

1. Efectividad de distintas terapias físicas en el dolor muscular de aparición tardía

EFFECTIVENESS OF DIFFERENT PHYSICAL THERAPIES IN LATE-ONSET MUSCLE SORE

Lorena Romero Machuca

Fisioterapeuta en una clínica privada de rehabilitación con pacientes principalmente de la rama de traumatología.

RESUMEN

Introducción: El dolor muscular de aparición tardía (DMT) fue definido como la sensación de incomodidad o dolor muscular que ocurre después de realizar ejercicios desacostumbrados. A través de los años se han buscado diversas estrategias para contrarrestarlo, entre ellas se encuentran el masaje muscular, los estiramientos musculares y la crioterapia.

Objetivo: Conocer el efecto de las tres terapias físicas que parece que mejor funcionan en la prevención y alivio de los síntomas del DMT: masaje muscular, estiramientos y crioterapia.

Método: Se llevó a cabo una revisión sistemática en las bases de datos PubMed, Cochrane Library y PEDro. Las palabras utilizadas en la búsqueda fueron "Delayed onset muscle soreness", "massage", "stretching" y "cryotherapy" combinadas entre sí.

Resultados: Se encontraron un total de 64 artículos de los cuales 12 cumplieron con los criterios establecidos para ser incluidos en la revisión. El masaje con foam roller provoca una mejoría en la percepción del DMT y una reducción de 24 a 120 horas tras el ejercicio, el método de estiramiento FNP ha demostrado ser relativamente más efectivo que los estiramientos estáticos para reducir el dolor y mejorar el ROM y la crioterapia es efectiva en la reducción de DMT, además mejora significativamente la recuperación del grosor muscular, la actividad de la CK, la SmO₂, la CVC, la PAM y la temperatura de la piel.

Conclusión: Existe una evidencia insuficiente que avale la efectividad de la aplicación de terapias, sin embargo, la crioterapia, aplicada en cualquiera de sus formas, parece ser la que más efectividad tiene en la reducción de DMT.

Palabras clave: "Dolor muscular de aparición tardía", "masaje", "estiramientos" y "crioterapia".

ABSTRACT

Introduction: Delayed onset muscle soreness (DOMS) was defined as the feeling of discomfort or muscle pain that occurs after performing unusual exercises. Over the years, various strategies have been sought to counteract it, including muscle massage, muscle stretching, and cryotherapy.

Objective: To know the effect of the three physical therapies that seem to work best in the prevention and relief of DMT symptoms: muscle massage, stretching and cryotherapy.

Method: A systematic review was carried out in the PubMed, Cochrane Library and PEDro databases. The words used in the search were "Delayed onset muscle soreness", "massage", "stretching" and "cryotherapy" combined together.

Results: A total of 64 articles were found, of which 12 met the criteria established to be included in the review. Foam roller causes an improvement in the perception of DMT and a reduction from 24 to 120 hours after exercise, the PNF stretching method has been shown to be relatively more effective than static stretching in reducing pain and improving range of motion and cryotherapy is effective in reducing DMT, and it also significantly improves muscle thickness recovery, CK activity, SmO₂, CVC, MAP and blood pressure and skin temperature.

Conclusion: There is insufficient evidence to support the effectiveness of the application of therapies, however, cryotherapy, applied in any of its forms, seems to be the most effective in reducing DMT.

Keywords: "Delayed onset muscle soreness", "massage", "stretching" and "cryotherapy".

INTRODUCCIÓN

El dolor muscular de aparición tardía (DMT) o DOMS (en inglés: "Delayed Onset Muscle Soreness"), denominado popularmente como "agujetas", fue definido por Armstrong y cols. como la sensación de incomodidad o dolor muscular que ocurre después de realizar ejercicios desacostumbrados. Dicho dolor lo pueden sufrir tanto personas que no practican deporte regularmente como los deportistas¹.

Los síntomas se presentan como pérdida de fuerza, dolor durante movimientos pasivos y activos, rigidez articular e hinchazón en las regiones ejercitadas. Además, está asociado al aumento de enzimas liberadas por células musculares, como la CK y LDH². Estos síntomas aumentan progresivamente después del ejercicio, alcanzando su punto máximo a las 24-72 horas y desapareciendo gradualmente 5-7 días después³.

A través de los años han surgido diferentes teorías acerca de la etiopatogenia del DMT. Dentro de las teorías que han existido han sido descartadas tanto la del ácido láctico como la de los espasmos musculares.

Las teorías restantes por separado son insuficientes para dar respuesta a la duda, por lo que se ha hecho una mez-

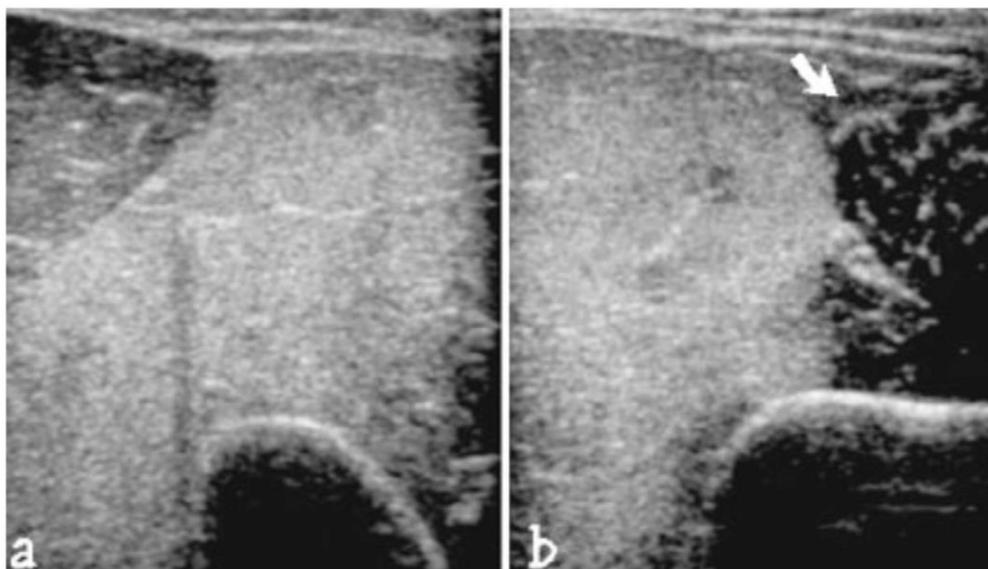


Figura 1. a) Edema y aumento de volumen del Bíceps braquial (DMT). Corte transversal. b) Ecogenicidad normal del músculo Braquial anterior (flecha)²².

cla de ellas, presentando un modelo que trata de explicar el mecanismo de producción en donde se menciona que el ejercicio, sobre todo el excéntrico, produce ruptura de las fibras musculares (Figura 1).

Con el daño del sarcolema resulta una acumulación de calcio, lo que inhibe la respiración celular; esto a su vez eleva la circulación de neutrófilos permitiendo que algunos componentes y marcadores del daño muscular aumenten, entre los que destacan la hidroxiprolina y la CK. Pasadas unas horas hay una elevación importante de neutrófilos en el sitio lesionado. El recuento del número de macrófagos alcanza su pico 48 horas después de haberse producido el daño muscular. La acumulación de histamina, potasio y quininas producto de la actividad fagocitaria y necrosis celular, además de una elevada presión del edema tisular y la elevación de la temperatura, pudieran activar los nociceptores dentro de la fibra y tendón muscular, lo que conduciría a la sensación del DMT⁴.

Aunque el DMT no es un problema grave, la incomodidad asociada puede reducir la participación en sesiones de entrenamiento y/o rendimiento deportivo, incluso afectar en la realización de las actividades de la vida diaria.

No existe un método claro para prevenir y tratar el DMT a pesar de numerosas investigaciones con tratamientos farmacológicos como AINEs⁵, dietéticos⁴, terapias físicas, etc. Sin embargo, parece que el masaje muscular, los estiramientos musculares previos y posteriores al ejercicio y la crioterapia tienen efectos positivos.

El masaje terapéutico ha sido utilizado para la salud del cuerpo durante miles de años en todo el mundo y es ampliamente empleado para aliviar los síntomas clínicos del DMT y para beneficiar la recuperación del deportista después del ejercicio. La eficacia de la masoterapia se basa en aumentar la temperatura de la piel y el músculo, la circulación del flujo sanguíneo y linfático y la actividad parasimpática provocando la disminución de la tensión del músculo, reducción del dolor muscular y aumento del rango articular⁶.

Una técnica de automasaje que se ha hecho muy popular en los últimos años ha sido la denominada "Self-Myofascial Release" o "Auto Liberación Miofascial" (SMR o SFMR), la cual se caracteriza por ser aplicada con un Foam Roller: Un rodillo de espuma que sirve para realizar auto masaje usando el propio peso corporal y rodando el rodillo sobre la zona que queremos masajear (Figura 2 y 3). Se cree que el foam roller afecta positivamente en las adherencias fibrosas de la fascia, y también da como resultado una rigi-



Figuras 2 y 3. Tipos de Foam Roller²³.

dez arterial reducida y una mejora función endotelial vascular⁷.

Por otro lado, los estiramientos musculares aplicados durante la fase de calentamiento y de enfriamiento pretenden mejorar el ROM y la flexibilidad muscular y reducir la rigidez y el DMT. Existen diferentes métodos de estiramiento como el estático pasivo, estático activo, dinámico, FNP, entre otros⁸.

La FNP es la metodología de estiramientos con mejores resultados a la hora de ganar flexibilidad, y, por tanto, mayor amplitud de movimiento y en el menor tiempo posible. Se basa en someter al músculo a un primer estiramiento, mantener una contracción isométrica y, por último, realizar un segundo estiramiento con mayor amplitud que el primero⁸.

Por último, la crioterapia es una estrategia ampliamente utilizada hoy en día tanto en entornos clínicos como en actividades deportivas para la recuperación muscular mediante CWI a temperaturas inferiores a 15 °C.

Aunque los mecanismos relacionados con los beneficios de CWI no se comprenden completamente, se ha sugerido que la disminución de la temperatura muscular provoca una reducción en la tasa metabólica y el proceso inflamatorio, lo que puede minimizar el daño muscular secundario. Se ha comprobado que la magnitud de los posibles cambios fisiológicos relacionado con CWI depende de la temperatura del agua, la duración de la inmersión y la frecuencia. Sin embargo, a pesar del uso generalizado de CWI, el protocolo óptimo para obtener la respuesta fisiológica requerida sigue siendo desconocido. No obstante, se ha recomendado el uso de crioterapia durante las primeras 72 horas tras el daño muscular⁹.

Objetivo principal

El presente estudio tiene como objetivo principal realizar una revisión bibliográfica en las principales bases de datos relacionadas con la salud para conocer el efecto de las tres terapias físicas que parece que mejor funcionan en la prevención y alivio de los síntomas del DMT: Masaje muscular, estiramientos y crioterapia.

Objetivos específicos

Como objetivos específicos se pretende establecer el mejor modo de actuación de estas tres terapias frente al DMT y comprobar cuál de ellas tiene mayor efectividad.

METODOLOGÍA

Estrategia de búsqueda

La búsqueda para la realización de este trabajo se realizó durante los meses de junio a octubre de 2022 en las bases de datos de PubMed, Cochrane Library y PEDro. La última búsqueda se realizó el 13/10/2022.

Las palabras claves utilizadas en la búsqueda fueron: *"Delayed onset muscle soreness"*, *"massage"*, *"stretching"* y *"cryotherapy"*. Estos descriptores se combinaron entre sí utilizando el operador *"AND"*.

En todas las bases de datos se realizó el mismo tipo de búsqueda con esos términos (Tabla 1).

Criterios de selección

Los artículos seleccionados para la revisión fueron sometidos a una evaluación de su calidad utilizando la escala PEDro.

La Escala PEDro es un medio para valorar la calidad de los ensayos clínicos y las intervenciones de fisioterapia ayudando a su vez a clasificarlos en la base de datos *"Physiotherapy Evidence Database"* o PEDro.

La escala PEDro está constituida por 11 ítems. Cada ítem (excepto el primero, que a diferencia del resto tiene validez externa) contribuye con un punto al total de la puntuación (0-10 puntos) y valoran los aspectos del ensayo que favorecen a su calidad y validez, así como la correcta inclusión de la información estadística.

Los estudios con una puntuación igual o mayor a 5 en esta escala son calificados como de alta calidad metodológica y bajo riesgo de sesgo¹⁰.

Tabla 1. Resultados de la búsqueda bibliográfica.

	TÉRMINOS	RESULTADOS
PUBMED	<i>"DELAYED ONSET MUSCLE SORENESS" AND "MASSAGE"</i>	3
	<i>"DELAYED ONSET MUSCLE SORENESS" AND "STRETCHING"</i>	3
	<i>"DELAYED ONSET MUSCLE SORENESS" AND "CRYOTHERAPY"</i>	2
COCHRANE LIBRARY	<i>"DELAYED ONSET MUSCLE SORENESS" AND "MASSAGE"</i>	15
	<i>"DELAYED ONSET MUSCLE SORENESS" AND "STRETCHING"</i>	21
	<i>"DELAYED ONSET MUSCLE SORENESS" AND "CRYOTHERAPY"</i>	9
PEDRO	<i>"DELAYED ONSET MUSCLE SORENESS" AND "MASSAGE"</i>	3
	<i>"DELAYED ONSET MUSCLE SORENESS" AND "STRETCHING"</i>	6
	<i>"DELAYED ONSET MUSCLE SORENESS" AND "CRYOTHERAPY"</i>	2
	TOTAL	64

Tabla 2. Puntuación con la escala PEDro.

ESTUDIOS	PUNTUACIÓN
Romero-Moraleda et al. 2019	5/10
Kerautre et al. 2021	8/10
Visconti et al. 2020	4/10
Medeiros et al. 2020	7/10
Akehurst et al. 2021	7/10
Sohail et al. 2021	6/10
Siqueira et al. 2018	6/10
Hohenauer et al. 2019	5/10
Fakhro et al. 2022	7/10
Guo et al. 2022	4/10
Malmir et al. 2017	6/10
Doungkulsu et al. 2018	5/10

La puntuación obtenida por la escala PEDro en el análisis de los diferentes estudios que se incluyeron en esta revisión con un valor máximo de 8 y un mínimo de 4 (Tabla 2).

Criterios de inclusión

Los artículos seleccionados para la realización de este trabajo siguen los siguientes criterios de inclusión:

- Estudios clínicos aleatorizados.

- Aquellos estudios en los que incluyeran como terapia física los masajes realizados por un terapeuta o como automasaje con el foam roller.
- Aquellos estudios en los que incluyeran como terapia física los estiramientos.
- Aquellos estudios en los que incluyeran como terapia física la crioterapia.
- Estudios de los últimos 5 años.
- Con sujetos incluidos de cualquier sexo sin límite de edad, deportistas o no.
- Artículos en inglés o en español.
- Artículos que se pudiesen descargar de forma gratuita.

Criterios de exclusión

No se incluyeron en el presente trabajo aquellos estudios que no cumpliesen todos los criterios de inclusión.

Selección de artículos

Tras la búsqueda realizada en las tres bases de datos (PubMed, Cochrane Library y PEDro) se encontraron un total de 64 artículos que hacían referencia al tema elegido. Después de aplicar los criterios de selección y el análisis de estos, se rechazaron 52 por no cumplir los criterios de inclusión o por estar duplicados, quedando finalmente 12 estudios válidos para realizar su análisis.

En PubMed se encontraron un total de 9 artículos de los cuales 3 corresponden a la búsqueda con los términos

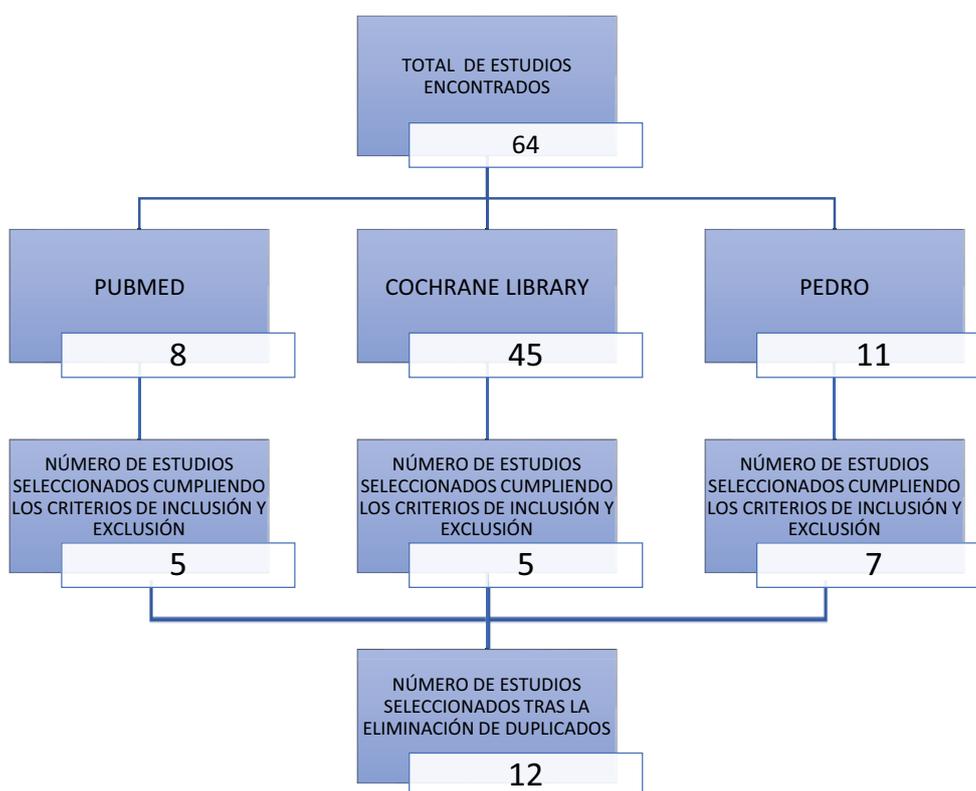


Figura 4. Selección de estudios.

“delayed onset muscle soreness and massage”; 3 a la búsqueda con los términos “delayed onset muscle soreness and stretching” y, por último, 2 más que corresponden a la búsqueda con los términos “delayed onset muscle soreness and cryotherapy”. De todos ellos, sólo 5 se ajustaron a los criterios y se eligieron para la revisión.

En Cochrane Library se encontraron un total de 45 artículos de los cuales 15 corresponden a la búsqueda con los términos “delayed onset muscle soreness and massage”; 21 a la búsqueda con los términos “delayed onset muscle soreness and stretching” y, por último, 9 más que corresponden a la búsqueda con los términos “delayed onset muscle soreness and cryotherapy”. De todos ellos, sólo 5 se ajustaron a los criterios y se eligieron para la revisión.

En PEDro se encontraron un total de 11 artículos de los cuales 3 corresponden a la búsqueda con los términos “delayed onset muscle soreness and massage”; 6 a la búsqueda con los términos “delayed onset muscle soreness and stretching” y, por último, 2 más que corresponden a la búsqueda con los términos “delayed onset muscle soreness and cryotherapy”. De todos ellos, sólo 7 se ajustaron a los criterios y de esos, 5 estaban duplicados. Por lo tanto, se escogieron 2 para la revisión.

Para la selección de estudios (Figura 4) se parten de 64 artículos tras la búsqueda realizada y se incluyen finalmente 12 ensayos clínicos para la revisión.

RESULTADOS

Según el tipo de terapia aplicada los 12 artículos seleccionados se clasificaron en 3 grupos para un mejor análisis:

Masaje

Dentro de la terapia de masaje se encontraron 4 estudios válidos: 3 de ellos utilizaban la técnica de foam roller y 1 utilizaba masaje manual.

Romero-Moraleda et al. 2019¹¹ realizaron un ensayo clínico aleatorizado con el objetivo de comparar los efectos entre el foam roller con y sin vibración en la EVA, el PPT, la SmO2, SCM y el ROM en cadera y rodilla después de provocar daño muscular a través de ejercicio agudo excéntrico utilizando un volante de inercia.

En el estudio participaron 38 individuos sanos (32 hombres y 6 mujeres) de entre 19 y 25 años. Los criterios de inclusión fueron:

- No sufrir ningún trastorno musculoesquelético
- Haberse mantenido activos físicamente durante el año anterior al estudio.
- Abstenerse de ejercicio no acostumbrado
- No tomar medicamentos o suplementos dietéticos durante 72 horas antes de las mediciones de referencia, durante el período experimental y post tratamiento.

Los participantes calentaron durante 5 minutos en una cinta de correr al 50-60% de la frecuencia cardíaca y realizaron estiramientos dinámicos antes de iniciar el protocolo. Inmediatamente después del calentamiento realizaron 10 series de 10 repeticiones de sentadillas paralelas utilizando un volante de entrenamiento sin gravedad con 2 minutos de recuperación entre series.

El Grupo control realizó un protocolo de masaje usando un foam roller durante 1 minuto, descansando 30 segundos y luego lo repitieron de nuevo durante 5 series y el grupo experimental realizaron el mismo proceso, pero con un foam roller con vibración (frecuencia proporcionada por el dispositivo: 18 Hz).

Se realizaron unas mediciones iniciales, unas de pretratamiento y unas de post tratamiento para valorar el DMT y la intensidad de dolor percibido con la EVA, el PPT, la SmO2, SCM y el ROM de la rodilla (Figura 5).

Los datos de los participantes no revelaron diferencias significativas en edad, altura, peso, altura o días de entrenamiento por semana.

Los resultados sugieren que la terapia de foam roller con vibración logró mayores efectos a corto plazo en la percepción del DMT y en la extensión pasiva de la cadera. Ambos protocolos fueron efectivos para mejorar el PPT, SmO2, SCM y ROM de la articulación de la rodilla.

Kerautre et al. 2021¹² realizaron un ensayo clínico aleatorizado cruzado con el objetivo de examinar los efectos del foam roller en un protocolo de entrenamiento de resistencia.

En el estudio participaron 14 individuos sanos y físicamente activos (8 hombres y 6 mujeres) con una edad media de 25,9 años (± 2,6). Los criterios de inclusión fueron:

- Tener la práctica habitual de masaje con foam roller (10 minutos de rutina, 2-3 veces por semana, durante los últimos 6 meses)

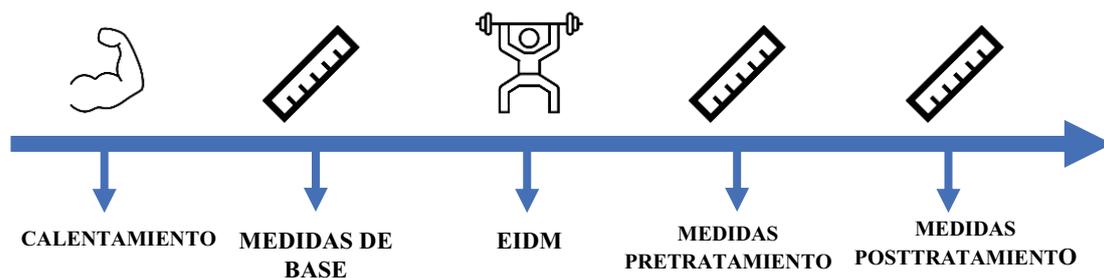


Figura 5. Diagrama flujo.

- Practicar regularmente Crossfit (una experiencia mínima de un año en la práctica de levantamiento de pesas).

El experimento se programó en un lapso de 30 días consecutivos. El diseño experimental involucró una sesión de familiarización, seguida de dos sesiones experimentales separadas por 10 días consecutivos. Los participantes recibieron instrucciones de no participar en ningún entrenamiento de resistencia con ejercicios extenuantes entre la familiarización y las sesiones experimentales. Desde pocos consecutivos, se les permitió mantener su práctica regular de levantamiento de pesas en niveles de mantenimiento.

La sesión de familiarización tuvo lugar 7 días antes de la primera sesión experimental, y se utilizó para recopilar datos demográficos. Los participantes completaron una rutina de calentamiento que consiste en 5 minutos de saltar la cuerda a su propio ritmo, seguidos de 5 minutos de estiramientos dinámicos destinados a mejorar la movilidad articular.

A cada participante se le pidió que realizara una sentadilla profunda máxima con barra vacía, respetando las reglas técnicas de la federación Internacional de levantamiento de pesas. Una vez que se alcanzó la máxima, la distancia se materializó con una banda elástica, paralela al suelo para garantizar la interindividual reproducibilidad de cada repetición en las dos sesiones. Luego, los participantes realizaron sentadillas con peso incremental, hasta su máximo de 3 a 5 repeticiones. La última parte de la familiarización consistió en la práctica de automasaje con un foam roller de alta densidad. El experimentador primero demostró y verbalizó las instrucciones en cuanto a tiempo, nivel de presión y duración para cada zona de masaje.

Después de un calentamiento estandarizado, los participantes realizaron 10 series de 10 repeticiones de sentadilla trasera con un peso establecido en el 50 % de la estimación individual (Figura 6). Se asignaron 2 minutos para la recu-

peración entre series. Las sentadillas traseras se realizaron usando un tempo de "2111" (2 segundos asignados a la fase excéntrica, 1 segundos de pausa en posición de sentadilla profunda, 1 s para la fase concéntrica y 1 segundos de pausa entre repeticiones).

Durante los intervalos destinados a la recuperación entre series se pidió a los participantes del grupo control que permanecieran pasivos en una posición sentada y cómoda y a los participantes del grupo experimental que realizaran la rutina de masaje con el foam roller: Rodar el foam roller por cada zona de los cuádriceps, es decir, medial, lateral y externa (desde la EIAS hasta la parte superior de la rótula), a un ritmo de 15 latidos por minuto. Cada zona de los cuádriceps se masajeó durante 10 segundos. Esto representa una duración efectiva de 30 segundos.

Se realizaron unas medidas previas a la prueba, seguidas de la intervención, y luego se tomaron medidas posteriores a la prueba, donde se valoraron la carga total de trabajo, la potencia concéntrica, la circunferencia del muslo, la tasa de esfuerzo percibido y el DMT con la EVA. Las medidas de DMT se recogieron antes y después del protocolo de entrenamiento de fuerza, 24, 48, 72, 96 y 120 horas después de su finalización.

El foam roller se asoció con una reducción de la carga de trabajo total (-11,6%), de la potencia concéntrica (-5,1%) y un aumento en el esfuerzo percibido en comparación con el grupo control ($p < 0,05$). También se obtuvo una reducción de la circunferencia del muslo después del protocolo de resistencia, que indica una reducción de la inflamación muscular y una reducción del DMT de 24 a 120 horas post entrenamiento ($p < 0,001$).

Estos hallazgos respaldan que el masaje con el foam roller dificulta el rendimiento y aumenta la percepción del es-



Figura 6. Sentadilla trasera¹².

fuerzo. Esta terapia puede no ser adecuada para maximizar la intensidad del entrenamiento.

Visconti et al. 2020¹³ realizaron un estudio clínico aleatorizado con 51 participantes masculinos, todos eran esquiadores que participaron en el 18 Millet Tour du Rutor Extreme (Arvier, Italia) y todos tenían DMT en miembros inferiores. Este estudio tuvo como objetivo comparar la efectividad clínica de la diatermia de onda larga, diatermia de onda larga simulado y masaje manual en los sujetos con DMT de miembros inferiores.

Los participantes fueron tratados durante su tiempo de descanso entre etapas mientras estaban experimentando la fase pico de DMT. Los sujetos que se quejaron de trastornos musculoesqueléticos o problemas generales de salud que no fuese DMT fueron excluidos en este experimento.

Los individuos fueron divididos aleatoriamente en tres grupos: Un grupo fue tratado con masaje manual, otro grupo fue tratado con diatermia y otro grupo con diatermia simulada.

Los participantes asignados al grupo de masaje manual fueron tratados por estudiantes de fisioterapia con masaje "effleurage" de 10 minutos sin dolor en ambas extremidades, con especial énfasis en las áreas reportadas con DMT.

Los participantes asignados al grupo de diatermia fueron tratados durante 10 minutos sobre las zonas sintomáticas con el dispositivo en el modo capacitivo (750 kHz).

Por último, los participantes asignados al grupo de diatermia simulada fueron tratados como el grupo anterior, pero la máquina se encendió durante 10 segundos para proporcionar calor y luego se apagó por el resto de la sesión de tratamiento (Figura 7).

A cada sujeto se le pidió que respondiera un NRS antes y después de recibir el tratamiento y un PGIC después del tratamiento.

No se observaron diferencias clínicamente relevantes con respecto a la variabilidad del valor NRS entre diatermia real, la simulada y los grupos de masaje manual. Se observaron diferencias en las puntuaciones de la PGIC.

Medeiros et al. 2020¹⁴ realizaron un ensayo clínico aleatorizado con el propósito de evaluar los efectos de una única sesión de masaje con foam roller en la recuperación muscular, después de un protocolo de ejercicio para inducir daño muscular. Participaron 36 varones sanos físicamente activos con una media de edad de 21,1 años (± 2,1 años). De entre los criterios de inclusión están:

- No tener experiencia en el masaje con foam roller.
- No haber participado en programas de ejercicios de resistencia en los últimos seis meses.

El estudio consistió en una primera fase de familiarización para introducir los procedimientos de estudio, medidas antropométricas y la determinación de la presión mecánica a aplicar. Siete días después, todos los participantes realizaron un protocolo de ejercicios para inducir daño muscular: Cuatro series de seis repeticiones de contracción excéntrica máxima de los flexores del codo dominante a 90 °/s, con 90 segundos de descanso entre series. Las contracciones excéntricas se ejecutaron de 60 a 170° utilizando un dinamómetro isocinético. Entre cada contracción, el brazo se reposicionó pasivamente en 60°. Posteriormente los participantes fueron asignados aleatoriamente a uno de tres grupos creados: Un grupo control, un grupo experimental que utilizara el foam roller y un grupo experimental simulado.

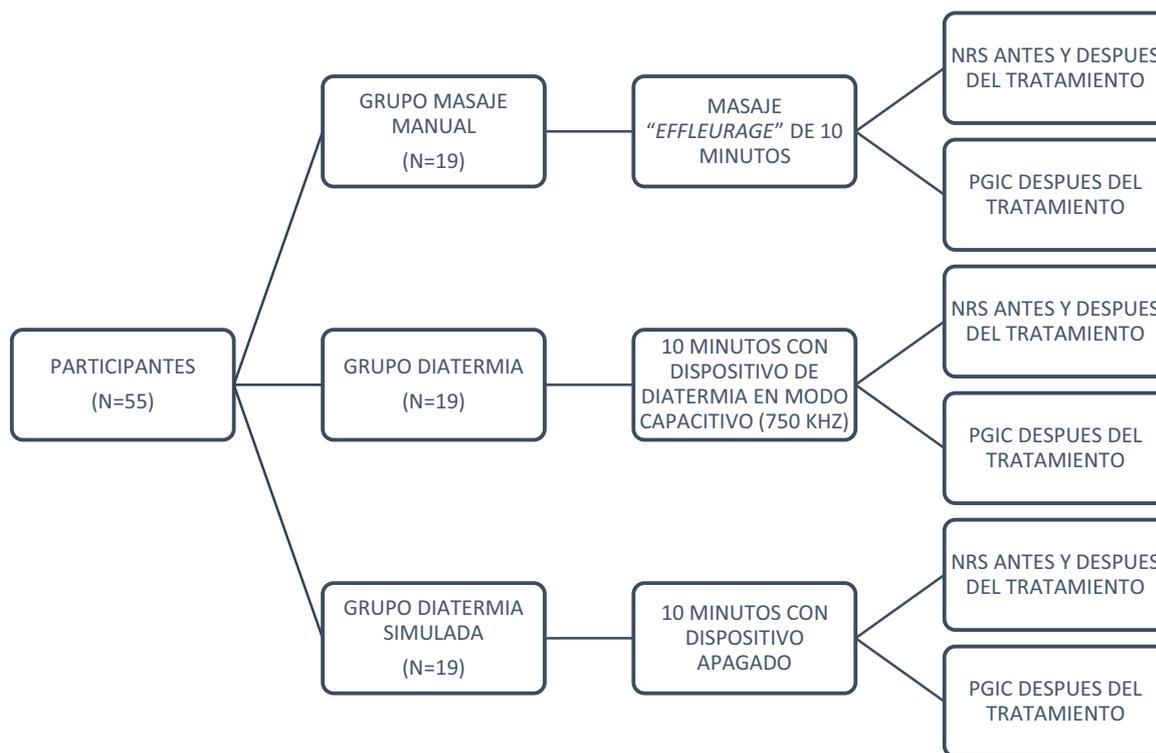


Figura 7. Diagrama de flujo.



Figura 8. Foam roller con Bluetooth¹⁴.

El grupo experimental que recibió el masaje lo hizo con un foam roller diseñado a medida que permite mantener los mismos parámetros mediante unos medidores de tensión fijados a la varilla del rodillo para transmitir la señal a través de Bluetooth a la computadora (Figura 8).

El masaje simulado se aplicó durante 5 minutos utilizando una sonda de ultrasonido, que estaba apagada.

Se realizaron una serie de evaluaciones y mediciones antes y después del ejercicio y a las 24, 48 y 72 horas tras él. En ellas se valoraron el DMT del bíceps braquial con la NRS, el ROM, el grosor muscular del codo y la CIVM de los flexores del codo.

No hubo efectos significativos en las valoraciones de la CIVM ($p = 0,090$), el grosor muscular ($p = 0,028$) y el ROM ($p = 0,416$) de los flexores del codo respecto al tiempo.

El DMT se recuperó a las 72 horas en el grupo tratado con foam roller ($p < 0,001$) y el control ($p < 0,001$), mientras que el grupo simulado no se recuperó del DMT a lo largo de 72 horas ($p < 0,001$). Tampoco hubo diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en el DMT en ningún tiempo ($p > 0,05$).

En resumen, una sola sesión con foam roller aplicada en flexores de codo no tuvo efecto en la recuperación de CIVM, inflamación muscular, ROM y DMT.

Estiramientos

Dentro de la terapia de masaje se encontraron 2 estudios válidos: Uno de ellos utiliza un protocolo de estiramientos estáticos y el segundo utiliza el estiramiento FNP.

Akehurst et al. 2021¹⁵ realizaron un ensayo clínico aleatorizado donde participaron 22 jugadores de hockey de élite (14 hombres y 8 mujeres) con el objetivo de valorar la terapia vibratoria en el DMT, con un protocolo de estiramientos estáticos. Los criterios de exclusión fueron:

- Tener una lesión preexistente, enfermedad sistémica, enfermedad muscular o cirugía previa en la parte inferior miembro.
- No prestación del consentimiento.

Los participantes fueron asignados al azar al grupo de intervención o al control. Todos ellos realizaron un protocolo de ejercicios excéntricos estándar y, tras ello, se sometieron al mismo procedimiento de prueba a las 24, 48, 72 horas y a la semana.

Todos los sujetos comenzaron con un calentamiento previo consistente en 5 minutos de bicicleta estática a 70 revoluciones por minuto con resistencia cero. Después del calentamiento, se evaluó el dolor percibido en la zona del cuádriceps con la EVA y la tensión del cuádriceps midiendo la distancia entre el talón y las nalgas (cm.) durante un estiramiento máximo del grupo muscular sin usar la mano como ayuda.

Posteriormente realizaron el protocolo de ejercicios excéntricos para provocar DMT. Éstos consistieron en efectuar 4 series de 10 repeticiones de extensiones de rodilla, sentados en una máquina específica para ese ejercicio, al 60 % de la resistencia máxima de cada sujeto a menos que la fatiga lo impida. El ejercicio fue cronometrado en la fase excéntrica hasta completarse en 6 segundos y la fase concéntrica se ejecutaba lo más rápido posible.

Tras este protocolo, el grupo de intervención utilizó una máquina de vibraciones a baja frecuencia (30 Hz) con una amplitud de 4 mm donde cada participante completó tres series de 2 minutos cada una, con 2 minutos de descanso entre series. El primer minuto de cada set fue gastado con 30 segundos estirando el cuádriceps derecho y 30 segundos con el cuádriceps izquierdo (Figura 9). El segundo minuto lo pasaron en cuclillas con flexión de rodilla de 90° con las rodillas sobre los pies y la espalda mantenida en una posición neutra (Figura 10).



Figura 9. Estiramiento cuádriceps sobre máquina de vibraciones.¹⁵



Figura 10. Cuclillas sobre máquina de vibraciones¹⁵.

El grupo de control realizó los mismos estiramientos junto al grupo de intervención simultáneamente, pero en ausencia de las vibraciones.

Se evaluó el dolor percibido en la zona del cuádriceps con la EVA y la tensión del cuádriceps a las 24, 48, 72 horas y a la semana.

Los participantes que recibieron la terapia vibratoria tuvieron reducciones significativas tanto en el DMT ($p = 0.04$) como en la tensión del cuádriceps ($p = 0.02$) en comparación con la terapia de estiramientos solamente.

Como conclusión muestran que los estiramientos con la terapia vibratoria post ejercicio es efectiva en jugadores de hockey de élite para reducir el DMT después del ejercicio excéntrico. Exponen que los deportistas de élite en deportes de múltiples sprints están en riesgo de DMT durante el entrenamiento y la competencia, por ello, su reducción podría contribuir a reducción del riesgo de lesiones y mejora del rendimiento. Esta modalidad de tratamiento es favorable porque se puede incorporar con una interrupción mínima en la sección de recuperación de los regímenes de entrenamiento existentes. Estos hallazgos también pueden extrapolarse a otros deportes de multisprint.

Sohail et al. 2021¹⁶ realizaron un ensayo clínico aleatorizado con el objetivo de evaluar la efectividad de la FNP y el estiramiento estático para aliviar el dolor, aumentar el ROM y mejorar la discapacidad funcional en corredores que padecen DMT en los músculos de la pantorrilla.

Participaron 48 sujetos con edades comprendidas entre 18 y 45 años. Como criterios de inclusión se requería:

- Tener DMT en los músculos de la pantorrilla.

- No padecer enfermedades musculoesqueléticas conocidas, con calificación del dolor de 3 a 8 en la NRS y puntuación en la LEFS en el ROM 26 a 79.
- Pacientes que tomaban medicamentos antiinflamatorios o analgésicos se excluyeron del estudio, por lo que no hubo un período de lavado.

Los sujetos seleccionados fueron asignados al azar en tres grupos con 16 pacientes en cada grupo. El grupo A fue el grupo de estiramiento estático, el grupo B fue el grupo de estiramiento con la técnica de FNP, mientras que el grupo C fue el grupo de control pasivo.

Los grupos de tratamiento siguieron el plan de intervención; mientras que el grupo de control pasivo no recibió ninguna intervención para evaluar el fenómeno de la recuperación natural.

El grupo A realizó estiramientos estáticos de los músculos de la pantorrilla; 10 repeticiones con un período de descanso de 10 segundos, dos veces al día durante 5 días, manteniendo cada estiramiento durante 30 segundos.

- *Estiramiento del gastrocnemio:* El paciente coloca la pierna no estirada hacia adelante mientras mantiene el talón de la otra pierna en el suelo. El paciente cambió el peso del cuerpo sobre la pierna delantera hasta que surgió la sensación de una leve molestia. La rodilla de la pierna estirada se mantuvo extendida para el estiramiento del gastrocnemio.

- *Estiramiento del sóleo:* Se repitió el mismo procedimiento, excepto que la posición del paciente fue con una ligera flexión de la rodilla en lugar de una extensión de la rodilla.

El grupo B recibió estiramiento FNP de mantener-relajarse-mantener; la fase de espera de 8 segundos y la fase de relajación de 10 segundos realizaron 15 repeticiones en una serie durante 5 días. En el estiramiento FNP, el músculo de la pantorrilla que restringe el rango se elongó hasta el punto de restricción al principio y luego se aplicó un estiramiento, seguido de una contracción isométrica de rango final durante el tiempo establecido, seguido de una relajación voluntaria de los músculos de la pantorrilla tensos. Por último, el terapeuta movió pasivamente la extremidad al nuevo rango.

El grupo C (grupo de control pasivo) no recibió ninguna intervención. La violación del protocolo se trató con análisis por intención de tratar. Se pidió a todos los participantes que dejaran de participar en actividades relacionadas con las extremidades inferiores.

Se seleccionaron la EVA, goniómetro y la LEFS como medidas de resultado. Se utilizó un goniómetro universal para medir el ROM del tobillo en posición supina. LEFS se utilizó para medir la función de las extremidades inferiores.

Se tomaron medidas de EVA y goniometría antes y después del tratamiento durante 5 días consecutivos. LEFS se evaluó una vez al día durante 5 días. Los participantes reclutados fueron seguidos durante 5 días consecutivos después de cada 24 horas. Posteriormente no hubo período de observación ni de evaluación.

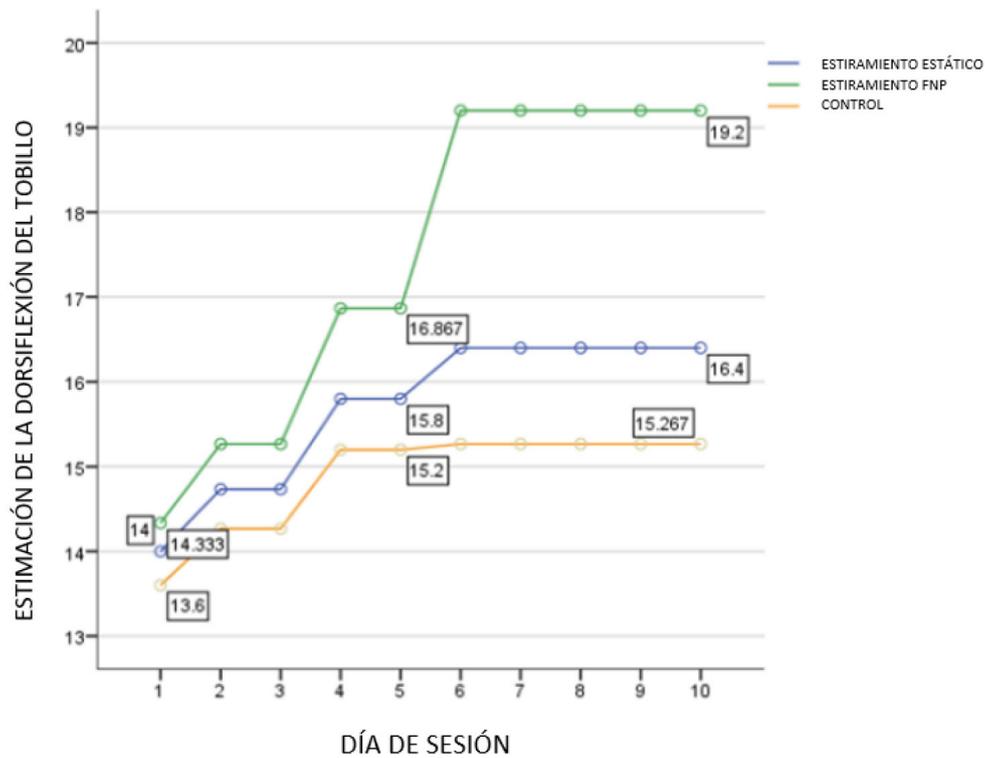


Figura 11. Gráfico sobre la mejora del ROM del tobillo¹⁶.

Se demostró una mejora significativa en todas las medidas de resultado incluido el dolor, el ROM (Figura 11) y la LEFS a lo largo de los 5 días de tratamiento en sujetos de los 3 grupos con $p < 0,05$. El grupo con el protocolo de estiramientos estáticos mejoró en todas las medidas de resultados respecto al grupo control, pero la mejora más significativa se observó en el grupo FNP.

Concluyen que el estiramiento FNP ha demostrado ser relativamente más efectivo que el estiramiento estático para reducir el dolor y mejorar el ROM y las puntuaciones de la LEFS en corredores que padecen DMT en los músculos de la pantorrilla.

Crioterapia

En el caso de la terapia con frío, se encontraron 6 estudios válidos: todos ellos utilizaban la crioterapia en alguna de sus formas, o bien en inmersión total, parcial o con aire pulsado.

Siqueira et al. 2018¹⁷ realizaron un estudio clínico aleatorizado con 30 participantes que se repartieron en dos grupos: Un grupo de control ($n=15$) y un grupo de inversión en agua fría ($n=15$). La inclusión en el estudio requería:

- Que los participantes fueran hombres físicamente activos.
- Que practicaran de leve a moderada intensidad de actividades aeróbicas y/o deportes recreativos 2-3 veces por semana.

Los participantes fueron excluidos si:

- Habían participado en entrenamiento de fuerza regular o intensivo ejercicio pliométrico durante los últimos 3 meses.

- Respondieron "sí" a cualquier PAR-Q.
- Tenía alguna enfermedad inflamatoria o había tomado algún medicamento antiinflamatorio durante las últimas 4 semanas.
- Tenía antecedentes de reacciones adversas a las bajas temperaturas.
- Tenía un pliegue cutáneo en el muslo mayor que 20 mm, ya que la cantidad de tejido adiposo afecta el enfriamiento intramuscular.
- Tenían un torque extensor de la rodilla menor que 185 Nm, con el fin de conseguir valores apareados entre los participantes.

El objetivo de este estudio fue investigar los efectos de múltiples CWI en la función muscular, marcadores de daño muscular, inflamación sistémica y la ECM después del EIMD.

Los participantes visitaron el laboratorio, donde se realizaba el estudio en siete ocasiones. La primera visita consistió en realizar medidas antropométricas y la familiarización con los procedimientos experimentales.

De 3 a 7 días después de la familiarización, los participantes realizaron un protocolo de para inducir el daño muscular, que consistió en cinco series de 20 saltos desde una caja de 60 cm. de altura con dos minutos de descanso entre series. Después de dejarse caer de la caja y aterrizar en el suelo, los participantes recibieron instrucciones de realizar un salto vertical explosivo máximo y luego aterrizar en el suelo.

El protocolo de CWI se aplicó 10 minutos después del EIMD y cada 24 horas a partir de entonces durante los siguientes

tes tres días. En total, los participantes completaron cuatro períodos de inmersión a $10 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ durante 20 minutos cada uno. Durante el proceso de enfriamiento, los participantes permanecieron sentados con las rodillas extendidas, mientras se sumergían hasta la cresta ilíaca, asegurando que los miembros inferiores se sumergieron completamente en el baño de agua. Los participantes fueron instruidos para hacer movimientos con sus piernas cada 2 minutos para prevenir la formación de la capa límite más cálida de agua que se forma inmediatamente que rodea la piel.

Los participantes del grupo de control permanecieron cómodamente sentados a temperatura ambiente ($21 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$) durante los períodos correspondientes de las sesiones de CWI.

Para investigar los efectos de múltiples inmersiones en agua fría, durante las primeras 72 horas después de EIMD se hicieron las siguientes evaluaciones:

- Valuación por ultrasonido
- Extracción de sangre
- DMT durante la tarea de pararse y sentarse
- DMT durante la CIVM
- SCM

Estas valoraciones se repitieron: Antes del ejercicio (Pre), e inmediatamente (Post), 24, 48, 72, 96 y 168 horas después del ejercicio. El DMT se valoró con la EVA y no se midió en Post, ya que aumenta varias horas después del ejercicio. Las muestras de sangre fueron no se recogieron en Post y 96 h, para limitar el número de medidas invasivas (Figura 12).

No obtuvieron una interacción significativa de tiempo por grupo para la fuerza muscular, la recuperación de la altura del salto vertical y la actividad de la MMP-2 ($p > 0,05$). A las 24 horas, el espesor muscular del grupo CWI volvió a sus valores normales y fue menor que el control ($p = 0,04$). El DMT

volvió a la normalidad a las 168 horas para el grupo CWI ($p = 0,109$) pero no para el control ($p = 0,008$). A las 168 horas, la CK mostró una diferencia de grupos por tiempo con un pico mayor para el grupo de control ($p = 0,016$).

En resumen, múltiples inmersiones en agua fría fueron efectivas para atenuar los marcadores indirectos del daño muscular, como DMT, el grosor muscular y la actividad de la CK. Sin embargo, esta estrategia de recuperación parece ser ineficaz en la inflamación sistémica, marcadores de ECM y recuperación de la función muscular. Por lo tanto, el uso de múltiples CWI podría ser recomendado como una estrategia que puede reducir el daño muscular después de los ejercicios, pero sin la expectativa de mejorar la recuperación entre sesiones de entrenamiento o eventos competitivos.

Hohenauer et al. 2019¹⁸ realizaron un ensayo clínico aleatorizado donde se estudiaron los efectos fisiológicos y variables de recuperación en la CWI, CCP, o un control pasivo (CON) después de realizar EIDM.

Un total de 30 mujeres físicamente activas con una media de edad de $22,5 (\pm 2,7 \text{ años})$ fueron reclutadas para este estudio. Dos participantes en del grupo CON no completaron el estudio por enfermedad. Los conjuntos de datos de los dos abandonos fueron excluidos de todos los análisis, sin afectar al estudio.

El estudio se completó cinco días experimentales. El primer día, los participantes se familiarizaron con el procedimiento de CIVM reducida y rendimiento de VJP. En el segundo día experimental (7 días después), las participantes fueron asignadas al azar en el grupo CCP, CWI o CON.

Tras ello, todas realizaron el protocolo para inducir daño muscular en los músculos extensores de la rodilla que consistió en realizar 100 saltos desde una caja con una altura de 0,6 m (5 series de 20 saltos con un descanso de 2 minutos entre series).

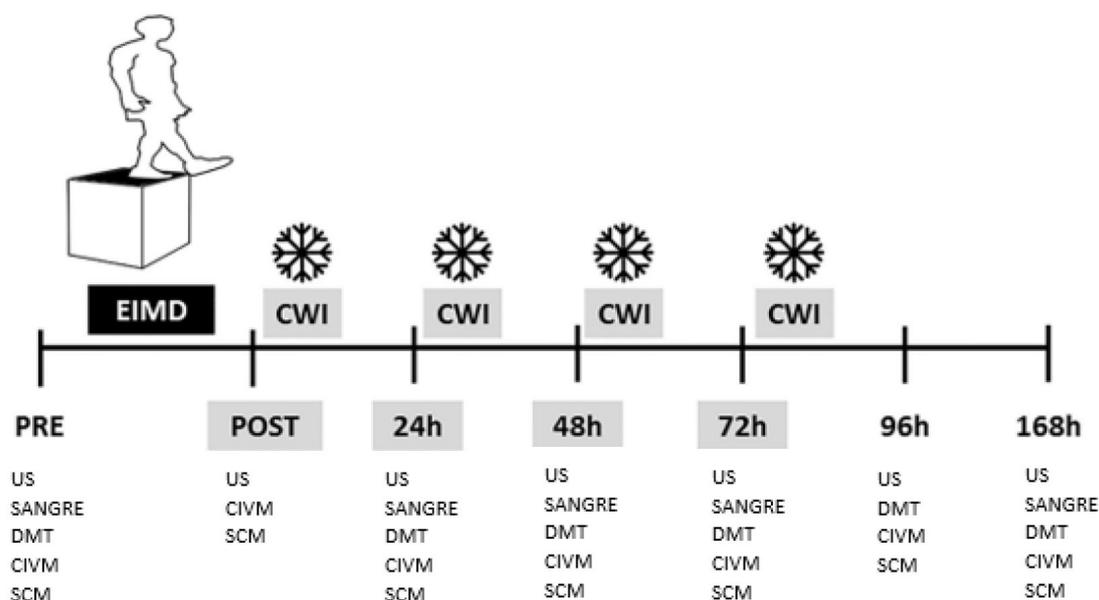


Figura 12. Diseño del programa experimental¹⁷.

Posteriormente, el grupo CCP fue entrando en la criocabina expuesta a nitrógeno líquido vaporizado durante 30 segundos a -60°C y luego durante 2 minutos a -135°C . Todas las participantes usaron bikinis y zapatos resistentes al frío.

El grupo CWI se sumergió hasta el nivel del esternón en una tina de plástico (altura: 85 cm, diámetro: 75 cm) con agua fría (10°C) durante 10 minutos.

El grupo CON no recibió tratamiento y descansó en bikini en decúbito supino, durante 10 minutos.

Las variables fisiológicas medidas fueron SmO₂, CVC, PAM y la temperatura de la piel. Estas variables siempre se evaluaron en posición supina antes, después y a intervalos de 10 minutos (hasta 60 minutos) después de los tratamientos. Las variables de recuperación medidas fueron DMT, inflamación muscular, VJP y MVIC. Estas variables fueron evaluadas antes, después de 60 minutos y en intervalos de 24 horas (hasta 72 horas) después de los tratamientos del día 2-5, siempre en el citado orden (Figura 13). Todas las variables fueron evaluadas por el mismo investigador.

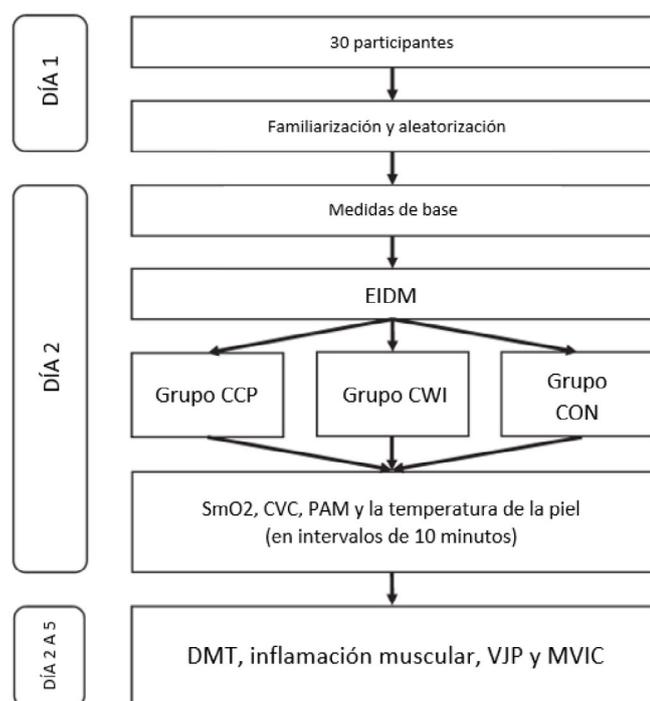


Figura 13. Diagrama de flujo¹⁸.

Se observó que SmO₂ fue menor en el grupo CCP y CWI en comparación con el grupo CON en todo el periodo de seguimiento de 60 minutos ($p < 0,001$). CVC también fue menor en el grupo CCP y CWI en comparación con el grupo CON entre los 20 y 30 minutos del periodo de seguimiento ($p < 0,05$). La temperatura media de la piel fue menor en CWI que en CCP entre los 10 y 40 minutos del periodo de seguimiento ($p < 0,05$). La temperatura media de la piel fue mayor en CON en comparación con CWI hasta los 60 minutos y comparado con CCP hasta los 30 minutos ($p < 0,05$). El DMT fue más bajo después de los protocolos de CCP y CWI en comparación con durante 72 horas ($P < 0,05$), con ninguna diferencia entre los grupos. Respecto a la hinchazón, MVIC y VJP no hay diferencias entre los grupos principales.

En conclusión, el protocolo CWI provocó generalmente mayores efectos fisiológicos en comparación con CCP, mientras que ambas intervenciones fueron más efectivas que el grupo CON en la reducción del DMT en las mujeres, pero no tuvo ningún efecto sobre las medidas funcionales o la hinchazón.

Fakhro et al. 2022¹⁹ realizaron un estudio clínico aleatorizado con el propósito de comparar los efectos de la TCWI con el masaje con hielo en el daño muscular, el rendimiento y el DMT.

Un total de 60 adultos (30 hombres y 30 mujeres) físicamente activos de entre 19 y 44 años fueron reclutados para participar en este estudio. Los criterios de exclusión fueron:

- Tener historial de fracturas graves, roturas meniscales o ligamentosas, sensibilidad al frío, enfermedades cardiopulmonares o inflamatorias
- Participar en ejercicios de fuerza y entrenamiento pliométrico

Los participantes fueron divididos aleatoriamente al grupo TCWI o al grupo IM. Se realizaron las mediciones iniciales y un calentamiento general de cinco minutos de trote de intensidad moderada, seguido de cinco minutos de ejercicio de resistencia muscular con una carga ligera de 15 kg en 10 repeticiones.

Posteriormente, el protocolo de daño muscular consistió en cinco series de 20 saltos desde un cajón de 60 cm de altura con 2 minutos de descanso entre series. Después de cada caída desde la caja y aterrizaje en el piso, los participantes fueron instruidos para realizar un máximo salto vertical explosivo hacia arriba y luego aterrizar en el suelo.

Los participantes asignados al grupo TCWI completaron una sesión de 15 minutos en agua fría con una temperatura de 12°C . Todos estaban sentados mientras sumergían todo su cuerpo en el agua excepto la cabeza y el cuello.

Los participantes del grupo IM se sentaron y se sometieron a un masaje local circular mediante el uso de un cubito de hielo. El masaje se aplicó durante 15 minutos sin presión adicional sobre la región de los muslos.

Las intervenciones fueron aplicadas por un fisioterapeuta calificado.

La evaluación consistió en una batería de pruebas que incluyeron CK sérica, una prueba de fuerza, SCM y EVA que

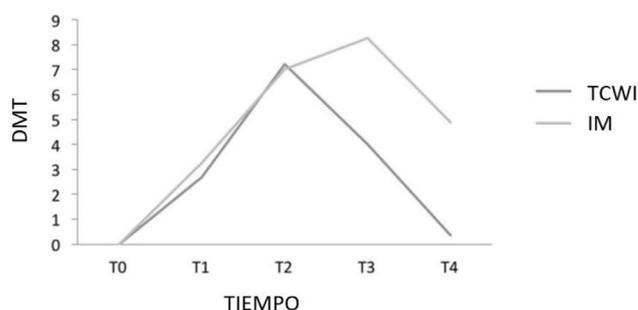


Figura 14. Gráfico de los valores del DMT¹⁹.

se realizaron para las mediciones de referencia y después del protocolo de daño muscular, a las 2, 24, 48 y 72 horas.

Los datos obtenidos mostraron que los valores séricos de CK alcanzaron su punto máximo a las 24 horas para ambos grupos. A las 72 horas, los valores séricos de CK cayeron a los valores iniciales en el grupo TCWI, mientras que permanecieron altos en el grupo de masaje con hielo. A las 72 horas, los valores de la prueba de fuerza, la prueba de CMJ y la EVA (Figura 14) se aproximaron a los valores iniciales solo en el total del grupo de CWI ($p < 0,001$).

Como conclusión, exponen que la TCWI fue más eficaz en comparación con el masaje con hielo para mejorar valores de recuperación del EIMD. Por lo tanto, esta modalidad puede ser considerada durante la recuperación atlética para maximizar el rendimiento deportivo.

Guo et al. 2022²⁰ realizaron un estudio clínico aleatorizado con el objetivo de investigar los efectos de la CWI y la CWT en el esfuerzo autopercebido y dolor muscular de atletas de élite durante un entrenamiento de alta intensidad.

30 atletas masculinos de élite, con edades comprendidas entre 16 y 23 años, se dividieron aleatoriamente en tres grupos:

- Un grupo de control (C, n = 10)
- Un grupo de CWI (n = 10)
- Un grupo de CWT (n = 10)

El estudio comenzó con un protocolo de familiarización y tras cada entrenamiento diario, los participantes fueron expuestos a CWI (10 minutos a 10 °C) o CWT (4 ciclos de 2,5 minutos, alternativamente a 12 °C y 38 °C). El grupo de control solo realizó estiramientos simples sin ningún tratamiento adicional.

Se recogieron muestras de sangre para evaluar la interleucina sérica 6 (indicador del daño musculoesquelético) y la prostaglandina 2 (sustancia que causa dolor local en el músculo) y se valoró el esfuerzo autopercebido, y el dolor muscular con la EVA en 6 puntos del entrenamiento:

- Al inicio (B)
- Con carga ligera-1 (L1)
- Con carga pesada-1 (H1)
- Con carga media (M)
- Con carga pesada- 2 (H2)
- Con carga ligera-2 (L2)

El nivel de interleucina 6, el nivel de prostaglandina 2, el esfuerzo autopercebido y el dolor muscular del grupo C no fueron significativamente diferentes del grupo CWT. El nivel de interleucina 6 en el grupo CWI fue significativamente más bajo en el punto de tiempo de L1 y H2 en comparación con el grupo CWT. De manera similar, CWI redujo significativamente los niveles de prostaglandina 2 en M y L2. El esfuerzo autopercebido y el dolor muscular (Figura 15) no fueron significativamente diferentes en ambos grupos de intervención.

Concluyen que CWI puede ser más efectivo que CWT para reducir la inflamación de los marcadores en ciertos puntos de un ciclo de entrenamiento, pero parece que este efecto se puede inducir de una manera predecible.

Malmir et al. 2017²¹ realizaron un estudio clínico aleatorizado con el objetivo de comparar los efectos del uso repetido de crioterapia y TENS en los signos y síntomas de DMT.

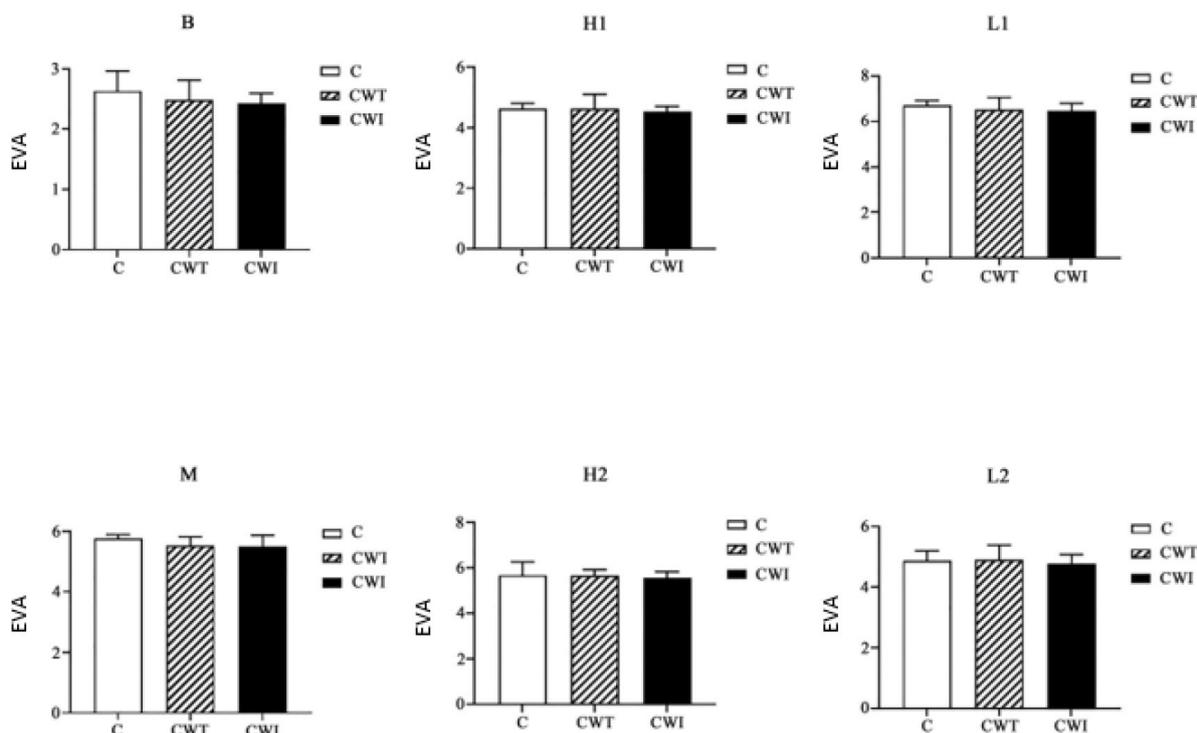


Figura 15. Evaluación del DMT en 6 puntos diferentes del estudio²⁰.

Cuarenta y dos jugadores de fútbol varones amateurs sanos (edad: 26 ± 3 años) participaron en el estudio. Fueron asignados aleatoriamente al grupo TENS, al de crioterapia o al control. Los criterios de inclusión fueron:

- No haber tenido lesiones en las extremidades inferiores durante el anterior año.
- No tener contraindicaciones para el uso de estimulación eléctrica o hielo.

Se valoró el dolor con la EVA, AROM de la extensión de la rodilla, la distancia de salto triple y la circunferencia del muslo antes, 24, 48 y 72 horas después del EIDM en el músculo isquiotibial dominante.

Se realizó un protocolo de EIDM para los músculos isquiotibiales de la extremidad inferior consistente en que cada participante, arrodillado en una camilla con la parte distal de las piernas fijas con una correa y las manos a los lados del cuerpo, tendría que inclinarse hacia adelante desde las rodillas, lo más lejos posible (Figura 16). Se le indicó que no doblara las articulaciones de la cadera ni la columna vertebral. De esta manera, los isquiotibiales tenían que controlar, de forma excéntrica, el descenso de los segmentos del muslo, la pelvis y el tronco como una palanca rígida. El procedimiento consistió en 12 series de 6 repeticiones. Se permitieron 10 segundos de descanso entre cada repetición y 2 minutos entre cada serie.



Figura 16. Protocolo EIMD²¹.

Al grupo de crioterapia se le colocó una toalla húmeda sobre el músculo isquiotibial. Sobre la toalla se colocó una bolsa con trozos de hielo y se cubrió todo con otra toalla. La intervención tuvo una duración de 20 minutos. El protocolo de crioterapia consistió en tres repeticiones diarias (intervalos de 8 horas) durante tres días consecutivos.

La estimulación nerviosa eléctrica transcutánea se aplicó con un par de electrodos de goma longitudinalmente en la parte más dolorosa de la unión músculo tendinosa de los isquiotibiales en el tercio inferior del músculo. Se pautó TENS una vez al día durante tres días consecutivos. La frecuencia, el ancho de pulso y la duración se establecieron en 110 Hz, 200 μ s y 20 minutos, respectivamente. Se aumentó la intensidad hasta el nivel sensorial, es decir, sin músculo contracción.

Los resultados muestran una diferencia significativa para la media de la intensidad del dolor entre la crioterapia y el grupo de control ($p < 0,017$), pero, la media de la intensidad del dolor entre el grupo TENS y el grupo de crioterapia ($p > 0,017$) y entre el grupo TENS y el grupo control ($p > 0,017$) no fue significativamente diferente. Además, una comparación por pares mostró que esa media de la intensidad del dolor aumentó significativamente de manera progresiva después de inducir el DMT hasta 48 horas ($p < 0.0125$) y comenzó a disminuir 72 horas después ($p < 0.0125$).

Se encontró un efecto significativo del tiempo para AROM. Pero no se observó ningún efecto de interacción del grupo \times tiempo.

No hubo efecto significativo del tiempo o efecto de interacción de grupo \times tiempo para la medida de la circunferencia del muslo.

Se encontró un efecto significativo del tiempo para la distancia de triple salto, pero no hubo efecto significativo del grupo o efecto de interacción del grupo \times tiempo.

Concluyeron que solo la crioterapia podría disminuir la intensidad del dolor de forma permanente después de la EIDM en los isquiotibiales. El TENS puede disminuir el dolor, pero solo durante su aplicación. El ROM activo y distancia de triple salto, como medidas de función en las extremidades inferiores, no se vio afectada por la crioterapia o TENS. En comparación con investigaciones anteriores, el aumento de la frecuencia de aplicación de estas intervenciones no resultó en un mejor manejo de los signos y síntomas asociado con DMT.

Doungkula et al. 2018²² realizaron un estudio clínico aleatorizados con el objetivo de investigar la efectividad de la crioterapia en la recuperación de DMT inducido por el ejercicio excéntrico.

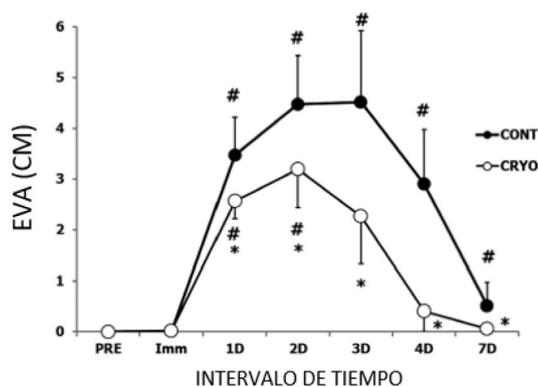
En el estudio participaron 32 hombres con edades comprendidas entre 18 y 25 años. Los criterios de inclusión requerían:

- No tener antecedentes de trastornos musculoesqueléticos o neurológicos del miembro superior.
- No haber participado en ninguna forma de entrenamiento de resistencia en las extremidades superiores durante los últimos 3 meses del período de tiempo.

Los participantes fueron asignados aleatoriamente al grupo de intervención de crioterapia con aire pulsado (grupo CRYO, $n = 16$) y al grupo control (CONT, $n = 16$).

El protocolo de EIDM consistió en realizar 3 series de 20 contracciones excéntricas máximas de los flexores del codo del brazo no dominante con 3 minutos de descanso entre cada serie.

Posteriormente, el grupo CRYO recibió 4 aplicaciones de crioterapia de 5 minutos cada una con un descanso de 1 minuto entre cada aplicación. El frío con aire pulsado ($5\text{ }^{\circ}\text{C} - 15\text{ }^{\circ}\text{C}$) se aplicó 2 cm por encima del tendón distal del bíceps braquial del brazo no dominante con movimientos verticales y horizontales y con una distancia de 5 cm mantenida entre la boquilla del tubo y piel.



* valores significativos comparados con PRE ($P < 0.05$), # valores significativos comparados entre grupos ($P < 0.05$).

Figura 17. Gráfico de los cambios de EVA²².

Los participantes del grupo CONT descansaron en posición supina sin tratamiento de crioterapia y recibieron tratamiento general con consejos para descansar y no llevar ningún peso pesado.

Se realizaron un total de ocho medidas de resultado que incluyen puntuación de la EVA (Figura 17), CMB, PPT, ROM-FA del codo, ROM-FP del codo, ROM-EA del codo, ROM-EP del codo y un EIM de los flexores del codo. Las medidas se evaluaron repetidamente en 7 puntos diferentes: Al inicio del estudio, antes de la inducción del ejercicio excéntrico de DMT, inmediatamente después y en los días 1, 2, 3, 4 y 7 días posteriores.

Los resultados muestran que hubo un efecto significativo ($p < 0,05$) para EVA, CMB, PPT, ROM-FP, ROM-EA y ROM-EP en todas las mediciones realizadas a lo largo del tiempo. Además, todas las medidas de resultado (excepto ROM-FA e EIM) demostraron una mejora significativa ($p < 0.05$) en la recuperación de DMT en el grupo CRYO en comparación con el grupo CONT.

Como conclusión exponen que una sesión de 20 minutos (4 sesiones \times 5 minutos) durante 5 días consecutivos de crioterapia con pulsos de aire tiene efectos beneficiosos sobre la recuperación de DMT en los flexores del codo después de ejercicio excéntrico.

DISCUSIÓN

El presente estudio tiene como objetivos evaluar el efecto del masaje, los estiramientos y la crioterapia en la prevención y alivio de los síntomas del DMT, conocer el mejor modo de actuación de estas tres terapias y cuál de ellas tiene mayor efectividad.

El DMT afecta a cualquier persona sea deportista profesional o no, provocando incomodidad al realizar hasta las actividades diarias más comunes, por ello, se buscan estrategias para su prevención o para el alivio de los síntomas.

Tras la valoración de las tres terapias que parece que mejor funcionan en el DMT encontramos que realizar un masaje con el foam roller en ambos cuádriceps tras un protocolo

de inducción del DMT consistente en realizar 10 series de 10 repeticiones de sentadillas paralelas utilizando un volante de entrenamiento sin gravedad logró mejorar la percepción del dolor medida con la EVA. Además, realizar el masaje con el foam roller con vibración obtiene mayores resultados a corto plazo en la percepción del DMT y en la extensión pasiva de la cadera, según el estudio de Romero-Moraleda et al. 2019¹¹. Ambos protocolos, con y sin vibración, fueron efectivos para mejorar el PPT, la SmO₂, SCM y el ROM en la articulación de la rodilla.

En el estudio de Kerautre et al. 2021¹², también obtuvieron como resultado tras un masaje con foam roller una reducción del DMT de 24 a 120 horas post entrenamiento ($p < 0,001$). En este caso, el protocolo de inducción del DMT fue un protocolo de resistencia que consistía en 10 series de 10 repeticiones de sentadilla trasera con un peso establecido en el 50% de la estimación individual. También se obtuvo una reducción de la circunferencia del muslo después del protocolo de resistencia, que indica una reducción de la inflamación muscular.

Una sola sesión con foam roller aplicada en flexores de codo después de un protocolo de ejercicio para inducir daño muscular no tuvo efecto en la recuperación de DMT, CIVM, inflamación muscular y ROM, según el estudio de Medeiros et al. 2020¹⁴. Tampoco hubo efectos significativos en las valoraciones de la CIVM ($p = 0,090$), el grosor muscular ($p = 0.028$) y el ROM ($p = 0,416$) de los flexores del codo respecto al tiempo.

En función de los resultados expuestos anteriormente, se puede afirmar Un masaje con el foam roller en los cuádriceps tras un protocolo de inducción de daño muscular, provoca una mejoría en la percepción del DMT y una reducción de 24 a 120 horas tras el ejercicio.

Por el contrario, una sola sesión de masaje con el foam roller en el grupo muscular de los flexores del codo tras un protocolo de inducción del daño muscular no tuvo efecto en la recuperación del DMT.

Respecto al masaje manual, en el estudio desarrollado por Visconti et al. 2020¹³, no se observaron diferencias clínicamente relevantes con respecto a la variabilidad del valor en la EVA entre el tratamiento con diatermia real, la simulada y los grupos de masaje manual, por el contrario, si se observaron diferencias en las puntuaciones de la PGIC, donde los participantes informaron sentirse "mejor" o "moderadamente mejor" después de recibir el tratamiento con masaje manual, mientras que en los grupos de diatermia reales y ficticios, informaron sentirse "un mucho mejor", "sin cambios" o "peor" después del tratamiento.

Los autores creen que las expectativas y la sugestión puede interferir con las percepciones de un proceso, influyendo en los resultados individuales y respuestas conductuales.

Si los sujetos tienen las expectativas de que el masaje manual va a ayudarles a recuperarse, podría suponer un efecto placebo, sin que realmente haya mejoría objetiva.

Esto podría ser de interés para que los participantes puedan beneficiarse de la idea de recibir un tratamiento percibido fuertemente beneficioso y, aunque realmente no

suponga una amplia mejoría física, la simple percepción o idea de que se va a mejorar supone un efecto positivo en el resultado.

Con relación a la terapia de estiramientos, encontramos que los estiramientos con la terapia vibratoria post ejercicio son efectivos en jugadores de hockey de élite para reducir el DMT después del ejercicio excéntrico, según el estudio de Akehurst et al. 2021¹⁵.

En el estudio de Sohail et al. 2021¹⁶ se demostró una mejora significativa en todas las medidas de resultado incluido el dolor, el ROM y la LEFS a lo largo de los 5 días de tratamiento en sujetos del grupo con el protocolo de estiramientos estáticos, pero la mejoría más significativa se observó en el grupo FNP.

El estiramiento FNP ha demostrado ser relativamente más efectivo que el estiramiento estático para reducir el dolor y mejorar el ROM y las puntuaciones de la LEFS en corredores que padecen DMT en los músculos de la pantorrilla. Los estiramientos con la terapia vibratoria post ejercicio es efectiva en deportistas de multispring en la reducción del DMT.

En función de los resultados expuestos anteriormente comprobamos que un protocolo de estiramientos estáticos con la terapia vibratoria es efectivo en la reducción del DMT tras la realización de ejercicio excéntrico, pero parece ser más efectiva la terapia de estiramiento FNP para la reducción y recuperación del DMT, además mejora el ROM las puntuaciones en las LEFS.

Con relación a la terapia de la crioterapia, múltiples CWI en cuatro períodos de inmersión a 10 ± 1 °C durante 20 minu-

tos fueron efectivas para atenuar los marcadores indirectos del daño muscular, como DMT, el grosor muscular y la actividad de la CK.

Sin embargo, esta estrategia de recuperación parece ser ineficaz en la inflamación sistémica, marcadores de ECM y recuperación de la función muscular. Por lo tanto, el uso de múltiples CWI podría ser recomendado como una estrategia que puede reducir el daño muscular después de los ejercicios, pero sin la expectativa de mejorar la recuperación entre sesiones de entrenamiento o eventos competitivos, según el estudio de Siqueira et al. 2018¹⁷.

Hohenauer et al. 2019¹⁸ comprobaron que la SmO₂, CVC, PAM y la temperatura de la piel fueron menores en el grupo de CCP, expuesta a nitrógeno líquido vaporizado durante 30 segundos a -60 °C y luego durante 2 minutos a -135 °C, y en el de CWI de 10 °C durante 10 minutos, en comparación con el grupo control. El DMT fue más bajo después de los protocolos de CCP y CWI en comparación con el grupo control durante 72 horas ($p < 0,05$), con ninguna diferencia entre los grupos.

Respecto a la hinchazón, CIVM reducida y rendimiento de VJP no hay diferencias entre los grupos principales. Por consiguiente, el protocolo CWI provocó generalmente mayores efectos fisiológicos en comparación con CCP, mientras que ambas intervenciones fueron más efectivas que el grupo control en la reducción del DMT en las mujeres, pero no tuvo ningún efecto sobre las medidas funcionales o la hinchazón.

Según los resultados obtenidos en el estudio de Fakhro et al. 2022¹⁹ se demuestra que la TCWI fue más eficaz en comparación con el masaje con hielo para mejorar valores

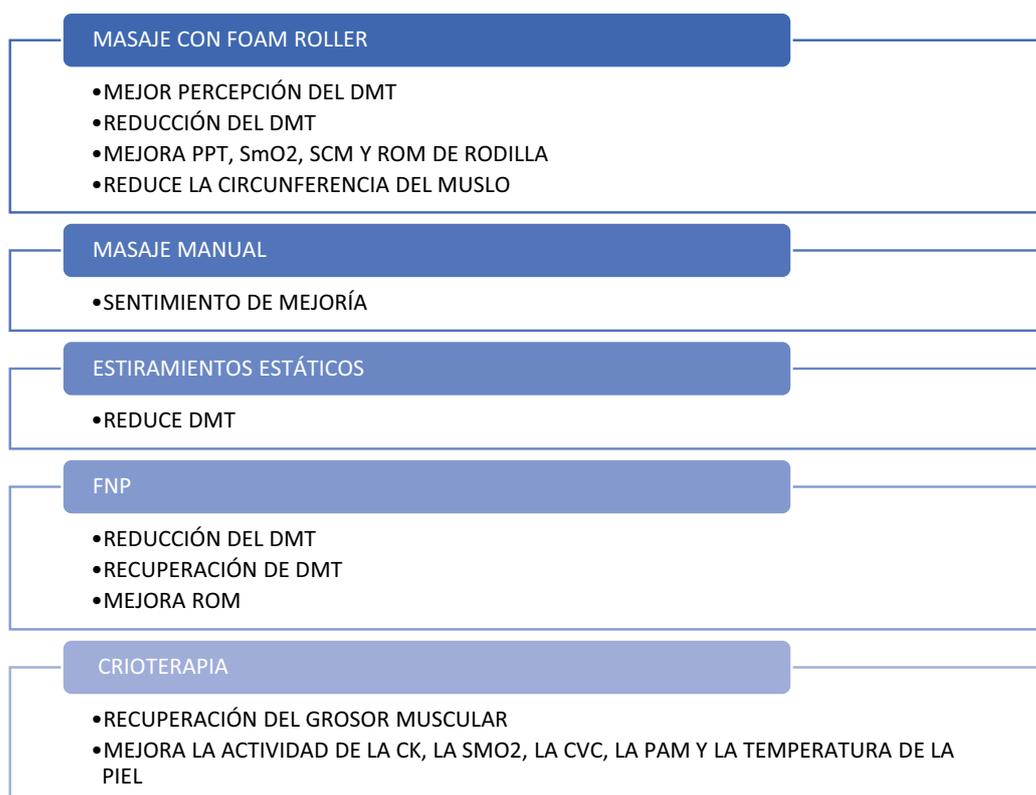


Figura 17. Efectos de las diferentes terapias.

de recuperación del EIMD puesto que, a las 72 horas, los valores de la prueba de fuerza, la prueba de salto y el DMT se aproximaron a los valores iniciales solo en el total del grupo de CWI ($p < 0,001$). Por lo tanto, esta modalidad puede ser considerada durante la recuperación atlética para maximizar el rendimiento deportivo.

En el caso del estudio de Guo et al. 2022²⁰ muestran que CWI puede ser más efectivo que CWT para reducir la inflamación de los marcadores en ciertos puntos de un ciclo de entrenamiento.

La crioterapia podría disminuir la intensidad del dolor de forma permanente después de la EIMD en los isquiotibiales, mientras que el TENS puede disminuir el dolor, pero solo durante su aplicación, según Malmir et al. 2017²¹. El rango de movimiento activo y distancia de triple salto, como medidas de función en las extremidades inferiores, no se vio afectada por la crioterapia o TENS. En comparación con investigaciones anteriores, el aumento de la frecuencia de aplicación de estas intervenciones no resultó en un mejor manejo de los signos y síntomas asociado con DMT.

Doungkalsa et al. 2018²² realizaron un estudio donde demuestran que una sesión de 20 minutos (4 sesiones \times 5 minutos) durante 5 días consecutivos de crioterapia con pulsos de aire tiene efectos beneficios sobre la recuperación de DMT en los flexores del codo después de ejercicio excéntrico.

En función de lo expuesto anteriormente deducimos que la crioterapia, bien sea aplicada en forma de inmersión total, parcial o con pulsos de aire es efectiva en la reducción de DMT, además mejora significativamente la recuperación del grosor muscular, la actividad de la CK, la SmO₂, la CVC, la PAM y la temperatura de la piel. Por lo tanto, esta terapia puede ser considerada como una estrategia durante la recuperación del DMT en ámbitos deportivos o no.

Limitaciones

Cabe mencionar que, a pesar de los resultados obtenidos en los estudios expuestos, encontramos una serie de limitaciones metodológicas que impiden la generalización de los resultados a otras poblaciones.

En el estudio de Romero-Moraleda et al. 2019¹¹ se pueden encontrar las siguientes limitaciones:

- Se midieron solamente participantes sanos y activos
- El foam roller vibratorio se utilizó en una sola frecuencia (18 Hz), sin comparar otras frecuencias
- Sólo se midió la pierna dominante para estudiar los efectos de cada intervención
- Las mediciones se realizaron a corto plazo
- Ningún participante fue evaluado en forma ciega, debido a su imposibilidad con la sensación de vibración

El estudio de Kerautre et al. 2021¹² debe considerarse un ensayo muy piloto, debido a:

- El tamaño de muestra es pequeño

- Debido a criterios de inclusión restrictivos, no se implementó un seguimiento objetivo de las presiones ejercidas por atletas en sus tejidos blandos cuando realizan un automasaje con el foam roller
- La diferencia en la carga de trabajo total lograda por los atletas evita atribuir la reducción de la inflamación y el dolor muscular hasta 120 horas después del protocolo de entrenamiento de resistencia a un beneficio del masaje con el foam roller
- Los efectos nocivos obtenidos, podrían evitarse realizando el masaje con el foam roller de forma pasiva por un fisioterapeuta profesional, quien controle mejor la presión sobre los grupos musculares y no provoque un aumento del daño muscular

El estudio de Visconti et al. 2020¹³ tuvo varias limitaciones, principalmente relacionadas con el contexto clínico en el que se adquirieron estos datos:

- No definieron una puntuación en la NRS como criterio de inclusión, lo que podría haber introducido heterogeneidad entre los participantes
- Los resultados fueron evaluados inmediatamente después los tratamientos, en reposo
- Y no se realizó un seguimiento (a corto o mediano plazo)

Las limitaciones encontradas en el estudio de Medeiros et al. 2020¹⁴ fueron:

- La evaluación únicamente de hombres jóvenes activos
- Sin cegamiento de los participantes
- Sin la posibilidad de medir la magnitud de la fuerza aplicada durante la palpación para la evaluación de DMT

A parte de las limitaciones individuales de los estudios, en el presente trabajo encontramos difícil llegar a una opinión clara sobre el efecto del masaje en el DMT, puesto que los estudios encontrados sobre el tema fueron escasos y evalúan terapias diferentes en distintas poblaciones y grupos musculares, lo que hace imposible compararlos entre sí para disponer de unos resultados lo más objetivos posibles.

En futuras investigaciones sería interesante poder comparar de forma independiente la terapia del automasaje con foam roller y el masaje manual realizado por un profesional en la percepción del DMT tras la realización de un protocolo de inducción al daño muscular en el mismo grupo muscular y con una muestra de participantes que incluyeran personas deportistas y no deportistas.

Las limitaciones encontradas en el estudio de Akehurst et al. 2021¹⁵ fueron:

- Un tamaño de muestra relativamente pequeño y limitada solo jugadores de hockey de élite, impidiendo la extrapolación de resultados a otras poblaciones
- El cegamiento fue impracticable debido a la naturaleza de la intervención y, por lo tanto, los resultados subje-

tivos de la EVA pueden verse influidos por el efecto placebo

- El programa de entrenamiento utilizado para inducir DMT es posible que no produjese DMT “verdadero” en todos los participantes, puesto que el dolor y la rigidez no son evidencia directa de la patología de DMT
- No fue posible hacer cumplir la totalidad de los descansos durante el período de observación de 7 días posterior al ejercicio

La investigación de Sohail et al. 2021¹⁶ no se puede generalizar para personas mayores y sin entrenamiento con DMT puesto que:

- Se limitó únicamente al dolor muscular de la pantorrilla
- La mayoría de los participantes del estudio eran atletas jóvenes y entrenados
- No se tomaron medidas fisiológicas objetivas como la CK plasmática para medir el daño muscular debido a los recursos económicos limitados

Se hace difícil formarse una opinión clara sobre la efectividad de los estiramientos en el DMT, puesto que los estudios encontrados sobre el tema fueron escasos y evalúan técnicas de estiramiento diferentes en poblaciones relacionadas únicamente con el ámbito deportivo, lo que hace complicado compararlos entre sí para disponer de unos resultados lo más objetivos posibles.

En futuras investigaciones sería interesante poder realizar investigaciones nuevas con muestras grandes e incluyen-

do otros grupos de población, utilizando las mismas intervenciones en diferentes músculos y usar formas más objetivas para evaluar DMT, como los niveles de CK sérica o la tecnología infrarroja.

A pesar de lo presentado en base a la crioterapia, cabe mencionar algunas limitaciones de los estudios mostrados. La población de estudio se basa en general, en individuos jóvenes, sanos y físicamente activos, lo que imposibilita la extrapolación a otras poblaciones.

Siqueira et al. 2018¹⁷ mencionan en su estudio que, para determinar los procesos de regeneración, habrían sido interesantes otras mediciones adicionales como biopsias musculares e intramuscular.

Hohenauer et al. 2019¹⁸ señalan como limitación de su estudio la imposibilidad de controlar el ciclo menstrual de la población de su estudio, el cual podría haber contribuido a los diferentes resultados por los diferentes niveles de estrógenos.

Fakhro et al. 2022¹⁹ apuntan como limitaciones de su estudio la no inclusión de inflamación como indicador de ejercicio para inducir daño muscular, entre las variables probadas.

Guo et al. 2022²⁰ señalan que la muestra de su estudio es pequeña y Malmir et al. 2017²¹ comentan la interesante opción de haber incluido un tercer grupo para el que las intervenciones se aplicasen una sola vez.

Doungkulsua et al. 2018²² manifiestan la necesidad de una investigación adicional que involucre diferentes grupos

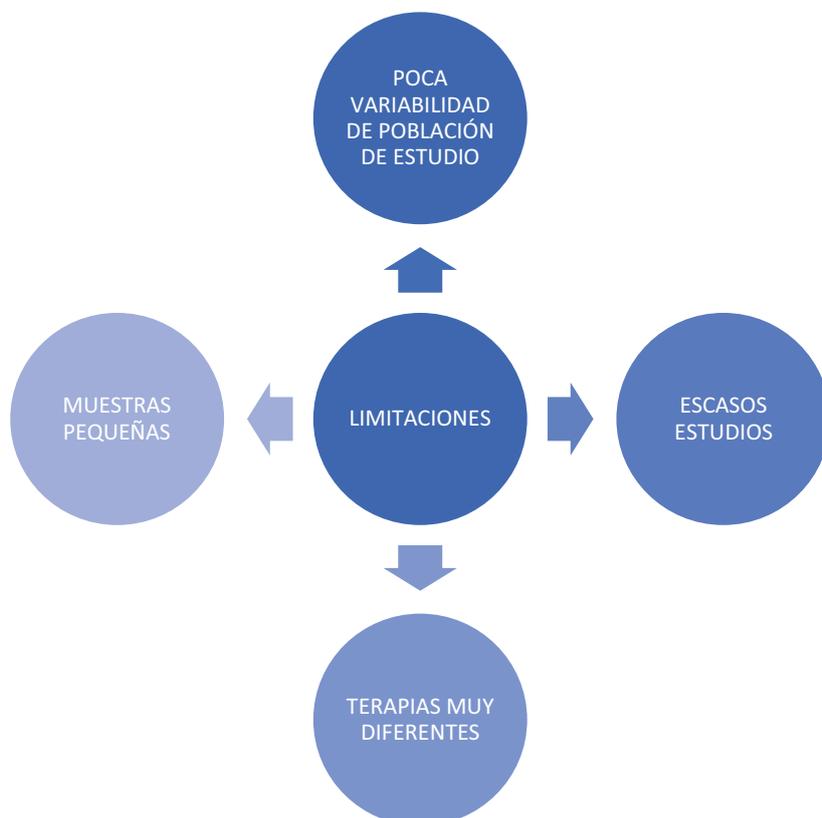


Figura 18. Limitaciones generales.

musculares y en otras poblaciones antes de aplicar los efectos positivos del estudio a la práctica clínica diaria.

CONCLUSIONES

Tras el análisis de estos estudios, se puede concluir que existe una evidencia limitada sobre la efectividad de las tres terapias seleccionadas: Masaje, estiramientos y crioterapia, en la reducción y recuperación de DMT.

Existe una evidencia insuficiente que avale la efectividad de la aplicación de éstas, sin embargo, parece que el masaje con foam roller provoca una mejoría en la percepción del DMT y una reducción de 24 a 120 horas tras el ejercicio, el método de estiramiento FNP ha demostrado ser relativamente más efectivo que los estiramientos estáticos para reducir el dolor y mejorar el ROM y la crioterapia, aplicada en cualquiera de sus formas, es la terapia que más efectividad tiene en la reducción de DMT, además favorece la recuperación del grosor muscular, la actividad de la CK, la SmO₂, la CVC, la presión arterial media y la temperatura de la piel, por lo tanto, también mejora la reincorporación a las actividades de la vida diaria y deportivas sin contrariedades.

Si bien es cierto que se necesita un mayor número de estudios, de alta calidad metodológica y mayor tamaño muestral, para determinar con mayor precisión la efectividad de las diferentes terapias para la prevención y el tratamiento de DMT.

BIBLIOGRAFÍA

1. Candia-Luján R, De Paz JA y Costa O. ¿Son efectivos los suplementos antioxidantes en la disminución del dolor muscular tardío? *Nutr Hosp* 2015; 31(1): 32-45.
2. Paratthakonkun C, Vimuttipong V, Nana A, Chaijenkij K, Soonthornworasiri N, Arthan D. The Effects of Crocodile Blood Supplementation on Delayed Onset Muscle Soreness. *Nutrients* 2021; 13: 2312.
3. Molaeikhaletabadi M, Bagheri R, Hemmatinfar H, Nemati J, Wong A, Nordvall M, Namazifard M, Suzuki K. Term Effects of Low-Fat Chocolate Milk on Delayed Onset Muscle Soreness and Performance in Players on a Women's University Badminton Team. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2022; 19: 3677.
4. Ortiz B, Carrasco-Legleu CE, De León LG, Fernando K, Candia-Lujan R, Najera RJ. Suplementos nutricionales en el tratamiento y la prevención del dolor muscular tardío. *Retos* 2019; 35: 407-412.
5. Ranchordas MK, Rogerson D, Soltani H, Costello JT. Antioxidants for preventing and reducing muscle soreness after exercise. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2017. [Citado 11 octubre 2022] Disponible en: <https://www.cochranelibrary.com/cdsr/doi/10.1002/14651858.CD009789.pub2/full>
6. Guo J, Li L, Gong Y, Zhu R, Xu J, Zou J, Chen X. Massage Alleviates Delayed Onset Muscle Soreness after Strenuous Exercise: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Frontiers in Physiology* 2017. [Citado 14 octubre 2022] Disponible en: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fphys.2017.00747/full>
7. Guillot A, Kerautret Y, Queyrel F, Schobb W, Di Rienzo F. Foam Rolling and Joint Distraction with Elastic Band Training Performed for 5-7 Weeks Respectively Improve Lower Limb Flexibility. *Journal of Sports Science and Medicine* 2019; 18: 160-171
8. Afonso J, Clemente FM, Yuzo F, Morouço P, Sarmiento H, Inman R, Ramirez-Campillo R. 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* 2021. [Citado 14 octubre 2022] Disponible en: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fphys.2021.677581/full>
9. Freitas A, Vieira A, Bottaro M, Batista J, De Toledo O, De Souza VC, De Cássia R, Babault N, Quagliotti JL. Multiple Cold-Water Immersions Attenuate Muscle Damage but not Alter Systemic Inflammation and Muscle Function Recovery: A Parallel Randomized Controlled Trial. *Scientific Reports* 2018; 8:10961
10. PEDro.org.au [internet]. Sydney: The PEDro Partnership; 1999 [actualizado 10 octubre 2022; citado 18 octubre 2022]. Disponible en: <https://pedro.org.au/spanish/resources/pedro-scale/>
11. 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. *Journal of Sports Science and Medicine* 2019; 18: 172-180
12. Kerautret Y, Guillot A, Di Rienzo F. Evaluating the effects of embedded self-massage practice on strength performance. *Plos One* 2021. [Citado 19 octubre 2022] Disponible en: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0248031>
13. Visconti L, Forni C, Coser R, Trucco M, Magnano E, Capra G. Massage, long-wave diathermy, and sham long-wave diathermy for the management of delayed-onset muscle soreness: a randomized controlled trial. *Archives of Physiotherapy* 2020. [Citado 20 octubre 2022] Disponible en: <https://archivesphysiotherapy.biomedcentral.com/articles/10.1186/s40945-019-0073-4>
14. Medeiros F, Bottaro M, Martins W, Ribeiro D, Marinho B, Viana R, Ferreira-Junior J, Carmo J. The effects of one session of foam roller on recovery from exercise induced muscle damage: A randomized controlled trial. *Journal of Exercise Science & Fitness* 2020; 18: 148-154.
15. Akehurst H, Grice J, Angioi M, Morrissey D, Migliorini F, Maffulli N. Whole-body vibration decreases delayed onset muscle soreness following eccentric exercise in elite hockey players: a randomised controlled trial. *J Orthop Surg Res* 2021; 16: 589

16. Sohail MAA, Tahir R, Maqbool A, Hanif S, Saeed O. Comparing the effectiveness of static stretching and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching in treating delayed onset muscle soreness in calf muscles of runners. *Anaesth. pain intensive care* 2021; 26(1): 31-38.
17. Siqueira A, Vieira A, Bottaro M, Ferreira-Júnior JB, De Toledo O, Carolino de Souza V, De Cássia R, Babault N, Quagliotti JL. Multiple Cold-Water Immersions Attenuate Muscle Damage but not Alter Systemic Inflammation and Muscle Function Recovery: A Parallel Randomized Controlled Trial. *Scientific reports* 2018; 8:10961
18. Hohenauer E, Costello J, Deliens T, Clarys P, Stoop R, Clijsen R. Partial-body cryotherapy (-135°C) and cold-water immersion (10°C) after muscle damage in females. *Scand J Med Sci Sports* 2020; 30: 485-495.
19. Fakhro M, AlAmeen F, Fayad R. Comparison of total cold-water immersion's effects to ice massage on recovery from exercise-induced muscle damage. *Journal of Experimental Orthopaedics* 2022; 9: 59
20. Guo G, Fan Y, Kong X, Zhao C. The effect of different water immersion strategies on delayed onset muscle soreness and inflammation in elite race walker. *J. Mens. Health* 2022; 18 (3): 24
21. K Malmir, N Ghotbi, S Mohsen Mir, B Moradi. Comparing Effects of Cryotherapy and Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation on Signs and Symptoms of Delayed Onset Muscle Soreness in Amateur Athletes. *The Open Pain Journal*, 2017, 10, 73-80
22. Dounkulsu A, Paungmali A, Joseph L, Khamwong P. Effectiveness of air pulsed cryotherapy on delayed onset muscle soreness of elbow flexors following eccentric exercise. *Pol Ann Med.* 2018; 25(1): 103-111
13. Medeiros F, Bottaro M, Martins W, Ribeiro D, Marinho B, Viana R, Ferreira-Junior J, Carmo J. The effects of one session of foam roller on recovery from exercise induced muscle damage: A randomized controlled trial. *Journal of Exercise Science & Fitness* 2020; 18: 148-154.
14. Akehurst H, Grice J, Angioi M, Morrissey D, Migliorini F, Maffulli N. Whole-body vibration decreases delayed onset muscle soreness following eccentric exercise in elite hockey players: a randomised controlled trial. *J Orthop Surg Res* 2021; 16: 589
15. Sohail MAA, Tahir R, Maqbool A, Hanif S, Saeed O. Comparing the effectiveness of static stretching and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching in treating delayed onset muscle soreness in calf muscles of runners. *Anaesth. pain intensive care* 2021; 26(1): 31-38.
16. Siqueira A, Vieira A, Bottaro M, Ferreira-Júnior JB, De Toledo O, Carolino de Souza V, De Cássia R, Babault N, Quagliotti JL. Multiple Cold-Water Immersions Attenuate Muscle Damage but not Alter Systemic Inflammation and Muscle Function Recovery: A Parallel Randomized Controlled Trial. *Scientific reports* 2018; 8:10961
17. Hohenauer E, Costello J, Deliens T, Clarys P, Stoop R, Clijsen R. Partial-body cryotherapy (-135°C) and cold-water immersion (10°C) after muscle damage in females. *Scand J Med Sci Sports* 2020; 30: 485-495.
18. Fakhro M, AlAmeen F, Fayad R. Comparison of total cold-water immersion's effects to ice massage on recovery from exercise-induced muscle damage. *Journal of Experimental Orthopaedics* 2022; 9: 59
19. Guo G, Fan Y, Kong X, Zhao C. The effect of different water immersion strategies on delayed onset muscle soreness and inflammation in elite race walker. *J. Mens. Health* 2022; 18 (3): 64
20. K Malmir, N Ghotbi, S Mohsen Mir, B Moradi. Comparing Effects of Cryotherapy and Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation on Signs and Symptoms of Delayed Onset Muscle Soreness in Amateur Athletes. *The Open Pain Journal*, 2017, 10, 73-80
21. Dounkulsu A, Paungmali A, Joseph L, Khamwong P. Effectiveness of air pulsed cryotherapy on delayed onset muscle soreness of elbow flexors following eccentric exercise. *Pol Ann Med.* 2018; 25(1): 103-111

BIBLIOGRAFÍA DE IMÁGENES

23. El-Khoury GY, Brandser EA, Kathol MH, Tearse DS, Callaghan JJ. Imaging of muscle injuries. *Skeletal Radiol.* 1996; 25: 3-11
24. Ryan M. *Foam rolling for dummies*. 1st. ed. New Jersey: John Willey and Sons; 2021
12. Kerautret Y, Guillot A, Di Rienzo F. Evaluating the effects of embedded self-massage practice on strength performance. *Plos One* 2021. [Citado 19 octubre 2022]

ANEXOS

ESTUDIOS (MASAJE)	PARTICIPANTES	MEDICIONES	INTERVENCIÓN	VARIABLES	RESULTADOS
Romero-Moraleda et al. 2019 ¹¹	N=38 individuos sanos	pre y post tratamiento	Grupo control: Masaje usando un foam roller Grupo experimental: Mismo proceso, pero con un foam roller con vibración (18 Hz)	Dolor (EVA), PPT, SmO ₂ , SCM y ROM de la rodilla	Foam roller con vibración logró mayores efectos a corto plazo en la percepción del DMT y en la extensión pasiva de la cadera. Ambos protocolos fueron efectivos para mejorar el PPT, SmO ₂ , SCM y ROM de la rodilla
Kerautre et al. 2021 ¹²	N=14 individuos sanos y físicamente activos	antes y después del protocolo de entrenamiento de fuerza, 24, 48, 72, 96 y 120 horas después de su finalización	Grupo control: Posición sentada y cómoda. Grupo experimental: Rutina de masaje con el foam roller por cada zona de los cuádriceps durante 10 segundos	Carga total de trabajo, potencia concéntrica, circunferencia del muslo, tasa de esfuerzo percibido y DMT (EVA)	El foam roller se asoció con una reducción de la carga de trabajo total, de la potencia concéntrica y un aumento en el esfuerzo percibido en comparación con el grupo control. También se obtuvo una reducción de la circunferencia del muslo, que indica una reducción de la inflamación muscular y una reducción del DMT de 24 a 120 horas post entrenamiento
Visconti et al. 2020 ¹³	N=51 participantes masculinos	NRS antes y después de recibir el tratamiento y un PGIC después del tratamiento	Grupo masaje manual: Masaje "effleurage" Grupo diatermia: Con el dispositivo en el modo capacitivo (750 kHz) Grupo diatermia simulada: Con la máquina apagada	DMT (EVA)	No se observaron diferencias clínicamente relevantes con respecto a la variabilidad del valor NRS entre diatermia real, la simulada y los grupos de masaje manual. Se observaron diferencias en las puntuaciones de la PGIC
Medeiros et al. 2020 ¹⁴	N=36 varones sanos físicamente activos	Antes y después del ejercicio y a las 24, 48 y 72 horas tras él	Grupo experimental: Masaje con foam roller con bluetooth Grupo masaje simulado: Utilizando una sonda de ultrasonido apagada Grupo control: sin acción	DMT del bíceps braquial (NRS), ROM, grosor muscular del codo y CIVM de los flexores del codo	No efectos significativos en las valoraciones de la CIVM, grosor muscular y ROM de los flexores del codo respecto al tiempo. El DMT se recuperó a las 72 h en el grupo tratado con foam roller y el control, mientras que el grupo simulado no se recuperó del DMT a lo largo de 72 horas
Akehrst et al. 2021 ¹⁵	N=22 jugadores de hockey de élite	Pre y post tratamiento a las 24, 48, 72 horas y a la semana	Grupo control: Estiramientos con una máquina de vibraciones a baja frecuencia (30 HZ) Grupo experimental: Mismos estiramientos, sin vibración	Dolor (EVA) y tensión en cuádriceps	Los participantes que recibieron la terapia vibratoria tuvieron reducciones significativas tanto en el DMT como en la tensión del cuádriceps en comparación con la terapia de estiramientos solamente
Sohail et al. 2021 ¹⁶	N=48 individuos sanos y físicamente activos	antes y después del tratamiento durante 5 días consecutivos	Grupo control: No recibió ninguna intervención Grupo experimental A: Realizó estiramientos estáticos de los músculos de la pantorrilla Grupo experimental B: Estiramiento FNP de mantener-relajarse-mantener	ROM del tobillo (con goniómetro), la LEFS y DMT (EVA)	Se demostró una mejora significativa en todas las medidas de resultado incluido el dolor, el ROM y la LEFS a lo largo de los 5 días de tratamiento en sujetos de los 3 grupos. El grupo con el protocolo de estiramientos estáticos mejoró en todas las medidas de resultados respecto al grupo control, pero la mejora más significativa se observó en el grupo FNP
Siqueira et al. 2018 ¹⁷	N=30 individuos sanos	pre y post ejercicio y 24, 48, 72, 96 y 168 h después del ejercicio	Grupo experimental: Los participantes completaron cuatro periodos de inmersión a 10 ± 1 °C durante 20 min cada uno. Grupo control: cómodamente sentados a temperatura ambiente (21 ± 1 °C)	Evaluación por ultrasonido, extracción de sangre, DMT durante la tarea de pararse y sentarse, DMT durante la CIVM y SCM	No obtuvieron una interacción significativa de tiempo por grupo para la fuerza muscular, la recuperación de la altura del salto vertical y MMP-2. A las 24 h, el espesor muscular del grupo CWI volvió a sus valores normales y fue menor que el control. El DMT volvió a la normalidad a las 168 h para el grupo CWI (p = 0,109) pero no para el control. A las 168 h, la CK mostró una diferencia de grupos por tiempo con un pico mayor para el grupo de control

ESTUDIOS (MASAJE)	PARTICIPANTES	MEDICIONES	INTERVENCIÓN	VARIABLES	RESULTADOS
Hohenauer et al. 2019 ¹⁸	N=30 mujeres físicamente activas	antes, después y a intervalos de 10 min (hasta 60 min) después de los tratamientos	Grupo CCP: En criocabina expuesta a nitrógeno líquido vaporizado durante 30 segundos a -60 °C y luego durante 2 minutos a -135 °C Grupo CWI: Hasta el esternón en una tina de plástico con agua fría (10 °C). durante 10 minutos Grupo control: No recibió tratamiento	SmO ₂ , CVC, PAM, la temperatura de la piel, DMT, inflamación muscular, VJP y MVIC	Se observó que SmO ₂ fue menor en el grupo CCP y CWI en comparación con el grupo CON en todo el periodo de seguimiento de 60 minutos. CVC también fue menor en el grupo CCP y CWI en comparación con el grupo CON entre los 20 y 30 minutos del periodo de seguimiento. La temperatura media fue menor en CWI que en CCP entre los 10 y 40 minutos del periodo de seguimiento. La temperatura media de la piel fue mayor en CON en comparación con CWI hasta los 60 minutos y comparado con CCP hasta los 30 minutos. El DMT fue más bajo después de los protocolos de CCP y CWI en comparación con durante 72 horas, con ninguna diferencia entre los grupos. Respecto a la hinchazón, MVIC y VJP no hay diferencias entre los grupos principales
Fakhro et al. 2022 ¹⁹	N=60 individuos sanos y activos	Pre y post protocolo y a las 2, 24, 48 y 72 horas.	Grupo TCWI: 15 min en agua fría con una temperatura de 12 °C. Grupo IM: Se sometieron a un masaje local circular mediante el uso de un cubito de hielo	CK sérica, una prueba de fuerza, SCM y EVA	Los datos obtenidos mostraron que los valores séricos de CK alcanzaron su punto máximo a las 24 horas para ambos grupos. A las 72 horas, los valores séricos de CK cayeron a los valores iniciales en el grupo TCWI, mientras que permanecieron altos en el grupo de masaje con hielo. A las 72 horas, los valores de la prueba de fuerza, la prueba de CMJ y la EVA se aproximaron a los valores iniciales solo en el total del grupo de CWI
Guo et al. 2022 ²⁰	N=30 atletas masculinos de élite	Antes y después del protocolo de entrenamiento de fuerza, 24, 48, 72, 96 y 120 horas después de su finalización	Grupo control: Estiramientos simples Grupo CWI: 10 minutos a 10 °C Grupo CWT: 4 ciclos de 2,5 minutos, alternativamente a 12 °C y 38 °C	Interleucina sérica 6 y la prostaglandina 2 y se valoró el esfuerzo autopercebido, y el dolor muscular con la EVA en 6 puntos del entrenamiento: Al inicio (B), con carga ligera-1 (L1), con carga pesada-1 (H1), con carga media (M), con carga pesada- 2 (H2) y con carga ligera-2 (L2).	El nivel de interleucina 6, el nivel de prostaglandina 2, el esfuerzo autopercebido y el dolor muscular del grupo C no fueron significativamente diferentes del grupo CWT. El nivel de interleucina 6 en el grupo CWI fue significativamente más bajo en el punto de tiempo de L1 y H2 en comparación con el grupo CWT. De manera similar, CWI redujo significativamente los niveles de prostaglandina 2 en M y L2. El esfuerzo autopercebido y el dolor muscular no fueron significativamente diferentes en ambos grupos de intervención
Malmir et al 2017 ²¹	N=42 jugadores de fútbol varones amateurs sanos	antes, 24, 48 y 72 horas después del EIDM	Grupo crioterapia: Hielo entre dos toallas sobre músculo isquiotibial durante 20 minutos Grupo TENS: Una vez al día con frecuencia de 110 Hz, ancho de pulso de 200 µs y duración de 20 minutos Grupo control	DMT (EVA), AROM de la extensión de la rodilla, salto triple y la circunferencia del muslo	Diferencia significativa para la media de la intensidad del dolor entre la crioterapia y el grupo de control pero, la media de la intensidad del dolor entre el grupo TENS y el grupo de crioterapia y entre el grupo TENS y el grupo control no fue significativamente diferente. Además, una comparación por pares mostró que esa media de la intensidad del dolor aumentó significativamente de manera progresiva después de inducir el DMT hasta 48 horas y comenzó a disminuir 72 horas después
Doungkuls et al. 2018 ²²	N=32 hombres	antes del EIMD, inmediatamente después y en los días 1, 2, 3, 4 y 7 días posteriores	Grupo CONT: Descansaron en posición supina Grupo CRYO: 4 aplicaciones de frío con aire pulsado (5 °C-15 °C) durante 5 minutos	EVA, CMB, PPT, ROM-FA del codo, ROM-FP del codo, ROM-EA del codo, ROM-EP del codo y un EIM de los flexores del codo	Los resultados muestran que hubo un efecto significativo para EVA, CMB, PPT, ROM-FP, ROM-EA y ROM-EP en todas las mediciones realizadas a lo largo del tiempo. Además, todas las medidas de resultado (excepto ROM-FA e EIM) demostraron una mejora significativa en la recuperación de DMT en el grupo CRYO en comparación con el grupo CONT