rate, thermal response and DOMS prevention?. *PloS one*, *15*(6), e0235195. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0235195>
32. Moore, E., Fuller, J. T., Buckley, J. D., Saunders, S., Halson, S. L., Broatch, J. R., & Bellenger, C. R. (2022). Impact of Cold-Water Immersion Compared with Passive Recovery Following a Single Bout of Strenuous Exercise on Athletic Performance in Physically Active Participants: A Systematic Review with Meta-analysis and Meta-regression. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, *52*(7), 1667–1688. <https://doi.org/10.1007/s40279-022-01644-9>
33. Afonso, J., Clemente, F. M., Nakamura, F. Y., Morouço, P., Sarmento, H., Inman, R. A., & Ramirez-Campillo, R. (2021). The Effectiveness of Post-exercise Stretching in Short-Term and Delayed Recovery of Strength, Range of Motion and Delayed Onset Muscle Soreness: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Frontiers in physiology*, *12*, 677581. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.677581>
34. Leabeater, A. J., Clarke, A. C., James, L., Huynh, M., & Driller, M. (2024). Under the Gun: Percussive Massage Therapy and Physical and Perceptual Recovery in Active Adults. *Journal of athletic training*, *59*(3), 310–316. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-0041.23>
35. Wiewelhove, T., Döweling, A., Schneider, C., Hottenrott, L., Meyer, T., Kellmann, M., Pfeiffer, M., & Ferrauti, A. (2019). A Meta-Analysis of the Effects of Foam Rolling on Performance and Recovery. *Frontiers in physiology*, *10*, 376. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00376>
36. Kuipers H. (1994). Exercise-induced muscle damage. *International journal of sports medicine*, *15*(3), 132–135. <https://doi.org/10.1055/s-2007-1021034>

37. Sams, L., Langdown, B. L., Simons, J., & Vseteckova, J. (2023). The Effect Of Percussive Therapy On Musculoskeletal Performance And Experiences Of Pain: A Systematic Literature Review. *International journal of sports physical therapy*, 18(2), 309–327. <https://doi.org/10.26603/001c.73795>
38. Roberts, L. A., Raastad, T., Markworth, J. F., Figueiredo, V. C., Egner, I. M., Shield, A., Cameron-Smith, D., Coombes, J. S., & Peake, J. M. (2015). Post-exercise cold water immersion attenuates acute anabolic signalling and long-term adaptations in muscle to strength training. *The Journal of physiology*, 593(18), 4285–4301. <https://doi.org/10.1113/JP270570>
39. Chaabene, H., Behm, D. G., Negra, Y., & Granacher, U. (2019). Acute Effects of Static Stretching on Muscle Strength and Power: An Attempt to Clarify Previous Caveats. *Frontiers in physiology*, 10, 1468. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.01468>

