

TESINA

**Presentado para acceder al título de grado de la carrera de
LICENCIATURA EN KINESIOLOGÍA Y FISIATRÍA**

Título:

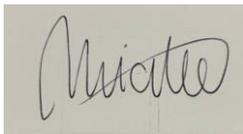
**“LOS EFECTOS DE LAS TERAPIAS FÍSICAS PARA DISMINUIR EL DOLOR
MUSCULAR POSTERIOR AL EJERCICIO (DOMS) Y MEJORAR EL
RENDIMIENTO MUSCULAR EN DEPORTISTAS AMATEURS“**

Autor/es: Viale Micaela

Director: Lic. Martin Maurizi

Fecha y lugar de Presentación: Marcos Juárez, 24/05/2023

Firma:



Aclaración: Micaela Viale

RESUMEN

Introducción: El dolor muscular posterior al ejercicio (DOMS) se refiere a la dolencia que surge en los músculos sometidos a esfuerzo. La aparición se registra entre 12 y 24 horas posteriores, alcanzando su pico entre las 24 y 72 horas. Se asocia a micro traumatismos a nivel muscular provocando disminución de la fuerza muscular debido a que se ve afectado el reclutamiento de unidades motoras. Los síntomas pueden variar desde sensibilidad muscular hasta dolor severo y debilitante. En casos extremos si la sintomatología no mejora puede provocar incapacidad durante varios días afectando el rendimiento muscular.

A raíz de la dolencia, la reducción sintomática del DOMS es de gran interés en los campos de la medicina deportiva y la fisioterapia. En este sentido se han introducido varias estrategias de tratamiento para ayudar a aliviar la gravedad del DOMS y restaurar la función máxima de los músculos con la mayor celeridad posible.

Objetivo general: Analizar cuáles son los efectos que generan las terapias físicas sobre el DOMS y el rendimiento muscular en deportistas amateurs.

Materiales y métodos: se realizó una revisión de la bibliografía. Consultando en la base de datos de la biblioteca virtual en salud, Pubmed, Google Académico, revistas científicas, y así se generó una actualización del tema sobre cuáles son las terapias físicas más efectivas para disminuir el DOMS y mejorar el rendimiento muscular después del ejercicio.

Resultados: se analizaron 10 artículos sobre las diferentes modalidades de terapias físicas evaluando las variables DOMS y rendimiento muscular.

Conclusión: El masaje, rodillo de espuma y ciclismo de intensidad moderada tienen efectos beneficiosos en reducir DOMS y acelerar la recuperación muscular. Crioterapia disminuye DOMS pero no tiene efectos claros sobre el rendimiento muscular. Y sobre la elongación no se encontraron efectos positivos en ninguna variable medida.

Palabras claves: Mialgia, DOMS, Entrenamiento activo, Modalidades de Fisioterapia, Resistencia Física.

Índice

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	OBJETIVOS	2
II a.	OBJETIVO GENERAL	2
II b.	OBJETIVOS ESPECIFICOS	2
III.	MARCO TEÓRICO	3
III a.	DAÑO MUSCULAR INDUCIDO POR EL EJERCICIO (EIMD)	3
III b.	DOLOR MUSCULAR DE APARICION TARDIA (DOMS)	3
III c.	MECANISMOS PRODUCTORES	4
III d.	CLINICA	4
III e.	PERDIDA DEL RENDIMIENTO MUSCULAR	6
III f.	PREVENCION	6
III g.	ESTRATEGIAS	8
IV.	JUSTIFICACIÓN	10
V.	MATERIALES Y MÉTODOS	11
V a.	ESTRATEGIA DE BUSQUEDA	11
V b.	COMBINACION DE TERMINOS	11
V c.	CRITERIOS DE SELECCION	12
VI.	RESULTADOS	13
VI a.	DIAGRAMA DE FLUJO	13
VI b.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	14
VI c.	TABLA DE RESUMEN DE LOS RESULTADOS	25
VII.	DISCUSIÓN	27
VIII.	CONCLUSIÓN	31
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años ha crecido el interés sobre los métodos de recuperación muscular después de la actividad física, habiendo controversias en las diferentes estrategias utilizadas. La reducción sintomática del dolor muscular de aparición tardía inducido por el ejercicio (DOMS) es de gran interés en los campos de la medicina deportiva y la fisioterapia.

Cabe destacar que la sobrecarga muscular se puede producir por ejercicio físico inusual, prolongado, muy intenso o excéntrico, provocando de esta manera dolor muscular de aparición retardada. Esto conlleva a una disminución del rendimiento muscular ya que produce una lesión muscular con respuesta inflamatoria, fatiga muscular y generando pérdida de fuerza en el músculo afectado.¹

Entendemos por rendimiento muscular a la capacidad del músculo para producir fuerza máxima en todo el rango de movimiento. La intensidad del DOMS lo afecta ya que produce una reducción de la capacidad del músculo para producir el máximo esfuerzo voluntario, la fuerza e incapacidad para realizar determinados movimientos funcionales como caminar, subir y bajar escaleras o actuaciones deportivas. Esto puede darse debido a la respuesta inflamatoria y fatiga muscular producida.²

Con el objetivo de aliviar la gravedad de los DOMS se han introducido diversas estrategias de tratamiento, al mismo tiempo restaurar la función máxima de los músculos lo más rápido posible.

Los abordajes existentes más utilizados y estudiados que logran tener efecto sobre el dolor muscular y/o el rendimiento muscular son la crioterapia, masaje manual, compresión neumática intermitente, ultrasonido, corriente eléctrica, actividad física, rodillo de espuma, elongación.³

Por lo tanto, resulta relevante describir los efectos que generan las intervenciones físicas en la recuperación del DOMS y su influencia en el rendimiento deportivo.

En esta revisión bibliográfica buscamos saber: ¿Cuáles son los efectos de las terapias físicas sobre el dolor muscular posterior al ejercicio y el rendimiento muscular en deportistas amateurs?

II. OBJETIVOS

II a. OBJETIVO GENERAL

El objetivo general de este estudio es revisar la literatura científica para analizar cuáles son los efectos que generan las terapias físicas sobre el DOMS y el rendimiento muscular en deportistas amateurs.

II b. OBJETIVOS ESPECIFICOS

Analizar diferentes modalidades de terapias físicas utilizadas.

Describir el modo de aplicación y dosificación de los métodos más utilizados.

Identificar cuales no generan efectos positivos en cuanto a disminuir el DOMS.

Describir efectos generados sobre el rendimiento muscular.

III. MARCO TEÓRICO

III a. DAÑO MUSCULAR INDUCIDO POR EL EJERCICIO (EIMD)

El daño muscular inducido por el ejercicio (EIMD) es un fenómeno que se produce al realizar ejercicio principalmente con contracciones excéntricas, más intensos de lo habitual o que no estén acostumbrados, pudiéndose dar en personas que hagan leve actividad física hasta deportistas y atletas. El EIMD produce alteraciones ultraestructurales sobre los miofilamentos que manifiestan el famoso dolor muscular de aparición tardía (DOMS) aumentando las proteínas musculares en sangre, produciendo consecuencias negativas sobre el rendimiento muscular.⁴

III b. DOLOR MUSCULAR DE APARICION TARDIA (DOMS)

El dolor muscular de aparición tardía hace referencia al dolor en los músculos después de que han sido sometidos a esfuerzo muscular. Aparece en las primeras 24 horas luego del ejercicio alcanzando su pico máximo entre las 24 – 72 horas, desapareciendo entre los 5 – 7 días luego del ejercicio. Este dolor genera sensibilidad a la palpación o movimiento de los músculos involucrados.⁵

Por consiguiente se destacan los principales indicadores para conocer la presencia de DOMS mediante sangre y orina: Creatina quinasa (CK), Lactato (LDH), marcadores de activación leucocitaria (cantidad, migración de neutrófilos, leucocitos) y citoquinas (citoquinas pro-inflamatorias, interleucina (IL), TNF- α y IFN- γ). Estos son fuertes indicadores de daño en la estructura muscular. Y como prueba subjetiva siendo el instrumento de valoración del dolor más utilizado es la Escala Analógica Visual (VAS). La misma permite medir la intensidad del dolor con la máxima reproductibilidad, trazando una línea horizontal de 10 centímetros, en el extremo izquierdo se ubica la ausencia o menor intensidad y en el derecho la mayor intensidad, se le pide al paciente que marque en la línea el punto que indique la intensidad de su dolor. Así mismo puede ser numérica (0= sin dolor, 10= máximo dolor), categórica (0= nada, 6= bastante, 10= mucho), de intensidad (0= nada, 10= insoportable), de mejoría (0= no mejora, 10= mejora). Otro sistema de medición también muy utilizado es el Umbral de dolor a la presión (UDP), el cual se define como la mínima cantidad de presión que evoca el primer dolor, usando como instrumento un algómetro o dolorímetro por presión (figura 1). Un

UDP anormalmente disminuido (inferior a 3 kg/cm²) se asocia a sensibilización, alodinia o dolor referido.⁶⁻⁷



Figura 1. Medición del umbral por presión (UDP).⁶

Aunque se consideran de utilidad y validados todas las escalas y cuestionarios, siendo el investigador quien debe decidir cuál utilizar en cada caso en función al objetivo buscado.⁶⁻⁸

III c. CLINICA

Los síntomas que pueden percibirse ante la presencia de DOMS son: sensibilidad y/o rigidez muscular, dolor que restringe el movimiento pasivo y activo, debilidad y sensación de hinchazón en el musculo trabajado, acompañado de una disminución del musculo para producir fuerza máxima voluntaria e incapacidad para realizar normalmente movimientos funcionales como caminar, levantarse de la silla, subir escaleras, etc. Siendo el dolor principal en la zona musculo-tendinosa.¹⁻²

III d. MECANISMOS PRODUCTORES

Si bien sabemos que el dolor muscular de aparición tardía se da ante grandes esfuerzos físicos no habituales, desconocidos, de alta fuerza o intensidad y precipitado por contracciones excéntricas, no se conoce exactamente cuál es la fisiopatología del DOMS, existen varias hipótesis relacionadas entre sí de cuáles pueden ser los mecanismos que lo desencadenan, estas son factores mecánicos, metabólicos y alteración de la microcirculación.¹⁻³⁻⁴

Factores mecánicos

El estrés mecánico es uno de los factores que produce dolor muscular durante el ejercicio, ya que el dolor tiene lugar en el aparato contráctil, el mismo se da con mayor rapidez en la actividad excéntrica que en la concéntrica. La intensidad y duración del ejercicio también son factores mecánicos importantes en la aparición de DOMS.¹⁻³⁻⁴

Las contracciones excéntricas son las que producen contracción activa mientras el músculo se alarga, esto hace que se reclute menos unidades motoras dando lugar a que las fibras reclutadas tengan un estrés mecánico más alto produciendo dolor y pérdida de fuerza en los siguientes días. Esta alta tensión mecánica ejercida sobre las miofibrillas, daña el tejido muscular y el tejido conectivo, desencadenando una respuesta inflamatoria aguda, edema e infiltración de células inflamatorias que conduce a una pérdida de la homeostasis celular.⁵

Alteración de la microcirculación

Debido a la inflamación producida por el daño en las fibras musculares y tejido conectivo durante el ejercicio conlleva a un incremento de la presión del tejido con la consiguiente isquemia y alteración de la microcirculación.⁴⁻⁵

Factores metabólicos

Como consecuencia del estrés mecánico y la isquemia desencadenada en el tejido muscular por el ejercicio, produce un aumento en la acumulación intracelular de calcio desencadenando una respuesta inflamatoria con reclutamiento de sustancias inflamatorias como Histamina, Serotonina, Acetilcolina y Prostaglandina como la más importante, ya que tiene un rol clave en la sensibilización de las fibras aferentes del tejido conjuntivo muscular responsables de la transmisión del dolor al sistema nervioso central.⁴⁻⁵

Precisamente acumulación de calcio, la degradación de proteínas y la presión osmótica se combinan para sensibilizar a los nociceptores y otros receptores del dolor, causando la sensación de DOMS que potencian las terminaciones nerviosas y la percepción del dolor. La aparición de CK (creatina quinasa) en sangre es un marcador indirecto de daño muscular e inflamación en los músculos esqueléticos que podría afectar rendimiento y recuperación.⁴⁻⁵

En 1984 Armstrong concluyó que “la inflamación muscular es el resultado de daños en el propio músculo, generalmente en las fibras musculares y posiblemente en el

sarcolema” y propuso una secuencia de acontecimientos para la inflamación donde primero se generaba una elevada tensión en el sistema contráctil de los músculos dando como resultado lesiones estructurales en ellos y en los retículos sarcoplasmáticos. Estas lesiones alteran la homeostasis del calcio produciendo necrosis que llega a su punto máximo a las 48 horas luego del ejercicio. En consecuencia aumenta la acumulación de sustancias inflamatorias en las células estimulando terminaciones nerviosas libres de los músculos y transmitiendo el dolor. ⁴⁻⁵

III e. PERDIDA DEL RENDIMIENTO MUSCULAR

En un estudio para describir los cambios sobre el rendimiento muscular luego de una sesión de ejercicio, donde se realizaron 200 contracciones excéntricas del cuádriceps. Los resultados a las 48hs post ejercicio mostraron que DOMS aumento en un 300% y afecto al rendimiento muscular, con una disminución del 30% en la capacidad para producir fuerza isométrica voluntaria máxima (MVIC). Para evaluar esto se utilizan además pruebas físicas como fuerza explosiva o potencia, velocidad, resistencia muscular, flexibilidad, rango de movimiento y medición de la inflamación (perímetros, ecografía o resonancia) y salto vertical. ²⁻⁷

Esto indica que además del dolor muscular, se produce un daño estructural en el musculo durante la actividad excéntrica resultando en alteraciones sobre la función muscular con afectación en el rendimiento, disminución del rango de movimiento articular, disminución de la fuerza y potencia, dando lugar a un mayor riesgo de lesiones en los deportistas durante los periodos de dolor muscular muy intenso. Por esto DOMS debe ser aliviado en las primeras 48 horas post ejercicio y así minimizar el riesgo de lesiones, evitar la pérdida de la fuerza muscular y el impacto funcional, y acelerar la recuperación. ²⁻³

III f. ESTRATEGIAS

Se han investigado varias estrategias de tratamientos destinadas a disminuir los síntomas del DOMS para así mejorar el rendimiento muscular y minimizar el riesgo de lesiones en los deportistas. Las estrategias de tratamiento más analizadas en la actualidad y que serán descritas a continuación son: crioterapia, estiramientos, masaje, ejercicio y rodillo de espuma. ¹⁻³

Crioterapia

La evidencia actual sugiere que para optimizar los efectos de la crioterapia se debe lograr un cierto nivel de enfriamiento de los tejidos, la temperatura de la piel debe ser entre 10°C y 13°C para inducir analgesia. El tiempo de aplicación va a depender de la modalidad de crioterapia que utilice, siendo las siguientes las más utilizadas en la práctica diaria: guisantes congelados, gel pack, cryocuff e inmersión en agua fría.⁹

Paddon- Jones y Quigley (1997) experimentaron la recuperación muscular tras cinco inmersiones de agua helada (5°C) de 20 minutos, con una recuperación de 60 minutos entre cada inmersión. Los resultados no mostraron diferencias significativas en el dolor muscular, fuerza o el volumen de las extremidades evaluadas, concluyendo que la inmersión en agua helada no tiene efectos beneficiosos sobre el daño muscular.¹⁰

La inmersión en agua fría (-15°C) o la aplicación de crioterapia en cualquiera de sus formas, disminuye la temperatura de la piel subcutánea, intramuscular y articular. Esta reducción de la temperatura estimula los receptores cutáneos los cuales excitan a las fibras adrenérgicas simpáticas causando vasoconstricción local lo que minimiza la hinchazón, reduce el metabolismo y la respuesta inflamatoria induciendo a la analgesia del DOMS.³⁻¹¹

Estiramientos

El uso de la elongación como método para prevenir DOMS fue sugerido por de Vries en 1961, que pensaba que el ejercicio no acostumbrado causaba espasmo muscular. Se cree que el espasmo muscular imposibilita el flujo sanguíneo al músculo, causando espasmo y dolor por isquemia. Siendo la elongación del músculo quien restaure el flujo sanguíneo al músculo e interrumpe el ciclo dolor-espasmo-dolor. Esta teoría del espasmo muscular del DOMS ha sido desacreditada por Bobbert MF H. A. en 1986 pero la práctica del estiramiento persiste. Además de eso, el estiramiento estático reduce la tensión musculo-tendinosa con el tiempo (relajación por estrés) aumentando su longitud. Esto podría ser beneficioso en el ejercicio ya que el daño muscular durante el mismo se produce más rápido en un musculo acortado que en uno con mayor flexibilidad, y así previene lesiones.³⁻¹²

Masajes

Los masajes generan un aumento del flujo sanguíneo local dificultando la producción posterior de prostaglandina, aumenta el suministro de oxígeno, restaura la regeneración

mitocondrial del ATP y el transporte activo del calcio de vuelta al retículo sarcoplásmico. Reduciendo así cualquier daño adicional asociado con el proceso inflamatorio causado por el DOMS.³

Autores (Hilbert, GA Sforzo , T Swensen, 2003) aseguran disminuciones en el dolor muscular de Aparicio tardía, sin embargo, no está claro si el masaje posterior al ejercicio es beneficioso para la función muscular.¹³

Ejercicio físico

El ejercicio es una de las estrategias más efectivas para aliviar DOMS Se debe a la ruptura de las adherencias en los músculos doloridos, una mayor eliminación de los productos de desecho nocivos a través de un aumento del flujo sanguíneo y un aumento de la liberación de endorfinas durante la actividad. De esta manera se genera un efecto analgésico que minimiza la sensibilidad de DOMS. Sin embargo, no se conoce con exactitud qué tipo de ejercicio es recomendable usar, ni su dosificación y carga.³

Rodillo de espuma

La presión que se ejerce sobre el musculo a través del rodillo de espuma atenúa la percepción del dolor, apoyándose en el concepto de la teoría de la compuerta (Melzack y Wall, [1965](#)), el autor señala que podría inducirse un aumento gradual de la analgesia mediante la activación selectiva, de las fibras A de conducción rápida, provocando la liberación de neurotransmisores inhibidores para bloquear los impulsos nociceptivos transmitidos por las fibras C y por el tracto espinotalámico lateral en la médula espinal para evitar que lleguen al centro del dolor en el tálamo. Además la presión del rodillo de espuma promueve la vasodilatación y oxigenación, este proceso ayuda a eliminar los productos de desecho metabólicos durante los períodos de recuperación entre esfuerzos.¹⁴

A su vez Healey, Kellie C (2014) asegura que una aplicación de 15 minutos con rodillo de espuma antes o después del ejercicio mejora los niveles de DOMS y fatiga pero no tiene efectos sobre el rendimiento muscular.¹⁵

III g. PREVENCIÓN

Si bien es difícil evitar el DOMS ya que es una respuesta fisiológica a la actividad, aun así las profilaxis más efectivas para evitar dicho dolor es evitar ejercicios intensos

desconocidos generando una buena dosificación del entrenamiento, preparación física progresiva, reducción de la demanda y recursos nutricionales. Además de disminuir el ejercicio excéntrico ya que es el principal desencadenante de DOMS.¹⁶

IV. JUSTIFICACIÓN

El dolor muscular de aparición tardía (DOMS) puede afectar negativamente el rendimiento muscular, con predisposición a lesiones por sobrecarga. Pocas intervenciones terapéuticas han demostrado su eficacia. Los mecanismos, estrategias de tratamiento y el impacto en el rendimiento deportivo siguen siendo inciertos, a pesar de la alta incidencia de DOMS.

En base a estos conceptos podemos destacar que el profesional kinesiólogo es un pilar fundamental para el rendimiento físico en el deporte ya que interviene en la relación entre el ejercicio físico y la recuperación, centrándose en la prevención y tratamiento de lesiones. Con este objetivo, es necesario saber cómo apoyar la recuperación posterior al ejercicio y aliviar la severidad del dolor restaurando la función máxima de los músculos tan rápido como sea posible, conociendo sus efectos para elegir el tratamiento, dosificación y/o equipo adecuado. Aunque DOMS se clasifica como un tipo leve de daño muscular, es una de las razones más comunes por las que se compromete el rendimiento deportivo.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

V a. ESTRATEGIA DE BUSQUEDA

Para alcanzar los objetivos propuestos se realizó una revisión de la bibliografía. Consultando en la base de datos de la biblioteca virtual en salud, Pubmed, SciELO, Google académico, generando una actualización del tema y observando cuales son las terapias más efectivas para disminuir el DOMS y mejorar el rendimiento muscular después del ejercicio.

Periodo de publicación consultado desde 2012 – 2023.

Se seleccionaron palabras claves utilizando los métodos DeCS y MeSH para una mejor búsqueda.

DeCS	MeSH
Mialgia	Myalgia
Masaje	Massage
Entrenamiento activo	Exercise active
Crioterapia	Crioterapy
Elongación	Stretching
Resistencia física	Physical Endurance

Términos libres: DOMS, Fisiología del ejercicio

V b. COMBINACION DE TERMINOS

Las combinaciones se realizaron con las palabras claves expuestas anteriormente y se conectaron con AND.

- 1- Mialgia AND Exercise AND Physical Endurance
- 2- Massage AND Doms.
- 3- Doms AND Crioterapy

4- Doms AND Stretching

5- Doms AND Exercise

BASES DE DATOS

Las combinaciones utilizadas fueron las siguientes:

Base de datos BVS:

- Mialgia AND Exercise AND Physical Endurance. Se seleccionaron 2 artículos
- DOMS AND Exercise. Se seleccionó 1 artículo.

Base de datos PubMed:

- DOMS AND Crioterapy. Se seleccionó 1 artículo
- DOMS AND Stretching. Se seleccionaron 2 artículos
- Massage AND DOMS. Se seleccionaron 3 artículos

Base de datos Scielo:

No se seleccionaron artículos.

Google Académico:

- DOMS AND Crioterapy. Se seleccionó 1 artículo

V c. CRITERIOS DE SELECCION

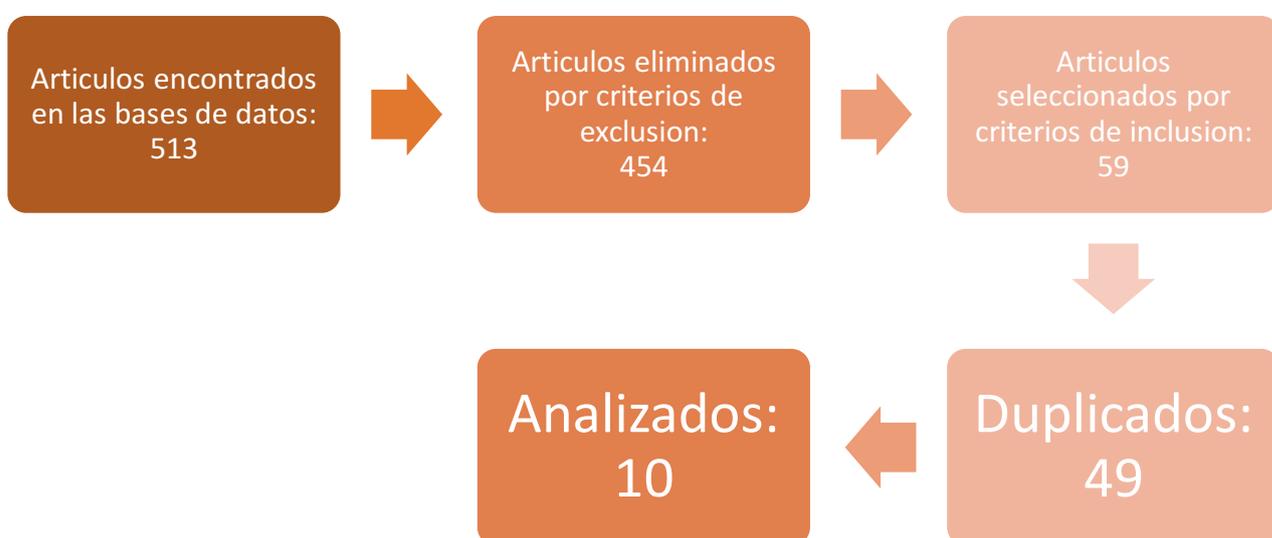
Los estudios eran elegidos si cumplían con los siguientes criterios de inclusión: (1) población sin lesiones musculares previas ni actuales y sin patologías de base de origen cardiaco o respiratorio; (2) implementar un protocolo de ejercicio para inducir DOMS; (3) que las estrategias utilizadas para la recolección de estudios sea con algunas las variables: Crioterapia, Rodillo de espuma, Masajes, Estiramientos, Ejercicio activo; (4) estudios publicados desde 2012 hasta Abril de 2023.

Por otro lado los estudios no eran elegidos por los siguientes criterios de exclusión: (1) población de estudios menores de 18 años; (2) estudios en los que no estén presente las variables de medición DOMS o rendimiento muscular; (3) artículos duplicados.

VI. RESULTADOS

VI a. DIAGRAMA DE FLUJO

Con la estrategia de búsqueda utilizada se encontraron 513 artículos de los cuales fueron eliminados 454 por criterios de exclusión, quedando 59 artículos que cumplían correctamente los criterios de inclusión, de los cuales 49 eran duplicados. Quedando finalmente 10 artículos para analizar. Los mismos fueron seleccionados de PubMed (6 artículos), Biblioteca Virtual en Salud (3 artículos y Google Académico (1 artículo).



VI b. ANÁLISIS DE RESULTADOS

De los 10 artículos seleccionados se identificó que hubo heterogeneidad entre los mismos en cuanto a tratamiento, duración, frecuencia. El protocolo para inducir DOMS vario en los 10 artículos como así también los grupos musculares evaluados. Se examinaron distintas variables de resultados: DOMS (en los diez artículos), fuerza muscular (17-18-19-23-24-26), ROM (18-24), concentraciones de creatina quinasa (CK) y/o lactato deshidrogenasa (LDH) (17-20-21-22-23-26). Las estrategias de intervención evaluadas fueron las siguientes: masaje (20-21-22-23), elongación/FNP (20-21-24-25), rodillo de espuma o masajeador con rodillos (17-18-21), inmersión en agua fría/crioterapia (19-20-21) ejercicio activo (20-21-26). Otras estrategias también fueron investigadas en los estudios como terapia de contraste (20-21), prendas de compresión (20-21), fisioterapia (20-21), pero las mismas no fueron analizadas en este trabajo.

A continuación describen los resultados de los artículos seleccionados, de los cuales cinco fueron estudios experimentales, cuatro revisión bibliográfica y una revisión narrativa.

Según el estudio de laboratorio realizado en la Universidad de Canada (17), donde el objetivo fue examinar los efectos del rodillo de espuma como herramienta de recuperación después de un protocolo de ejercicio intenso, el cual desencadena en DOMS. Los pacientes que participaron fueron voluntarios, siendo un total de 8 varones sanos y físicamente activos (edad = $22,1 \pm 2,5$ años). El protocolo de ejercicio utilizado consistió en que los participantes realizaran 10 series de 10 repeticiones de sentadillas traseras con barra al 60% de su 1RM a una profundidad predeterminada. El tiempo para cada repetición fue una contracción excéntrica de 4 segundos, sin pausa, y una contracción concéntrica de 1 segundo y descansando 2 minutos entre serie, haciendo hincapié en el trabajo excéntrico. Esto se debió a que sabemos que el ejercicio excéntrico es el principal desencadenante de DOMS por su alto estrés mecánico.⁴ Inmediatamente después del protocolo de ejercicio, a las 24 y a las 48 horas se evaluó los efectos del rodillo de espuma sobre los cuádriceps, aductores, isquiotibiales, la banda iliotibial (IT) y los músculos glúteos (figura 1). Todos los participantes realizaron las 2 condiciones experimentales: control y rodillo de espuma, se separaron por 4 semanas, por lo que el protocolo de ejercicio no estaría acostumbrado y sería más probable que indujera DOMS.

Los resultados de este estudio indicaron que una sesión de rodillos de espuma de 20

minutos en un rodillo de alta densidad inmediatamente después del ejercicio y cada 24 horas, puede reducir la sensibilidad muscular y mejorar la recuperación. Al mismo tiempo se destacó una moderada mejoría en los movimientos dinámicos. La aplicación del rodillo de espuma se asemeja a un masaje auto inducido ya que la presión que ejerce el rodillo sobre los músculos es similar a la presión ejercida mediante la manipulación manual durante el masaje, generando el efecto de eliminación de lactato sanguíneo y reparación de los tejidos. De esta forma el rodillo de espuma podría beneficiar a los atletas que buscan una modalidad de recuperación accesible, fácil de realizar y eficiente a mejorar la recuperación y el rendimiento muscular.⁸ El FR mejoró la sensibilidad del cuádriceps en una cantidad moderada a grande en los días posteriores a la fatiga, redujo efectivamente el DOMS y las disminuciones asociadas en la mayoría de las medidas de rendimiento dinámico.

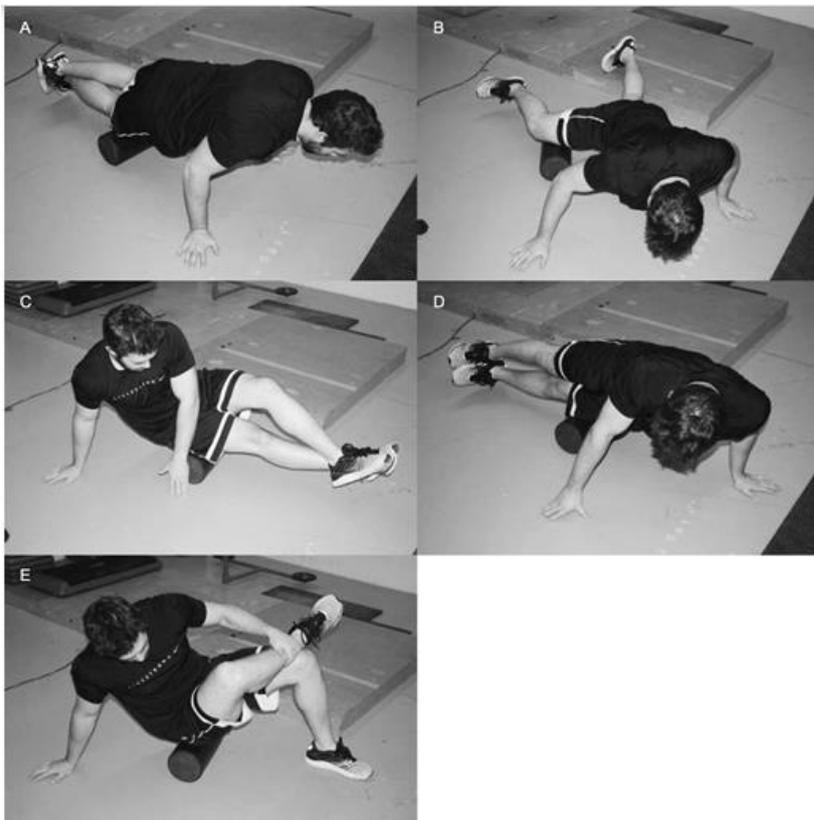


Figura 1. Forma de aplicación del rodillo de espuma (17)

Una revisión bibliográfica (18) utilizó 9 artículos para comparar los efectos sobre la auto liberación miofascial (SMR) con rodillo de espuma o masajeador con rodillo (figura 2) con el objetivo de identificar el uso adecuado del mismo para preejercicio, recuperación o mantenimiento, evaluando DOMS, ROM, activación muscular y medidas de rendimiento. Se determinó que en todos los estudios examinados tanto el FR como el masajeador con rodillos disminuyó el dolor luego del ejercicio, sugiriendo que el uso de estas estrategias puede ayudar a mejorar el rendimiento gracias a un efecto psicológico. Hay varias teorías que pueden explicar esta reducción del dolor. Una de estas teorías afirma que el FR genera cambios en las propiedades del músculo y tejido conectivo que puede contribuir a DOMS. Otra teoría es que la reducción del cortisol genera cambios en los niveles hormonales disminuyendo la percepción del dolor. Otra afirma que el tacto similar al del masaje produce hiperalgesia mecánica, activando los mecanorreceptores (Fibras tipo C) que se perciben como agradable y ayudan a disminuir el dolor (teoría de la compuerta).

Se evidencio que ambas estrategias tienen un claro aumento en el ROM sin inhibir la producción de fuerza, es decir, sin efectos negativos sobre el rendimiento, tanto antes como después del ejercicio, generando una liberación de las adherencias entre las capas de la fascia, cambiando la tixotropía de la misma que recubre al músculo o aumentando la temperatura. Lo que no se tiene en claro es cuánto tiempo debe aplicarse el FR o masajeador de rodillos debido a la variación de aplicación en los estudios. En conclusión esta revisión indica que tanto la estrategias de FR como de masajeador con rodillos tiene efecto positivo en reducir el DOMS, gracias a la auto liberación miofascial (SMR) la cual indirectamente puede mejorar el rendimiento al permitir que el individuo tenga menos dolor y aumento de ROM. Además de no tener efectos negativos sobre el mismo.



Figura 2. Ejemplo de un rodillo de espuma (izquierda) y un masajeador con rodillos (derecha) (18)

Un estudio de Erich Hohenauer (19) habló sobre los efectos fisiológicos que genera la inmersión en agua fría (CWI), la crioterapia corporal parcial (PBC) y un control pasivo (CON) en la recuperación muscular después del daño inducido por el ejercicio. La muestra de este estudio fue de nueve mujeres sanas por grupo, (edad: $22,5 \pm 2,7$ años). Todas las participantes realizaron un protocolo para inducir DOMS, seguido inmediatamente por las intervenciones de recuperación. Las intervenciones fueron en un grupo con criocabina de nitrógeno vaporizado durante 30 segundos a -60°C y luego 2 minutos a -135°C . El otro grupo de intervención realizó una inmersión en agua fría a 10°C durante 10 minutos. Y un grupo control sin tratamiento. Las mediciones fisiológicas que se evaluaron fueron la saturación de oxígeno muscular, conductancia vascular cutánea, presión arterial media y temperatura de la piel. Las mismas se midieron antes y después del protocolo intervención y cada 10 minutos hasta los 60 minutos. Las medidas de recuperación que se evaluaron fueron DOMS, inflamación muscular, rendimiento del salto vertical y contracción isométrica voluntaria máxima. Estas se midieron antes de la intervención, después y cada 24 horas hasta las 72 horas.

Los resultados indicaron que PBC y CWI tienen efectos positivos en disminuir el DOMS más rápido en comparación con el grupo CON a corto plazo. No se observaron diferencias en los efectos fisiológicos en ningún grupo en cuanto a la inflamación muscular y los parámetros de fuerza. Mientras que en el rendimiento en el salto vertical fue mayor en el grupo PBC en comparación con CWI y CON. Los efectos que genera

CWI es una disminución de la saturación de Oxígeno en el musculo, reducción de la microcirculación y de la temperatura de la piel, además de un efecto analgésico sobre las terminaciones nerviosas. Los efectos fisiológicos de PBC son similares a CWI y en comparación con CON, DOMS mejoró más rápido después de PBC y CWI, mientras que se observaron diferencias limitadas fuerza e inflamación muscular entre los tres tratamientos.

En otra revisión bibliográfica (20) sobre el impacto de las técnicas de recuperación sobre DOMS, fatiga, daño muscular e inflamación después del ejercicio, evaluaron las siguientes técnicas de recuperación: masaje, estiramiento, recuperación activa, uso de prendas de compresión, masaje combinado con estiramiento, electro estimulación, inmersión, terapia de agua de contraste, crioterapia. Se seleccionaron 99 artículos en los cuales se identificó que las técnicas de masaje, recuperación activa, crioterapia, inmersión y prendas de compresión redujeron la magnitud de DOMS, pero en la disminución de la sensación de fatiga solo tuvo efectos positivos tras la aplicación de masajes, prendas de compresión e inmersión, dejando sin efecto sobre la misma a los otros métodos.

Como resultado se demostró que el masaje de 20 a 30 minutos luego del ejercicio tiene mejores beneficios en reducir DOMS luego de 24 horas, el mismo tiene como efectos aumentar el flujo sanguíneo, linfático y reducir el edema, siendo la técnica más efectiva para reducir la fatiga percibida y las concentraciones de CK reflejando una reducción en el daño muscular con mayor recuperación a las 48 y 72 horas luego del ejercicio. La inmersión en agua fría mostro efecto positivo sobre DOMS, fatiga percibida e inflamación muscular, aunque menos significativos. Se destacó que la temperatura debe ser inferior a 15°C con un tiempo entre 11 a 15 minutos. La recuperación activa tiene efectos positivos sobre DOMS pero solo a corto plazo, sin impacto en la fatiga percibida ni en las concentraciones de CK. Esto puede depender del tipo de actividad y duración de la misma. Para el estiramiento y electroestimulación no se encontraron efectos sobre DOMS y fatiga.

Una revisión narrativa (21) presentada en 2019, muestra una descripción general del tratamiento actual y estrategias para prevenir DOMS, la mayoría de los estudios investigaron los efectos sobre el daño muscular, las concentraciones de CK, la respuesta inflamatoria y el rendimiento deportivo.

La inmersión en agua fría (CWI) posterior al ejercicio (figura 3) tiene efecto de vasoconstricción, disminución de la temperatura del tejido con redistribución de la sangre debido a la presión hidrostática lo que sugiere la eliminación de desechos del musculo dañado influenciando beneficiosamente a la recuperación a corto plazo, esto solo tiene efectos en temperatura menores a 15°C durante 11 a 15 minutos tienen mejores resultados en reducir DOMS en comparación con otras aplicaciones de crioterapia. En cuanto a las formas activas de recuperaciones se investigó al ejercicio de baja intensidad, el mismo alivia DOMS pero sus efectos analgésicos son de manera temporal, esto puede deberse a la ruptura de adherencia en los músculos doloridos con aumento del flujo sanguíneo o liberación de endorfinas y eliminación de productos de desecho. Pero a su vez hay contraste en los diferentes estudios sobre la efectividad del ejercicio como estrategia para disminuir DOMS, esto puede deberse a las diferencias en los protocolos de actividad como tipo de ejercicio, momento, intensidad, duración. Sobre el estiramiento como estrategia hay una falta de evidencia para respaldar su efectividad ya sea antes o después del ejercicio. El rodillo de espuma (FR) se demostró que es un método de auto liberación miofascial con efectiva disminución de DOMS, y con escasa evidencia concluyente sobre la recuperación muscular, aunque en esta narrativa no se identifican cual es la fisiología del FR. La terapia de masaje es efectiva en la reducción de DOMS, la misma tiene tres teorías para explicar sus efectos: (1) la modulación de la actividad del sistema nervioso parasimpático; (2) aumento del flujo sanguíneo y linfático con eliminación de desechos productos del daño muscular como CK y LDH; (3) respuesta psicofisiológica al tacto que produce hiperalgesia. A su vez el masaje produce efectos positivos sobre el rendimiento muscular mejorando la fuerza de contracción y disminuyendo los niveles séricos de CK. Como conclusión la mayoría de los estudios afirman que las intervenciones de inmersión en frio, formas activas de regeneración y masajes son estrategias efectivas para reducir DOMS pero no está clara la influencia de los mismos sobre el rendimiento muscular.



Figura 3. Terapia de inversión en agua fría (CWI) luego de ejercicio agotador (21)

En el estudio de Kargarfard, Mehdi; Universidad de educación física y ciencias del deporte (22) investigaron acerca de los efectos fisiológicos del masaje sobre el dolor muscular, la recuperación percibida, la restauración fisiológica y el rendimiento físico en culturistas masculinos. En el mismo participaron 30 varones sanos ($28,77 \pm 3,54$ años), libres de suplementos y uso de esteroides, con al menos 2 años de experiencia en el fisicoculturismo. Los participantes se asignaron al azar en dos grupos de 15 varones donde un grupo recibía masajes y otro sería el grupo control. Las medidas antropométricas que se evaluaron fueron el índice de masa corporal, masa grasa, masa muscular. Medidas séricas de creatina kinasa (CK) como marcador de daño muscular después del ejercicio. Por lo tanto se midió la agilidad, haciendo que los participantes corrieran tan rápido como puedan un circuito con conos. El desplazamiento del salto vertical, saltando lo más alto posible desde una posición de pie. Prueba de par isométrico máximo (MIT), realizando extensiones de rodilla con dinamómetro isocinetico. También se evaluó DOMS mediante VAS. En el grupo experimental se realizó masaje supino estandarizado (técnica de effleurage, petrissage y vibración) de 30 minutos en el muslo derecho luego del protocolo para inducir DOMS. El grupo control permaneció sentado con recuperación pasiva. Las evoluciones fueron tomadas en ambos grupos antes del protocolo, inmediatamente después del protocolo, después del masaje, a las 24, 48 y 72 horas.

En consecuencia, los resultados indicaron que la presencia de CK en ambos grupos fue igual hasta las 24 horas, luego a las 48 y 72 horas disminuyó en el grupo que recibió masajes, indicando una tasa de recuperación mejor que en la del grupo control. En la agilidad no hubo diferencias significativas en cuanto al tiempo en ambos grupos. En cuanto al desplazamiento del salto vertical y al par isométrico máximo (MIT) los resultados indicaron que hasta las 48 horas la funcionalidad se deterioraba en ambos grupos por igual, pero a las 72 horas el grupo que recibió masajes mostró que el desempeño volvió a la línea de base, es decir a los valores previos al protocolo de DOMS con una recuperación mayor a las 72 horas luego del ejercicio que en el grupo control. Los resultados sobre la percepción del dolor indicaron la efectividad en el grupo que recibió masajes en reducir los puntajes de dolor percibido luego de las 24 horas. Por lo tanto los efectos del masaje son claros en eliminar el líquido extracelular acumulado en los músculos afectados, reducir la inflamación y el dolor a través del aumento de la circulación sanguínea, linfática y disminución de los niveles de CK, facilitando la recuperación después del ejercicio y mejorando el rendimiento físico. Excepto la prueba de agilidad, todos los resultados indicaron efectos beneficiosos sobre las variables de medición. Los participantes del grupo experimental tuvieron puntajes de dolor percibido más bajos y mejor recuperación que el grupo control en menos de 72 horas después del masaje.

Otro estudio que también muestra resultados sobre el masaje, fue en una revisión sistemática (23) donde el objetivo fue evaluar los efectos del masaje en el alivio de DOMS y el rendimiento muscular después del ejercicio, con una selección de once artículos (504 participantes), se compararon los efectos de la intervención de los participantes que recibían masaje posterior al ejercicio con un grupo control sin intervención. En la mayoría de los estudios el masaje que se utilizó fue effleurage y pretrissage con una duración que varió entre los 6 a 30 minutos, pero con duración por área similar. Las variables de medición fueron la calificación de dolor, fuerza muscular (MIF – fuerza isométrica máxima) y el nivel sérico de CK.

Todos los participantes mostraron que disminuyó el dolor después de la aplicación de masajes, con mayor eficacia a las 48 y 72 horas después del ejercicio que a las 24 horas. En cuanto a la fuerza (MIF) solo 265 participantes indicaron mejoría en el rendimiento en comparación con el grupo control a las 72 horas del ejercicio. Y 247 participantes mostraron una disminución del nivel sérico de CK luego del masaje a las 48 y 72 horas. Esta revisión muestra que el masaje disminuyó el dolor muscular luego

del ejercicio, más específicamente a las 48 y 72 horas; disminuyó los niveles séricos de CK lo que sugiere una disminución en la inflamación y el daño muscular, además promueve a la recuperación del rendimiento muscular al aumentar el MIF. Lo que respalda la evidencia de los efectos fisiológicos positivos de la terapia de masaje en DOMS.

Un estudio experimental en el 2018 realizado en China (24), tuvo como objetivo evaluar la eficacia del estiramiento dinámico en el dolor muscular de aparición tardía en la pantorrilla, comparando los efectos del estiramiento dinámico y estático. Los participantes fueron 48 individuos sanos (edad promedio 21.7 ± 1.40), separados en 3 grupos de 16 personas cada uno, donde un grupo realizaba estiramiento dinámico, otro estiramiento estático y otro era el grupo control. Todos los participantes realizaron un protocolo de ejercicio para inducir DOMS que consistía en la elevación de talones bilateral con banda de resistencia hasta el agotamiento. (Figura 4). Las principales variables de medición fueron el DOMS, la circunferencia de la parte inferior de la pierna para marcar la inflamación muscular, el umbral de dolor por presión (UPP) para reflejar el grado de sensibilidad del gastrocnemio y soleo, el rango de movimiento (ROM) de flexión dorsal y flexión plantar como indicadores de disfunción neuromuscular y la fuerza muscular de los mismos músculos, se midieron antes del ejercicio, después y a las 24, 48, 72, 96 y 120 horas. El grupo de estiramiento dinámico contracción-relajación (DS) los participantes debían estar sentados con rodilla estirada colocando una banda que pase por la planta de pie, generando una contracción del gastrocnemio y soleo llevaban el pie hacia flexión plantar 5 segundos y luego relajaban y con la banda llevaban el tobillo hacia flexión dorsal donde se sintiera una leve molestia y allí mantenían 30 segundos. Repetían este proceso 10 veces, con descanso de 10 segundos por serie, 2 veces al día por 5 días. (Figura 5a). En el grupo de estiramiento estático (SS) se le pedían que lleven la pierna a estirar hacia atrás con rodilla extendida llevando el peso del cuerpo hacia adelante, sintiendo leve molestia en pantorrilla y manteniendo 30 segundos. Mismas repeticiones que en el grupo DS. (Figura 5b). Y el grupo control no recibió intervenciones.

Los resultados indicaron que no hubo diferencia en ninguna de las variables entre los grupos, es decir que ni DS o SS son efectivos en reducir DOMS, aumentar la fuerza, ROM, disminuir PPT e inflamación luego del ejercicio que produce daño muscular. El efecto de DS o SS para aliviar DOMS es insignificante. Sin diferencias en ninguna variable ente los grupos.



Figura 4. Elevación de talones bilateral con banda de resistencia (24)

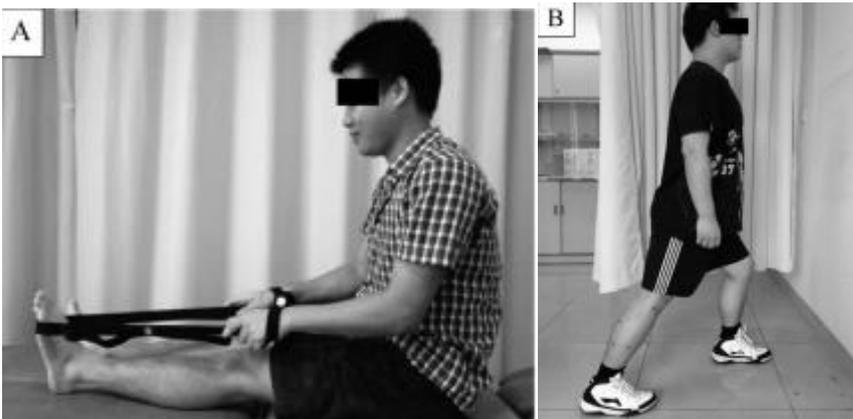


Figura 5. A: estiramiento dinámico contracción-relajación (DS). B: estiramiento estático (SS) (24)

Se describe una revisión bibliográfica (25) de 12 artículos con el objetivo de determinar los efectos del estiramiento antes o después del ejercicio sobre el DOMS, donde todos los estudios menos uno, examinaron los efectos del estiramiento estático de 40 segundos, tres artículos examinaron el efecto del estiramiento antes del ejercicio, siete artículos los efectos del estiramiento después del ejercicio y dos artículos analizaron antes y después del ejercicio. Esta revisión concluyó en que los estudios indicaron que el estiramiento antes o después del ejercicio tiene efectos casi nulos sobre DOMS. Además esta revisión tampoco proporciona pruebas de que el estiramiento sea efectivo en reducir el riesgo de lesiones, mejorar el rendimiento o bienestar.

Un estudio experimental realizado en la universidad de Brasil (26) comparó los efectos de la carrera y el ciclismo de intensidad moderada sobre DOMS inducido por el ejercicio en hombres. En este estudio se seleccionaron 30 participantes varones (edad entre 18 y 30 años), fueron divididos en 3 grupos: de control (CON), grupo de carrera (RG) o grupo de ciclismo (CG). Con el objetivo de inducir DOMS se realizó un protocolo donde los participantes fueron sometidos a 50 contracciones excéntricas máximas de extensores de rodilla en dinamómetro isocinético, seguido inmediatamente por otra MVIC (máxima contracción voluntaria isométrica de extensores de rodilla) de 10 segundos. Inmediatamente después de este protocolo se realizó la intervención en carrera, ciclismo o descanso, repitiéndose a las 24 y 48 horas. Las variables a medir fueron la contracción isométrica voluntaria máxima (MVIC), evaluando el torque pico isométrico del extensor de rodilla; el dolor muscular de aparición tardía (DOMS) mediante una escala analógica visual (VAS); la actividad plasmática de creatina quinasa (CK) y lactato deshidrogenasa (LDH), las mismas son enzimas que su aumento indica daño muscular. En los protocolos de recuperación activa, el grupo de carrera (RG) realizó 30 min de carrera en un cinta rodante al 60% del VO₂pico. Del mismo modo, el grupo ciclista (GC) realizó 30 min de ejercicio en cicloergómetro al 60% del VO₂pico. El grupo de control permaneció descansando en una camilla.

Los resultados de este estudio mostraron un efecto beneficioso en el grupo RG y CG para disminuir el nivel del LDH y DOMS después de 24, 48 y 72 horas en comparación con el grupo control. Y entre RG y CG mostro mejores beneficios el grupo de ciclismo en recuperar fuerza, reducir DOMS y LDH, esto se debe a que correr en cinta tiene un fuerte componente excéntrico cuando el pie entra en contacto con el suelo, generando estrés mecánico en los músculos, especialmente en los extensores de la rodilla, causando daño muscular. El ciclismo implica contracciones concéntricas que no impactan significativamente en el daño muscular. En conclusión los efectos generados por la recuperación activa es promover el aumento del flujo sanguíneo local, una mayor y más rápida eliminación de desechos (LDH) posiblemente contribuyendo a la reparación del tejido, liberando endorfinas que tienen un efecto analgésico pudiendo disminuir DOMS. Siendo la recuperación activa con ciclismo de intensidad moderada la opción más adecuada post-ejercicio. El ciclismo de intensidad moderada tiene efectos beneficiosos sobre DOMS en comparación con la recuperación pasiva o carrera.

VI c. TABLA DE RESUMEN DE LOS RESULTADOS

ESTRATEGIAS	DOMS	RENDIMIEN TO/ FUERZA	CK/ (RECUPERACIÓ N)	LDH	DOSIFICACION
Rodillo de espuma (FR)	Disminuyó (Pearcey GE, 2015 - Schroeder AN, 2015 - Heiss Rafael, 2019)	Efecto moderado (Pearcey GE, 2015 - Schroeder AN, 2015)	Disminuyó (Pearcey GE, 2015)	GE,	20 min cada 24 horas (Pearcey GE). Poca evidencia (Schroeder AN, 2015 - Heiss Rafael, 2019)
Inmersión en agua fría (CWI)	Disminuyó (Hohenauer E, 2020 - Dupuy O, 2018 - Heiss Rafael, 2019)	No mejoró (Hohenauer E, 2020)	Poca evidencia (Dupuy O, 2018 - Heiss Rafael, 2019)	Rafael,	10 a 15 min a 10°C (Hohenauer E, 2020 - Dupuy O, 2018 - Heiss Rafael, 2019)
Elongación/ FNP	No disminuyó (Heiss Rafael, 2019 - Xie Y, 2018 - Herbert RD, 2011)	No mejoró (Xie Y, 2018)	No se evaluó		30 segundos (Xie Y, 2018) 40 segundos (Herbert RD, 2011)
Ejercicio activo (AR)	Disminuyó (Dupuy O, 2018 - Heiss Rafael, 2019 - De	Mejóro (De Azevedo Franke, 2021)	Leve disminución (Dupuy O, 2018) Si disminuyo (De Azevedo Franke, 2021)		Poca evidencia (Heiss Rafael, 2019) 30 minutos ciclismo de intensidad

	Azevedo Franke, 2021)			moderada (De Azevedo Franke, 2021)
Masajes	Disminuyó (Dupuy O, 2018 - Kargarfard Mehdi, 2016 - Guo J, 2017)	Mejóro (Dupuy O, 2018 - Heiss Rafael, 2019 - Guo J, 2017)	Disminuyó (Dupuy O, 2018 - Heiss Rafael, 2019 - Kargarfard Mehdi, 2016 - Guo J, 2017)	30 min luego del ejercicio (Dupuy O, 2018 - Kargarfard Mehdi, 2016 - Guo J, 2017)

Tabla comparativa de los estudios analizados entre las distintas estrategias de intervención y sus variables de medición.

VII. DISCUSIÓN

El presente estudio tuvo como objetivo revisar la literatura científica para analizar los efectos de las terapias físicas en el dolor muscular de inicio tardío (DOMS) y el rendimiento muscular. El DOMS es el dolor que se experimenta después de realizar ejercicios de alta intensidad, no habituales o que involucran contracciones excéntricas principalmente (Armstrong, 1984). Con el fin de evaluar la eficacia de las terapias, fue necesario inducir el DOMS. Por lo tanto, en esta revisión se utilizaron estudios con protocolos específicos para inducir DOMS en participantes activos pero que no habían estado activos en al menos las últimas 4 semanas. Se les sometió a una mayor intensidad que la que acostumbraban o a contracciones excéntricas. Además, se excluyó a participantes que usaran esteroides o tuvieran antecedentes de lesiones o enfermedades para evitar influir en el efecto de generar DOMS.

Entre las fortalezas de este estudio, se destaca el análisis de varias técnicas de recuperación, como la elongación, el ejercicio activo, el masaje, el rodillo de espuma y la crioterapia. Se encontraron estudios que medían las mismas variables de DOMS y rendimiento muscular, incluyendo cinco estudios experimentales y cinco revisiones bibliográficas, lo que permitió obtener una muestra considerable de pacientes. Las intervenciones se realizaron inmediatamente después del ejercicio en todos los artículos, y en algunos casos se repitieron a las 24, 48 y 72 horas. Las medidas de evaluación se tomaron antes, después del ejercicio, y a las 24, 48 y 72 horas después del protocolo de daño muscular inducido.

Sin embargo, este estudio también presentó limitaciones. Se enfrentó con dificultades para obtener una dosificación clara del tiempo e intensidad de las intervenciones en los estudios analizados. Además, la variable de rendimiento muscular no estaba bien desarrollada en algunos artículos debido a su complejidad y a las diferentes formas de medirlo. Las medidas utilizadas en varios estudios no eran comparables y podrían ser poco confiables, lo que indica la necesidad de investigaciones adicionales para explorar los efectos de las terapias en la mejora del rendimiento muscular y la recuperación después del ejercicio.

En la literatura se ha demostrado que el DOMS comienza aproximadamente 24 horas después del ejercicio excéntrico y alcanza su punto máximo entre las 48 y 72 horas. Este dolor puede disminuir la funcionalidad en la vida diaria y el rendimiento muscular en deportistas (Cheung, 2003). En todos los estudios analizados en esta revisión, se

observó que intervenciones como el masaje, la inmersión en agua fría, el rodillo de espuma y el ejercicio activo reducían los niveles de dolor después del ejercicio.

Asimismo, la evaluación del rendimiento muscular se llevó a cabo mediante la medición de marcadores sanguíneos, entre los cuales se destacan la creatina quinasa (CK) y lactato deshidrogenasa (LDH), la elevación de estos parámetros son considerados indicadores confiables de daño tisular debido al ejercicio. También se midió el rendimiento en saltos verticales y amplios, así como la fuerza muscular a través de la contracción isométrica voluntaria máxima (MICV). En todos los estudios analizados que exploraron los efectos del masaje, se pudo observar una disminución significativa en los niveles de CK y LDH. Estos hallazgos indican claramente que el masaje ejerce efectos beneficiosos en la mejora del daño muscular.

En lo que respecta al ejercicio activo, se ha evidenciado su eficacia para aliviar el DOMS. Esta modalidad de ejercicio contribuye a la ruptura de adherencias en los músculos doloridos, promueve un incremento del flujo sanguíneo local y acelera la eliminación de desechos nocivos. Cabe destacar que la liberación de endorfinas tiene un efecto analgésico en el alivio del dolor. No obstante, aún persiste la incertidumbre acerca del tipo específico de ejercicio a emplear, así como su dosificación y carga adecuada (Cheung, 2003). Vinculado a esto, un estudio realizado por Dupuy et al. (2018), examinó los efectos del ejercicio activo como estrategia y encontró una disminución leve o nula en los niveles de CK y LDH, sugiriendo que esta reducción mínima puede depender de la duración y tipo de ejercicio aplicado que varía entre los estudios. En contraste, un estudio posterior realizado por Azevedo Franke (2021), investigó los efectos de la actividad en cinta y ciclismo luego del ejercicio. Se observó una reducción significativa tanto en los niveles de LDH como de DOMS. Sin embargo, al comparar ambas estrategias, se encontró que el ciclismo de intensidad moderada mostró efectos más favorables en la disminución de estos valores. Esto podría atribuirse, al menos en parte, al componente excéntrico involucrado en correr en cinta, el cual puede ocasionar mayor daño muscular en comparación con el ciclismo. Estas discrepancias en los resultados resaltan la necesidad de realización investigaciones adicionales para clarificar y comprender mejor estos hallazgos, estableciendo pautas más precisas en cuanto a la modalidad y duración del ejercicio activo necesario para optimizar los resultados relacionados con la reducción de DOMS, LDH y CK.

Inicialmente se creía que la crioterapia, específicamente la inmersión en agua fría, cinco veces a 5°C durante 20 minutos cada una, no era efectiva en reducir DOMS y mejorar el rendimiento muscular (Paddon-Jones y Quigley, 1997). No obstante, investigaciones

más recientes han revelado resultados opuestos. Se ha demostrado que la aplicación de frío a través de una inmersión en agua fría a 10°C durante 10 minutos o criocabina a -60°C durante 2 minutos puede ser efectiva en la reducción de DOMS y la mejora del rendimiento en el salto vertical (Erich Hohenauer, 2020). Otros estudios también han señalado que la inmersión en agua fría tiene efectos notables en temperaturas inferiores a 15°C durante 11 a 15 minutos, mostrando resultados superiores en la reducción de DOMS en comparación con otras formas de crioterapia. Sin embargo, la evidencia en cuanto a sus efectos en el rendimiento muscular es limitada (Dupuy et al. 2018 – Heiss Rafael, 2019). En términos de los efectos fisiológicos de la crioterapia, Cheung (2003) sostiene que provoca una disminución en la temperatura de la piel subcutánea, intramuscular y articular, lo cual resulta en vasoconstricción local, reducción de la inflamación, disminución del metabolismo, lo que podría tener un impacto positivo en la recuperación muscular, además de un efecto analgésico. No obstante, otros autores no han encontrado mejora significativa en la fuerza y rendimiento muscular (Dupuy O, 2018 - Heiss Rafael, 2019 - Hohenauer E, 2020). Es importante tener en cuenta que los resultados de los estudios pueden variar debido a diferencias en los protocolos de crioterapia utilizados, como la temperatura y duración de la exposición al frío. En resumen, aunque existen indicios de que el frío puede tener un impacto en la tasa metabólica y el flujo sanguíneo, aún no se ha establecido con certeza su beneficio en relación al rendimiento muscular.

La creencia previa de que los estiramientos antes o después del ejercicio eran beneficiosos debido a la teoría de que el dolor muscular era causado por un espasmo muscular que restringía el flujo sanguíneo (De Vries, 1986) ha sido desacreditada. Sin embargo, todavía existe un uso inadecuado de esta estrategia en la actualidad. Algunas personas realizan estiramientos para reducir el riesgo de lesiones, para mejorar el rendimiento muscular o por la sensación de bienestar que les proporciona. Por otra parte, los estudios realizados por Yanfei Xie (2018) y otros investigadores han demostrado que el estiramiento estático y dinámico no influye en la aparición del dolor muscular de aparición tardía (DOMS). Además, no se ha encontrado evidencia que respalde los efectos positivos del estiramiento en el rendimiento, la fuerza muscular o la sensación de bienestar (Herbert RD, 2011 - Yanfei Xie, 2018 - Heiss Rafael, 2019). A pesar de esto, se requieren más investigaciones que evalúen distintas frecuencias, duraciones, intensidades y posiciones de elongación, ya que podrían tener un mayor impacto en la reducción del DOMS y el mejoramiento del rendimiento muscular.

Las técnicas de masaje y rodillo de espuma han sido comparadas en cuanto a sus efectos y se han observado similitudes. El rodillo de espuma ejerce presión sobre el músculo, simulando un masaje autoinducido, lo que ha demostrado disminuir el dolor muscular de aparición tardía (DOMS). Sin embargo, de acuerdo a Je, Hilbert (2003) se ha cuestionado sobre la efectividad del masaje posterior al ejercicio para mejorar el rendimiento muscular. Además, Healey, Kellie (2014) sostiene que el rodillo de espuma (FR) no tiene efectos positivos en el rendimiento muscular. En contraste, los resultados de los estudios analizados en este trabajo indican que el rodillo de espuma ofrece beneficios en la reducción del DOMS y mejoras moderadas en el rendimiento muscular. Se ha observado que el rodillo de espuma no afecta negativamente los niveles de fuerza y ayuda en la liberación de adherencias musculares, lo que sugiere una influencia positiva en la recuperación del rendimiento muscular. Una aplicación de FR durante 20 minutos cada 24 horas ha mostrado mejores resultados en cuanto al dolor, la fuerza y la disminución de la creatina quinasa (CK), como se evidencia en los estudios de Schroeder et al. (2015) y Pearcey et al. (2018). Sin embargo, es necesario contar con más evidencia científica para respaldar de manera concluyente esta afirmación.

En relación al masaje, se ha encontrado que esta técnica tiene efectos positivos en la disminución del DOMS, así como mejoras en el salto vertical y la fuerza, según Kargarfard et al. (2016). Además, los estudios analizados han mostrado una reducción en los niveles séricos de creatina quinasa (CK) como resultado del masaje, lo que indica beneficios para el rendimiento muscular. No obstante, se ha observado que el masaje no presenta efectos positivos en la agilidad, como lo respaldan los estudios de Kargarfard et al. (2016), Guo et al. (2017), Dupuy et al. (2018) y Heiss Rafael (2019).

VIII. CONCLUSIÓN

Hay una amplia variedad de estrategias disponibles para reducir el dolor muscular y optimizar la recuperación muscular luego de DOMS. Debido a esto en la terapia de DOMS, el kinesiólogo es responsable de definir el tratamiento óptimo para cada atleta. Entre ellos el masaje de 30 minutos luego del ejercicio parece ser la técnica más eficaz con efectos claros en eliminar el líquido extracelular acumulado, reducir la inflamación y el dolor a través del aumento de la circulación sanguínea, linfática y disminución de los niveles de CK, facilitando la recuperación después del ejercicio y mejorando el rendimiento físico. Así mismo la aplicación del rodillo de espuma 20 minutos luego del ejercicio genera el efecto de eliminación de lactato sanguíneo, liberación de adherencias y reparación de los tejidos, sin impactos negativos sobre la fuerza muscular. De esta forma el rodillo de espuma podría beneficiar a los atletas a mejorar la recuperación y el rendimiento muscular. Los efectos que genera la inmersión en agua fría de 10 a 15 minutos a 10°C son beneficiosos en reducir DOMS, generando disminución de la saturación de Oxígeno en el musculo, reducción de la microcirculación y de la temperatura de la piel, además de un efecto analgésico sobre las terminaciones nerviosas, con poca evidencia que impacte sobre la fuerza e inflamación. Los resultados para la elongación indicaron que no hubo efecto beneficioso tanto en la elongación estatista o dinámica para reducir DOMS, aumentar la fuerza, ROM, disminuir inflamación luego del ejercicio que produce daño muscular. Por último, 30 minutos de ciclismo a intensidad moderada tiene efectos beneficiosos sobre DOMS en comparación con la recuperación pasiva o carrera, promoviendo el aumento del flujo sanguíneo eliminación de desechos, reparación del tejido para mejorar el rendimiento muscular y liberación de endorfinas como efecto analgésico sobre el dolor.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alonso Extremera, M., Uribe Tejada, I. Dolor Muscular de Aparición Retardada. DOMS [Internet]. 2001. [citado el 25 de febrero de 2023]. Vol. 36(136):5-14. Disponible en: <https://www.apunts.org/en-pdf-X0213371701058028>
2. Maria-Alejandra Camacho-Villa, Esperanza Herrera-Villabona, Diana Reina-Torres, Diana Delgado-Díaz. Delayed onset muscle soreness intensity affects muscular performance [Internet]. 2021. [citado el 25 de febrero de 2023]. Vol. 53(1). Disponible en: <https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistasaluduis/article/view/12811>
3. Cheung K, Hume P, Maxwell L. Delayed onset muscle soreness: treatment strategies and performance factors. Delayed Onset Muscle Soreness [Internet]. 2003. [citado el 26 de febrero de 2023]. 33(2):145-64. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.2165/00007256-200333020-00005>
4. Howatson G, van Someren KA. The prevention and treatment of exercise-induced muscle damage. [Internet] 2008. [citado el 26 de febrero de 2023]. 38(6):483-503. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.2165/00007256-200838060-00004>
5. ARMSTRONG, R. B.. Mechanisms of exercise-induced delayed onset muscular soreness: a brief review. Mechanisms of exercise-induced delayed onset muscular soreness [Internet]. 1984. [citado el 26 de febrero de 2023]. 16(6):529-538. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/6392811/>
6. DJ Bordachar ,AW Barbosab, Urgencias Vieira,L. Intelangel. Umbral de dolor a la presión del hombro revisado: influencia de la metodología y del sitio de medición, y asociación con el sexo, la habilidad manual y la composición corporal , género, destreza y composición corporal. Umbral de dolor a la presión del hombro. [Internet]. 2019. [citado el 28 de febrero de 2023]. 41(6):329-336. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S021156381930094X?via%3Dihub>
7. Kanda K, Sugama K, Hayashida H, Sakuma J, Kawakami Y, Miura S, et al. Eccentric exercise-induced delayed-onset muscle soreness and changes in markers of muscle damage and inflammation. Exerc Immunol Rev. [Internet]. 2013. [citado el 3 de marzo de 2023].19:72-85. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23977721/>

8. Vicente Herrero, M.T., Delgado Bueno, Maria Teófila, Bandrés Moyá, Ramírez Iñiguez de la Torre, Capdevila García, et al. Valoración del dolor. Revisión comparativa de escalas y cuestionarios. [Internet]. 2018. [citado el 3 de marzo de 2023]. 25(4):228-236. Disponible en: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1134-80462018000400228
9. CM Bleakley, JT Hopkins. Is it possible to achieve optimal levels of tissue cooling in cryotherapy? [Internet]. 2013. [citado el 3 de marzo de 2023]. 15(4):344-350. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1179/174328810X12786297204873>
10. DJ Paddon-Jones, BM Quigley. Effect of Cryotherapy on Muscle Soreness and Strength Following Eccentric Exercise. [Internet]. 1997. [citado el 3 de marzo de 2023]. 18(8): 588-590. Disponible en: <https://www.thieme-connect.de/products/ejournals/abstract/10.1055/s-2007-972686>
11. White GE, Wells GD. Cold-water immersion and other forms of cryotherapy: physiological changes potentially affecting recovery from high-intensity exercise. Cold-water immersion and other forms of cryotherapy [Internet]. 2013. [citado el 5 de marzo de 2023]. 2(1):26. Disponible en: <https://extremephysiolmed.biomedcentral.com/articles/10.1186/2046-7648-2-26>
12. Herbert A. Devries. Prevention of Muscular Distress after Exercise. [Internet]. 2013. [citado el 6 de marzo de 2023]. 32(2):177-185. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10671188.1961.10613131>
13. Je Hilbert, GA Sforzo , T. The effects of massage on delayed onset muscle soreness [Internet]. 2003. [citado el 6 de marzo de 2023]. 37 (1): 72-5. Disponible en: <https://bjsm.bmj.com/content/37/1/72>
14. Romero-Moraleda B, González-García J, Cuéllar-Rayó Á, Balsalobre-Fernández C, Muñoz-García D, Morencos E. Effects of Vibration and Non-Vibration Foam Rolling on Recovery after Exercise with Induced Muscle Damage. [Internet]. 2012. [citado el 8 de marzo de 2023]. 18(1):172-180. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6370959/>
15. Healey, Kellie ; Hatfield, Disa L; Blanpied, Pedro; Dorfman, Leah R; Riebe, Débora. The Effects of Myofascial Release With Foam Rolling on Performance [Internet]. 2014.

[citado el 8 de marzo de 2023]. 28(1):61-68. Disponible en: https://journals.lww.com/nsca-jscr/Fulltext/2014/01000/The_Effects_of_Myofascial_Release_With_Foam.8.aspx

16. Lewis PB, Ruby D, Bush-Joseph CA. Muscle soreness and delayed-onset muscle soreness [Internet]. 2011. [citado el 10 de marzo de 2023]. 31(2):255-62. Disponible en: [https://www.sportsmed.theclinics.com/article/S0278-5919\(11\)00099-8/fulltext](https://www.sportsmed.theclinics.com/article/S0278-5919(11)00099-8/fulltext)

17. Pearcey GE, Bradbury-Squires DJ, Kawamoto JE, Drinkwater EJ, Behm DG, Button DC. Foam rolling for delayed-onset muscle soreness and recovery of dynamic performance measures [Internet]. 2015. [citado el 12 de marzo de 2023]. 50(1):5-13 Disponible en: <https://meridian.allenpress.com/jat/article/50/1/5/112406/Foam-Rolling-for-Delayed-Onset-Muscle-Soreness-and>

18. Schroeder AN, Best TM. Is self myofascial release an effective preexercise and recovery strategy?. Is Self Myofascial Release an Effective Preexercise and Recovery Strategy? [Internet]. 2015. [citado el 12 de marzo de 2023]. 14(3):200-208. Disponible en: https://journals.lww.com/acsm-csmr/Fulltext/2015/05000/Is_Self_Myofascial_Release_an_Effective.16.aspx

19. Hohenauer E, Costello JT, Deliens T, Clarys P, Stoop R, Clijnen R. Partial-body cryotherapy (-135°C) and cold-water immersion (10°C) after muscle damage in females [Internet]. 2020. [citado el 12 de marzo de 2023]. 30(3):485-495. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/sms.13593>

20. Dupuy O, Douzi W, Theurot D, Bosquet L, Dugué B. An Evidence-Based Approach for Choosing Post-exercise Recovery Techniques to Reduce Markers of Muscle Damage, Soreness, Fatigue, and Inflammation: A Systematic Review With Meta-Analysis. *Front Physiol* [Internet] 2018. [citado el 12 de marzo de 2023]. 9:403. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29755363/>

21. Heiss, Rafael; Lutter, Christoph; Freiwald, Jürgen; Hoppe, Matthias W; Grim, Casper; Poettgen, Klaus; et al. Advances in Delayed-Onset Muscle Soreness (DOMS) - Part II: Treatment and Prevention. *Advances in Delayed-Onset Muscle Soreness (DOMS) - Part II* [Internet]. 2019. [citado el 13 de marzo de 2023]. 33(1):21-29 Disponible en: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/es/mdl-30865998>

22. Kargarfard, Mehdi; Lam, Eddie T C; Shariat, Ardalan; Shaw, Ina; Shaw, Brandon S; Tamrin, Shamsul B M. Efficacy of massage on muscle soreness, perceived recovery, physiological restoration and physical performance in male bodybuilders [Internet]. 2016.

[citado el 14 de marzo de 2023]. 34(10): 959-65. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26334128/>

23. 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 [Internet]. 2017. [citado el 14 de marzo de 2023]. 8:747. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29021762/>

24. Xie Y, Feng B, Chen K, Andersen LL, Page P, Wang Y. The Efficacy of Dynamic Contract-Relax Stretching on Delayed-Onset Muscle Soreness Among Healthy Individuals: A Randomized Clinical Trial [Internet]. 2018. [citado el 14 de marzo de 2023]. 28(1):28-36. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28742609/>

25. Herbert RD, de Noronha M, Kamper SJ. Stretching to prevent or reduce muscle soreness after exercise. Pubmed [base de datos en Internet]. The Cochrane Database of Systematic Reviews. 2011. [citado el 14 de marzo de 2023]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21735398/>

26. de Azevedo Franke, Rodrigo; Rodrigues, Rodrigo; Geremia, Jean Marcel; Teixeira, Bruno Costa; Boeno, Francesco; Rab ello, Rodrigo; et al. Moderate intensity cycling is better than running on recovery of eccentric exercise-induced muscle damage [Internet] 2021 [citado el 14 de marzo de 2023] 50: 65-73. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33932873/>