

TESINA

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

Título:

**“MÉTODOS DE RECUPERACIÓN POST-ENTRENAMIENTO PARA LA
MODULACIÓN DEL DOLOR MUSCULAR DE APARICIÓN TARDÍA EN
DEPORTISTAS”**

Autores:

Sheridan, Pedro. Nro. 8343

Tonso, Juan Marco. Nro. 8542

Director:

Lic. Suárez, Nicolás.

Sede:

Rosario

Fecha de Presentación:

13/03/2024

Firmas de Autores:



RESUMEN

Introducción: El dolor muscular de aparición tardía o DOMS es una patología de muy frecuente aparición en deportistas que desempeñan entrenamientos con altas cargas y con una frecuencia diaria. Se caracteriza principalmente por dolor, una disminución del rango de movimiento de las articulaciones, inflamación y reducción de los niveles de fuerza y potencia, lo que conduce a generar un impacto negativo en el rendimiento. En consecuencia, es de gran interés el estudio de este fenómeno y de los métodos de recuperación necesarios para garantizar una mejor performance deportiva.

Objetivo general: El objetivo de este estudio fue analizar la eficacia de los métodos de recuperación utilizados durante el post-entrenamiento para disminuir el dolor provocado por DOMS en deportistas.

Materiales y métodos: Se llevó a cabo una revisión bibliográfica donde se consultaron las bases de datos PubMed y Biblioteca virtual en salud, con la intención de obtener información actualizada sobre los distintos métodos de recuperación utilizados en el deporte y su impacto sobre el rendimiento.

Resultados: Se analizaron 18 artículos, todos ellos estudios experimentales, sobre las distintas intervenciones utilizadas sobre el DOMS y nuevas variables de rendimiento deportivo.

Conclusión: Tras el análisis de los resultados, podemos concluir que la crioterapia, el kinesiotaping, el ciclismo y el láser son métodos de recuperación eficaces para reducir el dolor provocado por DOMS en deportistas. Al mismo tiempo, se han podido verificar efectos positivos sobre otras variables de rendimiento más objetivas, sin embargo, estos resultados fueron heterogéneos, lo que dificulta su extrapolación.

Palabras claves: Myalgia, Agujetas, Recovery of Function, Exercise, Athletic performance.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN.....	1
II.OBJETIVOS.....	2
II a. OBJETIVO GENERAL.....	2
II b. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
III. MARCO TEÓRICO.....	2
III a. DOLOR MUSCULAR DE APARICIÓN TARDÍA (DOMS).....	2
III b PREVENCIÓN.....	3
III c. MÉTODOS EMPLEADOS.....	4
III c. 1 Ejercicio de resistencia aeróbica de baja intensidad.....	4
III c. 2 Estiramiento	4
III c. 3 Masoterapia	5
III c. 4 Crioterapia	5
III c. 5 Termoterapia	6
IV. JUSTIFICACIÓN.....	7
V. MATERIALES Y MÉTODOS.....	7
V a. ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA	7
V b. COMBINACIÓN DE TÉRMINOS.....	9
V c. CRITERIOS DE SELECCIÓN.....	10
VI. RESULTADOS.....	10
VI a. DIAGRAMA DE FLUJO	10
VI b. ANÁLISIS DE RESULTADOS	11
VI c. TABLA DE RESUMEN DE LOS RESULTADOS.....	24
VII. DISCUSIÓN	30
VIII. CONCLUSIÓN	34
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	35

ABREVIATURAS:

- DOMS: dolor muscular de aparición tardía.
- Post: posterior.
- CK: creatina kinasa.
- IL: interleucina.
- VO₂ máx: volumen máximo de oxígeno.
- ATP: adenosin trifosfato.
- Hs: horas.
- CWI: inmersiones en agua fría.
- CVMI: contracción voluntaria máxima isométrica.
- CMJ: salto en contramovimiento.
- PCR: proteína C reactiva.
- TNF α : factor de necrosis tumoral alfa.
- NMES: electroestimulación neuromuscular.
- ROM: rango de movimiento articular.
- FC Máx: frecuencia cardíaca máxima

I. INTRODUCCIÓN

El entrenamiento llevado a cabo por deportistas que compiten a alto nivel requiere una gran demanda de esfuerzo físico. Dichos entrenamientos tienen lugar durante extensas jornadas donde los atletas son exigidos al máximo nivel, y muchas veces los tiempos de recuperación no son óptimos. Todo esto conduce a que se genere un contexto que los hace propensos a desarrollar patologías y dolor muscular, teniendo un impacto muy negativo sobre su rendimiento. La aparición de calambres, contracturas y distensiones producidas como consecuencia de la búsqueda incesante de los objetivos propuestos para el deportista se transforman en uno de los obstáculos más frecuentes.^(1,2)

Una de las patologías musculares que se pueden presentar en los deportistas es el “Dolor Muscular de Aparición Tardía”. Esta patología es una gran limitante del rendimiento físico del deportista para llevar a cabo el entrenamiento y más aún durante la competencia, principalmente en aquellos que deben competir de manera sistemática y con breves períodos de descanso entre un estímulo y otro.^(1,2)

En la práctica diaria, diversas opciones terapéuticas se han tomado para hacer frente a esta situación, dentro de las cuales podemos encontrar el ejercicio aeróbico de baja intensidad, el estiramiento de partes blandas, la crioterapia y masoterapia. Sin embargo, cabe destacar que, en la actualidad, la investigación científica ofrece nuevas opciones de tratamiento que no son ampliamente conocidas y por lo tanto no han tenido la repercusión que tuvieron las mencionadas previamente. Al mismo tiempo, no existe un consenso claro sobre cuál de todas es la más adecuada, lo que provoca que en ciertos casos se haga un uso indiscriminado y aleatorio de ellas.

Si bien las intervenciones nombradas anteriormente son las que se utilizan con mayor frecuencia en la práctica deportiva, en la actualidad se desconoce el verdadero impacto de las mismas sobre la modulación del dolor y su consiguiente mejora en el rendimiento. Además, hay que resaltar que al ser el dolor una medida subjetiva inherente al deportista y que es difícil de precisar su magnitud, otras variables de medición pueden ser tomadas de manera más objetiva para determinar la efectividad del tratamiento, y por ende que tan beneficioso puede ser en el rendimiento deportivo.

II. OBJETIVOS

II a. OBJETIVO GENERAL

El objetivo general de este estudio es analizar la eficacia de los métodos de recuperación utilizados durante el post-entrenamiento para disminuir el dolor provocado por DOMS en deportistas.

II b. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Contrastar los efectos que tienen los métodos de recuperación propuestos sobre el dolor post-ejercicio.
- Identificar qué otras variables de medición se emplean para determinar la efectividad de los métodos de recuperación.
- Señalar la modalidad y la dosificación de los métodos aplicados.

III. MARCO TEÓRICO

III.a. DOLOR MUSCULAR DE APARICIÓN TARDÍA

El Dolor Muscular de Aparición Tardía, traducción al español de Delayed Onset Muscle Soreness (DOMS) es una mialgia difusa que comienza en las 12-24hs posteriores al ejercicio y suele alcanzar su pico máximo a las 24-48hs. Si bien se ha reconocido a la contracción excéntrica a repetición como un factor predisponente, aún no se ha podido definir la etiología exacta. Sin embargo, existen diversas teorías que intentan explicar su origen, aunque alguna de ellas han sido descartadas como la Teoría Metabólica y la Teoría del Espasmo. Las últimas investigaciones apoyan la existencia de microtraumatismos en el tejido muscular y conectivo, lo cual provoca la liberación de restos celulares al espacio intersticial y una posterior respuesta inflamatoria local que sensibilizan y disminuyen el umbral doloroso de las terminaciones nerviosas (Teoría Mecánica y Teoría Inflamatoria respectivamente), explicando la aparición del dolor y su permanencia e intensificación horas posteriores al ejercicio. ⁽¹⁻³⁾

El DOMS es conocido por la incapacidad de producir fuerza muscular y suele resolverse con el paso del tiempo. Los síntomas que incluye son principalmente dolor en

movimiento, debilidad, sensación de rigidez e hinchazón de los músculos implicados, principalmente luego del ejercicio excéntrico. Teniendo en cuenta que el síntoma principal (dolor) es de carácter subjetivo y que el mismo depende de diversos factores, hay otras variables que pueden ser más fiables a la hora de determinar la gravedad del problema. Un buen indicador indirecto de daño muscular es la concentración de creatina-quinasa (CK), debido a su relación con la pérdida de integridad fibrilar del sarcolema, y a un aumento de la concentración de mioglobina, que genera una disminución de la fuerza de contracción máxima voluntaria. De igual manera, también podría encontrarse interleuquina 6 (IL6), debido al proceso inflamatorio que acontece. Sin embargo, algunos autores creen que este marcador puede aparecer incluso sin presencia de inflamación.⁽⁴⁾

III.b. PREVENCIÓN DEL DOMS

La mejor prevención del DOMS se consigue con la adecuación de las cargas de entrenamiento a las posibilidades del deportista, evitando cambios bruscos en el volumen, intensidad o tipos de ejercicios. Se reconoce que el ejercicio concéntrico realizado inmediatamente antes del ejercicio excéntrico mitiga tanto la magnitud de la lesión como la pérdida de fuerza. El consumo de antiinflamatorios no esteroideos (AINE) puede ser eficaz para disminuir el dolor, sin embargo, no previenen ni atenúan el daño muscular.⁽¹⁾

Un enfoque alternativo es iniciar el entrenamiento con una intensidad muy baja y progresar lentamente durante las primeras semanas, o bien disminuir el componente excéntrico durante el inicio del entrenamiento.⁽³⁾

Es importante destacar, que la realización de una sola sesión de ejercicio excéntrico tiene un efecto protector sobre el daño muscular y el dolor muscular inducido por una segunda sesión de ejercicio excéntrico. Se desconoce el mecanismo por el cual este fenómeno se lleva a cabo, aunque la sugerencia actual refiere a la actuación de una serie de proteínas llamadas "*heat shock protein*" (HSP) o "*proteínas de choque térmico*". Estas actúan evitando que las proteínas sufran alteraciones en su estructura o en su ubicación en la célula. Se unen a las proteínas desnaturalizadas y evitan que éstas puedan interactuar con otras proteínas y formar aglomerados que impedirían el normal funcionamiento de la célula.⁽¹⁾

III.c. MÉTODOS EMPLEADOS EN LA PREVENCIÓN Y TRATAMIENTO DEL DOMS

III.c.1. *Ejercicio de resistencia aeróbica de baja intensidad*

Éste señala el trabajo realizado en la zona 1, según modelo trifásico de Skinner y McLellan. Representa una intensidad de trabajo que se encuentra por debajo del 60% del VO₂máx, previo a la aparición del 1er umbral ventilatorio. En dicha zona la producción de ATP proviene del metabolismo oxidativo de los sustratos energéticos en la mitocondria, con una baja producción de lactato.⁽⁵⁾

III.c.2. *Estiramiento*

Describe aquellas maniobras terapéuticas pensadas para poner en tensión las estructuras de tejido blando acortadas patológicamente y, por lo tanto, para aumentar la amplitud del movimiento. Es un procedimiento mecánico mediante el cual los tejidos, tanto contráctiles como no contráctiles sometidos a una fuerza horizontal aplicada en sentido contrario a su punto de fijación, aumentan su longitud por encima de la adoptada en reposo y en el momento en que la actuación de esa fuerza cesa, el tejido elongado recobra la dimensión que poseía antes de ser sometido al estiramiento.^(6,7)

Si bien existe una enorme variedad de técnicas y formas de aplicación de los ejercicios de estiramiento, la literatura refiere principalmente a 3 modalidades:

- Estiramiento estático: es el más comúnmente usado por su seguridad y efectividad. Se caracteriza por el movimiento suave y progresivo del miembro hasta la aparición de la sensación de estiramiento, manteniendo la posición durante al menos 30 segundos.
- Estiramiento balístico: El miembro es movilizado hasta el final del balance articular y en el momento que se tiene la sensación de estiramiento se comienza a realizar movimientos rápidos de rebote.
- Facilitación Neuromuscular Propioceptiva: Basado en la teoría de que una contracción máxima está seguida de una máxima relajación. Necesita cierto entrenamiento y asistencia de otra persona.⁽⁸⁾

Los ejercicios de estiramiento están recomendados de manera rutinaria para aumentar el balance articular y con ello reducir la posibilidad de sufrir una lesión. Sin embargo, existe cierta controversia en relación a la eficacia de esta modalidad como método preventivo del DOMS.^(8,9)

III.c.3 Masoterapia

La masoterapia se define como el conjunto de movimientos sistemáticos manuales o mecánicos practicados sobre los tejidos blandos del cuerpo humano mediante la utilización de diferentes técnicas, y que presentan fines terapéuticos tales como la reactivación de la circulación sanguínea y linfática, la relajación muscular, el alivio del dolor, la recuperación del equilibrio metabólico y otros beneficios tanto físicos como mentales. En medicina física, el masaje rara vez se utiliza como única intervención, más bien se emplea como un tratamiento complementario o de preparación del paciente para otras intervenciones.^(7,10)

Los efectos fisiológicos descritos según la bibliografía de la aplicación de la masoterapia sobre el tejido muscular implican cambios en el tono, elasticidad y contractilidad del músculo. Provoca un aumento en el flujo sanguíneo, lo que incrementará el intercambio arteriovenoso con salida de elementos de desecho hacia el espacio intersticial que son recogidos por los capilares venosos para su eliminación. Todo esto provocará un aumento de sangre rica en oxígeno lo que normalizará el trofismo muscular. Se ha demostrado que algunas técnicas incrementan el umbral de dolor y reducen el tono muscular, sin embargo se desconoce hasta qué punto se trata de un efecto placebo o de un mecanismo reflejo.^(7,10)

Las técnicas de masaje terapéutico son numerosas y variadas, aunque se las puede clasificar como técnicas superficiales y profundas. Dentro de las primeras podemos encontrar técnicas tales como el effleurage, presión superficial y deslizamiento, y las segundas incluyen la frotación, fricción, amasamientos, pellizcamientos, percusión, presión profunda, vibraciones y sacudidas.⁽⁷⁾

III.c.4 Crioterapia

La crioterapia consiste en la aplicación de frío sobre los tejidos como método terapéutico. El frío aplicado en el cuerpo tiene diversos efectos sobre el edema, hemorragia, tono muscular y espasmos reflejos, sin embargo, su efecto analgésico es probablemente uno de sus mayores beneficios. Una explicación de este efecto analgésico es que el frío disminuye la velocidad de conducción nerviosa, aunque no la elimina por completo. Al mismo tiempo, el frío puede bombardear las áreas de recepción del nervio sensorial cutáneo de forma que se pierden los impulsos dolorosos. Al aplicarlo, en primer lugar, disminuye la filtración del líquido hacia el espacio intersticial, contribuyendo al control del proceso inflamatorio y al mismo tiempo a un descenso en el metabolismo de los tejidos y por consiguiente una disminución en el consumo de oxígeno. Todo ello hace que la crioterapia

sea el tratamiento inicial en la mayoría de las lesiones del sistema musculoesquelético.^(2,8,11,12)

Como norma general, el frío se aplica en las 24 a 48 horas siguientes a una lesión y se recomienda que el tiempo de aplicación debe oscilar entre 20 y 30 minutos, ya que períodos más cortos no son suficientes para vencer la baja conductividad térmica de los tejidos adiposos subyacentes. Existen numerosas técnicas de crioterapia, dentro de las cuales podemos encontrar las bolsas de hielo, criomasaje, aerosoles fríos, terapias de contraste (CWT), inmersiones en aguas frías (CWI). Con la crioterapia, el paciente experimenta una sensación agradable, seguida por ardor, una sensación de dolor y por último una insensibilidad total.^(2,11)

III.c.5. Termoterapia

Se define a la termoterapia como un método de tratamiento de enfermedades y lesiones utilizando el calor como agente físico con una temperatura mayor a la regular del organismo. La transferencia de calor es el proceso de propagación del calor en distintos medios, habitualmente se produce siempre que existe un gradiente térmico o cuando dos sistemas con diferentes temperaturas se ponen en contacto. El proceso persiste hasta alcanzar el equilibrio térmico, es decir hasta que se igualan las temperaturas.⁽¹³⁾

La forma en la cual se transfiere el calor depende del medio energético empleado. Se conocen cinco modos distintos de transferencia de calor:

- Conducción: se produce a través de un medio material por contacto directo entre sus partículas. El calor se transmite desde el material con mayor temperatura hacia el de menor temperatura.
- Convección: es la transferencia de calor producida mediante el movimiento y contacto de los fluidos sobre el cuerpo.
- Conversión: es la transformación de otras formas de energía en calor por absorción.
- Radiación: implica la transferencia de energía desde un material con una temperatura más elevada al otro sin necesidad de que haya contacto o la intervención de un medio de transmisión.
- Evaporación: el cambio de estado de líquido a gas de un material absorbe calor, ya sea del mismo material o de uno adyacente, provocando la transferencia de calor hacia el material evaporado.^(13,14)

La termoterapia o terapia mediante la aplicación de calor puede clasificarse según el grado de penetración de la temperatura en el organismo. Las modalidades son:

- Termoterapia superficial: el calentamiento tiene lugar en la superficie corporal, absorbiéndose a nivel cutáneo casi en su totalidad. La energía calorífica penetra entre 2 y 10mm.
- Termoterapia profunda: el efecto térmico se da en tejidos más profundos. Se estima una penetración entre 3cm y menos de 8cm.⁽¹³⁾

La aplicación de calor sobre el tejido muscular provoca relajación muscular, aumento de la irrigación y aporte de oxígeno, favorece la reabsorción de ácido láctico y aumenta el metabolismo. Puede tener un efecto analgésico explicado por la eliminación de las sustancias algógenas debido al aumento de la irrigación local, aumento de umbral doloroso de los receptores nerviosos y liberación de sustancias endógenas implicadas en el alivio del dolor.⁽¹³⁾

IV. JUSTIFICACIÓN

El trabajo realizado en el terreno deportivo, y más aún en deportistas que compiten a alto nivel, exige un adecuado manejo de las situaciones en las que se producen lesiones musculares. Para que el abordaje sea óptimo los integrantes del equipo de trabajo (y sobre todo el Kinesiólogo) se ven obligados a estar en constante actualización sobre la información disponible relacionada a las formas de prevenir y tratar dichas patologías, facilitando una minuciosa selección de los diferentes métodos propuestos para hacer frente a estas situaciones. Los datos aportados por este estudio brindarán a quienes se dediquen al área de la rehabilitación en el ámbito deportivo una herramienta más para la planificación y desarrollo de medidas preventivas y permitirá al terapeuta disponer de información sustentada en evidencia científica para la toma de decisiones.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

V a. ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA

El proceso de investigación del presente estudio se llevará a cabo mediante una revisión bibliográfica, consultando en las bases de datos PubMed y Biblioteca Virtual en Salud, valiéndose de artículos publicados en los últimos 15 años en los cuales se aborden los distintos métodos de recuperación de la función muscular posteriores al ejercicio.

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

En la Biblioteca Virtual de Salud:

Palabra clave	DeCS	MeSH	Término libre
DOMS	Dolor Musculoesquelético	Musculoskeletal Pain	Agujetas
Recuperación post-entrenamiento	Recuperación de la Función	Recovery of Function	
Deportistas	Atletas	Athletes	
Ejercicio	Ejercicio físico	Exercise	

En PubMed

Palabra clave	MeSH

Palabra clave	MeSH
DOMS	Myalgia Musculoskeletal Pain
Recuperación post-entrenamiento	Recovery of Function
Rendimiento deportivo	Athletic performance
Ejercicio	Exercise

V b. COMBINACIÓN DE TÉRMINOS

Las combinaciones se realizaron con las palabras claves expuestas anteriormente:

- ("Dolor Musculoesquelético" OR "Musculoskeletal Pain" OR "Agujetas") AND ("Recuperación de la Función" OR "Recovery of Function") AND ("Atletas" OR "Athletes")
- ("Dolor Musculoesquelético" OR "Musculoskeletal Pain" OR "Agujetas") AND ("Recuperación de la Función" OR "Recovery of Function")
- ("Dolor Musculoesquelético" OR "Musculoskeletal Pain" OR "Agujetas") AND ("Recuperación de la Función" OR "Recovery of Function") AND ("Atletas" OR "Athletes") AND ("Ejercicio Físico" OR "Exercise")
- (("Myalgia"[Mesh]) AND "Recovery of Function"[Mesh])
- (("Myalgia"[Mesh]) AND "Recovery of Function"[Mesh]) AND "Athletic Performance"[Mesh]

BASE DE DATOS

Las combinaciones utilizadas fueron las siguientes:

Base de datos BVS:

- ("Dolor Musculoesquelético" OR "Musculoskeletal Pain" OR "Agujetas") AND ("Recuperación de la Función" OR "Recovery of Function") AND ("Atletas" OR "Athletes"). Se seleccionó 1 artículo.
- ("Dolor Musculoesquelético" OR "Musculoskeletal Pain" OR "Agujetas") AND ("Recuperación de la Función" OR "Recovery of Function"). Se seleccionó 1 artículo.
- ("Dolor Musculoesquelético" OR "Musculoskeletal Pain" OR "Agujetas") AND ("Recuperación de la Función" OR "Recovery of Function") AND ("Atletas" OR "Athletes") AND ("Ejercicio Físico" OR "Exercise"). Se seleccionó 1 artículo.

Base de datos PubMed:

- (("Myalgia"[Mesh]) AND "Recovery of Function"[Mesh]). Se seleccionaron 14 artículos.
- (("Myalgia"[Mesh]) AND "Recovery of Function"[Mesh]) AND "Athletic Performance"[Mesh]. Se seleccionó 1 artículo.

V c. CRITERIOS DE SELECCIÓN

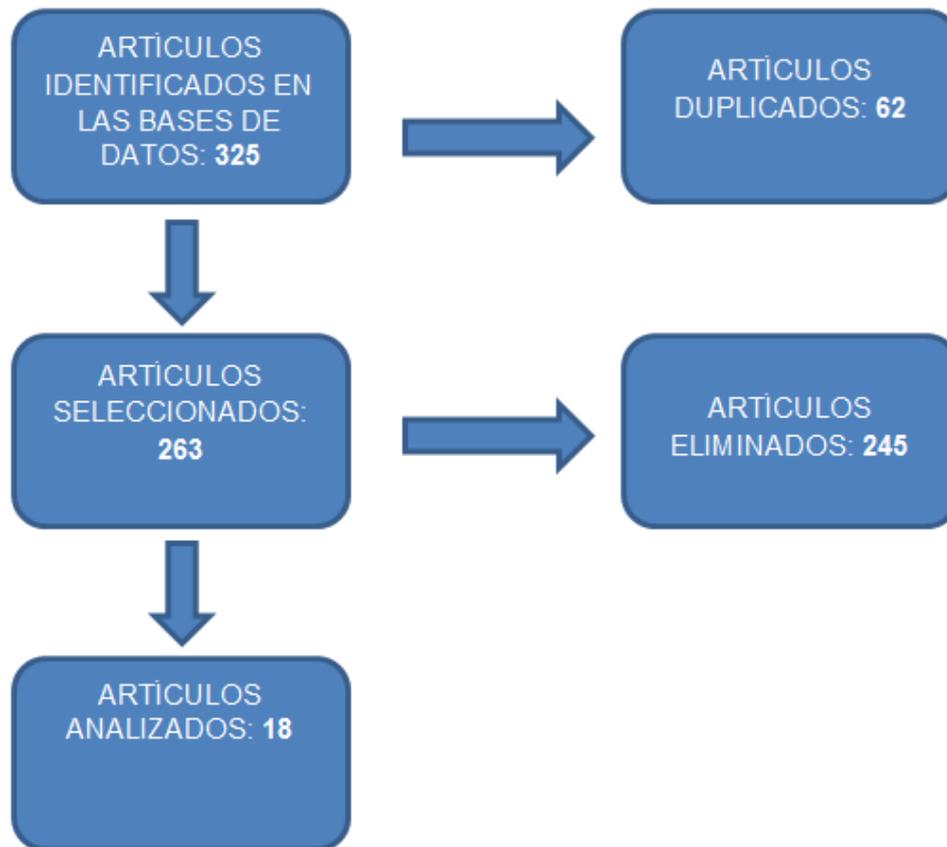
Se incluirán artículos publicados en español, inglés y portugués, publicados entre los años 2008 y 2023, con un tamaño muestral de 25 participantes como mínimo, en el que se encuentre presente al menos un método de recuperación y se lleve a cabo un protocolo de ejercicio para inducir DOMS. Quedarán excluidos aquellos estudios cuya población presente alguna patología en desarrollo y aquellos en los que se utilice un tratamiento farmacológico para la recuperación.

VI. RESULTADOS

VI a. DIAGRAMA DE FLUJO

Con la estrategia de búsqueda aplicada en ambas bases de datos se encontraron un total de 325 artículos, de los cuales 62 eran duplicados, quedando como resultado un valor

neto total de 263. Luego, se aplicaron criterios de inclusión y exclusión, quedando como resultado final un total de 18 artículos.



VI b. ANÁLISIS DE RESULTADOS

De la totalidad de los artículos seleccionados para este estudio, se encontraron: 8 (ocho) sobre Crioterapia, 5 (cinco) artículos de Estiramiento, 3 (tres) artículos sobre Foam Roller, 3 (tres) artículos sobre NMES, 2 (dos) artículos de running, 1 (uno) artículo sobre ciclismo, 1 (uno) artículo de Láser y 1 (uno) artículo de Kinesiotape.

Esta sumatoria es mayor a la cantidad de artículos seleccionados debido a que en varios de los mismos se comparan distintas intervenciones entre sí.

A continuación, se presentan los datos arrojados en cada uno, iniciando un breve análisis de similitudes y diferencias entre ellos.

En primer lugar, diversos estudios han explorado los efectos de la crioterapia revelando diferentes perspectivas sobre su eficacia.

Entre ellos, se encuentra el estudio de Siqueira et. al. publicado en el 2018, en el que participaron 30 sujetos deportivamente activos, cuyo objetivo fue determinar los efectos de múltiples inmersiones en agua fría (CWI) sobre la función muscular, los marcadores de daño muscular, la inflamación sistémica y la degradación de la matriz extracelular (ECM) luego de un protocolo de ejercicio.

Este último consistió en cinco series de 20 saltos desde un cajón de 60 cm con dos minutos de descanso entre series. Después de caer y aterrizar al suelo, se le ordenó a los mismos que realicen un salto vertical explosivo máximo y luego vuelvan a aterrizar en el suelo. Se les indicó que flexionaran las rodillas a 90° y que coloquen sus manos en la cadera. Se los animó a hacer el máximo esfuerzo.

La intervención se aplicó durante 20 minutos en 4 series: después del ejercicio, a las 24, 48 y 72 hs posteriores al mismo, a una temperatura de 10°C±1 donde los sujetos permanecieron sentados con rodillas extendidas mientras se sumergían hasta la cresta ilíaca asegurándose que las extremidades inferiores estén completamente cubiertas. Mientras que, los pacientes del grupo control permanecían sentados a temperatura ambiente a 21°C±1.

Las variables de resultado evaluadas fueron la fuerza muscular (CVMI), la altura del salto vertical (CMJ), el grosor muscular, el DOMS, la CK, la PCR, las citoquinas inflamatorias (IL 1,6,10 y TNFa) y la actividad de la metaloproteinasa de la matriz (MMP2).

Luego del protocolo de ejercicio, hubo una disminución de la función muscular (CVIM), la altura del salto vertical (CMJ) y aumento del grosor del músculo, de la CK, de la PCR y del DOMS a las 48 horas. Los resultados arrojaron que múltiples intervenciones de CWI generaron un retorno a los valores previos del grosor a las 24 hs y una reducción de la CK a las 72hs y del DOMS. Sin embargo, no hubo diferencias con respecto a la CVIM, la altura del CMJ, las citoquinas inflamatorias y la MMP2. ⁽¹⁵⁾

En paralelo, Ferreira-Junior y colaboradores en el 2014 evaluaron los efectos de una sola sesión de crioterapia de cuerpo parcial (CBP) después del mismo protocolo de ejercicio que planteó Siqueira. En este estudio, participaron 26 sujetos masculinos físicamente activos que fueron divididos aleatoriamente en un grupo CBP y un grupo control. El grupo CBP fue expuesto a -110°C durante 3 minutos en una cámara criogénica luego de 10 minutos de finalizar el ejercicio mientras que el grupo control fue sometido a un tratamiento simulado en el que permanecían en una criocámara a 21°C durante 3 minutos.

Los variables se evaluaron antes (previamente) e inmediatamente después (post), a las 24, 48, 72 y 96 hs. Entre ellas, se midieron: espesor muscular, torque máximo isométrico del extensor de rodilla y dolor.

Del mismo modo, los resultados marcan que una sola sesión de CBP resultó en una recuperación más rápida de la fuerza muscular y alivio del dolor 72 hs posterior al ejercicio, en comparación al grupo control, pero en este caso sin alteración en el grosor muscular.^(15,16)

En el año 2016, dos artículos compararon los efectos de la inmersión en agua fría teniendo en cuenta dos temperaturas distintas.

Por un lado, en el estudio de Machado et. al. 60 varones sanos fueron sometidos a la realización de 5 series de 15 contracciones excéntricas máximas en un dinamómetro isocinético sobre la pierna dominante y luego, fueron asignados a 3 grupos: Grupo control (GC: recuperación pasiva durante 15 min) y dos grupos intervención (CWI1 15 minutos a 9° y CWI2 15 min a 14°C).

Cada una de las mediciones de las variables fueron realizadas inmediatamente después del ejercicio, a los 40 minutos, 24hs, 48hs, 72hs y 96 hs posteriores.

Los resultados indican que tanto el grupo CWI1 como CWI2 disminuyeron el dolor muscular a los 40 minutos en comparación al grupo control, pero sin diferencias entre los grupos. Sin embargo, no hubo diferencias en las mediciones posteriores entre los tres grupos. Al mismo tiempo, no se encontraron cambios en cuanto al umbral de dolor a la presión, la CK y a la percepción de recuperación en ninguno de los grupos. En cuanto a la CVMI, no se observaron diferencias entre el grupo CWI1 y el grupo control a las 24hs y 48hs, mientras que el grupo CWI2 obtuvo algunas mejoras a las 24 hs, pero estos cambios no fueron significativos.⁽¹⁷⁾

Por otro lado, Vieira A. et. al. investigaron los efectos de la inmersión en agua fría, pero en esta ocasión, utilizaron temperaturas de 5° y 15°.

Este estudio incluyó a 42 sujetos sanos físicamente activos que fueron asignados aleatoriamente en tres grupos: CWI a 5°C, CWI a 15°C y control. El protocolo de ejercicio fue el mismo que utilizaron Siqueira y Ferreira-Junior.

Se analizaron cuatro variables de resultado entre ellas: fuerza muscular, representada por el torque isométrico de los extensores de rodilla; Salto Contramovimiento (CMJ), DOMS y CK que se midieron al inicio (Pre), inmediatamente después del ejercicio (Post) y a las 24, 48, 72, 96 y 168 hs después del ejercicio.

Las intervenciones se realizan inmediatamente después del protocolo. Tanto el grupo CWI a 5° como el CWI a 15° permanecieron durante 20 minutos sentados mientras sumergían sus extremidades inferiores asegurándose de que la cresta ilíaca estuviera

completamente cubierta en el baño de agua. Mientras que, el grupo control permaneció a temperatura ambiente durante el mismo tiempo.

El protocolo de ejercicio provocó efectos dañinos en todas las variables. Como resultado de este estudio, ambas intervenciones de crioterapia fueron eficaces para acelerar la recuperación del CMJ, pero no fueron capaces de atenuar la pérdida de fuerza. El DOMS fue menor a las 24 horas en el grupo CWI 15° con respecto al de 5° y la CK volvió a los valores cercanos medidos previos al ejercicio en el grupo CWI 15° mientras que en CWI 5° y en el grupo control no lo hizo en ningún momento. ⁽¹⁸⁾

En el año 2015, Petrofsky J. et. añade a la termoterapia en su estudio con el objetivo de determinar los efectos del calor y el frío aplicados inmediatamente y 24 horas posteriores a un protocolo de ejercicio.

Participaron 100 sujetos jóvenes los cuales fueron asignados aleatoriamente a 5 grupos: a) control, b) compresas frías inmediatamente c) compresas frías 24 posteriores al ejercicio, d) compresas térmicas inmediatamente y e) compresas térmicas 24 hs posteriores al ejercicio. El protocolo de ejercicio utilizado consistió en la realización de 3 series de 5 minutos de sentadillas con 2 minutos de pausa entre ellas, a una velocidad de una cada 3 segundos hasta los 110° de flexión de cadera.

Con respecto a las intervenciones, la terapia de frío consistió en la colocación de 1 envoltura fría ThermaCare sobre cada pierna ubicada sobre el vientre muscular del cuádriceps dispuesta longitudinalmente durante 20 minutos mientras que la terapia de calor se llevó a cabo mediante una envoltura térmica ThermaCare en el mismo sitio durante 8 horas. Por otra parte, el grupo control no recibió ninguna modalidad.

Registraron variables subjetivas entre ellas el dolor medida por medio de la VAS y medidas objetivas como la fuerza muscular y marcadores plasmáticos como la mioglobina sanguínea.

Los resultados arrojaron que: 1) Con respecto a la fuerza, tanto el grupo control, frío y calor inmediato tuvieron una pérdida significativa de la misma pero esa reducción fue menor en los grupos intervención. El grupo de calor inmediato recuperó la fuerza al segundo día. El grupo de frío 24 hs posteriores pareció recuperar la fuerza más rápido que el grupo de calor 24h. Ambos grupos tuvieron una recuperación más rápida que el control; 2) En relación a la VAS, el punto máximo de dolor fue a los 2 días del ejercicio. Al primer día, los sujetos del grupo calor y frío inmediato sintieron menor dolor mientras que al segundo y al tercer día se observó una mayor recuperación del grupo frío inmediato. Mientras que en los sujetos del grupo que recibieron frío 24 horas posteriores al ejercicio se observó la recuperación más rápida con respecto al control; 3) En cuanto a la mioglobina, los valores fueron significativamente mayores que los iniciales, pero no diferente entre grupos.

En conclusión, el calor aplicado inmediatamente después de un protocolo de ejercicio es eficaz para preservar la fuerza muscular y reducir el daño mientras que, si esta aplicación se retrasa 24 horas, el frío es mejor que el calor. Para reducir el dolor, el frío inmediato o 24 horas posteriores fue superior al calor, pero ambos lo redujeron en comparación con el control. ⁽¹⁹⁾

Además, en el terreno de la recuperación muscular post carrera, dos artículos exploraron los efectos de la crioterapia en corredores, aunque en contextos y condiciones diferentes.

Por un lado, Dantas G et al. en 2020 analizaron los efectos de la CWI en la recuperación de marcadores de daño muscular de corredores después de una carrera de 10 km en un circuito alrededor de la Universidad de Rio Grande do Norte (UFRN), se instruyó a los sujetos a que realicen su máximo esfuerzo.

Los participantes fueron 30 corredores entrenados, los cuales fueron asignados aleatoriamente a tres grupos: control (GC), inmersión (IG) e inmersión en agua fría (CWI).

Las variables que se tuvieron en cuenta fueron: dolor medido con VAS, umbral de dolor con algómetro, distancia de triple salto, torque máximo del extensor de extremidad dominante y concentración de CK en sangre.

La estrategia de recuperación para el grupo IG consistía en que los sujetos eran sumergidos en un barril de 200 litros de agua sin hielo a temperatura ambiente (29,8°C), los sujetos del grupo CWI fueron sumergidos a una temperatura de 10°C. Ambos grupos durante 10 minutos y hasta la espina ilíaca antero superior. Por otra parte, el grupo GC, descansaron parados durante 10 minutos.

Los resultados arrojaron que la CWI no fue eficaz para mejorar la distancia del triple salto ni el torque máximo pero que hubo una reducción de la concentración de CK en los grupos IG y CWI en comparación con el control 24 horas después de la intervención. Cabe aclarar que los corredores no mostraron signos de dolor.⁽²⁰⁾

Por otro lado, en un estudio realizado en 2017 por Wilson LJ y colaboradores, participaron 31 corredores de resistencia entrenados, quienes fueron asignados aleatoriamente a un grupo de crioterapia de cuerpo entero (WBC), a un grupo de inmersión en agua fría (CWI) y a un grupo placebo para determinar los efectos de estas intervenciones sobre distintos marcadores de recuperación. Los sujetos completaron una carrera de 9 vueltas a un circuito de 4,7 kilómetros con un ritmo preestablecido que simulaba una maratón con el objetivo de inducir el DOMS.

En primer lugar, el grupo WBC consistía en la exposición al frío en una cámara de crioterapia dividida en dos períodos, el primero de 3 minutos y el segundo de 4 minutos a

una temperatura de $-85\pm 5^{\circ}\text{C}$, con un tiempo de pausa entre ellos de 15 minutos en una habitación a temperatura ambiente. En segundo lugar, en el grupo CWI, los sujetos fueron colocados en una bañera a 8° donde se aseguraba que fueran sumergidos desde sus miembros inferiores hasta su cresta ilíaca. Y, por último, en el grupo placebo, los voluntarios recibían una bebida con sabor a fruta que no contenía ninguna sustancia beneficiosa para el rendimiento, pero simulaba ser un suplemento deportivo.

Para constatar los efectos de estas intervenciones, tuvieron en cuenta diferentes variables de resultado entre las cuales se incluyeron: la percepción del dolor, el torque máximo del extensor de rodilla y la contracción isométrica voluntaria máxima (CVMI) como medidas de la función muscular, el drop jump para evaluar la potencia muscular, un cuestionario para medir la respuesta al estrés (DALDA) y una muestra de sangre para observar los valores de la creatina kinasa (CK), proteína C reactiva (PCR), Interleucina 6 (IL-6) y Factor de Necrosis tumoral alfa (TNF α). Estas fueron registradas previo al ejercicio, e inmediatamente después, a las 24 y 48 horas posteriores a la intervención.

En cuanto a los resultados arrojados luego de la maratón, existió un aumento de la percepción del dolor, de la CK circulante y de los marcadores de inflamación; y una disminución de la función muscular. En cuanto a las intervenciones, WBC tuvo efectos perjudiciales sobre todas las variables, pero fue beneficioso para limitar los síntomas de respuesta al estrés y el dolor muscular y CWI sólo tuvo efectos positivos para la atenuación de la PCR.

En conclusión, se observó que tanto el grupo WBC y el CWI fueron perjudiciales para la recuperación de la función muscular, no hubo evidencia que respalde su efecto sobre la limitación de la inflamación basadas en IL-6 y TNF α , tuvo un efecto perjudicial sobre la CK, lo que nos indica que una sola sesión crioterapia de cuerpo entero o de inmersión en agua fría aplicada a dichas temperaturas no tuvo efectos positivos sobre los marcadores de recuperación en atletas entrenados de resistencia luego de una maratón.⁽²¹⁾

En un artículo publicado en el 2015 por Jajtner et. al. compararon los efectos del NMES y CWI ante el dolor muscular post ejercicio. Participaron 30 hombres entrenados en resistencia quienes se sometieron a una serie de ejercicios que consistían en la realización de sentadilla unipodal, bipodal y peso muerto. Se realizaron 4 series de 10 repeticiones en los 3 ejercicios con un intervalo de pausa de 90", manteniendo una carga del 80% de la RM en la sentadilla bipodal, mientras que en los otros dos ejercicios restantes se utilizó un 70% de la RM. Se repitió el mismo protocolo a las 24 hs y a las 48 hs.

Las intervenciones fueron realizadas a las 24hs y 48hs. Todos los participantes fueron divididos aleatoriamente en un grupo NMES, un grupo CWI y un grupo control. Los sujetos del grupo NMES colocaron el dispositivo sobre el cuádriceps y realizaron un total de 24' de

aplicación, siendo estos fraccionados en 9 secuencias. Las primeras 3 secuencias fueron de 2' mientras que las 6 restantes fueron de 3'. La dosificación de la frecuencia fue de 9 Hz en la primera, y disminuyendo de a 1 en cada secuencia, siendo la última de 1 Hz. A los individuos del grupo CWI se les pidió que cubrieran completamente la parte inferior de su cuerpo en una bañera a una temperatura entre 10 a 12° inmediatamente después del ejercicio en cada sesión durante 10 minutos. Los participantes del grupo control no realizaron ninguna intervención.

Las muestras sanguíneas, ultrasonografía, medidas subjetivas de dolor y recuperación y medidas de fuerza y potencia muscular fueron realizadas previamente al protocolo de ejercicio, inmediatamente posterior al ejercicio, a los 30 minutos, a las 24 hs y a las 48 hs.

Los resultados indican que ninguna de las intervenciones pareció proporcionar ningún efecto con respecto a la recuperación del rendimiento. Dichos hallazgos son contrapuestos al estudio de Dantas G quien anteriormente mostró beneficios en la reducción de la CK luego de la utilización de la inmersión en agua fría a la misma temperatura que el presente estudio. ^(20,22)

Siguiendo la misma línea, Taylor y colaboradores también en el año 2015 realizaron un ensayo clínico en el cual evaluaron la efectividad de la electroestimulación neuromuscular (NMES) sobre el DOMS y la potencia muscular.

En dicho estudio un total de 28 sujetos realizaron un protocolo de ejercicios el cual consistió en la ejecución de 6 sprints de 50 metros por 5 minutos de pausa, como método de inducción del daño muscular.

Posteriormente, los individuos fueron divididos de forma aleatoria en un grupo NMES y un grupo control. A los participantes del grupo NMES se les colocó el dispositivo sobre el nervio peroneo común detrás de la rodilla, con la siguiente dosificación: 1 Hz, 27mA, 140us. Los participantes del grupo control no recibieron ninguna intervención.

Las variables de medición fueron las siguientes: Potencia muscular, mediante la realización de salto contramovimiento (CMJ) sobre plataforma portátil, niveles de testosterona y cortisol medidos sobre una muestra de saliva, niveles de lactato y CK, tomadas de una muestra de sangre de un dedo de la mano y dolor muscular, medido mediante escala de Likert (de 0 a 6). Todas las mediciones se realizaron previo al protocolo, a las 2 hs y a las 24hs.

Los resultados arrojados por el estudio indican que no hubo diferencias significativas en ambos grupos a las 2 hs posteriores al protocolo. Sin embargo, a las 24hs si hubo diferencias significativas ($p < 0,05$) a favor del grupo NMES en las variables de niveles de CK, potencia muscular y dolor muscular. Los niveles de testosterona sanguínea y cortisol se mantuvieron sin diferencia en ambos grupos, a lo largo de todas las mediciones. A pesar de

abordar el mismo método de recuperación (NMES) que Jajtner, ambos artículos ofrecen resultados inversos respecto a sus efectos. ^(22,23)

A continuación, Akinci et. al. realizaron un ensayo clínico aleatorizado en el año 2020 donde participaron del estudio 45 individuos jóvenes de ambos sexos, los cuales debieron realizar un circuito de ejercicio intervalado de alta intensidad (85% de la FC_{máx}) durante 15 minutos.

Posteriormente al protocolo, los individuos fueron divididos aleatoriamente a 3 grupos: Grupo recuperación activa (15 sujetos), Grupo rodillo de espuma (15 sujetos) y Grupo NMES (15 sujetos). En primer lugar, el grupo Recuperación activa realizó caminata al 40% de la FC_{max} en un corredor de 50 metros; en segundo lugar, el grupo Rodillo de espuma realizó automasaje con el rodillo en los músculos de la cara anterior, posterior, medial y lateral del muslo y glúteos, colocándose sobre el rodillo y rolando por encima de él; y por último, en el grupo NMES se colocaron 8 electrodos a lo largo del cuádriceps e isquiosurales de ambas piernas. La dosificación utilizada fue: 1Hz de frecuencia, duración del estímulo de 500us y 80-100 mA de intensidad.

La concentración de lactato sanguíneo fue una de las variables identificadas, la cual se midió con un analizador de lactato portátil tomando pruebas sanguíneas del dedo medio de la mano derecha. La fuerza muscular se midió con un dinamómetro digital portátil midiendo la fuerza isométrica máxima del cuádriceps e isquiosurales. Por último, el DOMS fue evaluado consultando a los sujetos el nivel de dolor según una escala numérica de 0 a 10.

Contrariamente a lo propuesto por Taylor previamente, los resultados arrojados por este estudio indican que no hubo diferencias en cuanto a la remoción de lactato sanguíneo, la disminución del DOMS y la recuperación de la fuerza muscular en ninguno de los tres métodos utilizados. ^(23,24)

D'amico et. al. en 2019 estudiaron la eficacia del rodillo de espuma (Foam Rolling) como método de recuperación y prevención del DOMS, ROM de abducción de cadera, altura de salto vertical, agilidad y flexibilidad de isquiosurales.

Un total de 37 sujetos jóvenes masculinos participaron del estudio quienes realizaron un protocolo para inducir dolor muscular, el cual consistió en la realización de 40 sprints de 15 metros, con 5 metros de desaceleración. No se describe en el estudio si hubo tiempo de pausa entre los sprints, ni la duración.

Luego del protocolo, los participantes fueron divididos aleatoriamente en 2 grupos: un grupo FR, compuesto por 18 sujetos y un grupo control conformado por 19 sujetos. Los participantes del grupo FR realizaron un protocolo de intervención el cual consistió en 6 movimientos de 60 segundos de duración sobre el Foam a lo largo de toda la musculatura

del muslo, glúteos y gastrocnemios de ambos miembros inferiores, utilizando un rodillo de espuma de alta densidad. El grupo control no realizó ningún tipo de intervención.

El DOMS fue medido mediante una escala verbal de 0 a 10 y mediante algómetro de presión. La flexibilidad de isquiosurales y ROM de abducción de cadera con goniómetro. La potencia muscular mediante salto vertical y la agilidad a través de un T- test. Todas las mediciones fueron tomadas previo al protocolo y durante los 5 días posteriores.

Los resultados arrojados por el estudio señalan que no hubo diferencias significativas (valor de p : 0,05) en ambos grupos en ninguna de las variables dependientes, excepto el nivel de agilidad medido mediante el T- test, el cual el grupo FR se vio favorecido.⁽²⁵⁾

En síntesis, ambas investigaciones concluyen que, en general, no se observaron beneficios significativos en la mayoría de las variables analizadas con respecto a los métodos de recuperación utilizados.^(24,25)

En el año 2023, De Oliveira y colaboradores diseñaron un ensayo clínico en el cual compararon la efectividad del rodillo de espuma y el estiramiento estático en el que participaron 39 individuos sanos de una media de 29 años con un año de experiencia en el entrenamiento de alta intensidad. La batería de ejercicios propuestos para inducir el DOMS consistió en la realización de 100 dominadas, 100 flexiones, 100 abdominales y 100 sentadillas, todo hecho lo más rápido posible.

Posteriormente a la realización del protocolo, todos los participantes fueron asignados aleatoriamente a un Grupo Rodillo de espuma (FR), un Grupo Estiramiento Estático (SS) y un Grupo Control (CON). Por un lado, el grupo FR realizó 20 min de automasaje con el rodillo sobre cuádriceps, isquiosurales, pectorales, dorsal ancho y glúteos, tanto del lado derecho como del izquierdo, con una relación de 45" de automasaje por 15" de pausa. El rodillo utilizado, a diferencia del estudio anterior, fue el de tipo rejilla. Por otro lado, el grupo SS realizó 20 min de estiramiento estático sobre cuádriceps, isquiosurales, pectorales, dorsal ancho y glúteos, tanto del lado derecho como del izquierdo, con una relación de 45" de estiramiento por 15" de pausa. mientras que el grupo control permaneció sentado en un banco durante 20'.

Las variables dependientes del estudio fueron el DOMS, medido por escala VAS, percepción de recuperación mediante escala TQR, test Sit AND Reach para la medición de la flexibilidad de la columna e isquiosurales, potencia muscular mediante salto contramovimiento (CMJ) y la agilidad medida por la prueba T. Todas las mediciones fueron realizadas previamente e inmediatamente posterior al protocolo de ejercicios y a las 24hs posteriores.

De igual manera que el estudio anterior, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas (valor de p : 0,05) entre los grupos en ninguna de las

variables dependientes, exceptuando la percepción de recuperación medida mediante la escala TQR, siendo los participantes del grupo FR quienes se vieron favorecidos.^(25,26)

En el 2018, Apostolopoulos NC et. al. investigó los efectos del estiramiento pasivo de baja y alta intensidad en comparación con ningún tratamiento (control) luego de un protocolo de ejercicio.

Se reclutaron 30 hombres recreativamente activos de 25 ± 6 años que participaban regularmente de entrenamiento de resistencia, los fueron asignados aleatoriamente a tres grupos: a) estiramiento estático pasivo de baja intensidad (30-40% del máximo percibido), b) estiramiento estático pasivo de alta intensidad (70-80% del máximo percibido) o c) ningún estiramiento (control). Cada grupo está formado por 10 participantes. Cabe aclarar que el "estiramiento máximo percibido" se define como la percepción del individuo asociada con el dolor y la incomodidad durante la intervención y para medirlo objetivamente se utilizó una escala de calificación numérica con un ancla en 0 (sin dolor) hasta 10 (dolor extremo), por lo que un puntaje de 10 hace referencia a este término. Todos los participantes fueron evaluados al inicio y a las 24, 48 y 72 h posteriores al protocolo.

El protocolo de ejercicio excéntrico de extensores de rodilla consistió en 6 series de 10 contracciones excéntricas a través de un rango de 20 a 100° de flexión de rodilla a una velocidad de 1,05 rad/s con un descanso de 2 minutos entre series.

Después del protocolo, los participantes tanto del grupo de estiramiento de baja intensidad (3 o 4 sobre 10 puntos: sensación cálida y suave) como de alta intensidad (7 u 8 sobre 10 puntos: malestar/dolor leve) realizaron un protocolo de estiramiento bilateral de isquiotibiales, flexores de cadera y cuádriceps en ese orden. Se realizaron 3 series por grupo por lado con una duración de 60 segundos cada uno.

Las variables que se tuvieron en cuenta fueron: dolor muscular percibido, función muscular (torque máximo excéntrico e isométrico) y marcadores sanguíneos (CK y PCR).

Los resultados fueron: 1) Con respecto al dolor muscular percibido, los estiramientos pasivos de baja intensidad resultaron en una pequeña reducción beneficiosa en esta variable a las 24hs y una moderada reducción beneficiosa a las 72 hs con respecto a los estiramientos de alta intensidad 2) En relación al torque máximo excéntrico e isométrico, el estiramiento de baja intensidad tuvo un efecto beneficioso a las 48 a 72 hs mientras que el de alta intensidad tuvo un efecto dañino con respecto al control y 3) Con respecto a CK y PCR tanto el estiramiento de baja intensidad como el de alta intensidad tuvieron efectos dañinos a las 48 y 72 horas.

Podemos concluir que el estiramiento pasivo de baja intensidad puede reducir la percepción de dolor muscular y mejorar la recuperación del torque máximo en comparación

con los estiramientos pasivos de alta intensidad y el grupo control a las 72 horas después de realizar un protocolo de ejercicio excéntrico.

Tanto para la CK como para la PCR, la magnitud de los efectos del estiramiento estático de baja intensidad no fue clara en comparación con otras condiciones y momentos, por lo que no pareció haber ninguna ventaja para la intensidad del estiramiento vs el control.⁽²⁷⁾

En continuidad con el estudio previo, Xie Y. et. al. en 2018 compararon la efectividad de dos modalidades de estiramiento como métodos de recuperación post ejercicio.

Un total de 48 sujetos (se desconoce la edad) participaron del estudio, los cuales fueron sometidos a un protocolo de ejercicio para inducir DOMS que consistió en realizar 3 series de elevaciones del talón (pararse en puntas de pie) a lo largo de todo el rango de plantiflexión posible con una frecuencia de 120 elevaciones por minuto hasta que la fatiga muscular impida a los sujetos continuar con el ejercicio, tomando una banda elástica con ambas manos que le ofrecía resistencia al movimiento.

Luego de la realización del ejercicio, los individuos fueron asignados aleatoriamente a 3 grupos (16 participantes por grupo): a) Grupo Contracción-estiramiento (DS), b) Grupo Estiramiento estático (SS) y c) Grupo Control. Los participantes del grupo DS se ubicaron sentados en el suelo con la rodilla extendida, tomando una banda elástica con ambas manos que pasaba por la planta del pie dominante. Estos debían empujar la banda con la planta de sus pies y mantener una contracción isométrica de 5" a final de rango, para luego tirar de la banda y mantener en dorsiflexión máxima durante 30". Este procedimiento debía hacerse 10 veces, por 10" de pausa, 2 veces al día durante 5 días consecutivos. Los participantes del grupo SS se ubicaron en bipedestación colocando la pierna dominante detrás con la rodilla en extensión y la no dominante por delante. Debían desplazar el peso del cuerpo hacia adelante para estirar la pierna de atrás. Realizaron 10 repeticiones de 30" de estiramiento por 10" de pausa, 2 veces al día durante 5 días. Los participantes del grupo control no recibieron ninguna intervención.

Las variables dependientes fueron DOMS evaluado mediante escala EVA, circunferencia de la pantorrilla mediante una banda alrededor del tercio superior de la pantorrilla, umbral de dolor a la presión mediante un dinamómetro digital de mano, ROM de tobillo mediante un inclinómetro digital y fuerza muscular mediante un dinamómetro digital de mano. Todas las mediciones se realizaron previo al protocolo de ejercicios, inmediatamente posterior, a las 24hs, 48hs, 72hs, 96 hs y 120 hs posteriores.

De igual manera que De Oliveira, los resultados señalan que no hubo diferencias significativas entre los grupos en ninguna de las variables medidas a lo largo del estudio.^(26,28)

Seguidamente, en el año 2016, Cooke et. al. publicaron un estudio en el que participaron 25 hombres activos quienes fueron asignados aleatoriamente a tres grupos diferentes: estiramiento estático, trote submáximo en cinta de correr y trote submáximo en alter G trainer. El protocolo de ejercicio consistía en una carrera en cinta cuesta abajo de 45 minutos al 60% de VO2 máximo con un calentamiento previo de 10 minutos.

La recuperación de los sujetos del G trainer consistía en que el sujeto corra al 60% de su VO2 máximo y al 75% de su peso corporal durante 30 min. Aquellos asignados al grupo de trote submáximo en cinta de correr, debían realizarlo al mismo porcentaje, pero con una inclinación de 0°. Mientras que, el grupo de estiramiento consistía en 3 series de 8 ejercicios de 30 segundos de forma bilateral para extensores y flexores de cadera, rodilla y tobillo.

Las variables de resultado que se tuvieron en cuenta fueron capacidad aeróbica, torque máximo, análisis sanguíneo para CK, SOD (superóxido dismutasa) y malondialdehído (MDA), dolor y estado de ánimo percibido.

El dispositivo G trainer no tuvo efectos beneficiosos sobre ninguna de las variables de resultados expuestas anteriormente en relación al trote submáximo y al estiramiento estático.⁽²⁹⁾

En un estudio controlado aleatorio realizado en 2021 por De Azevedo R, et. al. compararon los efectos de correr y andar en bicicleta sobre los marcadores de daño muscular inducido por el ejercicio.

Participaron 30 sujetos activos los cuales fueron asignados al azar a un grupo RG (correr), a un grupo CG (ciclismo) y a un grupo control (recuperación pasiva) y se evaluaron al inicio, 24, 48 y 72 hs posteriores al protocolo de ejercicio. El protocolo de ejercicio consistía en 50 contracciones excéntricas máximas del extensor de rodilla en un dinamómetro isocinético divididas en 5 series de 10 repeticiones con una pausa entre ellas de 30 segundos con una velocidad de 60/1s y un rango de movimiento de 60° (30-90), así cada contracción excéntrica duro 1 segundo con un descanso de 1 segundo donde la extremidad se extiende pasivamente.

Las variables de resultado que se tuvieron en cuenta fueron CVIM, CK, LDH y DOMS.

El grupo RG realizó 30 min de carrera en cinta al 60% de VO2 pico, el grupo CG realizó 30 min de ejercicio en cicloergómetro al mismo porcentaje y el grupo control permaneció descansando en una camilla durante el mismo periodo.

Como resultado de este estudio, el protocolo de daño produjo la disminución de la CVIM y el aumento del DOMS, que alcanzó su punto máximo a las 48 hs. Los niveles de CK y LDH no cambiaron después del ejercicio. Además, el CG mostró un probable efecto beneficioso para DOMS a las 48 hs y a las 72 hs comparado con el control y un efecto

beneficioso muy probable para CVIM. Si bien ambos métodos de recuperación activos, tanto CG y RC inducen un aumento del flujo sanguíneo local, es posible que RG no haya tenido resultados positivos sobre DOMS, ya que correr, a diferencia del ciclismo, implica contracciones excéntricas que son las que probablemente inducen el daño.

En conclusión, el ciclismo de intensidad moderada probablemente tenga efectos beneficiosos sobre los marcadores indirectos de daño muscular en comparación con la recuperación pasiva o la carrera de intensidad moderada. ⁽³⁰⁾

A continuación, en un ensayo clínico aleatorizado publicado en 2017 por De Marchi y colaboradores participaron 40 sujetos fueron asignados aleatoriamente a 4 grupos de intervención distintos (10 por grupo): láser/luz continua de alta potencia, láser/luz continua de baja potencia, láser/luz pulsada de baja potencia y placebo. Todas las intervenciones con láser utilizaron la misma dosis (180 J). No se especifica el tiempo de la intervención.

Las variables de resultado evaluadas en este estudio fueron la actividad de CK, dolor muscular de aparición tardía mediante escala EVA y contracción voluntaria máxima mediante isocinecia a la 1, 24, 48, 72 y 96 hs posteriores a un protocolo de ejercicio excéntrico aplicado sobre el cuádriceps de la pierna no dominante. Dicho protocolo consistió en la realización de 5 series de 15 repeticiones isocinéticas excéntricas (75 repeticiones en total) con 30 segundos de descanso entre series.

El grupo láser/luz pulsada de baja potencia obtuvo mejoras estadísticamente significativas ($P < 0,05$) en comparación con los otros 3 grupos en todas las variables de resultado estudiadas. ⁽³¹⁾

Por último, en un estudio realizado en 2017 por Boobphachart D compararon la efectividad de la aplicación de taping elástico (kinesio tape), taping rígido (taping placebo) y el estiramiento como métodos de prevención y recuperación sobre DOMS, niveles de CK, fuerza isométrica voluntaria máxima, ROM y umbral de dolor a la presión.

Participaron 51 mujeres sanas que fueron distribuidas de forma randomizada en 3 grupos (17 participantes por grupo): a) Grupo taping elástico, b) Grupo taping rígido y c) Grupo estiramiento. Todos realizaron un protocolo para inducir DOMS mediante la utilización de un dinamómetro isocinético en el cual se generaron 4 series de 25 repeticiones de contracciones excéntricas máximas del cuádriceps, con un descanso de 3 minutos entre cada serie.

La aplicación de ambos tipos de taping y el estiramiento se realizaron previamente al protocolo de ejercicio. Las participantes con taping mantuvieron dicho dispositivo durante las 72 hs posteriores y las participantes del grupo estiramiento realizaron 3 estímulos diarios de

10 repeticiones de 30 segundos de estiramiento por 10 segundos de descanso durante las 72 hs posteriores.

El DOMS se midió utilizando una escala numérica de 0 a 10, la contracción voluntaria isométrica máxima mediante el dinamómetro isométrico, el ROM con goniómetro sobre cóndilo femoral lateral, el umbral de dolor a la presión mediante un algómetro de presión manual y los niveles de CK mediante una muestra de sangre tomada de la vena antecubital. Todas las variables de resultado fueron medidas previa e inmediatamente posteriores al protocolo, y a las 24, 48 y 72hs.

Los resultados arrojados por el estudio señalan que hubo mejoras tanto en los niveles de DOMS y fuerza de contracción voluntaria máxima a las 72hs posteriores en el grupo taping elástico. El grupo estiramiento demostró aumentos significativos en el ROM en comparación con los grupos de taping. No hubo diferencias en los niveles de CK y umbral de dolor a la presión en ninguno de los 3 grupos. ⁽³²⁾

En resumen, teniendo en cuenta la amplia cantidad de métodos de recuperación y la diversidad de sus resultados, presentamos a continuación un esquema con todos los datos aportados por los estudios con las variables implicadas, para poder visualizar y contrastar las diferencias y similitudes entre todas las intervenciones y los efectos causados por las mismas.

VI c. TABLA DE RESUMEN DE LOS RESULTADOS

MÉTODO DE RECUPERACIÓN	AUTORES / AÑO	DOMS	CK	FUERZA / POTENCIA	PCR	LACTATO	DOSIFICACIÓN
Crioterapia	Siqueira A, 2018	Disminuyó a las 72hs	Disminuyó a las 72hs	No hubo efecto	No hubo efecto	—	4 CWI cada 24 hs de 20 minutos a 10°±1 en bañera.
	Ferreira-Júnior, 2015	Disminuyó a las 72hs	—	Aumentó a las 72hs	—	—	CBP de 3 min a -110° en criocámara

	Machado, 2017	No hubo efecto	No hubo efecto	No hubo efecto	-	-	CWI de 15 min a 9°
	Machado, 2017	No hubo efecto	No hubo efecto	Aumentó a las 24hs (no significativo)	-	-	CWI de 15 min a 14°
	Vieira A, 2016	No hubo efecto	No hubo efecto	Aumentó	-	-	CWI de 20 min a 5° en bañera
	Vieira A, 2016	Disminuyó a las 24hs	Disminuyó	Aumentó	-	-	CWI de 20 min a 15° en bañera
	Petrofsky J, 2015	Disminuyó (crioterapia)	-	Aumentó (termoterapia)	-	-	Envoltura Thermacare de 20 min inmediatamente
	Petrofsky J, 2015	Disminuyó (crioterapia)	-	Aumentó (crioterapia)	-	-	Envoltura Thermacare de 20 min 24hs post
	Dantas G, 2020	-	Disminuyó	No hubo efecto	-	-	CWI de 10 min a 10° en barril de 200 litros
	Wilson LJ, 2017	Disminuyó	No hubo efecto	No hubo efecto	No hubo efecto	-	WBC de 7 min- a - 85±5° en criocámara

	Wilson LJ, 2017	No hubo efecto	No hubo efecto	No hubo efecto	Disminuyó	–	CWI a 8°
	Jajtner AR, 2015	No hubo efecto	No hubo efecto	No hubo efecto	No hubo efecto	–	CWI de 10 min a 10- 12° en una bañera
NMES	Jajtner AR, 2015	No hubo efecto	No hubo efecto	No hubo efecto	No hubo efecto	–	Sobre el cuádriceps. 24 min divididos en 9 secuencias: 3 de 2min y 3 de 1 min. Inicio de 9Hz con descenso escalonado de 1 en 1 cada secuencia.
	Taylor T, 2015	Disminuyó a las 24hs	Disminuyó a las 24hs	Aumentó a las 24hs	–	–	Sobre el nervio peroneo común. 1 Hz, 27mA, 140us
	Akinci B, 2020	No hubo efecto	–	No hubo efecto	–	No hubo efecto	8 electrodos en cuádriceps e isquiosurales bilaterales. 1 Hz, 80-100mA, 500us

Rodillo de espuma	Akinci B, 2020	No hubo efecto	–	No hubo efecto	–	No hubo efecto	Automasaje en muslo y glúteos sin tiempo.
	D'amico, 2019	No hubo efecto	–	No hubo efecto	–	–	6 mov de 60 seg sobre muslo, glúteos y gastrocnemios bilateral
	De Oliveira, 2023	No hubo efecto	–	No hubo efecto	–	–	20 min sobre cuádriceps, isquiosurales, pectorales, dorsal ancho y glúteos bilateral. 45" de automasaje por 15" de pausa
Estiramiento	De Oliveira, 2023	No hubo efecto	–	No hubo efecto	–	–	20 min de estiramiento estático sobre cuádriceps, isquiosurales, pectorales, dorsal ancho y glúteos bilateral. 45" x 15"
	Apostolopoulos	Disminuyó a las 24	No hubo efecto	Aumentó a las 48 y	No hubo efecto		Estático de baja

	NC, 2018	y 72hs		72hs		–	intensidad (3/10) bilateral de isquiotibiales, flexores de cadera y cuádriceps. 3 series de 60 seg bilateral.
	Apostol opoulos NC, 2018	No hubo efecto	No hubo efecto	No hubo efecto	No hubo efecto	–	Estático de alta intensidad (8/10) bilateral de isquiotibiales, flexores de cadera y cuádriceps. 3 series de 60 seg bilateral.
	Boobph achart D, 2017	No hubo efecto	No hubo efecto	No hubo efecto		–	3 series de 10 repeticiones de 30 seg de estiramiento por 10 seg de descanso durante las 72 hs posteriores.
	Xie Y, 2018	No hubo efecto		No hubo efecto			Contracción- estiramiento: 3 fases: empuje,

			–		–	–	isométrica 5 seg y 30 seg en dorsiflex máxima. 10 rep, por 10 seg de pausa, 2 veces al día durante 5 días consecutivos.
	Xie Y, 2018	No hubo efecto	–	No hubo efecto	–	–	Estático 10 repeticiones de 30 seg de estiramiento por 10 seg de pausa, 2 veces al día durante 5 días.
Láser	De Marchi T, 2017	Disminuyó	Disminuyó	Aumentó	–	–	Láser/luz pulsada de baja potencia 180 J No se especifica el tiempo de la intervención.
Running	Cooke M, 2016	No hubo efecto	No hubo efecto	No hubo efecto	–	–	60% de V02max en Alter G Trainer y 75% de peso corporal durante 30

							min.
	De Azevedo R, 2021	No hubo efecto	No hubo efecto	No hubo efecto	–	No hubo efecto	60% de V02max en cinta de correr durante 30 min.
Ciclismo	De Azevedo R, 2021	Disminuyó a las 48 y 72hs	No hubo efecto	Aumentó	–	Disminuyó Lactato	60% de V02max en cicloergómetro durante 30 min
Kinesiotaping	Boobphachart D, 2017	Disminuyó a las 72hs	No hubo efecto	Aumentó a las 72hs	–	–	Cinta elástica sobre en recto femoral, vasto medial y lateral de origen a inserción a 125% de tensión durante 72 hs.

VII. DISCUSIÓN

Este estudio se realizó con el objetivo de revisar en la literatura científica los efectos de los diferentes métodos de recuperación sobre el dolor de aparición tardía (DOMS) en deportistas. Para ello, fue necesario la inclusión de artículos en los que exista un protocolo de ejercicios que induzca DOMS en el que participaban sujetos entrenados, el cual se basaba en contracciones excéntricas o ejercicio extenuante; y fueron excluidos aquellos que recibían algún tratamiento farmacológico o algún suplemento deportivo.

Como principales fortalezas de este estudio podemos destacar el tamaño muestral de todos los artículos incluidos que fue mayor o igual a 25 participantes. Además, es importante destacar que todos ellos fueron estudios experimentales, en los que fueron analizados varios métodos de recuperación y una gran cantidad de variables de rendimiento. En la mayoría, el método de recuperación se aplicaba inmediatamente después de la realización del protocolo. Por otra parte, los participantes fueron evaluados previamente al protocolo de ejercicio, inmediatamente después, a las 24, 48, 72 y 96 hs.

Mientras que, como limitaciones, podemos remarcar la heterogeneidad en la dosificación de cada estrategia de cada modalidad empleada y la diferencia de medición de ciertas variables.

En esta revisión, las variables de rendimiento muscular que se tuvieron en cuenta fueron tanto subjetivas como objetivas. Entre ellas, se encuentran el DOMS evaluado por Escala Visual Análoga o mediante Escala de Likert, la creatin kinasa (CK), el lactato y la proteína C Reactiva (PCR) obtenidas a partir de muestras sanguíneas, la fuerza muscular representada mediante la contracción voluntaria máxima isométrica (CVMI) y la potencia a partir de saltos como el salto en contramovimiento (CMJ) o el drop jump.

Con respecto a la crioterapia, la literatura actual sugiere que múltiples inmersiones en agua fría a 10° durante 20 minutos, la exposición parcial del cuerpo a -110°C en una cámara criogénica durante 3 minutos o la crioterapia de cuerpo entero a -85°C durante 7 minutos puede ser eficaz para la reducción del DOMS a las 72 hs. ^(15,16,21) Otros estudios demuestran que la inmersión a temperaturas entre 10 y 15° durante 20 minutos puede tener efectos beneficiosos sobre la reducción de la CK y mejorar la altura del salto vertical. ^(15,18,20) No obstante, Jajtner (2015) no obtuvo beneficio con su intervención entre 10 y 15°, aunque el efecto de este método puede haber sido insuficiente debido a su corta duración (10 min). ⁽²²⁾

Por otra parte, existen estudios en los que se observa que la inmersión en agua fría a 8° puede tener efectos beneficiosos sobre la atenuación de la PCR. ⁽²¹⁾

Además, es importante destacar que la crioterapia aplicada a 14° durante 15 min inmediatamente y 24 horas posteriores al ejercicio parece ser más eficaz que la termoterapia para reducir el DOMS y mejorar la fuerza muscular. ^(17,19) Sin embargo, otros autores no han encontrado efectos en ciertas medidas de rendimiento como la fuerza y el salto vertical por lo que la evidencia es limitada. ^(18,22)

Cabe aclarar que puede existir heterogeneidad en los resultados debido a la variabilidad de factores como el tipo de deporte, el protocolo de inducción de DOMS, la temperatura, el tiempo de exposición, el momento, la duración, la superficie de aplicación y el espacio o dispositivo utilizado. Si tenemos en cuenta este último punto, si bien la cámara criogénica ha demostrado tener efectividad como método terapéutico, sabemos que es un

dispositivo de difícil acceso, y también puede dificultar en gran medida la participación de los individuos debido a las temperaturas extremas a los que estos son sometidos.

En la práctica clínica habitual está instalado que el estiramiento posterior al ejercicio reduce el dolor, genera una sensación de bienestar y tiene múltiples beneficios luego de una sesión de entrenamiento. Además, existen ciertas creencias que refieren que cuanto mayor sea la intensidad, amplitud de movimiento y duración del estiramiento, los deportistas obtendrán mayores ganancias. Sin embargo, varios estudios analizados demuestran que el estiramiento estático con una duración de sesión de 15 a 20 minutos en total divididas en series de 30 a 45 segundos de estiramiento por 10 a 15 segundos de pausa con una frecuencia de 1 a 2 veces por día y con una alta intensidad representada a través de la sensación subjetiva del deportista como “malestar” o mediante una escala de puntuación de 8 sobre 10 puntos, no ha tenido mejoras con respecto al DOMS, ni la fuerza muscular, ni la CK.

De manera similar, otro estudio registró que esta modalidad aplicada mediante contracción-estiramiento, que consistió en que los atletas debían “empujar una banda elástica con la planta de sus pies y mantener una contracción isométrica de 5 segundos a final de rango, para luego tirar de la misma y mantener en dorsiflexión máxima durante 30 segundos con un total de 10 repeticiones con una frecuencia de 2 veces al día” no tuvo beneficios en relación a las variables mencionadas anteriormente.⁽²⁶⁻²⁸⁾

En contraste, otro de los artículos mostró que el estiramiento de baja intensidad representado a través de la sensación subjetiva del deportista como “suave o cálido” o mediante una escala de puntuación de 3 sobre 10 puntos aplicado de forma bilateral en 3 series con una duración de 60 segundos evidenció una reducción del DOMS a las 24 y 72 hs y mejora en la fuerza muscular a las 48 y 72 hs luego de la intervención.⁽²⁷⁾

En resumen, la literatura científica muestra efectos poco claros sobre los beneficios del estiramiento sobre el dolor y las variables de rendimiento. Por lo tanto, sugerimos la necesidad de nuevas investigaciones para respaldar sus posibles beneficios.

En cuanto al rodillo de espuma, identificado como una técnica de automasaje que consiste en movimientos de vaivén sobre este elemento a lo largo de toda la musculatura que fue utilizada durante el ejercicio, hay creencias de que esta modalidad puede generar un aumento del umbral de dolor y disminución del espasmo muscular. Por el contrario, los artículos analizados han demostrado que esta intervención no ha tenido mejoras con respecto a la reducción del DOMS, ni la fuerza, ni el lactato ni el salto vertical.⁽²⁴⁻²⁶⁾

Sin embargo, cabe destacar que el rodillo de espuma tuvo resultados satisfactorios sobre el estado de recuperación de los deportistas medido mediante una escala de valoración TQR. ⁽²⁶⁾

Un aspecto a tener en consideración en este punto es que los tipos de rodillos utilizados fueron diferentes en los artículos seleccionados, y al mismo tiempo se desconoce la cantidad de presión que ejercía el mismo sobre la musculatura de los individuos. Por otro lado, los protocolos para inducir DOMS en estos artículos son notablemente diferentes, aspecto que consideramos que puede influir en los resultados obtenidos. Teniendo en cuenta estas condiciones se torna dificultoso determinar con precisión la efectividad del mismo.

En relación a la electroestimulación neuromuscular (NMES) es un dispositivo de corriente utilizado en los centros de rehabilitación con el objetivo de generar una contracción muscular y producir un aumento de fuerza. Hay autores que sostienen que esta modalidad puede mejorar la función y la recuperación e influir en el rendimiento deportivo.

Por un lado, Jajtner AR (2015) con su técnica decreciente colocando los electrodos sobre el cuádriceps ha cuestionado la efectividad de NMES sobre el rendimiento muscular. Del mismo modo, Akinci B (2020) sostiene que esta intervención no mostró beneficios en ninguna de las variables.^(22,24) En contraste con estos autores, Taylor T (2015) utilizó NMES con la siguiente dosificación: 1 Hz, 27mA, 140us y parece indicar que obtuvo beneficios en la reducción del DOMS, de la CK y un aumento en el salto vertical.⁽²³⁾

Si bien los resultados obtenidos por este método son contradictorios, la diferencia en la dosificación utilizada en cada uno de los artículos puede jugar un papel clave en el efecto alcanzado.

Otra de las intervenciones presentes en la literatura fue la fotobiomodulación o fototerapia que es un medio único y no invasivo que implica la utilización de un láser con fines terapéuticos.

De Marchi, T (2017) comparó diferentes modalidades de láser con la misma dosis de 180 J sin especificar el tiempo de intervención y comprobó que el Láser/luz pulsada de baja potencia puede tener efectos beneficiosos sobre la reducción del DOMS y los niveles séricos de CK; y mantener la fuerza medida mediante CVMI.⁽³¹⁾

Sin embargo, es necesario investigaciones más detalladas que permitan identificar una dosificación correcta, teniendo en cuenta todos los componentes entre ellos: intensidad, amplitud, tiempo de aplicación para que podamos respaldar esta afirmación.

Dentro de la población en general que alguna vez estuvo presente dentro de un ámbito deportivo, seguramente, ha usado el “método regenerativo” que consiste en una estrategia de recuperación en la cual el sujeto trota o anda en bicicleta a un 60% de su capacidad aeróbica con el objetivo de remover el ácido láctico y por lo tanto disminuir el dolor. No obstante, cuando la teoría metabólica fue descartada, diversos autores intentaron averiguar cuáles eran sus beneficios.

Por un lado, Cooke M (2016) demostró que el uso de una cinta de correr denominada Alter G trainer diseñada como un producto antigraavedad en el que el deportista corre a un 60% de su capacidad aeróbica con un 75% de su peso corporal durante 30 minutos no mostró beneficios en términos de dolor, fuerza y CK.⁽²⁹⁾ A la inversa, De Azevedo R (2021) evidenció que el ciclismo de intensidad moderada durante 30 minutos a un 60% de la capacidad aeróbica generó disminución del DOMS y el lactato y mejoras en la fuerza comparado con el running en cinta a la misma intensidad y duración. Esto puede deberse a que correr en cinta implica un gran componente excéntrico al momento de contacto del pie con el suelo, con mayor estrés mecánico en los músculos provocando cierto nivel de daño muscular.⁽³⁰⁾

Por otra parte, las cintas elásticas o kinesiotaping funcionan como otra metodología muy comúnmente nombrada dentro de las incumbencias del kinesiólogo. En este sentido Boobphachart D (2017) demostró que la cinta elástica kinesiotaping aplicada con un estiramiento de 125% de la longitud original antes del protocolo de ejercicio hasta 72 posteriores al mismo puede generar una mejora significativa de la fuerza y reducir el DOMS.⁽³²⁾

VIII. CONCLUSIÓN

De acuerdo a los artículos encontrados en la búsqueda bibliográfica de los últimos 15 años y tras analizarlos, podemos concluir que existe una amplia variedad de métodos de recuperación utilizados para reducir el DOMS y mejorar el rendimiento en deportistas luego de un protocolo de ejercicio.

Por ello, nuestro análisis exhaustivo revela que aquellos métodos más eficaces para la reducción del DOMS fueron: crioterapia, kinesiotaping, ciclismo y láser. Si bien estas cuatro intervenciones tuvieron eficacia para reducir el dolor provocado por DOMS en deportistas, hay que señalar que la evidencia que respalda el kinesiotaping, el ciclismo y el láser es escasa.

Por el contrario, la crioterapia cuenta con una base sólida dentro de la literatura científica que nos permite concluir que este método es el más adecuado, siendo particularmente eficaz en dos modalidades. Por un lado, las múltiples intervenciones en una bañera cada 24 horas después del ejercicio durante 20 minutos a $10^{\circ}\text{C}\pm 1$ ha demostrado consistentemente resultados positivos; y, por otro lado, la exposición a temperaturas extremas en una cámara criogénica entre -85°C y -110°C durante 3 a 7 min ha demostrado también su efectividad. Su acceso limitado y sus costos elevados hacen que la inmersión en bañera sea la opción más viable y práctica para los deportistas. Es importante subrayar que tanto la eficacia como la accesibilidad son dos factores importantes a la hora de elegir un método de recuperación.

Sin embargo, al explorar las demás variables objetivas identificadas, la investigación revela una notable heterogeneidad en los resultados de los diferentes métodos de recuperación estudiados. Esta diversidad puede atribuirse tanto a la complejidad de la respuesta individual de cada deportista como también a factores tales como el tipo de deporte, intensidad del ejercicio aplicado y la dosificación del método utilizado.

En conclusión, la crioterapia se posiciona como la herramienta más eficaz para mitigar el DOMS. Aunque el láser, el ciclismo de intensidad moderada y el kinesiotaping han arrojado resultados positivos, la limitada cantidad de estudios disponibles dificulta la generalización de sus beneficios. Por ello, nosotros como futuros kinesiólogos planteamos la necesidad de abrir paso a nuevas investigaciones sobre estas modalidades que resultaron efectivas, ampliar el número muestral de dichos estudios, y sobre todo, comparar los mismos entre sí.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. López Calbert JA, Dorado García A. Fatiga, dolor muscular tardío y sobreentrenamiento. En: López Chicharro J, Fernández Vaquero A, editores. Fisiología del Ejercicio. 3° ed. Madrid: Médica Panamericana; 2006. p. 755–810.
2. Prentice WE. Proceso de curación y fisiopatología de las lesiones musculoesqueléticas. En: Prentice WE, editor. Técnicas De Rehabilitación En La Medicina Deportiva. 3° ed. Barcelona: Paidotribo; 2001. p. 17–41.
3. Wilmore JH, Costill DL. Adaptaciones neuromusculares al entrenamiento contra resistencia. En: Fisiología del esfuerzo y del deporte. 3° ed. Barcelona: Paidotribo; 1998. p. 66–89.

4. Salom Moreno J, Madinabeitia Mancedo FJ, Sola Vicente A. Lesiones del sistema musculoesquelético en la práctica clínica y su readaptación funcional. En: Readaptación tras las lesiones deportivas: un tratamiento multidisciplinar basado en la evidencia. Madrid: Médica Panamericana; 2020. p. 3–10.
5. López Chicharro J, Lucía Mulas A. Transición aeróbica – anaeróbica: concepto, bases fisiológicas y aplicaciones. En: López Chicharro J, Fernández Vaquero A, editores. Fisiología del Ejercicio. 3º ed. Madrid: Médica Panamericana; 2006. p. 416–41.
6. Kisner C, Colby L. Estiramiento. En: Kisner C, Colby L, editores. Ejercicio Terapéutico Fundamentos y Técnicas. Barcelona: Paidotribo; 2005. p. 127–58.
7. Trujillo Sosa A. Masoterapia y técnicas de tejidos blandos. Estiramientos. En: Manual de Rehabilitación y Medicina Física. 1º ed. Islas Canarias; 2017. p. 287–96.
8. A Borque del Castillo, Gonzalez Ortega R. Rehabilitación deportiva. Generalidades. Lesiones musculares y tendinosas. En: Manual de Rehabilitación y Medicina Física. 1º ed. Islas Canarias; 2017. p. 629–47.
9. Andrade Ortega J. Ejercicio Terapéutico. En: Manual SERMEF de rehabilitación y Medicina Física. 1º ed. Madrid: Panamericana; 2006. p. 143–59.
10. Carrión Pérez F. Medicina Manual: Manipulación, Masaje y Tracción. En: Manual SERMEF de rehabilitación y Medicina Física. 1º ed. Madrid: Panamericana; 2006. p. 131–41.
11. Williams A. Términos, modalidades y técnicas de uso frecuente en la rehabilitación de lesiones ortopédicas. En: Rehabilitación ortopédica clínica. 2º ed. Madrid: Elsevier; 2005. p. 583–98.
12. Cameron MH. Calor y frío superficial. En: Agentes físicos en rehabilitación: de la investigación a la práctica. 4º ed. Barcelona: Elsevier España; 2014. p. 129–72.
13. Sánchez Enríquez. J. Medios físicos termoterápicos superficiales y profundos: Transferencia energética. Diferencias en sus acciones. Formas de aplicación y Contraindicaciones. En: Manual de Rehabilitación y Medicina Física. 1º ed. Islas Canarias; 2017. p. 169–87.
14. Cameron MH. Introducción a los agentes térmicos. En: Agentes físicos en rehabilitación: de la investigación a la práctica. 4º ed. Barcelona: Elsevier España; 2014. p. 127.
15. Siqueira AF, Vieira A, Bottaro M, Ferreira-Júnior JB, Nóbrega O de T, de Souza VC, et al. Multiple Cold-Water Immersions Attenuate Muscle Damage but not Alter Systemic Inflammation and Muscle Function Recovery: A Parallel Randomized Controlled Trial. *Sci Rep.* 2018;8(1):10961.
16. Ferreira-Júnior J, Bottaro M, Vieira A, Vieira C, Durigan JLQ, Cadore E. One session of partial-body cryotherapy (-110 °C) improves muscle damage recovery - *PubMed.* 2015;25(5):524–30.
17. Machado AF, Almeida AC, Micheletti JK, Vanderlei FM, Tribst MF, Netto Junior J, et al. Dosages of cold-water immersion post exercise on functional and clinical responses: a randomized controlled trial. *Scand J Med Sci Sports.* 2017;27(11):1356–63.

18. Vieira A, Siqueira AF, Ferreira-Junior JB, do Carmo J, Durigan JLQ, Blazeovich A, et al. The Effect of Water Temperature during Cold-Water Immersion on Recovery from Exercise-Induced Muscle Damage. *Int J Sports Med.* 2016;37(12):937–43.
19. Petrofsky JS, Khowailed IA, Lee H, Berk L, Bains GS, Akerkar S, et al. Cold Vs. Heat After Exercise-Is There a Clear Winner for Muscle Soreness. *J Strength Cond Res.* 2015;29(11):3245–52.
20. Dantas G, Barros A, Silva B, Belém L, Ferreira V, Fonseca A, et al. Cold-Water Immersion Does Not Accelerate Performance Recovery After 10-km Street Run: Randomized Controlled Clinical Trial. *Res Q Exerc Sport.* 2020;91(2):228–38.
21. Wilson LJ, Cockburn E, Paice K, Sinclair S, Faki T, Hills FA, et al. Recovery following a marathon: a comparison of cold water immersion, whole body cryotherapy and a placebo control. *Eur J Appl Physiol.* 2018;118(1):153–63.
22. Jajtner AR, Hoffman JR, Gonzalez AM, Worts PR, Fragala MS, Stout JR. Comparison of the effects of electrical stimulation and cold-water immersion on muscle soreness after resistance exercise. *J Sport Rehabil.* 2015;24(2):99–108.
23. Taylor T, West DJ, Howatson G, Jones C, Bracken RM, Love TD, et al. The impact of neuromuscular electrical stimulation on recovery after intensive, muscle damaging, maximal speed training in professional team sports players. *J Sci Med Sport.* 2015;18(3):328–32.
24. Akinci B, Zenginler Yazgan Y, Altinoluk T. The effectiveness of three different recovery methods on blood lactate, acute muscle performance, and delayed-onset muscle soreness: a randomized comparative study. *J Sports Med Phys Fitness.* 2020;60(3):345–54.
25. D'Amico AP, Gillis J. Influence of Foam Rolling on Recovery From Exercise-Induced Muscle Damage. *J Strength Cond Res.* 2019;33(9):2443–52.
26. De Oliveira F, Paz GA, Corrêa Neto VG, Alvarenga R, Marques Neto SR, Willardson JM, et al. Effects of Different Recovery Modalities on Delayed Onset Muscle Soreness, Recovery Perceptions, and Performance Following a Bout of High-Intensity Functional Training. *Int J Environ Res Public Health.* 2023;20(4):3461.
27. Apostolopoulos NC, Lahart IM, Plyley MJ, Taunton J, Nevill AM, Koutedakis Y, et al. The effects of different passive static stretching intensities on recovery from unaccustomed eccentric exercise - a randomized controlled trial. *Appl Physiol Nutr Metab Physiol Appl Nutr Metab.* 2018;43(8):806–15.
28. 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. *Clin J Sport Med Off J Can Acad Sport Med.* 2018;28(1):28–36.
29. Cooke MB, Nix CM, Greenwood LD, Greenwood MC. No Differences Between Alter G-Trainer and Active and Passive Recovery Strategies on Isokinetic Strength, Systemic Oxidative Stress and Perceived Muscle Soreness After Exercise-Induced Muscle Damage. *J Strength Cond Res.* 2018;32(3):736–47.
30. de Azevedo Franke R, Rodrigues R, Geremia JM, Teixeira BC, Boeno F, Rabello R, et al. Moderate intensity cycling is better than running on recovery of eccentric exercise-

induced muscle damage. *Phys Ther Sport Off J Assoc Chart Physiother Sports Med.* 2021;50:65–73.

31. De Marchi T, Schmitt VM, Danúbia da Silva Fabro C, da Silva LL, Sene J, Tairova O, et al. Phototherapy for Improvement of Performance and Exercise Recovery: Comparison of 3 Commercially Available Devices. *J Athl Train.* 2017;52(5):429–38.
32. Boobphachart D, Manimmanakorn N, Manimmanakorn A, Thuwakum W, Hamlin MJ. Effects of elastic taping, non-elastic taping and static stretching on recovery after intensive eccentric exercise. *Res Sports Med Print.* 2017;25(2):181–90.