



Uso de la crioterapia en la fatiga muscular post esfuerzo en individuos que realizan práctica deportiva: revisión sistemática

Lyda F Vallejo-Castillo¹, Carolina Sandoval-Cuellar², Aura C Quino- Ávila²

RESUMEN

Introducción. En la práctica deportiva, la fatiga muscular es un factor de riesgo para lesión muscular, constituyéndose en un problema que aparece cuando la carga mecánica a la cual se somete un músculo o grupo muscular es superior a la resistencia de este.

Objetivo. Describir las intervenciones con crioterapia en Fatiga Muscular post esfuerzo, en individuos que realizan práctica deportiva, a través de una Revisión Sistemática.

Método. Se realizó la búsqueda en bases de datos PUBMED/MEDLINE, EMBASE, LILACS, SCIELO, SCIENCE DIRECT, Registro Cochrane Central de Ensayos Controlados con la estrategia de búsqueda: Sports Medicine, Cryotherapy, Muscle Fatigue, Recovery of Function, Physical Exertion, Muscle Damage. La identificación y detección de las referencias fueron exportadas al gestor de referencias MENDELEY. La evaluación del Riesgo de Sesgo se realizó con el uso del software Review Manager y la calidad metodológica con lo reportado por la Base de Datos PEDro.

Resultados. Se evaluaron 19 ensayos clínicos aleatorizados en los cuales se evidencia que la crioterapia reporta cambios en la fatiga muscular desde la disminución del dolor y biomarcadores. La inmersión en agua fría fue la modalidad más efectiva para acelerar la cinética de recuperación 72 horas después del ejercicio; demostró menor dolor y mayores niveles de recuperación, percibidos a lo largo de 24 a 48 horas después del ejercicio.

Conclusión. De la totalidad de modalidades de crioterapia, la inmersión en agua fría es la que reporta mejores resultados en el proceso de recuperación de la fatiga muscular.

Palabras clave: crioterapia, fatiga muscular, recuperación de la función, medicina deportiva, esfuerzo físico, dolor muscular.

¹ Indeportes Boyacá, Tunja, Colombia

² Universidad de Boyacá, Tunja, Colombia

Correspondencia: Lyda F Vallejo-Castillo Cr 2A # 36-85 Tunja- Boyacá – Colombia. Celular: 3144290244. Correo electrónico: lydavallejo@yahoo.es

Citar este artículo así:

Vallejo-Castillo LF, Sandoval-Cuellar C, Quino- Ávila AC. Uso de la crioterapia en la fatiga muscular post esfuerzo en individuos que realizan práctica deportiva: Revisión Sistemática. Revista Investig Salud Univ Boyacá. 2019;6(2): 71-98. doi: <https://doi.org/10.24267/23897325.416>

Use of cryotherapy in post-effort muscle fatigue in individuals who practice sports: systematic review

ABSTRACT

Introduction. In sports practice, muscle fatigue is a risk factor for muscle injury becoming a problem that appears when the mechanical load to which a muscle or muscle group is subjected is greater than its resistance.

Objective. Describe post-effort Muscular Fatigue in active Men and Women who perform sports practice against interventions with cryotherapy, through a Systematic Review.

Method. PUBMED / MEDLINE, EMBASE, LILACS, SCIELO, SCIENCE DIRECT, Central Cochrane Registry of Controlled Trials with the search strategy were searched: Sports Medicine, Cryotherapy, Muscle Fatigue, Recovery of Function, Physical Exertion, Muscle Damage The identification and detection of references were exported to the MENDELEY reference manager. The Bias Risk assessment was performed with the use of Review Manager software and methodological quality as reported by the PEDro Database.

Results. 19 randomized clinical trials were evaluated in which it is evident that cryotherapy reports changes in muscle fatigue since the decrease in pain, and biomarkers. Cold water immersion was the most effective modality to accelerate recovery kinetics 72 hours after exercise; showed less pain and higher levels of recovery perceived over 24 to 48 hours after exercise.

Conclusion. Of all the cryotherapy modalities, the immersion in cold water is the one that reports the best results in the process of recovery of muscular fatigue.

Key words. Cryotherapy, Muscle fatigue, Recovery of Function, Sports Medicine, physical exertion, muscle pain.

Uso da crioterapia na fadiga muscular pós-esforço em indivíduos que realizam prática esportiva: revisão sistemática

RESUMO

Introdução. Na prática esportiva, a fadiga muscular é um fator de risco para a lesão muscular, tornando-se um problema que ocorre quando a carga mecânica à qual um músculo ou grupo muscular é submetido é superior à resistência do músculo.

Objetivo. Descrever as intervenções com crioterapia na fadiga muscular pós-esforço, em indivíduos que realizam prática esportiva, por meio de uma revisão sistemática.

Método. Foi realizada uma busca nas bases de dados PUBMED/MEDLINE, EMBASE, LILACS, SCIELO, SCIENCE DIRECT, Registro Central Cochrane de Ensaio Controlados com a estratégia de busca: Medicina Esportiva, Crioterapia, Fadiga Muscular, Recuperação da Função, Esforço Físico, Dano Muscular. A identificação e detecção das referências foram exportadas para o gerenciador de referência do MENDELEY. A avaliação do risco de viés foi realizada com o uso do software Review Manager de revisão e qualidade metodológica com a relatada pelo banco de dados PEDro.

Resultados. Dezenove ensaios clínicos randomizados foram avaliados nos quais se evidencia que a crioterapia relata alterações na fadiga muscular desde a diminuição da dor e dos biomarcadores. A imersão em água fria foi a modalidade mais eficaz para acelerar a cinética de recuperação 72 horas após o exercício; demonstrou menos dor e níveis mais altos de recuperação, percebidos entre 24 e 48 horas após o exercício.

Conclusão. De todas as modalidades de crioterapia, a imersão em água fria é a que proporciona os melhores resultados no processo de recuperação da fadiga muscular.

PALAVRAS-CHAVE: crioterapia, fadiga muscular, recuperação de desempenho, medicina esportiva, esforço físico, dor muscular.

INTRODUCCIÓN

La práctica de actividades físico-deportivas y el deporte competitivo o profesional utilizan gran parte de su tiempo en la recuperación muscular; en este sentido, los actuales modelos de competición y el creciente auge de la práctica deportiva han considerado de gran importancia los aspectos relacionados con la recuperación post esfuerzo (RECP) y la disminución de la fatiga muscular (FAT) (1), entendiendo el efecto del entrenamiento como una mejora en el rendimiento físico que se produce como resultado de la fatiga producida por las de cargas de trabajo unida a los procesos de recuperación del organismo (2). La RECP y disminución de la FAT están influenciadas por varios métodos, y modalidades físicas siendo la crioterapia uno de ellos. Durante décadas, diferentes formas de crioterapia, como las inmersiones totales o parciales del cuerpo en agua fría (CWI), aplicación local o masaje con hielo y compresas frías, se han utilizado en diferentes modalidades deportivas para hacer frente a la RECP, a la FAT y al dolor muscular de aparición tardía (DOMS) (3).

Atendiendo a la temática, se reportan revisiones sistemáticas y meta análisis como el de Dupuy (4), en el cual evaluaron el impacto de las técnicas de recuperación en el DOMS, fatiga, daño muscular y marcadores inflamatorios después del ejercicio físico, reportando que el masaje es el método más efectivo para la recuperación del

DOMS y la fatiga, en términos de daño muscular y marcadores inflamatorios, las técnicas más efectivas fueron el masaje y la exposición al frío. Así mismo, Hohenauer (5) determinó los posibles efectos de diferentes aplicaciones de enfriamiento, en comparación con las estrategias pasivas post ejercicio sin enfriamiento, sobre las características de recuperación después de varios protocolos de ejercicio; revelando que el enfriamiento y especialmente las inmersiones en agua fría afectaron significativamente los síntomas de DOMS, en comparación con las condiciones de control. Por último, Torres (6) evaluó si algunas modalidades utilizadas actualmente en fisioterapia como el masaje, la crioterapia, el estiramiento y el ejercicio de baja intensidad son efectivas para tratar los signos y síntomas de daño muscular inducido por el ejercicio; de esta forma, evidenció que el masaje era la única intervención con efectos positivos, el cual reducía el dolor a las 24 h y mejoraba la recuperación muscular; de la misma manera, los estudios citados mencionan la falta de evidencia para apoyar el uso de crioterapia, estiramientos y ejercicio de baja intensidad.

Respecto a la fatiga muscular, esta se define como la imposibilidad de generar una fuerza requerida o esperada, producida o no por un ejercicio precedente, la cual se describe como un estado funcional que desencadena una respuesta homeostática con el objetivo de proteger al organismo; además, es transitoria y reversible, por lo que

produce una necesidad ineludible de disminuir la intensidad de un esfuerzo o, incluso, de concluirlo o terminarlo (7).

La crioterapia es la aplicación local o sistémica de frío con fines terapéuticos y es una de las modalidades físicas más usadas en fisioterapia; históricamente se ha utilizado, de manera prioritaria, en el tratamiento de lesiones agudas. La disminución de la temperatura es el efecto principal a partir del cual se generan cambios en diferentes tejidos y/o sistemas, esta depende del tipo, tiempo de aplicación y capacidad para absorber y transferir calor a los tejidos (8).

La crioterapia es uno de los medios más utilizados para el tratamiento del dolor producto de disfunciones de origen musculoesquelético. La evidencia, tanto neurofisiológica como clínica, sugiere que su uso reduce el flujo sanguíneo local, la tasa metabólica de los tejidos y la velocidad de conducción nerviosa; estos efectos tisulares son los responsables de los resultados terapéuticos atribuidos a la crioterapia, entre los cuales están: disminución del dolor, de la reacción inflamatoria y retraso en la formación de edema. La reducción del diámetro del lumen del vaso sanguíneo causa una disminución significativa del flujo de sangre del tejido subcutáneo, con lo cual se aminora la filtración de fluido al intersticio y al edema secundario, se controla la inflamación y se disminuyen tanto el dolor como la liberación de sustancias vasoactivas (9).

El efecto analgésico de la crioterapia se fundamenta en algunos cambios evidenciables en la electrofisiología neuromuscular, además, se asocia a la disminución local de la temperatura cutánea, produciendo un retraso tanto en la apertura como en el cierre de los canales de sodio; de este modo, hay un enlentecimiento de las corrientes de sodio responsables de la despolarización de las fibras nerviosas y/o musculares, lo que se traduce finalmente en una reducción de la velocidad de conducción nerviosa del axón. El hecho de tener un periodo refractario más largo condiciona, además, una disminución del potencial de acción que, sumada a la disminución de la frecuencia de descarga del nociceptor, explicaría el aumento del umbral del dolor y el potencial efecto hipoaléxico atribuido a la crioterapia. La disminución de la tasa metabólica también reduce la demanda de oxígeno de los tejidos y reduce al mínimo las posibilidades de una herida hipóxica secundaria de los tejidos debido a la isquemia. Adicionalmente, se ha postulado que la reducción del flujo sanguíneo y la disminución del edema disminuiría la compresión mecánica de estructuras vasculonerviosas sensibles a la presión y, de esta forma, se produciría un alivio del dolor por causa mecánica (9).

Sustentados en la importancia de esta modalidad física el presente trabajo estableció como propósito identificar ¿Cuáles son las intervenciones con crioterapia en Fatiga Muscular post esfuerzo, en individuos que realizan práctica deportiva?

MATERIALES Y MÉTODOS

Se establecieron los criterios según la estrategia PICO como aparece en la tabla 1, y se determinaron como criterios de inclusión y exclusión lo expresado en la tabla 2.

Tabla 1. Elementos de la pregunta PICO

Población	Hombres y mujeres activos que realizan práctica deportiva con diferentes niveles de entrenamiento, con edades entre 15 y 35 años.
Intervención	Crioterapia (inmersión en agua fría, crioterapia de cuerpo entero, masaje de hielo, crioterapia local con bolsas de hielo, compresas térmicas y crio cámara basada en nitrógeno gaseoso).
Comparación	Recuperación pasiva, sin intervención, simulación de colocación de ultrasonido – placebo, reposo o descanso, drenaje linfático manual, fotobiomodulación, estiramientos estáticos y balísticos, recuperación activa y ecografía simulada.
Resultados	Primarios: FATIGA MUSCULAR, específicamente referida por los resultados obtenidos de la evaluación del dolor muscular y los marcadores bioquímicos. Secundarios: FATIGA MUSCULAR, específicamente referida por los resultados obtenidos de A. Evaluación de la Fuerza excéntrica e isométrica, B. Inflamación, C. Masa muscular según segmento corporal, D. Salto vertical, E. Rango de Movimiento.

Fuente: Las autoras

Tabla 2. Criterios de inclusión y exclusión

Criterios de inclusión	Ensayos clínicos controlados aleatorios con diseños paralelos de dos, tres y hasta cinco grupos, y diseños cruzados.
Criterios de exclusión	Estudios realizados con animales, estudios que no tengan firma de consentimiento informado ni consideraciones bioéticas.

Búsqueda de Artículos

La búsqueda que fue realizada entre enero de 2019 y junio de 2019, en las bases de datos de PUBMED/MEDLINE, EMBASE, LILACS, SCIELO, SCIENCE DIRECT, Registro Cochrane Central de Ensayos Controlados (CENTRAL) por un revisor cegado. Se tuvieron en cuenta las recomendaciones de Robinson y Dickersin (10) para una estrategia de búsqueda altamente sensible en la recopilación de ensayos clínicos en Pubmed. En la estrategia de búsqueda se combinaron los siguientes términos: ["Sports Medicine"[Mesh]] AND "Cryotherapy"[Mesh] AND "Muscle Fatigue"[Mesh], ["Cryotherapy"[Mesh]] AND "Recovery of Function"[Mesh] AND "Muscle Fatigue"[Mesh] AND "Sports Medicine"[Mesh], [{"Cryotherapy"[Mesh]} AND "Recovery of Function"[Mesh] AND "Muscle Fatigue"[Mesh]] y [("Cryotherapy"[Mesh]) AND "Physical Exertion"[Mesh] AND "Muscle Fatigue"[Mesh] muscle damage]. Se presentaron limitaciones idiomáticas, atendiendo a que solo se incluyeron artículos en idioma inglés y portugués. Las

autoras determinan adicionalmente la inclusión de ECA que expresarán el cumplimiento de las consideraciones éticas.

Identificación de los Estudios y Extracción de Datos

Un revisor cegado realizó las búsquedas electrónicas (identificación y detección); las referencias identificadas fueron exportadas al gestor de referencias MENDELEY, el cual realizó automáticamente la eliminación de duplicados con el uso de metadatos como: título, autor y año; posteriormente, dos autores y un nuevo integrante identificado realizaron la revisión de los artículos a texto completo, diligenciando matriz de extracción en la cual se establecieron variables relacionadas con el estudio y cumplimiento de criterios de inclusión del mismo. En cuanto a las discrepancias que se generaron, estas se resolvieron por consenso. Una vez seleccionados los estudios, el autor extrajo las características específicas de cada estudio (Tabla 5). El proceso de selección de los estudios se evidencia a través del diagrama de flujo, de acuerdo con la declaración de PRISMA (11) (Diagrama 1).

Evaluación del Riesgo de Sesgo y Calidad Metodológica

La evaluación de riesgo de sesgo se estableció según en los lineamientos del Manual Cochrane

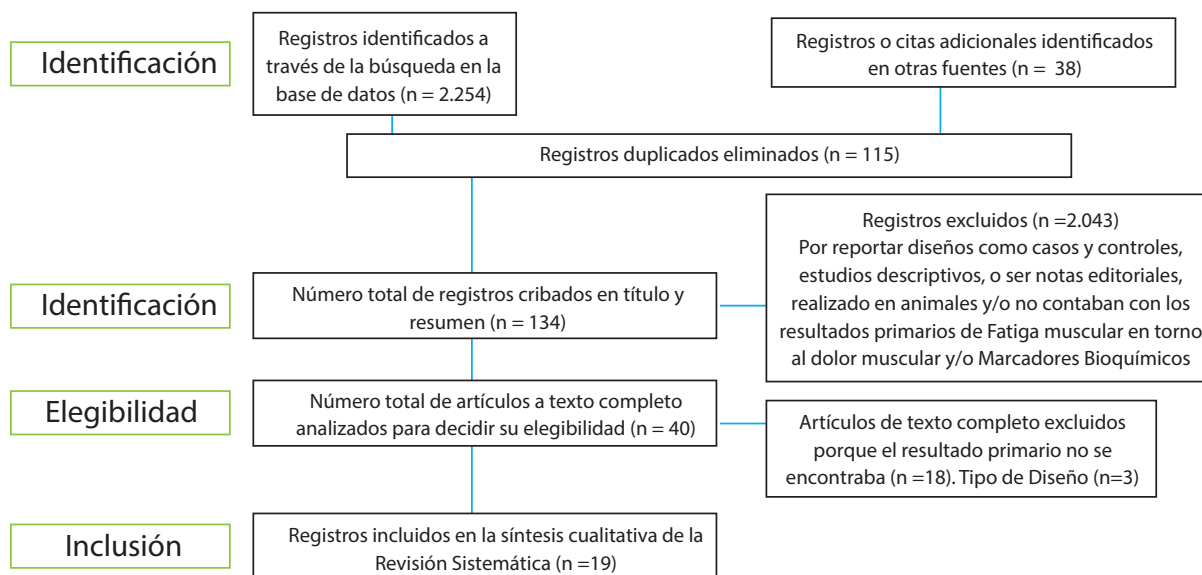
de revisiones sistemáticas, el cual evalúa el Sesgo de selección, de realización, de detección, de desgaste, de notificación y otros sesgos; por otra parte, esta evaluación utilizó el software Review Manager 5.3 y la calidad metodológica se evaluó mediante el Physiotherapy Evidence Database, PEDro, el cual establece diez criterios de medición (12), teniendo en cuenta los siguientes: generación de secuencia, el ocultamiento de la asignación, el cegamiento de resultados primarios, el adecuado abordaje a los datos de resultados incompletos, el riesgo de informe selectivo, y otros riesgos de sesgo.

RESULTADOS

Esta revisión sistemática fue reportada acorde a los lineamientos descritos en la declaración PRISMA (13) y en el Manual Cochrane para la conducción de Revisiones Sistemáticas de Intervenciones versión 5.1 (14).

Extracción de Datos

Una vez se obtuvieron los estudios a incluir, el autor, de forma independiente, extrajo las características específicas de cada estudio. El proceso de selección de los estudios se observa a través del diagrama de flujo de acuerdo con lo establecido en la declaración de PRISMA (Diagrama 1).



Fuente: Urrútia Gerard BX. Declaración PRISMA: Una propuesta para mejorar la publicación de revisiones sistemáticas y meta análisis. Rev. Medicina Clínica. 2010; 01(15): 507-511

Resultados de la Evaluación del Riesgo de Sesgo y Calidad Metodológica

La revisión incluyó 19 artículos, en los cuales fue evaluada su calidad metodológica con el uso de la escala PEDro (12), proceso realizado para los ECA que se exponen en la tabla 3.

Atendiendo a que la totalidad de los (ECA) que hacen parte de la presente Revisión Sistemática no

fueron encontrados en la Base PEDro, se realizó una evaluación ciega de los ECA restantes con la participación de la investigadora principal, una asesora y un fisioterapeuta externo del proyecto. Con el objeto de validar los resultados se obtuvo el índice de Kappa el cual estableció el grado de concordancia de los puntajes obtenidos entre las evaluadoras, estos índices obtuvieron puntajes entre 0.52 y 1 que, según lo propuesto por Landis (15), serían concordancias clasificadas entre buena y excelente (Tabla 4).

Adicionalmente, en reconocimiento de los usos y limitaciones de la escala de PEDro (16), se realizó la evaluación de riesgo de sesgo basados en los

lineamientos del Manual Cochrane de revisiones sistemáticas, con el uso de la Review Manager versión 5.3. La evaluación del riesgo de sesgo de los ECA incluidos en la presente revisión sistemática (Figuras 1 y 2), se realizó también a través

de una evaluación ciega con la participación nuevamente de la investigadora principal, la asesora y un fisioterapeuta externo del proyecto, este proceso también fue validado con el índice de Kappa.

Tabla No 3. Evaluación de la calidad metodológica con la escala de PEDro (n=10)*

Referencia	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	Total
Abaídia 2017 (17)	+	-	+	-	-	-	+	+	+	+	6/10
Akley 2013 (18)	+	-	+	+	-	-	+	-	+	+	6/10
Andal 2013(19)	+	-	+	+	-	-	+	-	+	-	5/10
Behringer 2018 (20)	+	-	+	-	-	-	+	-	+	+	5/10
De Marchi 2017 (21)	+	-	+	-	-	-	+	-	+	+	5/10
De Paiva 2016 (22)	+	-	+	-	-	-	+	-	+	+	5/10
Fonseca 2016 (23)	+	-	+	-	-	-	+	-	+	+	5/10
Jakeman 2009 (24)	+	-	+	-	-	-	+	-	+	+	5/10
Missau 2018 (25)	+	-	+	-	-	-	+	-	+	+	5/10
Rowell 2009 (26)	+	-	+	-	-	-	+	-	+	+	5/10

PEDro (Physiotherapy Evidence Database): + Sí; - No. P1: Punto estimado y variabilidad reportada. * Evaluación reportada en PEDro (6).

Asignación aleatoria; P2: Ocultamiento de la asignación; P3: Grupos similares en línea de base; P4: Cegamiento de los participantes; P5: Cegamiento de los terapeutas; P6: Cegamiento el evaluador; P7: Abandonos < 15%; P8: Análisis por intención a tratar; P9: Diferencias reportadas entre grupos; P10:

Fuente: Las autoras

Tabla No 4. Evaluación de la calidad metodológica con la escala de PEDro (n=9)

Referencia	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	Total	Kappa
Ascensao 2011 (27)	+	-	+	-	-	-	-	-	+	+	4/10	1
Bailey 2007 (28)	+	-	+	-	-	-	-	-	+	+	4/10	1
Crystal 2013 (29)	+	-	+	-	-	-	-	-	+	+	4/10	0.55
Goodall 2008 (30)	+	-	+	-	-	-	-	-	+	+	4/10	0.55
Howatson 2005 (31)	+	-	-	-	-	-	-	-	+	+	3/10	1
Pointon 2011 (32)	+	-	-	-	-	-	-	+	+	+	4/10	1
Tseng 2013 (33)	+	-	+	-	-	-	-	-	+	+	4/10	1
Wilson 2017 (34)	+	-	+	-	-	-	-	-	+	+	4/10	0.55
Wilson 2018 (35)	+	-	+	-	-	-	+	-	+	+	5/10	1

PEDro (Physiotherapy Evidence Database): + Sí; - No. P1: Asignación aleatoria; P2: Ocultamiento de la asignación; P3: Grupos similares en línea de base; P4: Cegamiento de los participantes; P5: Cegamiento de los terapeutas; P6: Cegamiento el evaluador; P7: Abandonos < 15%; P8: Análisis por intención a tratar; P9: Diferencias reportadas entre grupos; P10: Punto estimado y variabilidad reportada. (6).

Fuente: Las autoras

La evaluación de la calidad metodológica se realizó en 19 ECA de los cuales ningún estudio presenta clasificación ≥ 7 en la escala propuesta por PEDro. Todos los estudios reportaron asignación aleatoria, grupos similares en línea base reportaron las diferencias obtenidas entre grupos, así mismo, solo dos estudios tuvieron cegamiento de los participantes (12,13). Un estudio realizó análisis por intención a tratar (11,26), ningún artículo realizó cegamiento por el evaluador.

Figura 1. Evaluación del riesgo de sesgo.

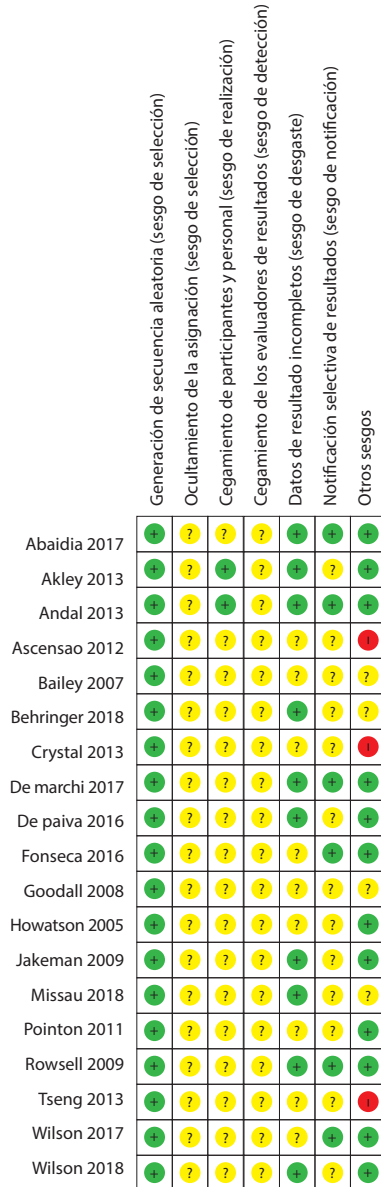
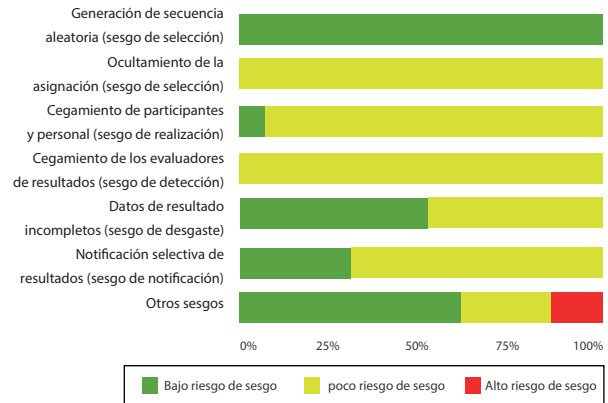


Figura 2. Resumen de la evaluación del riesgo de sesgo



Respecto a la evaluación del riesgo de sesgo de los ECA incluidos, podemos concluir que en la totalidad de los estudios se reportó la generación de la secuencia aleatoria, sin embargo, no eran claros los métodos de asignación de la ocultación, así como en el blindaje de los resultados de la valoración, como se puede observar en las figuras 1 y 2.

Características de los Estudios Incluidos

Se incluyen 19 artículos, publicados entre los años 2005 -2019, correspondientes a ECA en idioma inglés y portugués, la evaluación de la calidad metodológica según PEDro es en promedio de 5.6, los estudios fueron realizados en Francia –

Abaidia (17), Australia – Pointon (5), Rowsell (26), Estados Unidos – Akley (18), Crystal (29), Brasil - Andal(19), De Marchi(21), Fonseca(23), Missau(25), Portugal – Ascensao(27) , Reino Unido - Bailey(28), Goodall(30), Jakeman(24) Wilson(34), Alemania - Behringer(20), Londres – De Paiva(22), Howatson(31), Wilson(35) y China - Tseng(33) (ver Tabla 5).

Características de los Deportistas

Se contó con un total de 205 personas activas, de ambos sexos, que realizaban algún tipo de práctica deportiva, predominando en los estudios de sexo masculino. La variable inicial que reportan los artículos son edad, peso y talla. La distribución de estas variables se encuentra con edades entre los 15 a 35 años, peso en kilogramos de 87.3 ± 9.3 y talla en centímetros entre 1.74 a 1.82 ± 3.6 . Las prácticas deportivas incluían deportes como la lucha, fútbol, atletismo, basquetbol, taekwondo y béisbol. Dentro de los criterios de inclusión y exclusión que establecieron los estudios estaban: la firma del consentimiento informado y explicación de los riesgos, no presentar alteraciones del sistema musculo esquelético en etapa aguda y sistema cardiovascular, no presentar dolor, contraindicación médica de exposición al frío, no consumo de alcohol, cafeína, cigarrillo y medicamentos antiinflamatorios. Se les solicitó a los participantes que durante el estudio no practicaran actividad deportiva diferente al protocolo

establecido para la investigación, así mismo, no realizar ejercicios polimétricos o ejercicios de resistencia 3 meses antes del estudio (ver Tabla 5).

Características de las Intervenciones en Recuperación Muscular Post Ejercicio

Los estudios contaban con grupo control y grupo experimental, sin embargo, dos estudios incluyeron más grupos para aplicar diferentes protocolos de intervención (15,16); adicionalmente, algunos estudios no especificaron el tamaño de la muestra para los respectivos grupos. Respecto a la descripción de la fatiga muscular post esfuerzo, en hombres y mujeres activos que realizan práctica deportiva, se evidenció que la intervención basada en crioterapia fue aplicada con diferentes modalidades como: inmersión parcial o total en agua fría, crioterapia de cuerpo entero, masaje de hielo, crioterapia local con bolsas de hielo, fotobiomodulación (PBMT), compresas térmicas y crio cámara basada en nitrógeno gaseoso con una duración entre 3 a 30 minutos. De la misma manera, la temperatura varía según la modalidad encontrándose temperaturas de -110°C hasta -85°C 3 a 4 minutos en crioterapia de cuerpo entero y 5°C hasta 10°C 10 a 20 minutos en inmersión total o parcial del cuerpo en agua fría, en donde a menor temperatura menor tiempo de exposición. Las intervenciones con las cuales compararon la crioterapia en sus diferentes modalidades fueron: recuperación pasiva, sin intervención, simulación

de colocación de ultrasonido – placebo, reposo o descanso, drenaje linfático manual y ecografía simulada. El tiempo de medición fue, antes del protocolo e inmediatamente después, 24, 48, 72 y a las 96 horas (ver Tabla 5).

Medidas de Resultados Primarios

Referente al resultado primario reportado por los ensayos clínicos se encontró que el elemento de la fatiga muscular (dolor muscular) fue evaluado a través de escalas Likert y la escala análoga visual, con diferentes rangos de entre 0 a 10 o 0 a 100, donde el valor mínimo corresponde a percepción baja y los valores máximos a percepción alta de dolor. Así mismo, fueron evaluados los marcadores bioquímicos a través de muestra sanguínea, a partir de los cuales reportaron: actividad de creatina quinasa CK, proteína de unión a ácidos grasos (h-FA BP), colesterol total, triglicéridos, neutrófilos, colesterol de lipoproteínas de alta densidad (HDLc), glucosa, ácido úrico, urea, fibrinógeno y aspartato aminotransferasa (AST). En la tabla 5. se muestran, de forma detallada, las conclusiones de los ECA participantes respecto a los cambios obtenidos post esfuerzo, luego de la aplicación de diferentes modalidades de la crioterapia.

Medidas de Resultados Secundarios

Referente a los resultados secundarios reportados por los ensayos clínicos se encontró que los ECA participantes determinan la evaluación de otros elementos en hombres y mujeres activas como: el salto vertical medido con diferentes protocolos como temporizador digital, tapete de fuerza, altura de salto; masa muscular en Kg; inflamación determinada por cinta métrica antropométrica, rango de movimiento evaluado con goniometría, fuerza y contracción isométrica determinada a través de dinamometría, como variables que también se encuentran relacionadas con la fatiga muscular (Tabla 5).

DISCUSIÓN

Esta revisión sistemática describió intervenciones con crioterapia en fatiga muscular post esfuerzo específicamente en biomarcadores de daño muscular y el dolor en individuos que realizan práctica deportiva. Las modalidades encontradas fueron: inmersión total o parcial del cuerpo en agua fría, crioterapia de cuerpo entero, aplicación o masaje con hielo, paquetes fríos, bolsas de hielo, crio cámara basada en nitrógeno gaseoso, las cuales fueron comparadas entre sí y con otras técnicas utilizadas como la recuperación pasiva, placebo, drenaje linfático manual, fotobiomodulación, estiramientos estáticos y recuperación activa entre otros, modalidades que fueron aplicadas posterior a la práctica deportiva.

De acuerdo con los hallazgos, se estableció que la crioterapia en la modalidad de inmersión en agua fría, por sí sola, genera mayores efectos en la disminución de la fatiga muscular, específicamente en el dolor post esfuerzo y disminución de la inflamación (17,25); adicionalmente, genera cambios en los resultados de los marcadores bioquímicos a lo largo de 24, 48 y 72 horas (19,23), reduciendo el daño muscular (28) y posiblemente contribuyendo a una recuperación más rápida de la función neuromuscular (27); sin embargo, Goodall (30) mean y Jakeman (24) mencionan que después de realizar un ejercicio que generaba daño muscular, seguido de repetidas inmersiones en agua fría (CWI), no se observó ningún efecto positivo sobre biomarcadores como la creatinquinasa y dolor muscular.

De acuerdo con un estudio realizado por Wilson (34) this study aimed to assess the effects of whole body cryotherapy (WBC, la crioterapia de cuerpo entero(WBC) no mostró un impacto positivo en la disminución del dolor ni en los valores de biomarcadores sanguíneos en comparación con la inmersión en agua fría; en otras formas de aplicación como la crioterapia local o masaje con hielo, aunque el resultado fue positivo, el efecto en la disminución de la percepción del dolor fue mínimo y no se reportó evidencia de cambio específicamente en los marcadores de daño muscular (18,31–33). En este mismo sentido, Behringer (20) y Crystal (29) describieron, con respecto a

los marcadores de daño muscular, que el uso del drenaje linfático manual, la crioterapia local o el descanso, aplicados por 30 minutos, no evidencian cambios significativos; así mismo, no encontraron efectos beneficiosos sobre la inflamación o el dolor muscular cuando se usa drenaje linfático manual y la crioterapia local en comparación con la recuperación pasiva.

En la revisión, De Marchi (21) y De Paiva (22) encontraron que la aplicación de crioterapia asociada a fotobioestimulación (PBMT) no mejora los efectos de la aplicación PBMT, siendo la aplicación aislada de PBMT una mejor opción para la recuperación muscular, tanto a corto como a largo plazo; por el contrario, hallaron que el uso de la crioterapia en aislamiento fue incapaz de proporcionar recuperación muscular, por tanto, establecen la necesidad de estudios de campo adicionales que determinen los parámetros de dosis según nivel de práctica deportiva: deportistas élite, recreativos entre otros.

La intervención basada en Crioterapia se realizó con diferentes modalidades como inmersión parcial o total en agua fría, crioterapia de cuerpo entero, masaje de hielo, crioterapia local con bolsas de hielo, fotobiomodulación (PBMT), compresas térmicas y crio cámara basada en nitrógeno gaseoso; en estos casos se varió la temperatura según la modalidad, con lo cual se encontraron temperaturas de -10° C, -60° C y -110° C por 3min

Tabla 5. Características de los estudios incluidos en la revisión sistemática.

AUTOR – AÑO – PAÍS	CARACTERÍSTICAS DE LA POBLACIÓN ESTUDIO	CRITERIOS DE INCLUSIÓN	CRITERIOS DE EXCLUSIÓN	INTERVENCIÓN	PROTOCOLO/ TIEMPO DE MEDICIÓN	DOLOR	MARCADORES BIOQUÍMICOS	RESULTADOS SECUNDARIOS	CONCLUSIÓN DEL ESTUDIO
ABAÏDIA 2017 Francia	10 hombres físicamente activos	No haber sufrido ninguna lesión tendinosa en rodilla durante los 6 meses anteriores.	No reporta.	GRUPO CONTROL: n: no refiere Inmersión en agua fría GRUPO EXPERIMENTAL: n: no refiere Crioterapia de cuerpo entero	Inmediatamente después del ejercicio, los sujetos se expusieron en un diseño de cruce aleatorio a recuperación de crioterapia de cuerpo entero (10 min a 10 ° C) o inmersión en agua fría (3 min a –110 ° C). Las pruebas se realizaron antes e inmediatamente, 24, 48 y 72 h después del ejercicio.	Dolor, evaluado a través de Escala Likert	Actividad de Creatina Quinasa.	Fuerza excéntrica y fuerza isométrica evaluada a través de Dinamómetro isocinético	la inmersión en agua fría fue más efectiva que la crioterapia de cuerpo entero para acelerar la cinética de recuperación en el rendimiento de salto de contra movimiento a las 72 h después del ejercicio. la inmersión en agua fría también demostró menor dolor y mayores niveles de recuperación percibidos a lo largo de 24 a 48 h después del ejercicio.
AKLEY 2013 Estados Unidos	Treinta y tres sujetos	Se pidió a los sujetos que se abstuvieran de participar en cualquier actividad física o cualquier otra forma de intervención para el tratamiento de los síntomas dolorosos durante el estudio, contraindicación médica o física al ejercicio o hielo.	Entrenamiento con pesas en las últimas 2 semanas, cualquier reacción adversa al frío, condiciones cardiopulmonares, problemas en las articulaciones de extremidad inferior.	GRUPO CONTROL: n: 10 No recibió ninguna intervención GRUPO EXPERIMENTAL: n: 23 Recibió hielo inmediatamente después de la inducción de EIMD y continuó el hielo tres veces al día durante 20 minutos a lo largo de 72 horas siguientes.	Los sujetos realizaron 5 contracciones excéntricas de calentamiento, seguidas de un combate de 5 series de 10 repeticiones excéntricas del músculo isquiotibial con un descanso de 1 minuto entre series. Se evaluaron al inicio del estudio, 24, 48 y 72 horas.	Dolor, evaluado a través de la Escala Análoga Visual con rangos: 0: sin dolor 10: peor dolor.	CK, ALT, AST y neutrófilos.	Contracción isométrica voluntaria del músculo isquiotibial, evaluada con Dinamómetro	Las aplicaciones repetidas de hielo pueden disminuir el dolor asociado con EIMD significativamente a las 48 horas post EIMD.
ANDAL 2013 Brasil	Diez luchadores altamente entrenados	Al menos tres años de experiencia en entrenamiento, y participación en al menos tres competencias en el año anterior a este estudio.	No reporta.	GRUPO CONTROL: n: no refiere Sin tratamiento GRUPO EXPERIMENTAL: n: no refiere Inmersión en piscina con hielo	Inmediatamente después de la última pelea, los atletas se sumergieron en agua fría (5 ± 1 ° C) durante 19 minutos (cuatro ciclos de inmersión de 4 minutos con intervalos de 1 minuto). Durante este período, los combatientes en el grupo control permanecieron recostados en reposo pasivo a temperatura ambiente (26 ° C).	Dolor, evaluado a través de la Escala Análoga Visual	No reporta.	Fuerza de la extremidad superior, evaluado a través del test Kimono Grip Strength.	La inmersión después de la competencia evidencia mejores resultados en temperatura corporal, hipotalgia, LDH y CPK, en comparación con el grupo control.

AUTOR – AÑO – PAÍS	CARACTERÍSTICAS DE LA POBLACIÓN ESTUDIO	CRITERIOS DE INCLUSIÓN	CRITERIOS DE EXCLUSIÓN	INTERVENCIÓN	PROTOCOLO/ TIEMPO DE MEDICIÓN	DOLOR	MARCADORES BIOQUÍMICOS	RESULTADOS SECUNDARIOS	CONCLUSIÓN DEL ESTUDIO
ASCENSAO 2011 Portugal	20 futbolistas juveniles masculinos	Jugadores del equipo que sean defensores, mediocampistas, y los delanteros.	Porteros fueron excluidos de la investigación.	GRUPO CONTROL: n: no refiere Agua termoneural	Crioterapia (10 min inmersión en agua fría, 108 C, n ¼ 10) y termoneutral (10 min inmersión en agua, 358 C, n ¼ 10) .	Dolor, evaluado a través del Cuestionario de dolor muscular	Actividad de la creatina quinasa plasmática, concentraciones de mioglobina y proteína C reactiva	No reporta.	Los resultados sugieren que la inmersión en agua fría inmediatamente después de un partido de fútbol único reduce el daño muscular y malestar, posiblemente contribuyendo a una recuperación más rápida de la función neuromuscular.
BAILEY 2017 Reino Unido	20 hombres sanos	Ser habitualmente activos en una variedad de deportes y que se pudieran abstener de tratamientos terapéuticos que incluyeran masajes y medicamentos antiinflamatorios durante la duración de la investigación.	No reporta.	GRUPO CONTROL: n: no refiere Sin tratamiento	El ejercicio resultó en dolor muscular intenso, disfunción muscular temporal y marcadores séricos elevados de daño muscular, que alcanzaron su punto máximo dentro de las 48 h posteriores al ejercicio. La crioterapia administrada inmediatamente después del ejercicio redujo el dolor muscular a las 1, 24 y 48 h.	Dolor, evaluado a través de la Escala analógica visual	Actividad de creatina quinasa. (CK)	Máxima contracción isométrica voluntaria (MVC), evaluado a través de Dinamómetro isociné-tico (Cybex modelo 770, LUMEX Inc., Ronkonkoma, EE. UU.).	La crioterapia aplicada como un solo brote de inmersión en agua fría inmediatamente después del ejercicio es eficaz para reducir algunos de los síntomas asociados con el daño muscular inducido por el ejercicio. Los mecanismos precisos responsables de este beneficio requieren una mayor aclaración, pero los hallazgos resaltan la multitud de factores involucrados en la etiología del daño muscular inducido por el ejercicio.
BEHRINGER 2018 Alemania	30 estudiantes de deportes saludables (21 hombres, 9 mujeres)	No reporta.	Cualquier enfermedad cardiovascular, metabólica y lesiones del sistema musculoesquelético dentro de los 6 meses anteriores al estudio.	GRUPO CONTROL: n: no refiere Descanso (30 minutos)	Después de 4x20 extensiones de rodilla acentuadas, excéntricas y unilaterales (con un tercio de la fuerza isométrica máxima), los participantes recibieron al azar drenaje linfático, crioterapia local o descanso (30 minutos cada uno).	Dolor, evaluado a través de la Escala analógica visual	Concentración de creatina quinasa CK. Proteína de unión a ácidos grasos (h-FA BP), número de granulocitos neutrófilos	Fuerza isométrica máxima. Evaluada a través de la máquina de extensión de piernas (Gym 80 - Edition Line, Gym80 International, Gelsenkirchen, Alemania)	Los marcadores de daño no se vieron afectados de manera diferente por drenaje linfático manual, la crioterapia local o el descanso, cuando se aplicaron durante 30 minutos. Así mismo, no se encontraron efectos beneficiosos sobre la inflamación o el dolor muscular para drenaje linfático manual y la crioterapia local en comparación con el descanso.

AUTOR - AÑO - PAÍS	CARACTERÍSTICAS DE LA POBLACIÓN ESTUDIO	CRITERIOS DE INCLUSIÓN	CRITERIOS DE EXCLUSIÓN	INTERVENCIÓN	PROTOCOLO/ TIEMPO DE MEDICIÓN	DOLOR	MARCADORES BIOQUÍMICOS	RESULTADOS SECUNDARIOS	CONCLUSIÓN DEL ESTUDIO
CRYSTAL 2013 Estados Unidos	20 hombres activos	Hombres que no estaban acostumbrados a la crioterapia.	Cualquier lesión musculoesquelética que interfiriera con la carrera, la enfermedad de Reynaud o la alergia al resfriado, o que usara un medicamento antiinflamatorio en forma regular.	GRUPO CONTROL: n: no refiere Sin tratamiento GRUPO EXPERIMENTAL: n: no refiere Baño de hielo	Se sumergieron en un baño de hielo a 5°C durante 20 minutos.	Dolor. Evaluada con Escala analógica visual	Citoquina inflamatoria CCL2	Fuerza isométrica, evaluada a través de Dinamómetro isocinético. Inflamación, evaluada con Cinta métrica antropométrica	20 minutos de crioterapia no fueron efectivos para atenuar la disminución de la fuerza y el dolor observados después del ejercicio. que ocasionó dañó los muscular, pero pudieron haber mitigado el aumento de la concentración plasmática de CCL2. Estos resultados no apoyan el uso de la crioterapia durante la recuperación
DEMARCHI 2017 Brasil	40 individuos de 19 a 29 años	No reporta.	Lesiones musculoesqueléticas 3 meses anteriores a la investigación, uso de suplementos nutricionales o farmacológicos.	Grupo placebo (PG) Grupo fotobiomodulación PBMT Grupo de crioterapia (CG) Grupo de crioterapia + PBMT (CPG) Grupo PBMT + crioterapia (PCG).	4 sesiones con intervalos de 24 horas. El primer día fueron sometidos a protocolo inductor de fatiga muscular (MFIP), y extracción de sangre durante el periodo previo al ejercicio, 5 minutos y 60 min después. En las demás sesiones realizadas a las 24, 48 y 72 horas posteriores se realizó recolección de sangre y evaluación isométrica (MVC) en el dinamómetro cinético.	Dolor, evaluado a través de la Escala Análoga Visual.	Concentraciones de la bioquímica. marcador de daño muscular (CK)	Masa Corporal evaluada en (Kg). Contracción isométrica, evaluada con Dinamómetro cinético.	La aplicación de crioterapia asociada a PBMT no mejora los efectos de la aplicación de PBMT, por lo que la aplicación aislada de PBMT parece ser la mejor opción para mejorar la recuperación muscular tanto en corto como a largo plazo. Por el contrario, el uso de la crioterapia en aislamiento fue incapaz de proporcionar recuperación muscular. Estudios de campo adicionales debe realizarse para optimizar los parámetros de dosis para las diferencias en deportes elite, recuperación deportiva recreativa y para examinar los efectos a largo plazo de PBMT

AUTOR – AÑO -PAÍS	CARACTERÍSTICAS DE LA POBLACIÓN ESTUDIO	CRITERIOS DE INCLUSIÓN	CRITERIOS DE EXCLUSIÓN	INTERVENCIÓN	PROTOCOLO/ TIEMPO DE MEDICIÓN	DOLOR	MARCADORES BIOQUÍMICOS	RESULTADOS SECUNDARIOS	CONCLUSIÓN DEL ESTUDIO
DEPAIVA 2016 Londres	Cincuenta sujetos sanos no entrenados de la universidad.	Aceptó voluntariamente participar y firmó el consen- timiento informado. Hombres entre 18 y 25 años. Realizaban mínimo una sesión de ejercicios por semana.	Lesión musculo-esquelética en las caderas o rodillas den- tro de los 2 meses anteriores, uso de fármacos, agentes o suplementos nutricionales con regularidad y consumo de alcohol o tabaco.	5 Grupos: 10 por grupo. Placebo - PBMT (fotobiomodula- ción) - Crioterapia - Crioterapia + PBMT – PBMT + crioterapia El PBMT se realizó con un dispositivo inalámbrico, portátil. Crioterapia con bolsas de hielo de goma flexible.	Protocolo de contracciones excéntricas de extensores de rodilla. Las evaluaciones se realizaron al inicio del estudio; inmedia- tamente después; y a las 1, 24, 48, 72 y 96 h. Tratamientos de comparación Se reali- zó 3 min después del ejercicio y se repitió a los 24, 48, y 72 h.	DOMS Dolor mus- cular Escala análoga visual	Creatina Quinasa (CK)	MVC Máxima contracción voluntaria	BMT solo fue óptimo para la re- cuperación después del ejercicio con mejor MVC, disminución de DOMS y actividad de CK (p <0.05) de 24 a 96 h en comparación con placebo, crioterapia y crioterapia. + PBMT. En el grupo de crioterapia + PBMT , el efecto de PBMT disminuyó (p> 0.05) pero demostró significancia significativa en MVC, DOMS disminuido, y CK (p <0.05). PBMT utilizado como tratamien- to único es la mejor modalidad para mejorar la restitución posterior al ejercicio, lo que lleva a completar la recuperación a niveles basales a par- tir de 24 h después de alta intensidad.
FONSECA 2016 Brasil	8 atletas masculinos	Atletas con graduación como cinturón azul o púr- pura, participación en al menos 3 competiciones en el año anterior al estudio y no participar en cualquier proceso rápido de pérdida de peso antes de la compe- tencia.	No cumplir con los criterios de inclusión.	GRUPO CONTROL: n: no refiere GRUPO EXPERIMENTAL: n: no refiere	Recuperación pasiva Inmersión en agua fría (CWI) (6.08 C 6 0.58C) durante 19 minutos.	Dolor, Evaluada con Escala análoga visual	Concentraciones séricas de CK, LDH, AST y ALT	Masa corporal, evaluada en (Kg)	El uso de inmersión en agua fría (CWI) puede ser beneficioso para los atletas de jiu-jitsu porque reduce los niveles circulantes de LDH, pro- duce menos dolor muscular percibi- do y ayuda a recuperar la potencia muscular 24 horas después de la recuperación.

AUTOR - AÑO - PAÍS	CARACTERÍSTICAS DE LA POBLACIÓN ESTUDIO	CRITERIOS DE INCLUSIÓN	CRITERIOS DE EXCLUSIÓN	INTERVENCIÓN	PROTOCOLO/ TIEMPO DE MEDICIÓN	DOLOR	MARCADORES BIOQUÍMICOS	RESULTADOS SECUNDARIOS	CONCLUSIÓN DEL ESTUDIO
GOODALL 2008 Reino Unido	18 hombres físicamente activos	Completar un cuestionario de salud médica y proporcionar consentimiento informado por escrito.	No reporta.	GRUPO CONTROL: n: 9 Sin tratamiento GRUPO EXPERIMENTAL: n: 9 Inmersiones en agua fría (CWI)	Inmersiones en agua fría (CWI) (15 ± 1 ° C) que experimentaron inmersiones inmediatamente después del ejercicio y cada 24 h posteriores durante los siguientes 3 días. Grupo de control (sin tratamiento).	Dolor, evaluado con Escala Análoga visual	Actividad de la creatina quinasa plasmática (CK)	Fuerza muscular, evaluado con Dinamómetro isocinético (Kin-Com, Chattecx Corporation, Chattanooga Group, Tennessee, EE. UU.). Rango de movimiento, evaluado con Goniómetro (Bodycare Products, Warwickshire, Reino Unido). Inflamacion , Cinta métrica antropométrica (Bodycare Products, Warwickshire, Reino Unido)	Se observaron efectos significativos de tiempo para contracción voluntaria máxima (MVC), creatina quinasa CK, dolor muscular (DOMS) y circunferencia de las extremidades (p <0.05), lo que indica que el daño muscular fue evidente, sin embargo, no se observó ningún efecto grupal o interacción que muestre que CWI no atenuó ninguna de las variables dependientes (p> 0.05) . Estos resultados sugieren que las inmersiones en agua fría (CWI) repetidos no mejoran la recuperación después de contracciones excéntricas dañinas.
HOWATSON 2005 Londres	12 hombres	Consentimiento informado, abstenerse de actividades que puedan causar daño, dolor y, por lo tanto, influir en las variables dependientes durante la duración de la investigación.	No reporta.	GRUPO CONTROL: n: no refiere Ecografía simulada GRUPO EXPERIMENTAL: n: no refiere Masaje con hielo	El protocolo constaba de tres series de 10 repeticiones excéntricas máximas de los flexores del codo utilizando dinamometría isocinética. Se evaluó inmediatamente después del ejercicio, 24, 48, 72 y 96 h después del ejercicio.	DOMS. Evaluado a través de la Escala Talag con rangos: 1: sin dolor 7: insoportablemente doloroso	CK, Mb.	No refiere	El masaje con hielo es ineficaz para reducir los marcadores indirectos asociados con el daño muscular inducido por el ejercicio y para mejorar la recuperación de la función muscular en los deportistas masculinos no acostumbrados al ejercicio sesgado excéntrico.
JAKEMAN 2019 Reino Unido	18 mujeres atletas	Tener lesiones musculares o esqueléticas antes de la participación, firmar un consentimiento informado.	Haber realizado ningún entrenamiento pliométrico específico o de extremidades inferiores en al menos 6 semanas antes de la prueba.	GRUPO CONTROL: n: no refiere Sin tratamiento GRUPO EXPERIMENTAL: n: no refiere Inmersión en agua fría	Inmersión en agua fría con extremidades inferiores durante 10 minutos a 108° C inmediatamente después del ejercicio inductor de daño.	Dolor, evaluado a través de la Escala análoga visual	Actividad de creatina quinasa (CK)	Fuerza muscular, evaluada con Dinamómetro isocinético	Los resultados indican que un solo episodio de inmersión en agua fría después de un ejercicio dañino no tiene efectos beneficiosos en la recuperación.

AUTOR – AÑO -PAÍS	CARACTERÍSTICAS DE LA POBLACIÓN ESTUDIO	CRITERIOS DE INCLUSIÓN	CRITERIOS DE EXCLUSIÓN	INTERVENCIÓN	PROTOCOLO/ TIEMPO DE MEDICIÓN	DOLOR	MARCADORES BIOQUÍMICOS	RESULTADOS SECUNDARIOS	CONCLUSIÓN DEL ESTUDIO
MISSAU 2018 Brasil	13 voluntarios sanos entre 20 y 35 años con un índice de masa corporal (IMC) <30, practicaban actividad física y / o hacían ejercicio con regularidad (+1 vez por semana)	No estar participando en programas de dieta y no tener diagnóstico previo de enfermedades reumatólogicas, cardiovasculares, metabólicas, neurológicas, oncológicas, inmunológicas o hematológicas.	Fumadores y personas que usaron cualquier tipo de alimento, vitamina y / o suplemento o medicamento ergogénico. Presencia durante el estudio de lesiones musculoesqueléticas, uso de medicamentos antiinflamatorios y / o analgésicos.	GRUPO CONTROL: n: no refiere Ejercicios resistidos	Las sesiones de ejercicios (silla extensora, sentadillas y leg press) consistieron en cuatro series de 10 repeticiones máximas (intervalo de una semana entre la evaluación y las sesiones). La inmersión en agua fría consistió en inmersión en agua (15°C) a nivel de la cicatriz umbilical, durante 10 minutos posteriores a la sesión de ejercicios. Se realizó un análisis completo de hemograma, PCR, creatina quinasa (CK) y lipoperoxidación (LPO), los cuales se evaluaron previa (basal), e inmediatamente después de 30 minutos y 2 horas después de los ER.	Dolor Muscular Residual, evaluado a través de la Escala Análoga Visual	Actividad de creatina quinasa (CK) Colesterol total, triglicéridos, colesterol de lipoproteínas de alta densidad (HDLc), glucosa, ácido úrico, urea y fibrinógeno.	Fuerza máxima, evaluada con la prueba 10 RM	El presente estudio mostró que la inmersión en agua fría según lo recomendado (límite de temperatura superior 15°C y límite de tiempo inferior 10 min) favorece el equilibrio redox, atenúa la leucocitosis y la respuesta inflamatoria, y reduce el DOMS, promoviendo así la adaptación de los principiantes al entrenamiento de los ejercicios resistidos. Sin embargo, esta intervención también puede afectar los procesos musculoesqueléticos adaptativos resultantes de los ejercicios resistidos y su aplicación en programas de capacitación debe investigarse más a fondo.
POINTON 2011 Australia	Diez atletas masculinos entrenados en resistencia, 21 ± 1.6 años, altura 182.2 ± 3.6 cm y masa corporal 87.3 ± 9.3 kg	No reporta.	No reporta.	GRUPO CONTROL: n: no refiere Reposo en posición supina durante 20 minutos. GRUPO EXPERIMENTAL: n: no refiere Hielo cubriendo toda la superficie de la Pierna (cuadriceps, rodilla y pantorrilla) temperatura del agua = 0.5 ° C. durante 20 minutos.	Protocolo de ejercicios de una sola pierna.(dominante) Contracciones máximas concéntricas / excéntricas seguidas de una terapia de frío (manguitos de hielo) o una condición de control (sin recuperación) intervención. Se midió el rendimiento neuromuscular. pre-ejercicio, post-ejercicio, post-recuperación y nuevamente 2, 24 y 48 h después de la recuperación. Se recogieron muestras de sangre venosa. para los marcadores de daño muscular e inflamación; mientras que las valoraciones perceptivas de dolor también fueron registrados en cada uno de los puntos de tiempo antes mencionados.	Dolor, se evaluó con el test Algometro Pain Test™ FPI Algometer, Wagner Instruments según los siguientes rangos: 0 = sin dolor y 10 = muy, muy adolorido, Greenwich, CT, EE. UU. El valor se registró en kg / f f: fuerza	Creatina Quinasa (CK), proteína C reactiva. (CRP) y aspartato aminotransferasa (AST).	No reporta.	No se evidenció ningún efecto beneficioso de FRÍO en la recuperación de MVC, se redujeron las percepciones de dolor.

AUTOR - AÑO - PAÍS	CARACTERÍSTICAS DE LA POBLACIÓN ESTUDIO	CRITERIOS DE INCLUSIÓN	CRITERIOS DE EXCLUSIÓN	INTERVENCIÓN	PROTOCOLO/ TIEMPO DE MEDICIÓN	DOLOR	MARCADORES BIOQUÍMICOS	RESULTADOS SECUNDARIOS	CONCLUSIÓN DEL ESTUDIO	
ROWSEL 2009 Australia	Veinte jugadores juveniles de fútbol masculino de alto rendimiento (edad 15.9 + 0.6 años)	No consumir antiinflamatorios, medicamentos y suplementos nutricionales. Sin presencia de lesiones y enfermedades conocidas al inicio del estudio.	Porteros fueron excluidos de la investigación.	GRUPO CONTROL: n: no refiere GRUPO EXPERIMENTAL: n: no refiere	Inmersión en agua fría a 10 + 0.58C durante 20 minutos. Inmersión en agua termoneural 34 + 0,58C. durante 20 minutos.	Los participantes jugaron cuatro partidos de fútbol competitivos en 4 días con aproximadamente 24 h entre partidos, evaluados 90 minutos antes de cada partido y 22 h después del partido final. las pruebas se realizaron a la misma hora del día y bajo las mismas condiciones ambientales.	Dolor Escala de 1 a 10, 24 h después de cada partido.	Proteína de unión a ácidos grasos, lactato deshidrogenasa, plasma, actividad de la creatina quinasa CK.	No reporta.	Estos resultados sugieren que la inmersión inmediata en agua fría posterior al partido no afecta el rendimiento de la prueba física o índices de daño muscular e inflamación, pero reduce la percepción de fatiga general y dolor en las piernas entre partidos en torneos.
TSENG 2013 China	11 sujetos masculinos de béisbol	No haber entrenado con pesas ni ninguna otra forma de entrenamiento con ejercicios durante al menos 1 semana antes de los ensayos experimentales.	Participantes con trastornos musculoesqueléticos.	GRUPO CONTROL: n: no refiere GRUPO EXPERIMENTAL: n: no refiere	Enfriamiento tópico con compresas frías (enfriamiento). Aplicación simulada (Sham).	Se realizaron cinco sesiones de aplicación de compresas frías de 15 minutos al músculo ejercitado a las 0, 3, 24, 48 y 72 horas después del daño muscular inducido por el ejercicio excéntrico.	Dolor, evaluado con la Escala Análoga Visual (EAV).	Daño muscular CK-MB y mioglobina.	Fuerza isométrica, evaluado con Dinamómetro.	El enfriamiento tópico es una intervención clínica de uso común, no parece mejorar, sino que retrasa la recuperación del daño muscular inducido por el ejercicio excéntrico.
WILSON 2017 Reino Unido	31 varones sanos	Pertenecer a equipo de corredores de resistencia entrenados.	Ser fumadores y tener antecedentes patológicos. .	GRUPO CONTROL: n: no refiere GRUPO EXPERIMENTAL: n: no refiere	Inmersión en agua fría. Crioterapia de cuerpo entero.	Las percepciones de dolor muscular, estrés por entrenamiento y marcadores de la función muscular se registraron antes de la maratón y a las 24 y 48 h después del ejercicio. Se tomaron muestras de sangre al inicio, después de la intervención y 24 y 48 h después de la intervención para evaluar la inflamación y el daño muscular	Dolor, evaluado con Escala Likert de 0 (sin dolor en el movimiento) a 10 (músculos demasiado doloridos para moverse).	Concentración de creatina quinasa CK.	Torsión máxima y contracciones isométricas. Evaluadas con Dinamómetro isocinético.	Los resultados muestran que la crioterapia de cuerpo entero tiene un impacto negativo en la función muscular, las percepciones de dolor y una serie de parámetros sanguíneos en comparación con la Inmersión en agua fría, lo que contradice la sugerencia de que la crioterapia de cuerpo puede ser una estrategia de recuperación superior. Además, la crioterapia no es más efectiva que una intervención con placebo para mejorar la recuperación funcional o las percepciones de estrés en el entrenamiento después de una maratón.

AUTOR - AÑO -PAÍS	CARACTERÍSTICAS DE LA POBLACIÓN ESTUDIO	CRITERIOS DE INCLUSIÓN	CRITERIOS DE EXCLUSIÓN	INTERVENCIÓN	PROTOCOLO/ TIEMPO DE MEDICIÓN	DOLOR	MARCADORES BIOQUÍMICOS	RESULTADOS SECUNDARIOS	CONCLUSIÓN DEL ESTUDIO
WILSON 2018 Londres	24 hombres entrenados	No reporta.	No reporta.	GRUPO CONTROL: n: 15 Intervención placebo (PL)	Toma de muestras de sangre a los 60 y 120 minutos después de la intervención. Los participantes regresaron al laboratorio para repetir mediciones de todos las variables dependientes a las 24, 48 y 72 h tras la finalización de la sesión de entrenamiento de resistencia.	DOMS	CK	No reporta.	Hubo alguna evidencia que sugiere que el WBC es más efectivo que el CWI para atenuar la percepción perceptiva y respuestas funcionales después del entrenamiento de resistencia. Sin embargo, ninguna intervención de crioterapia fue más efectiva que la intervención con tratamiento placebo en la recuperación acelerada. Las implicaciones de estos hallazgos deben ser cuidadosamente consideradas por los individuos empleando la crioterapia como estrategia de recuperación después del entrenamiento de resistencia de carga pesada.
				GRUPO EXPERIMENTAL: n: 15 Inmersión en agua fría (CWI). 10 min a 10 ° C Crioterapia de cuerpo entero (WBC). 3- y 4 min a - 85 ° C					

en (WBC) y de 5°C a 15°C por 10 a 20 min en WCI. (a menor temperatura menor tiempo de exposición). Las intervenciones con las cuales compararon la crioterapia fueron: recuperación pasiva, sin intervención, placebo, drenaje linfático manual y fotobiomodulación PBMT. Los tiempos de medición fueron: antes del protocolo e inmediatamente después, 1, 24, 48, 72 y a las 96 horas.

Con respecto a los protocolos de ejercicio para inducir fatiga y daño muscular, se encontraron estudios que no reportaron el tipo de ejercicio realizado (6,17,21,23,24,29); otros protocolos consistieron en realizar contracciones excéntricas y concéntricas de diferentes grupos musculares (flexores de codo, flexores y extensores de rodilla) (20,22,25,30–33) adicionalmente, se reportaron protocolos con ejercicio de resistencia como la maratón (34, 35), intervenciones realizadas posteriores a un partido de fútbol (27), para 4 partidos jugados en 4 días con 24 horas entre ellos (26) e intervenciones posteriores a un combate (18,19).

Limitaciones

Los autores expresan como limitación el bajo promedio obtenido en el puntaje de la evaluación de la calidad metodológica, según PEDro (5.6 sobre el valor total propuesto por PEDro de 10), en diez (10) de los ECAS incluidos.

Adicionalmente, se encontró heterogeneidad clínica para los procesos de evaluación e intervención tales como participación en ECAS según sexo, modo o tipo de práctica deportiva, nivel de entrenamiento y protocolos de ejercicio para inducir fatiga o daño muscular; lo anterior, se constituye en una limitación debido a que la eficiencia de los diferentes medios o modalidades de recuperación estaría estrechamente ligada con el tipo de fatiga, el ejercicio previo o las cargas de entrenamiento, entre otras, generándose una dificultad para los autores en el establecimiento definitivo de la conclusión, la cual consideramos fundamental a la hora de tomar una decisión de aplicación clínica frente al uso de la crioterapia, como medio para disminuir la fatiga y el dolor muscular.

Aplicaciones Clínicas

La práctica del fisioterapeuta, y en general de las ciencias aplicadas al deporte en el quehacer cotidiano, exige la toma de decisiones permanentes en pro de lo que su objeto de estudio le demanda, por esto, la evidencia científica se debe constituir como una herramienta fundamental para que esta toma de decisiones sea la acertada, de acuerdo con la condición del usuario, su pronóstico, diagnóstico y la intervención que se le brinde. La evidencia científica encontrada expone la necesidad de realizar ensayos clínicos aleatorizados con mayor rigor metodológico, con

el objeto de poder evidenciar los cambios producidos por la aplicación de la crioterapia en sus diferentes modalidades y, de esta forma, sustentar científicamente el quehacer de los profesionales.

CONCLUSIÓN

La crioterapia, en la modalidad de inmersión total o parcial del cuerpo en agua fría, por sí sola genera mejores efectos en la disminución de la fatiga muscular, específicamente en el dolor post esfuerzo y cambios en los resultados sanguíneos de los marcadores bioquímicos. Es importante que esta inmersión se haga inmediatamente después del esfuerzo o en las 24 horas siguientes, a temperaturas que oscilen entre 5 °C y 10 °C durante 10 a 20 minutos; resaltando que a menor temperatura menor tiempo de exposición.

Existen otras modalidades de aplicación como la crioterapia de cuerpo entero, la crioterapia local, el masaje con hielo, el drenaje linfático manual, masaje sedativo y la recuperación pasiva, entre otras, las cuales reportan mejoras en la disminución del dolor y la percepción de la fatiga muscular, pero no en la respuesta de los biomarcadores de daño muscular. Estas modalidades o medios terapéuticos muestran resultados positivos en la disminución del dolor y percepción de la fatiga muscular, siempre y cuando su aplicación sea combinada para realizar un abordaje integral. Respecto al manejo individual de las modalidades anterior-

mente mencionadas, cabe anotar que sirven para tratar sintomatología específica de diferentes patologías y/o lesiones deportivas.

CONFLICTO DE INTERESES

Las autoras declaran que no existe conflicto de intereses.

FINANCIACIÓN

La investigación se financió con recursos propios de los investigadores.

REFERENCIAS

1. Cañizares M, JM. La actividad física y el deporte en la sociedad actual . 2017. Editorial W. 2017. 2017 p.32
2. Cárdenas D, Conde-González J, Perales JC. La fatiga como estado motivacional subjetivo. Revista Andaluza de Med del Deport . 2019;43(2S):176.
3. Balius R, Pedret C. Lesiones Musculares en el Deporte. Editorial Médica Panamericana. 2013.
4. 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.* 2018;9:1–15. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00403>
5. Hohenauer E, Taeymans J, Baeyens JP, Clarys P, Clijsen R. The effect of post-exercise cryotherapy on recovery characteristics: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One.* 2015;10(9):1–23. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0139028>
 6. Torres R, Ribeiro F, Alberto Duarte J, Cabri JMH. Evidence of the physiotherapeutic interventions used currently after exercise-induced muscle damage: Systematic review and meta-analysis. *Phys Ther Sport.* 2012;13(2):101–14. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2011.07.005>
 7. González Ravé JM, Pablos Abella C, Navarro Valdivielso F. Entrenamiento Deportivo. Teoría y práctica. Editorial Médica Panamericana. 2014. 4–8 p.
 8. Sandoval MC, Herrera E, Camargo DM. Efecto de tres modalidades de crioterapia sobre la temperatura de la piel durante las fases de enfriamiento y recalentamiento Effects of three cold modalities on skin temperature during the cooling and rewarming phases. *Rev. Univ. Ind. Santander. Salud.* 2011;43(2):119–29.
 9. Gutiérrez-Espinoza HJ, Lavado- Bustamante IP, Méndez-Pérez SJ. Systematic review of the analgesic effect of cryotherapy in the management of musculoskeletal pain. *Rev la Soc Esp del Dolor.* 2010;17(5):242–52.
 10. Robinson KA, Dickersin K. Development of a highly sensitive search strategy for the retrieval of reports of controlled trials using PubMed. *Int J Epidemiol.* 2002;31(1):150–3. <https://doi.org/10.1093/ije/31.1.150>
 11. Urrútia G, Bonfill X. Declaración PRISMA: una propuesta para mejorar la publicación de revisiones sistemáticas y metaanálisis. *Medicina Clínica.* 2010;135:507–11. <https://doi.org/10.1016/j.medcli.2010.01.015>
 12. Centre of Evidence-Based Physiotherapy C. Escala PEDro. *Georg Inst Glob Heal.* 2012;1–2.
 13. Liberati A, Altman DG, Tetzlaff J, Mulrow C, Gøtzsche PC, Ioannidis JPA, et al. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. *J Clin Epidemiol.* 2009;62(10):e1–34. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000100>
 14. Centro Cochrane Iberoamericano, traductores. Manual Cochrane de Revisiones Sistemáticas de Intervenciones, versión 5.1.0. 2012;(March):1–639.
 15. Landis JR, Koch GG. The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. *Biometrics.* 1977;33(1):159–74.

16. Herbert R, Moseley A, Sherrington C, Maher C. Escala de Pedro. Evidencia científica. *Physiotherapy*. 2000;86(1):55.
17. Abaïdia A-E, Delecroix B, Baquet G, Dupont G, Lamblin J, Leduc C, et al. Recovery from exercise-induced muscle damage: Cold-water immersion versus whole-body cryotherapy. *Int J Sports Physiol Perform*. 2017;12(3):402–9. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2016-0186>
18. Oakley ET, Pardeiro RB, Powell JW, Millar AL. The effects of multiple daily applications of ice to the hamstrings on biochemical measures, signs, and symptoms associated with exercise-induced muscle damage. *J Strength Cond Res*. 2013;27(10):2743–51. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31828830df>
19. Pinho EA, Brito CJ, Costa WO, Nardelli C, Lacerda E, Franchini E. Influence of cryotherapy on muscle damage markers in jiu-jitsu fighters after competition: a cross-over study. *Rev Andal Med Deporte*. 2014;7(1):7-12
20. Behringer M, Jedlicka D, Mester J. Effects of lymphatic drainage and cryotherapy on indirect markers of muscle damage. *J Sports Med Phys Fitness*. 2018;58(6):903–9. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.17.07261-9>
21. De Marchi T, Schmitt VM, Machado GP, de Sene JS, de Col CD, Tairova O, et al. Does photobiomodulation therapy is better than cryotherapy in muscle recovery after a high-intensity exercise? A randomized, double-blind, placebo-controlled clinical trial. *Lasers Med Sci*. 2017;32(2):429–37. <https://doi.org/10.1007/s10103-016-2139-9>
22. de Paiva PRV, Tomazoni SS, Johnson DS, Vanin AA, Albuquerque-Pontes GM, Machado C dos SM, et al. Photobiomodulation therapy (PBMT) and/or cryotherapy in skeletal muscle restitution, what is better? A randomized, double-blinded, placebo-controlled clinical trial. *Lasers Med Sci*. 2016;31(9):1925–33. <https://doi.org/10.1007/s10103-016-2071-z>
23. Fonseca LB, Brito CJ, Silva RJS, Silva-Grigoletto ME, da Silva WM, Franchini E. Use of Cold-Water Immersion to Reduce Muscle Damage and Delayed-Onset Muscle Soreness and Preserve Muscle Power in Jiu-Jitsu Athletes. *J Athl Train*. 2016;51(7):540–9. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-51.9.01>
24. Jakeman JR, Macrae R, Eston R. A single 10-min bout of cold-water immersion therapy after strenuous plyometric exercise has no beneficial effect on recovery from the symptoms of exercise-induced muscle damage. *Ergonomics*. 2009;52(4):456–60. <https://doi.org/10.1080/00140130802707733>

25. Missau E, da Silva AMV, Signori LU, Teixeira A de O, Franco OS, Martins CN, et al. Cold water immersion and inflammatory response after resistance exercises. *Rev Bras Med do Esporte*. 2018;24(5):372–6. <https://doi.org/10.1590/1517-869220182405182913>
26. Rowsell GJ, Coutts AJ, Reaburn P, Hill-Haas S. Effects of cold-water immersion on physical performance between successive matches in high-performance junior male soccer players. *J Sports Sci*. 2009;27(6):565–73. <https://doi.org/10.1080/02640410802603855>
27. Ascensão A, Leite M, Rebelo AN, Magalhães S, Magalhães J. Effects of cold water immersion on the recovery of physical performance and muscle damage following a one-off soccer match. *J Sports Sci*. 2011;29(3):217–25. <https://doi.org/10.1080/02640414.2010.526132>
28. Bailey DM, Erith SJ, Griffin PJ, Dowson A, Brewer DS, Gant N, et al. Influence of cold-water immersion on indices of muscle damage following prolonged intermittent shuttle running. *J Sports Sci*. 2007;25(11):1163–70. <https://doi.org/10.1080/02640410600982659>
29. Crystal NJ, Townson DH, Cook SB, Laroche DP. Effect of cryotherapy on muscle recovery and inflammation following a bout of damaging exercise. *Eur J Appl Physiol*. 2013;113(10):2577–86. <https://doi.org/10.1007/s00421-013-2693-9>
30. Goodall S, Howatson G. The effects of multiple cold water immersions on indices of muscle damage. *J Sport Sci Med*. 2008;7(2):235–41.
31. Howatson G, Gaze D, Van Someren KA. The efficacy of ice massage in the treatment of exercise-induced muscle damage. *Scand J Med Sci Sport*. 2005;15(6):416–22. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2005.00437.x>
32. Pointon M, Duffield R, Cannon J, Marino FE. Cold application for neuromuscular recovery following intense lower-body exercise. *Eur J Appl Physiol*. 2011;111(12):2977–86. <https://doi.org/10.1007/s00421-011-1924-1>
33. Tseng CY, Lee JP, Tsai SD, Kao CL, Liu TC, et al. Topical cooling (icing) delays recovery from eccentric exercise-induced muscle damage. *J Strength Cond Res*. 2013;27(5):1354–61. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318267a22c>
34. 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*. 2017;118(1):153–63.

35. Wilson LJ, Dimitriou L, Hills FA, Gondek MB, Cockburn E. Whole body cryotherapy, cold water immersion, or a placebo following resistance exercise: a case of mind over matter? *Eur J Appl Physiol.* 2019;119(1):135–47. <https://doi.org/10.1007/s00421-017-3757-z>



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons
Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional