



universidad
de león



TRABAJO DE FIN DE GRADO EN CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y DEL
DEPORTE

Curso Académico 2016/2017

EFICACIA DE LA COLD THERAPHY EN LA PREVENCIÓN DE
DOMS EN FUTBOLISTAS AMATEURS

Efficacy of cold therapy in DOMS prevention in amateur football
players

Autor/a: Miguel Morillo De Castro

Tutor/a: Jesús Seco Calvo / Eduardo Álvarez Del Palacio

Fecha: 03/07/2017

VºBº TUTOR/A

VºBº AUTOR/A

Índice

1. Introducción	2
2. Materiales y métodos	4
2.1. Estrategias de búsqueda	4
2.2. Criterios de inclusión	4
2.3. Criterios de exclusión	5
3. Resultados.....	7
3.1. Resultados de la búsqueda	7
3.2. Estudios incluidos.....	7
4. Discusión	19
5. Conclusiones	24
6. Bibliografía.....	25

Resumen:

En el presente trabajo se realiza un análisis de la literatura disponible en la última década acerca de las técnicas de crioterapia y su papel en la prevención o recuperación del dolor muscular de inicio retardado (DOMS) en jugadores de fútbol amateur.

En el transcurso del mismo se distinguen diversas investigaciones que incluyen varios modos de ejercicio o distintos movimientos para forzar o simular una lesión muscular y/o articular. Posteriormente se detallan distintas aplicaciones con bolsas de hielo, hielo húmedo, hielo triturado, hielo con sal, masajes con hielo e inmersión en agua fría entre otros protocolos; y finalmente se realiza una valoración global o conjunta con los pros y contras de cada procedimiento, así como los efectos o resultados de estas técnicas de crioterapia en relación a otras publicaciones referidas al mismo tema pero que no se incluyeron en este estudio.

Palabras clave: crioterapia, DOMS, futbolistas amateurs.

Abstract:

In the following work an analysis has been done of the literature available during the last decade on the subject of cryotherapy techniques and its role in the prevention of or recovery from delayed onset muscular soreness (DOMS) in players at amateur football level.

Throughout this work, various investigations have been distinguished, all of which include different methods of exercise or different movements to force or simulate a muscular or joint injury. Then there is a detailed study of different applications with bags of ice, wet ice, crushed ice, salt ice, ice massages and immersion in cold water among other protocols; and finally, there is an overall assessment, taking into account the advantages and disadvantages of each process, as well as the effects and results of these cryotherapy techniques in relation to other publications which refer to the same subject but were not included in this study.

Key words: cryotherapy, DOMS, amateur football players.

1. Introducción

El fútbol es uno de los deportes que mayor afición tiene en el mundo en cuanto a número de seguidores y participantes se refiere. La práctica de este deporte de equipo conlleva acciones de muy diversa índole así como multitud de gestos específicos y acciones bruscas o explosivas como arrancadas y cambios de ritmo, las cuales suponen una carga importante de trabajo. Esta carga de trabajo comprende ciclos de entrenamiento, de competición y de recuperación en una misma semana, por lo general con apenas un día o como mucho dos días de descanso semanal y el resto de carga física (sin contar los jugadores profesionales que a mayores tienen algún compromiso internacional con sus selecciones nacionales o partidos entre semana de la copa de liga o europeo); por ello, ante esta demanda competitiva, los músculos -principalmente de la extremidad inferior- a menudo se ven afectados y mermados en forma de lesión o dolor muscular de inicio retardado/tardío (DOMS).

El DOMS surge a raíz de ejercicio estresante o no habitual en forma de contracciones excéntricas y expresa la sensación de rigidez y dolor muscular alrededor de las 24 horas después de haber realizado el ejercicio y que dura unos días (Hart et al., 2015; Fonda y Sarabon, 2013). Otros síntomas asociados pueden ser reducciones en el rango de movimiento y producción de fuerza, hinchazón y fuga de proteínas miofibrilares en la sangre (Gailiuniene et al., 2006).

Para evitar estos factores de riesgo se siguen diversas precauciones, tales como fortalecer las partes corporales con entrenamientos y ejercicios específicos de la zona, dotar al jugador de distintas directrices relacionadas con hábitos alimentarios y de sueño, realizar calentamientos adecuados antes de la actividad vigorosa, masajes, suplementos antioxidantes, administración de fármacos antiinflamatorios no esteroideos y distintas metodologías que tienen como factor común el enfriamiento del músculo o área corporal afectada o propensa a sufrir una lesión (Bailey et al., 2007). Estas son las terapias de frío, unas técnicas muy usadas junto con el reposo, la elevación y la compresión para disminuir el dolor y atenuar la inflamación (Hart et al., 2015). En el ámbito médico y deportivo se utilizan con diversos propósitos clínicos como medio para reducir o reestablecer el desgaste o deterioro físico del cuerpo a consecuencia de efectos estresantes o actividad física intensa (normalmente contracciones excéntricas) que buscan calmar o prevenir el daño, hinchazón y espasmos musculares (Ghafarinejad, Khanmohammadi y Someh, 2011) permitiéndonos desarrollar con normalidad nuestra práctica deportiva habitual.

La modalidad más común o popularmente conocida es la crioterapia. Aunque su efectividad no está clara debido a la escasa investigación (Hart et al., 2015; Alonso, Guirrol, Liporaci, Macedo y Vieira, 2014; Miller, Sebastianelli, Vairo y Williams, 2013; Crowley, Donahue, Herzog, Hunter y Ostrowski, 2016; Bailey et al., 2007; Fonda y Sarabon, 2013) y a las variaciones en la modalidad de tratamiento, la frecuencia de las aplicaciones, la duración del tratamiento, etcétera.

Cuando esta se aplica a una frecuencia, duración y temperatura adecuadas al músculo lesionado -con el enfriamiento local del tejido muscular- provoca una respuesta analgésica (induce anestesia local) (Campbell, Hart, Love, Pritchard y Saliba, 2013; Bleakley, Mitchell y Thain, 2015; Gailiuniene et al., 2006) en el área tratada y conlleva diversos cambios o alteraciones fisiológicas como prevenir o minimizar las posibilidades de sufrir una lesión musculoesquelética y acelerar la recuperación del daño muscular inducido por el ejercicio (EIMD) (Bailey et al., 2007) a través de una reducción de la velocidad de conducción o transmisión nerviosa (Ghafarinejad, Khanmohammadi y Someh, 2011; Fonda y Sarabon, 2013; Guirro, Moraes y Muniz, 2015) -que se aumenta según se incrementa la profundidad de penetración del frío en el músculo- (Miller, Sebastianelli, Vairo y Williams, 2013) así como una disminución de la tasa metabólica y del flujo sanguíneo (Baker et al., 2009).

En definitiva, se considera que la crioterapia reduce la percepción de fatiga general y dolor muscular, aunque también puede resultar en una disminución de la cantidad de información sensorial aferente que llega al sistema nervioso central (Guiro, Moraes y Muniz, 2015) y puede perjudicar el control neuromuscular y el subsiguiente funcionamiento funcional (Campbell, Hart, Love, Pritchard y Saliba, 2013; Miller, Sebastianelli, Vairo y Williams, 2013; Alonso, Guirrol, Liporaci, Macedo y Vieira, 2014).

Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es proporcionar una visión general de la literatura actual referida a las técnicas "frías" (*cold therapy*) como la crioterapia y su papel en la prevención de lesiones o minimizar los efectos del DOMS. Con este trabajo se podrían conseguir grandes resultados, así como aprender a evitar o reducir la incidencia de lesiones tanto personalmente como servir de guía y ayuda muy útil para todas las personas con las que comparto afición.

2. Materiales y métodos

2.1. Estrategias de búsqueda

Se realizó una búsqueda bibliográfica en distintas bases de datos; las fuentes revisadas fueron: PubMed, Cochrane, SPORTDiscus, MedLine, Scopus, PEDro, ScienceDirect. Así la extracción de datos de artículos en internet se llevó a cabo usando las siguientes palabras o frases "*cold therapy*", "*DOMS*" y "*amateur soccer*". El orden o combinación de los términos en las búsquedas fue: 1º) "COLD THERAPY", 2º) "DOMS", 3º) "AMATEUR SOCCER", 4º) "COLD THERAPY OR DOMS", 5º) "COLD THERAPY AND DOMS", 6º) "COLD THERAPY OR AMATEUR SOCCER", 7º) "COLD THERAPY AND AMATEUR SOCCER", 8º) "DOMS OR AMATEUR SOCCER", 9º) "DOMS AND AMATEUR SOCCER", 10º) "COLD THERAPY OR DOMS AND AMATEUR SOCCER". Los términos utilizados para dirigir la estrategia de búsqueda se centraron en sujetos: futbolistas (amateurs) no profesionales; etiopatogenia: DOMS; intervención: crioterapia (cold therapy). No hubo restricciones en el idioma de publicación de los artículos aunque la mayoría eran en inglés.

2.2. Criterios de inclusión

La COLD THERAPY pues es el tema principal (véase el título "Eficacia de la *Cold Therapy* en la prevención de DOMS en futbolistas amateurs") y pienso que pueden aportarme muchos conocimientos las técnicas de crioterapia. El DOMS ya que siempre me ha llamado la atención y he padecido frecuentemente este tipo de lesiones. El SOCCER (fútbol) porque es el deporte que he practicado desde que tenía 4 años. Así mismo centraré mi revisión bibliográfica (cuando se especifique el deporte o sea posible) en jugadores AMATEURS pues pienso que hay menos resultados y publicaciones relacionados con el tema de mi trabajo en jugadores no profesionales y, sobre todo, porque en jugadores de alto nivel, en cualquier medio de comunicación o red social, se puede extraer información sobre las lesiones sufridas por un jugador profesional de élite o renombre mundial quedando en la sombra las lesiones sufridas en el fútbol modesto.

Por otra parte, acoto el tiempo de las distintas investigaciones de la revisión bibliográfica desde la última década, es decir, desde el 2006 hasta Octubre de 2016. En cuanto al tipo de documentos (*document types*) me limité a artículos electrónicos (*articles*) e investigaciones originales, así como el área de búsqueda (*research areas*) las ciencias del deporte (*sport sciences*). Según las bases de datos (*databases*) consultadas, las que me daban opción o me lo permitían, la búsqueda la reducía a la web de ciencias (*web of science*). Si era posible, lo limitaba a personas (*humans*) prescindiendo de los animales.

2.3. Criterios de exclusión

Se desecharon las terapias de contraste siempre que incluían calor (*hot water, warm*) o inmersiones en agua tibia o templada, ya que quería centrarme única y exclusivamente en las técnicas de crioterapia, es decir, en metodologías basadas en el frío como bien apunta el título ("Eficacia de la *COLD Therapy* en la prevención de DOMS en futbolistas amateurs").

También se prescindió de los miembros del tren superior (se fijó el estudio en el efecto de las técnicas frías sobre las partes corporales de cintura para abajo, esto es, de la extremidad inferior que son las que más sufren en el fútbol).

Por otra parte se descartaron jugadores profesionales o de élite, pues centrar el trabajo en futbolistas amateurs podría aportar más conocimientos al tratarse de jugadores más cercanos a la población rural o de clase media-baja y, por lo general, que disponen de menos recursos o de servicios de menos nivel a la hora de tratar las lesiones deportivas sufridas en relación a los jugadores de alto nivel.

Así mismo se excluyó cualquier deporte que no fuera fútbol (tenis, baloncesto, rugby, etc.); y dentro del fútbol también se dejaron de lado aquellos que no fueran "fútbol 11" (fútbol 7, fútbol sala, etc.). Para concretar más aún, se eliminaron aquellas investigaciones sobre terrenos que no fueran hierba natural; es decir, cuando se practicara o llevara a cabo en campos de hierba artificial o de tierra no se incluía en la búsqueda.

Por criterios de validez y rigor científico me centré exclusivamente en las investigaciones obtenidas, excluyendo las revisiones, debido a que este trabajo de fin de grado es en sí misma una *review* y no las consideré relevantes en mi trabajo final, y las comunicaciones cortas puesto que no tenían ni la validez ni el impacto suficiente.

En la **Figura 1** se presenta un diagrama de flujo que ilustra el proceso de búsqueda bibliográfica en base a los criterios de inclusión y exclusión descritos con detalle anteriormente.

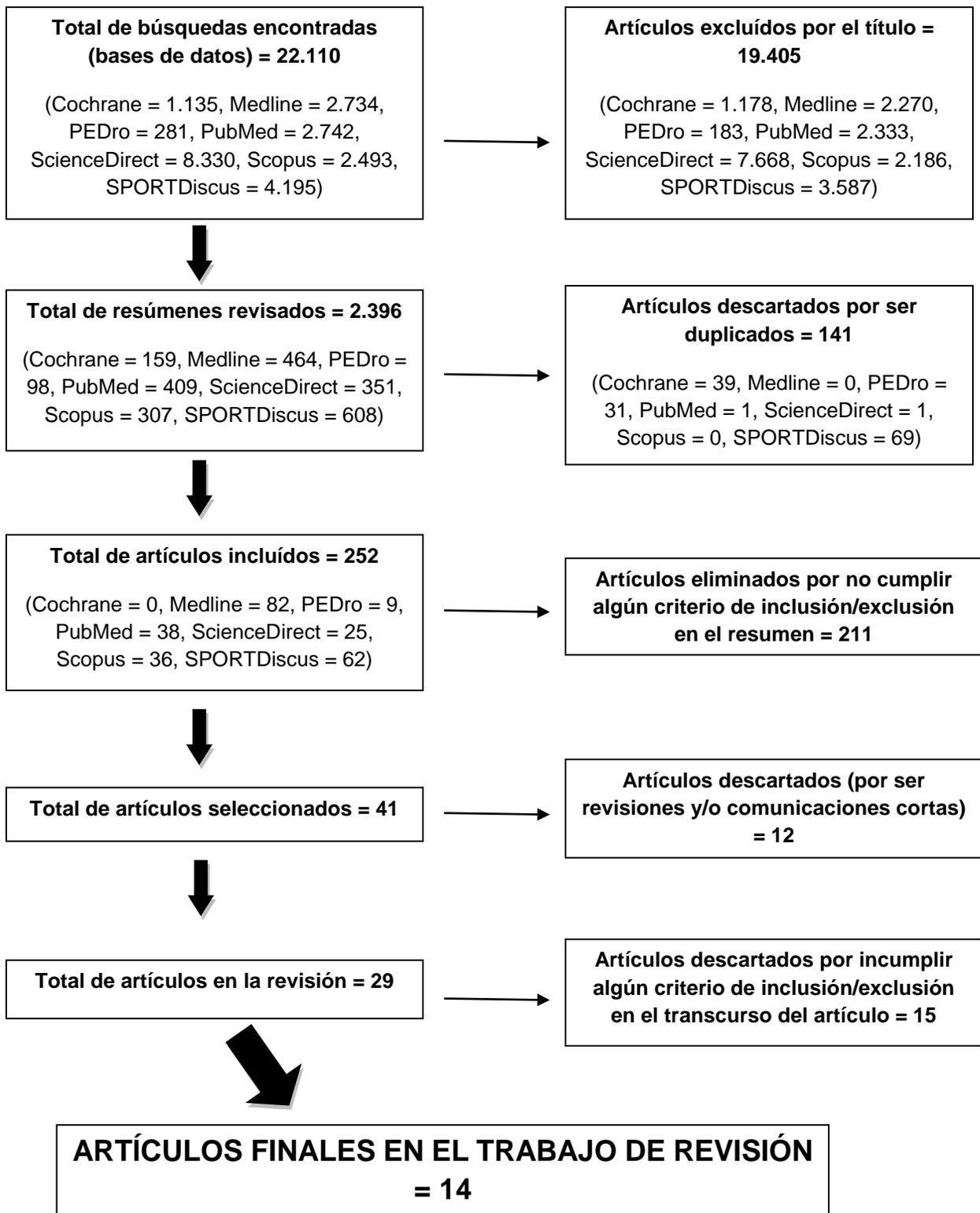


Figura 1. Diagrama de flujo que describe el proceso de selección y exclusión de los artículos según las bases de datos consultadas

3. Resultados

3.1. Resultados de la búsqueda

En total se encontraron 22.110 artículos. Estos artículos fueron evaluados según los criterios de inclusión/exclusión, descartándose así los que no cumplían algún requisito de los mencionados en el apartado anterior. Finalmente y siguiendo muy estrictamente los requisitos de validez, la búsqueda completó un total de catorce artículos. Un resumen de cada estudio se puede apreciar más adelante en la **Tabla 1**.

3.2. Estudios incluidos

En la presente revisión bibliográfica se han descrito diversas formas de aplicar crioterapia por medio de *metodologías* y *procedimientos* (se muestran en la **Tabla 2**) que incluyen: paquete de gel frío envuelto en una toalla seca y colocado sobre el músculo cuádriceps a una temperatura media de 0,3 °C durante 20 minutos (Häkkinen, Kautiainen, Mustalampi, Weir y Ylinen, 2012); bolsas de hielo triturado (750 g) sobre el gastrocnemio medial entre 15 y 60 minutos (Hart et al., 2015), bolsas de hielo triturado (de 1,1 kg aproximadamente) con presión y sin presión sobre los maléolos del tobillo dominante durante 20 minutos (Miller, Sebastianelli, Vairo y Williams, 2013); bolsas (de polietileno transparentes) de hielo cubicado (en cubitos), triturado y humedecido (hielo que ha empezado a fundirse o derretirse) sobre la cara posterior del gastrocnemio derecho durante 20 minutos (Baker et al., 2009); inmersión en agua fría a 15 ± 1 °C durante 15 minutos (Gailiuniene et al., 2006); bolsa de hielo con compresión en la articulación del tobillo durante 20 minutos (Berg, Cross, Hart, Ingersoll y Palmieri-Smith, 2007); bolsa de hielo machacada (1,5 l de hielo triturado), masaje con hielo (bloque congelado de hielo) en movimientos circulares continuos e inmersión en agua fría (agua y hielo) a 12 °C hasta que el sujeto tuviera una sensación de entumecimiento (Campbell, Hart, Love, Pritchard y Saliba, 2013); inmersión en agua a unos 2 °C durante 20 minutos (Alonso, Guirrol, Liporaci, Macedo y Vieira, 2014); inmersión en agua a 6 °C durante 15 minutos en el tobillo (Ghafarinejad, Khanmohammadi y Someh, 2011); bolsas de hielo húmedo (2000 ml de hielo y 300 ml de agua), hielo cubico salado (2000 ml de hielo cubicado y 1/2 cucharada de sal) y hielo triturado salado (hielo triturado y 1/2 cucharada de sal) sobre el gastrocnemio posterior durante 30 minutos (Crowley, Donahue, Herzog, Hunter y Ostrowski, 2016); crioterapia de cuerpo entero (WBC) en una cabina cryo a bajas temperaturas (entre -140 y -195 °C) para ver su efecto en los isquiotibiales (Fonda y Sarabon, 2013); inmersión en agua fría hasta la cresta ilíaca durante 10 minutos a una temperatura de unos 10 °C (Bailey et al., 2007); aplicación de hielo (una

bolsa de plástico con 1,5 kg de hielo triturado) durante 30 minutos a la planta del pie y la pantorrilla (suela, tobillo y ternero) (Guirro, Moraes y Muniz, 2015); aplicación con hielo húmedo (1 kg de hielo triturado envuelto en una bolsa de algodón en la cara lateral del tobillo) e inmersión en agua fría (3 kg de hielo triturado en una caja con agua fría hasta que cubriera 1/3 de la pierna entre 1 y 4 °C) durante 10 minutos para ver el efecto en el tobillo (Bleakley, Mitchell y Thain, 2015).

En cuanto al *tipo de ejercicio* o *protocolo*, se indujo daño muscular excéntrico a los participantes a través de: la realización de 100 ejercicios unilaterales de reducción del talón de un paso al ritmo de un metrónomo (2 series de 50 contracciones separadas por un intervalo de descanso de 5 minutos) (Hart et al., 2015). El ejercicio intermitente prolongado por medio de una carrera de lanzadera de 90 minutos que produce daño y dolor muscular intenso, a una intensidad promedio del 75% de VO₂máx (Bailey et al., 2007). En otra investigación experimental, con una plataforma de fuerza que proporcionó valores máximos y mínimos de fuerza de reacción en el suelo, se evaluó la fuerza de iniciación de la marcha, la máxima propulsión, las fuerzas de frenado y los impulsos (Guirro, Moraes y Muniz, 2015).

Los siguientes estudios se centraron en la articulación del tobillo, muchos de ellos forzaban o simulaban un esguince del mismo: Berg, Cross, Hart, Ingersoll y Palmieri-Smith (2007) forzaron una inversión repentina de tobillo a unos 25° por medio de una rampa para provocar perturbación y ver los efectos de su posterior aplicación de crioterapia en el tobillo. En otra investigación se usó una plataforma de inclinación para forzar el tobillo a 30 ° de inversión antes, inmediatamente después y 10, 20 y 30 minutos después de la inmersión en agua fría a 2 °C durante 20 minutos (Alonso, Guirrol, Liporaci, Macedo y Vieira, 2014). En el estudio de Ghafarinejad, Khanmohammadi y Someh (2011) se midió la sensación de la posición de la articulación del tobillo (JPS) que tiene el sujeto en el rango medio de flexión y dorsiflexión plantar a 20° activamente y pasivamente; es decir, la diferencia de las propiocepciones (diferencia del ángulo percibido y el real) en la pierna dominante por medio del goniómetro a unos 10° de la flexión dorsal del tobillo. También encontramos la simulación de un esguince lateral de tobillo por medio de un movimiento combinado de inversión y flexión plantar en una plataforma que provoca 4 perturbaciones en cada extremidad (Bleakley, Mitchell y Thain, 2015).

Por otra parte, se aprecian estudios que utilizaron un protocolo de ejercicio basado en los saltos y/o el equilibrio estático o dinámico: Gailiuniene et al. (2006) realizaron dos series de 100 saltos (DJs) de 0,75 m con las rodillas en ángulo de 90° y con contra movimiento

aprovechando el rebote, a intensidad máxima con 20 segundos de descanso entre saltos. También Miller, Sebastianelli, Vairo y Williams (2013) con la Prueba de Balance de Excursión Estrella (estar de pie descalzo en una pierna, manteniendo el equilibrio 10 segundos), altura de salto vertical (alcanzar lo más lejos posible con una pierna en cada una de las tres direcciones, manteniendo el equilibrio sobre la pierna opuesta), análisis del centro de presión (COP) y distancias de alcance de equilibrio dinámico. El centro de la longitud de la trayectoria de presión se evaluó a través de una plataforma de fuerza durante una tarea de equilibrio estático de una sola pierna bajo condiciones de ojos abiertos y ojos cerrados. La altura relativa de salto vertical se evaluó usando una prueba de salto vertical de una sola pierna. Fonda y Sarabon (2013) ejecutaron un protocolo de daño de los músculos isquiotibiales realizando 5 series de 10 saltos de caída de 0,6 m con énfasis en el movimiento de flexión-extensión de la cadera.

La mayoría de estudios incluyeron *sujetos* masculinos; solo fue mayor la proporción de chicas que de chicos en los siguientes: Häkkinen, Kautiainen, Mustalampi, Weir y Ylinen (2012) que reunieron 27 mujeres y 12 hombres; Hart et al. (2015), 15 mujeres y 3 hombres; Miller, Sebastianelli, Vairo y Williams (2013) 21 mujeres y 9 hombres; Campbell, Hart, Love, Pritchard y Saliba (2013) 18 mujeres y 12 varones. En solo dos estudios -(Ghafarinejad, Khanmohammadi y Someh, 2011) y (Guirro, Moraes y Muniz, 2015)- solo fueron mujeres las participantes (30 y 29 respectivamente). La media de las características antropométricas de los sujetos fue: edad = 23,88 años; altura = 173,67 cm; peso = 74,68 kg.

En los estudios que lo especifican o consideraron oportuno, la medida media de la temperatura en los distintos protocolos de intervención fue de $-9,17^{\circ}\text{C}$ y el tiempo medio de duración de las distintas técnicas de enfriamiento fue de unos 18,88 minutos. El descanso promedio entre las aplicaciones de crioterapia (el intervalo de tiempo entre repetidas intervenciones o exposiciones de crioterapia) fue de 198,84 horas en las investigaciones que no realizaron una única aplicación de frío. Por otra parte, el tiempo de descanso activo entre los estímulos (o distintos protocolos de ejercicio) que provocan estrés fatigante fue de 1,3 minutos.

Autores	Título	Año	Tipo de estudio	Conclusión
Häkkinen, A., Kautiainen, H., Mustalampi, S., Weir, A. y Ylinen, J.	Acute effects of cold packs on mechanical properties of the quadriceps muscle in healthy subjects	2012	Estudio transversal	El músculo cuádriceps se vuelve más tenso, más rígido y menos elástico tras 20' de enfriamiento. Tras 15' de enfriamiento no se recuperaron las propiedades mecánicas.
Hart, J.M., Herman, D.C., Hertel, J., Liu, Z., Saliba, S. A., Selkow, N. M.	Blood flow after exercise-induced muscle damage	2015	Estudio de laboratorio controlado aleatorizado	El daño muscular excéntrico aumenta el flujo sanguíneo y el hielo no disminuye la perfusión muscular 48 horas después del ejercicio (cuando el flujo sanguíneo está elevado –durante la inflamación-) pero calma o controla el dolor.
Miller, S.J., Sebastianelli, W.J., Vairo, G.L. y Williams, E.E.	Comparative immediate functional outcomes among cryotherapeutic interventions at the ankle	2013	Estudio cruzado en laboratorio	Los efectos inmediatos de la crioterapia aplicada a la articulación del tobillo no son perjudiciales para el equilibrio y el desempeño de las extremidades inferiores, a corto plazo.
Baker, R.J., Cheatham, C. C., Dykstra, J. H., Hill, H. M., Michael, T. J., Miller, M. G.	Comparisons of cubed ice, crushed ice and wetted ice on intramuscular and surface temperature change	2009	Estudio longitudinal	En comparación con el hielo en cubos o el hielo triturado, el hielo húmedo produjo cambios de temperatura mayores y más rápidos en los tejidos superficiales del gastrocnemio. Intramuscularmente, el hielo húmedo produjo cambios de temperatura que eran similares a los del hielo en cubos. Sin embargo, ambos produjeron temperaturas que eran más bajas que las del hielo triturado.
Gailiuniene, A., Krutulyte, G., Mamkus, G., Sipaviciene, S., Skurvydas, A., Stanislovaitis, A., Stasiulis, A.	Cooling leg muscles affects dynamics of indirect indicators of skeletal muscle damage	2006	Estudio experimental	La inmersión en agua fría después del ciclo de acortamiento-estiramiento (SSE) acelera la desaparición de la mayoría de los indicadores indirectos de EIMD.
Berg, C.L., Cross, K.M., Hart, J.M., Ingersoll, C.D. y Palmieri-Smith, R.	Cryotherapy does not affect peroneal reaction following sudden inversion	2007	Estudio experimental	La crioterapia no afecta a la reacción del músculo peroneo después de la perturbación repentina de la inversión.
Campbell, W., Hart, J.M., Love, H.N., Pritchard, K.A. y Saliba, S.A.	Cryotherapy effects, part 1: Comparison of skin temperatures and patient-reported sensations for different modes of administration	2013	Estudio experimental aleatorizado	El masaje con hielo puede ser el mejor modo de administración de crioterapia para lograr la anestesia lo más rápido posible, mientras que la inmersión en agua fría y la aplicación de bolsas de hielo pueden ser más adecuadas para lograr la reducción del dolor asociada con la estimulación nociva de los receptores cutáneos.

Alonso, C.S., Guirrol, R.R.J., Liporaci, R.F., Macedo, C.S.G. y Vieira, F.	Cold water immersion of the ankle decreases neuromuscular response of lower limb after inversion movement	2014	Estudio experimental	El pico de la media cuadrática (RMS) máxima fue significativamente menor en todo momento después de la inmersión en agua fría, con efecto residual de hasta 30 minutos, en comparación con la inmersión previa de todos los músculos, excepto para la inmersión inmediata para el glúteo mediano. Después de la inmersión en agua fría del tobillo, se debe prestar especial atención a las actividades que requieren mayor control neuromuscular.
Ghafarinejad, F., Khanmohammadi, R. y Someh, M.	The effect of cryotherapy on the normal ankle joint position sense.	2011	Diseño experimental.	Los hallazgos sugieren que una crioterapia de 15 minutos (6 ± 1 ° C) no es perjudicial para el sentido de la posición de la articulación (JPS) y se puede utilizar de forma segura sin temor a sufrir un nuevo daño debido a una disminución de la propiocepción.
Crowley, C., Donahue, M., Herzog, V., Hunter, E.J. y Ostrowski, J.	Effect of salted ice bags on surface and intramuscular tissue cooling and rewarming rates.	2016	Diseño de contrapeso repetido (cruzado).	Las bolsas de hielo en cubitos salados y de hielo húmedo son igualmente eficaces para disminuir la temperatura intramuscular y superiores a las de una bolsa de hielo tradicional.
Fonda, B. y Sarabon, N.	Effects of whole-body cryotherapy on recovery after hamstring damaging exercise: A crossover study.	2013	Estudio cruzado.	Los resultados del presente estudio no proporcionan un apoyo concluyente para el uso de crioterapia de cuerpo entero como una técnica para mejorar la recuperación funcional después del EIMD. El WBC requiere más investigación para ser aceptado como una modalidad de recuperación efectiva.
Bailey, D. M., Brewer, D. S., Dowson, A., Erith, S. J., Gant, N., Griffin, P. J., Williams, C.	Influence of cold-water immersion on indices of muscle damage following prolonged intermittent shuttle running.	2007	Estudio experimental.	La crioterapia aplicada como una sola dosis de inmersión en agua fría inmediatamente después del ejercicio es efectiva para reducir algunos de los síntomas deletéreos asociados con el daño muscular inducido por el ejercicio. Los mecanismos precisos responsables de este beneficio requieren mayor claridad.
Guirro, R.R.J., Moraes, R. y Muniz, T.B.	Lower limb ice application alters ground reaction force during gait initiation.	2015	Estudio experimental.	Los resultados sugieren que aunque la precaución es necesaria cuando se realizan actividades que requieren un buen control de la marcha, la aplicación de hielo en el tobillo, la planta del pie o la pantorrilla en intervalos de 30' puede ser segura, incluso antes de tales actividades.

Bleakley, C.M., Mitchell, A.C.S. y Thain, P.K.	Muscle reaction time during a simulated lateral ankle sprain after wet-ice application or cold-water immersion.	2015	Ensayo clínico controlado aleatorizado.	Diez minutos de enfriamiento de las articulaciones con aplicación de hielo húmedo o inmersión en agua fría no afectaron negativamente el tiempo de reacción muscular o la amplitud muscular en respuesta a un esguince lateral simulado de tobillo. Los atletas pueden regresar con seguridad a la actividad deportiva inmediatamente después de 10 minutos de enfriamiento de la articulación del tobillo. El hielo puede aplicarse antes de la rehabilitación del tobillo sin afectar negativamente al control dinámico.
--	---	------	---	--

Tabla 1. Estudios incluidos en la revisión.

Cita del artículo	Participantes	Intervención	Resultados
Mustalampi, S., Ylinen, J., Kautiainen, H., Weir, A. y Häkkinen, A. (2012)	Treinta y nueve sujetos sanos (27 mujeres, 12 hombres)	Se aplicó un paquete de gel frío al músculo cuádriceps durante 20'. Las propiedades fueron cuantificadas analizando la frecuencia (tensión), la disminución (elasticidad) y la rigidez de las oscilaciones amortiguadas y el cumplimiento del músculo antes, inmediatamente después y tras 15' del enfriamiento.	Las mayores respuestas después del enfriamiento se observaron en la reducción del parámetro de oscilación y de cumplimiento. Las respuestas en la frecuencia de oscilación y parámetros de rigidez también fueron estadísticamente significativos. El cumplimiento (conformidad) todavía mostró una disminución después de la fase de recuperación de 15', mientras que no se vio alteración en los parámetros de oscilación.
Hart, J. M., et al. (2015)	Dieciocho participantes sanos (3 hombres, 15 mujeres)	Para inducir el daño del músculo excéntrico, los participantes realizaron 100 ejercicios unilaterales de reducción del talón de un paso al ritmo de un metrónomo. Se aplicó una intervención aleatoria (crioterapia, farsa, control) a la extremidad inferior ejercida inmediatamente después del protocolo y nuevamente a las 10, 24 y 34 horas después del protocolo.	No hubo interacciones entre las intervenciones para la perfusión microvascular. El volumen y flujo sanguíneo, sin embargo, aumentaron en todas las condiciones 48 horas después del ejercicio (P, .001), y la velocidad del flujo sanguíneo disminuyó después de la intervención desde la línea de base (P.0,041). Las puntuaciones de la escala analógica visual fueron menores para el grupo de crioterapia que para el grupo de control a las 34 y 48 horas después del ejercicio.

Williams, E.E., Miller, S.J., Sebastianelli, W.J. y Vairo, G.L. (2013)	Treinta participantes (9 hombres, 21 mujeres)	La variable independiente fue el modo de tratamiento: sin hielo, hielo sin compresión y hielo con compresión. Las variables dependientes incluyeron excursiones de centro de presión (COP), distancias de alcance de equilibrio dinámico y altura de salto vertical para la pierna dominante. Los participantes se sometieron a tres sesiones de prueba separadas por intervalos de descanso de 72 horas	Equilibrio dinámico: no hubo diferencias estadísticamente significativas en las distancias de alcance normalizadas (anterior: $p = 0,568$; posteromedial: $p = 0,849$; posterolateral: $p = 0,499$) para la SEBT modificada entre las condiciones. Equilibrio estático: no hubo diferencias estadísticamente significativas en condiciones de COP con los ojos abiertos (longitud de la trayectoria: $p = 0,835$, velocidad media: $P = 0,844$) y cerrados (longitud de la trayectoria: $p = 0,713$, velocidad media: $P = 0,800$) entre las condiciones de crioterapia. Rendimiento funcional: no hubo diferencias estadísticamente significativas en la altura del salto vertical de una sola pierna ($p = 0,610$).
Baker, R.J. et al. (2009)	Doce participantes sanos (6 hombres, 6 mujeres)	Los paquetes de hielo hechos con hielo en cubos, triturados o humedecidos se aplicaron a un área estandarizada en la cara posterior del gastrocnemio derecho durante 20'. Al participante se le administraron tratamientos de hielo separados, con al menos 4 días entre las sesiones de tratamiento.	Se observaron diferencias entre todos los tratamientos. En comparación con el tratamiento con hielo triturado, los tratamientos con hielo en cubos y con hielo húmedo produjeron temperaturas superficiales e intramusculares inferiores. El hielo húmedo produjo el mayor cambio general de temperatura durante el tratamiento y la recuperación, y el hielo triturado produjo el menor cambio.
Gailiuniene, A. et al. (2006)	Veinte hombres sanos no entrenados	Se realizaron dos veces SSE consistente en 100 saltos (DJs) de 0,75 m de altura realizados con intensidad máxima con un intervalo de 20 s entre los saltos. DJs se realizaron con contra-movimiento a 90 grados de ángulo en la rodilla y con rebotes inmediatos máximos. Se sumergieron las piernas inmediatamente después de SSE, así como después de 4, 8 y 24 horas en un baño lleno de agua a $15 \pm 1^{\circ}\text{C}$.	La fuerza muscular de contracción voluntaria (MVCF), la fuerza evocada por la electroestimulación (ESF) y la altura de salto (H) disminuyeron significativamente ($P < 0,001$) y no fueron restaurados después de 72 horas en el grupo que no recibió el enfriamiento. A las 24-48 horas después del SSE, los sujetos sintieron un gran dolor muscular y la actividad de la creatina kinasa (CK) en la sangre aumentó ($P < 0,001$). El enfriamiento aceleró significativamente la desaparición de todos estos indicadores, excepto para la fatiga de baja frecuencia, entre 24 y 72 horas después de la SSE.

<p>Berg, C.L., Hart, J.M., Palmieri-Smith, R., Cross, K.M. & Ingersoll, C.D. (2007)</p>	<p>Veintisiete sujetos sanos (14 varones, 13 mujeres)</p>	<p>Los sujetos tenían una pierna en la trampa-puerta de encargo, de espaldas al probador y con auriculares (no podían ver o escuchar la liberación de la puerta de la trampa). El mecanismo fue liberado haciendo que la trampa-puerta caiga en 25 ° de inversión. El EMG se registró en 3 ensayos (el peso completo se apoyaba en la pierna dominante al soltar el mecanismo de la puerta de la trampa). Se aplicó una bolsa de hielo en el tobillo durante 20'. Si no hubo reacción adversa, los sujetos realizaron 3 ensayos de perturbación del tobillo. Los sujetos realizaron 3 ensayos adicionales de perturbación del tobillo tras descansar sentados 15' y de nuevo 30' después de la crioterapia.</p>	<p>La crioterapia de 20' al tobillo no provocó un cambio significativo en el inicio del músculo peroneo ($F_{3,78} = 0,18$, $P = 0,91$, $1-\beta = 0,081$) o en la actividad del músculo peroneo ($F_{3,78} = 2,0$, $P = 0,12$, $1-\beta = 0,50$). Para la condición de control no hubo diferencias significativas para el tiempo de inicio del músculo peroneo ($F_{3,78} = 1,83$, $P = 0,149$, $1-\beta = 0,458$) o la actividad total del músculo peroneo ($F_{3,78} = 0,638$, $P = 0,593$, $1-\beta = 0,178$). Determinamos la magnitud del efecto del tratamiento de crioterapia en la articulación del tobillo (d de Cohen) sobre el tiempo de reacción peroneal y la activación del músculo peroneo. Se calcularon los tamaños de efecto -0,70, -0,17 y -0,49 para el tiempo de reacción peroneal medido a 0, 15 y 30' tras la crioterapia, respectivamente.</p>
<p>Love, H.N., Campbell, W., Pritchard, K.A., Hart, J.M. y Saliba, S.A. (2013)</p>	<p>30 sujetos sanos (12 varones, 18 mujeres)</p>	<p>El masaje con hielo se administró con un bloque congelado que se aplicó en movimientos circulares continuos a una velocidad de 4 cm / s (sincronizada con un metrónomo). Cada bolsa de plástico (38 x 21 cm) contenía 1,5 l de hielo triturado, con el aire evacuado de la bolsa. Las bolsas de hielo se aseguraron contra la superficie de la piel con un envoltorio elástico. La inmersión en agua fría de la parte inferior de la pierna se mantuvo a 12 ° C. Cada aplicación de frío se terminó cuando el sujeto informó una sensación de entumecimiento.</p>	<p>Los participantes experimentaron diversas sensaciones durante los tratamientos de crioterapia, como frío, estrechez, hormigueo, escozor y adormecimiento. Durante el masaje con hielo, los participantes informaron de frío en los primeros 3' y entumecimiento en el minuto 5. Durante la inmersión en agua fría, informaron sensación de frío durante los primeros 3' y entumecimiento al minuto 6. Para el tratamiento con bolsa de hielo triturada, informaron frío durante los primeros 2', sensación alterada entre los 3-9' y entumecimiento al minuto 10. El masaje con hielo produjo una disminución significativamente mayor en la temperatura de la piel respecto a los otros tratamientos.</p>
<p>Macedo, C.S.G., Alonso, C.S., Liporaci, R.F., Vieira, F. y Guirro, R.R.J. (2014)</p>	<p>35 sujetos universitarios sanos y activos (todos varones)</p>	<p>Se obtuvieron los valores máximos del cuadrado medio de la raíz (RMS) del gastrocnemio lateral (LG), tibial anterior (TA), fibular largo (FL), recto femoral (RF) y glúteo medio (GM), antes, inmediatamente después y 10, 20 y 30 minutos después de la inmersión en agua fría a 4 ± 2 ° C.</p>	<p>La temperatura de la superficie de la piel antes y después de la inmersión en agua fría fue de $27,7 \pm 3$ ° C y $7,1 \pm 1$ ° C respectivamente ($p = 0,0001$). Los valores máximos de RMS fueron significativamente más bajos para todos los tiempos de post-inmersión en comparación con pre-inmersión para todos los músculos, excepto para GM.</p>

<p>Khanmohammadi, R., Someh, M. y Ghafarinejad, F. (2011)</p>	<p>Treinta voluntarias sanas</p>	<p>Crioterapia de 15' a 6 ± 1 ° C. La temperatura de la piel del sujeto sobre el aspecto anteromedial del tobillo dominante se midió por el dispositivo de Mayomed antes, inmediatamente y 15' después de la inmersión en agua. El sentido de la posición de la articulación del tobillo se probó a través del goniómetro de pedal en 3 etapas similares a la temperatura de la piel</p>	<p>La temperatura de la piel disminuyó tras la inmersión en agua, pero los sujetos no regresaron a la temperatura de la piel antes de la prueba después de 15' ($P < 0,001$). No hubo diferencias significativas en el rango medio de flexión plantar activa $F(2, 58) = 0,32$, $P = 0,72$ y flexión plantar pasiva $F(2, 58) = 0,36$, $p = 0,69$ y dorsiflexión activa $F(2, 58) = 0,21$, $P = 0,80$ y dorsiflexión pasiva $F(2, 58) = 2$, $P = 0,14$ después de la crioterapia.</p>
<p>Hunter, E.J., Ostrowski, J., Donahue, M., Crowley, C. y Herzog, V. (2016)</p>	<p>24 participantes sanos (13 hombres, 11 mujeres)</p>	<p>Bolsas de hielo húmedo (2000 ml de hielo y 300 ml de agua), hielo cubico salado (2000 ml de hielo cubicado y 1/2 cucharada de sal) y hielo triturado salado (hielo triturado y 1/2 cucharada de sal) se aplicaron al gastrocnemio posterior durante 30'.</p>	<p>Hubo diferencias respecto a la línea base en todos los tratamientos. Las bolsas de hielo húmedo y en cubitos salados forzaron temperaturas intramusculares más bajas que la bolsa de hielo triturado con sal. El hielo húmedo forzó un mayor cambio de temperatura en los tejidos cutáneos.</p>
<p>Fonda, B. y Sarabon, N. (2013)</p>	<p>Once jóvenes adultos varones sanos</p>	<p>Efectos de WBC en los parámetros bioquímicos, de dolor y rendimiento en la recuperación 5 días tras el ejercicio perjudicial de los isquiotibiales. Ejercicio de daño en dos ocasiones (control y experimental) separadas 10 semanas. Durante el control, los sujetos no recibieron tratamiento tras el ejercicio perjudicial. El grupo experimental consistía en WBC todos los días durante la recuperación con exposiciones de 3' a $-140/-195$ ° C. Durante la recuperación, fueron sometidos a pruebas de detección bioquímica, marcadores, sensación de dolor percibida y desempeño físico (salto en cuclillas, salto de contra movimiento, etc.), producción de par isométrico máximo y producción de par isométrico con máxima explosión).</p>	<p>No hubo cambios estadísticamente significativos en los valores basales entre las dos condiciones para ninguno de los parámetros medidos. Se observaron efectos de tiempo estadísticamente significativos para la mayoría de las medidas de rendimiento bajo la condición de control. El aumento del pico (ocho veces) en CK se observó 24 horas después del ejercicio. No se observaron interacciones de tiempo significativo ($P > 0,05$) para ninguno de los parámetros bioquímicos. Se observó una interacción estadísticamente significativa (condición de tiempo) entre las condiciones para la sensación de dolor durante el reposo [$F(2.7, 24.3) = 5.120$; $P = 0,008$] y durante la posición en cuclillas [$F(2,5, 22,1) = 4,166$; $P = 0,018$].</p>

<p>Bailey, D. M. et al. (2007)</p>	<p>Veinte hombres sanos</p>	<p>Ejercicio intermitente prolongado (completar una carrera de lanzadera intermitente de 90', que producía daño muscular y dolor intenso). Inmediatamente después del ejercicio, el grupo de crioterapia sumergió sus miembros inferiores (asegurando que la cresta ilíaca estaba completamente sumergida) en un baño de agua fría durante 10'. El agua se mantuvo a una temperatura media de 10°C mediante la adición de hielo triturado y se agitó repetidamente para evitar la formación de una capa límite más caliente. Los participantes del control permanecieron en reposo en la misma posición sentada que los participantes experimentales.</p>	<p>La frecuencia cardíaca disminuyó durante el período de tratamiento de 107 latidos/ min a 94 latidos/ min (P50,05) y continuó disminuyendo (87 latidos/ min 15' tras el tratamiento (P50,05) en ambos grupos. La crioterapia no tuvo efecto sobre la respuesta de la frecuencia cardíaca cuando se comparó con el grupo control. La temperatura corporal central disminuyó de 37,98°C a 37,7 ° C durante el período de tratamiento y continuó disminuyendo 15' después del tratamiento (37,48 °C) (P50,05), pero no fue diferente entre los grupos. La percepción de frialdad se elevó durante la crioterapia en comparación con el grupo control (media 1, sx¼1) y se mantuvo elevada durante la recuperación (P50.05).</p>
<p>Muniz, T.B., Moraes, R. y Guirro, R.R.J. (2015)</p>	<p>21 jóvenes universitarias</p>	<p>Se evaluó las fuerzas de iniciación de la marcha, la máxima propulsión, las fuerzas de frenado y los impulsos a través de una plataforma de fuerza, que proporcionó valores máximos y mínimos de fuerza de reacción en el suelo. Para evaluar los efectos del enfriamiento, se inició la marcha antes de la aplicación del hielo, inmediatamente después y 30' tras retirar el paquete de hielo. Cada sujeto se sometió a aplicación de hielo a las tres regiones en tres días diferentes con un intervalo mínimo de 48 horas entre las aplicaciones, y cada sesión de aplicación de hielo duró 30'.</p>	<p>Se demostró que la aplicación de hielo durante 30' a la planta del pie y la pantorrilla resultó en cambios significativos en las variables de fuerza verticales, que regresaron a sus valores de pre-aplicación 30' después de la retirada del paquete de hielo. La aplicación de hielo en el tobillo sólo reduce el impulso de propulsión.</p>
<p>Thain, P. K., Bleakley, C. M. y Mitchell, A. C. S. (2015)</p>	<p>58 individuos físicamente activos (30 hombres, 28 mujeres)</p>	<p>Aplicación con hielo húmedo, inmersión en agua fría o una condición de control no tratada aplicada al tobillo durante 10'.</p>	<p>No observamos cambios en el tiempo de reacción muscular ni en la amplitud muscular después de la crioterapia, ya sea para el peroneo largo o tibial anterior (p <0,05).</p>

Tabla 2. Características de los estudios.

Estudio	Estudio aleatorizado	Descripción método aleatorización	Aleatorización Adecuada	Doble ciego	Descripción método cegamiento	Cegamiento Adecuado	Descripción pérdidas seguimiento y abandono	Puntuación total
Mustalampi, S., Ylinen, J., Kautiainen, H., Weir, A. y Häkkinen, A.	SÍ 1 punto	SÍ 1 punto	SÍ 0 puntos	SÍ 1 punto	NO 0 puntos	NO -1 punto	SÍ 1 punto	3
Hart, J. M., et al.	SÍ 1 punto	SÍ 1 punto	SÍ 0 puntos	NO 0 puntos	SÍ 1 punto	SÍ 0 puntos	SÍ 1 punto	4
Williams, E.E., Miller, S.J., Sebastianelli, W.J. y Vairo, G.L.	SÍ 1 punto	SÍ 1 punto	SÍ 0 puntos	NO 0 puntos	NO 0 puntos	SÍ 0 puntos	SÍ 1 punto	3
Baker, R.J. et al.	SÍ 1 punto	SÍ 1 punto	SÍ 0 puntos	NO 0 puntos	NO 0 puntos	SÍ 0 puntos	SÍ 1 punto	3
Gailiuniene, A. et al.	SÍ 1 punto	SÍ 1 punto	SÍ 0 puntos	SÍ 1 punto	NO 0 puntos	NO -1 punto	SÍ 1 punto	3
Berg, C.L., Hart, J.M., Palmieri-Smith, R., Cross, K.M. & Ingersoll, C.D.	SÍ 1 punto	SÍ 1 punto	SÍ 0 puntos	SÍ 1 punto	SÍ 1 punto	NO -1 punto	SÍ 1 punto	4
Love, H.N., Campbell, W., Pritchard, K.A., Hart, J.M. y Saliba, S.A.	SÍ 1 punto	SÍ 1 punto	SÍ 0 puntos	NO 0 puntos	SÍ 1 punto	NO -1 punto	SÍ 1 punto	3
Macedo, C.S.G., Alonso, C.S., Liporaci, R.F., Vieira, F. y Guirro, R.R.J.	SÍ 1 punto	SÍ 1 punto	SÍ 0 puntos	NO 0 puntos	SÍ 1 punto	SÍ 0 puntos	SÍ 1 punto	4

Khanmohammadi, R., Someh, M. y Ghafarinejad, F.	SÍ 1 punto	NO 0 puntos	SÍ 0 puntos	SÍ 1 punto	NO 0 puntos	SÍ 0 puntos	SÍ 1 punto	3
Hunter, E.J., Ostrowski, J., Donahue, M., Crowley, C. y Herzog, V.	SÍ 1 punto	SÍ 1 punto	SÍ 0 puntos	NO 0 puntos	NO 0 puntos	SÍ 0 puntos	SÍ 1 punto	3
Fonda, B. y Sarabon, N.	SÍ 1 punto	SÍ 1 punto	SÍ 0 puntos	SÍ 1 punto	SÍ 1 punto	SÍ 0 puntos	NO 0 puntos	4
Bailey, D. M. et al.	SÍ 1 punto	SÍ 1 punto	SÍ 0 puntos	SÍ 1 punto	SÍ 1 punto	NO -1 punto	SÍ 1 punto	4
Muniz, T.B., Moraes, R. y Guirro, R.R.J.	NO 0 puntos	SÍ 1 punto	SÍ 0 puntos	SÍ 1 punto	SÍ 1 punto	NO -1 punto	SÍ 1 punto	3
Thain, P.K., Bleakley, C.M. y Mitchell, A.C.S.	SÍ 1 punto	SÍ 1 punto	SÍ 0 puntos	SÍ 1 punto	SÍ 1 punto	NO -1 punto	SÍ 1 punto	4

Tabla 3. Análisis de la calidad metodológica de los estudios (escala de Jadad).

4. Discusión

En esta revisión sistemática de las investigaciones que han abordado la prevención o recuperación de lesiones con técnicas frías (crioterapia) como masajes con hielo, inmersión en agua fría y otros procedimientos, se incluyeron catorce estudios (los cuales aparecen detallados en las **Tablas 1 y 2**). La mayoría fueron investigaciones originales, de calidad media según la Escala de Jadad, realizadas en la última década, desde el 2006 hasta octubre de 2016.

Se discutió en función del medio o forma de aplicación de crioterapia: un estudio utilizó un paquete de gel frío (Häkkinen et al., 2012), en ocho estudios (Hart et al., 2015; Miller, Sebastianelli, Vairo y Williams, 2013; Baker et al., 2009; Berg, Cross, Hart, Ingersoll y Palmieri-Smith, 2007; Campbell, Hart, Love, Pritchard y Saliba, 2013; Crowley, Donahue, Herzog, Hunter y Ostrowski, 2016; Guirro, Moraes y Muniz, 2015; Bleakley, Mitchell y Thain, 2015) el método común de aplicación fue el hielo (en cubitos, triturado, húmedo o salado) en bolsas de plástico o polietileno, con presión o sin presión sobre la articulación o zona a tratar. De estos ocho estudios, dos de ellos (Bleakley, Mitchell y Thain, 2015; Campbell, Hart, Love, Pritchard y Saliba, 2013) hicieron una comparativa del efecto del hielo en bolsas con otras técnicas como inmersión en agua fría o masajes con hielo. Por otra parte, cuatro investigaciones (Gailiuniene et al., 2006; Alonso, Guirrol, Liporaci, Macedo y Vieira, 2014; Ghafarinejad, Khanmohammadi y Someh, 2011; Bailey et al., 2007) se centraron en el análisis de la eficacia y las reacciones a la inmersión en agua fría. En cuanto a la crioterapia de cuerpo entero, solo se incluyó un artículo en la revisión (Fonda y Sarabon, 2013). A continuación se discuten los procedimientos observados en las investigaciones consultadas.

Siguiendo un orden de aplicación de más específica o localizada a más general nos encontramos con el estudio de Häkkinen, Kautiainen, Mustalampi, Weir y Ylinen (2012) quienes utilizaron un paquete de gel frío sobre el músculo cuádriceps, el cual se volvió más tenso, más rígido y menos elástico como resultado del enfriamiento. Las propiedades mecánicas no se recuperaron tras 15 minutos por lo que se recomienda un calentamiento cuidadoso después del enfriamiento para permitir la regularización de las propiedades mecánicas del músculo y evitar lesiones puesto que este músculo es uno de los más implicados en el fútbol, sobre todo a la hora de chutar o ejecutar un disparo a portería. Por otra parte, en cuanto al uso de bolsas de hielo, Hart et al. (2015) usaron unos 750 g de hielo

triturado en bolsas sobre el gastrocnemio medial de 15 a 60 minutos. Aunque la crioterapia controló el dolor, no disminuyó el flujo sanguíneo muscular 48 horas después del ejercicio excéntrico. Por tanto, los investigadores probablemente necesiten reexaminar los beneficios propuestos de la aplicación clínica de hielo.

En torno a 1,1 kg de hielo triturado utilizaron en 2013, Miller, Sebastianelli, Vairo y Williams, con presión y sin presión sobre los maléolos del tobillo dominante durante 20 minutos. Los hallazgos mostraron que no hay diferencias inmediatas en el desempeño de las extremidades inferiores entre los distintos modos de tratamiento (sin hielo, hielo sin compresión y hielo con compresión) y que se requiere investigación adicional para estudiar los efectos retardados de estas intervenciones; estos datos son importantes pues tanto el gastrocnemio como la articulación del tobillo se ven a menudo expuestos a lesión en el fútbol ya que intervienen en la totalidad de acciones de un partido al contraerse para iniciar la marcha o carrera y en los cambios explosivos de ritmo.

Otra investigación comparó el uso de bolsas de hielo en cubitos, triturado y humedecido (hielo que se está derritiendo) sobre la cara posterior del gastrocnemio derecho durante 20 minutos. Para la temperatura de la superficie, el hielo húmedo fue el más eficaz al disminuir la temperatura superficial durante el tratamiento y mantener la temperatura más baja durante la recuperación. Para la temperatura intramuscular, el hielo húmedo y en cubos fueron más eficaces que el hielo triturado. El hielo triturado fue más eficaz que el hielo en cubos en la reducción de la temperatura de la superficie durante el tratamiento, pero fue menos eficaz para mantener la temperatura más baja en la recuperación. De esta investigación de Baker et al. (2009) extraemos que el paquete de hielo mojado (hielo que ha empezado a fundirse) puede ser más eficaz que un paquete de hielo recién hecho y congelado y puede ser una mejor opción clínica que los paquetes de hielo cubicado o triturado para tratar lesiones e inducir rápidamente analgesia.

Crowley, Donahue, Herzog, Hunter y Ostrowski (2016), utilizaron bolsas de hielo húmedo, hielo cubico salado y hielo triturado salado sobre el gastrocnemio no dominante durante 30 minutos. Compararon la efectividad del enfriamiento en las temperaturas cutánea e intramuscular y probaron añadiendo sal a las bolsas de hielo. Las bolsas de hielo en cubitos húmedos y salados fueron igualmente eficaces a la hora de disminuir la temperatura intramuscular. Dada esta circunstancia, valdría la pena investigar y evaluar si hay un efecto sumativo cuando se combinan las dos condiciones (hielo en cubitos húmedos con hielo en cubitos salados).

En resumen, y de acuerdo con lo anteriormente expuesto, nos encontramos los estudios de Bleakley, Ferris y Glasgow (2014); Doberstein, Patterson, Reineke y Udermann (2008); Costello y Donnelly (2011); Goodall y Howatson (2008) que coinciden en que hay poca evidencia empírica; se necesitan más investigaciones, pues la evidencia de los ensayos clínicos sobre la efectividad de las técnicas o terapias frías para la recuperación de los deportistas sigue siendo equívoca. Hay poca orientación sobre la metodología más adecuada (temperatura, frecuencia y duración de la aplicación) del tratamiento de crioterapia.

En cuanto al retorno a la actividad tras la aplicación previa de crioterapia nos encontramos con los estudios de Bleakley, Mitchell y Thain (2015); Guirro, Moraes y Muniz (2015). Estos autores sugieren que los sujetos pueden regresar con seguridad a la actividad deportiva inmediatamente después del enfriamiento. Esto mismo pensaban Berg, Cross, Hart, Ingersoll y Palmieri-Smith (2007) que extrajeron que la crioterapia puede ser usada con seguridad antes de la actividad física pero que la decisión de retorno al ejercicio después de la crioterapia en el tobillo debe considerar todos los posibles factores de riesgo de lesión, incluyendo la inestabilidad, el dolor y la lesión previa.

En otros artículos que no se incluyeron en la revisión por no cumplir los criterios de validez (Costello y Donnelly, 2011; Da Rocha, Fukuchi y Stefanyshyn, 2015) la conclusión fue similar: antes del ejercicio no hay evidencia de un mayor riesgo de lesión (en el regreso a la actividad física) tras la inmersión en agua fría, aunque se necesita más investigación sobre la agudeza propioceptiva según la duración y temperatura de la aplicación de crioterapia.

Conjuntamente, Campbell, Hart, Love, Pritchard y Saliba (2013), utilizaron distintos modos de administración (una bolsa de hielo machacada, masaje con hielo e inmersión en agua fría) concluyendo que el masaje con hielo puede ser el mejor modo de administración de crioterapia para lograr la anestesia lo más rápido posible, mientras que la inmersión en agua y la aplicación de bolsas de hielo pueden ser mejores para reducir el dolor. Esta última conclusión se aprecia en el estudio de Bleakley, Ferris y Glasgow (2014) acerca de la reducción del daño muscular; a los 10 minutos de CWI a 6 °C se alcanzaron los niveles más bajos de dolor muscular.

En el estudio de Gailiuniene et al. (2006) los sujetos realizaron una inmersión en agua fría a unos 15°C durante 15 minutos y se extrajo que la inmersión puede ser positiva para acelerar la desaparición de la mayoría de los indicadores indirectos del EIMD. En consonancia con este estudio, están Ascensão, Leite, Magalhães, Magalhães y Rebelo

(2011) quienes aprecian que se reduce el daño muscular y la incomodidad tras la inmersión en agua fría inmediatamente después de un partido de fútbol contribuyendo a una recuperación más rápida de la función neuromuscular. En el estudio de Bailey et al. (2007), la inmersión en agua fría hasta la cresta ilíaca durante 10 minutos a una temperatura de unos 10 °C produjo unos resultados similares: la crioterapia aplicada como una sola dosis de inmersión en agua fría inmediatamente después del ejercicio es efectiva para reducir algunos de los síntomas asociados con el EIMD. Los mecanismos precisos responsables de este beneficio requieren mayor claridad, pero los hallazgos destacan la multitud de factores implicados en la etiología del EIMD.

Por otra parte, tras la inmersión del tobillo en agua fría se debe prestar especial atención a las actividades que requieren mayor control neuromuscular (Alonso, Guirrol, Liporaci, Macedo y Vieira, 2014). Ghafarinejad, Khanmohammadi y Someh (2011) reportaron que la inmersión de 15 minutos en agua a 6 ± 1 °C no es perjudicial para el sentido de la posición de la articulación (JPS) y se puede utilizar de forma segura sin temor a sufrir un nuevo daño en el tobillo debido a una disminución de la propiocepción. A excepción, Doberstein, Patterson, Reineke y Udermann (2008) llegaron a la conclusión de que la crioterapia es altamente efectiva en el tratamiento de lesiones atléticas agudas y crónicas. El efecto es instantáneo pero inmediatamente tras la crioterapia el deportista raramente alcanzará el máximo rendimiento. La efectividad depende del área corporal refrigerada y de la temperatura de la modalidad de intervención.

A favor de la inmersión en agua fría, nos encontramos los estudios de Coutts, Hill-Haas, Reaburn y Rowsell (2011) quienes apreciaron durante un torneo de fútbol de 4 días que se reduce la percepción de fatiga; es beneficiosa la crioterapia para mejorar la recuperación durante partidos de fútbol consecutivos. Así mismo, Ascensão, Leite, Magalhães, Magalhães y Rebelo (2011), comprobaron que se reduce el daño muscular y la incomodidad tras la inmersión en agua fría inmediatamente después de un partido de fútbol contribuyendo a una recuperación más rápida de la función neuromuscular (aún así, reportaron que se necesita más investigación para tener claras las ventajas y desventajas de los efectos del enfriamiento tras el ejercicio). En contra de esto, nos encontramos el estudio de Goodall y Howatson (2008) sobre inmersiones repetidas en agua fría que no mejoraron la recuperación de una serie de contracciones excéntricas dañinas.

En la misma línea, Algar, Costello y Donnelly (2012) sobre la crioterapia de cuerpo entero, dilucidaron que no aumenta el riesgo de lesión propioceptiva pero es ineficaz para mejorar

la recuperación 24 horas tras la realización de ejercicio excéntrico. Estos resultados se asemejan a los obtenidos en esta revisión bibliográfica en la investigación de Fonda y Sarabon (2013) -fue el único de los estudios incluidos- que se centró en la crioterapia de cuerpo entero y cuyos resultados no proporcionaron un apoyo concluyente para el uso de WBC como una técnica para mejorar la recuperación funcional después de EIMD. Se requiere más investigación para ser aceptado como una modalidad de recuperación efectiva. La investigación también debe centrarse en el diseño entre sujetos para limitar la influencia del efecto repetido.

En definitiva, la mayoría de los estudios tuvieron una idea similar, se precisa de un mayor número de investigaciones para que el procedimiento de crioterapia usado tras un protocolo de ejercicios que provocan DOMS sea aceptado y considerado como una modalidad de recuperación efectiva.

5. Conclusiones

Sobre la base de la revisión actual, se puede afirmar que la crioterapia induce anestesia (funciona como analgésico) y reduce el dolor o la hinchazón tras el EIMD en un partido de fútbol. Pero es muy improbable que tras la aplicación de crioterapia, el deportista pueda alcanzar el máximo estado de forma o rendimiento inmediatamente al regresar a la actividad deportiva.

Respecto a la prevención o recuperación de DOMS -específicamente en futbolistas amateurs- con técnicas de crioterapia son muy escasos los estudios disponibles, está muy limitado este campo y sería interesante realizar más investigaciones en este sector pues apenas hay resultados y, de los pocos que se han encontrado, la mayoría se centran en lesiones de futbolistas profesionales de élite que disponen de medios y recursos bastante avanzados y cualificados en comparación con los futbolistas modestos.

Por otro lado existe una gran controversia y confusión en la práctica clínica y en la literatura publicada sobre las distintas formas de aplicación de frío (bolsas de hielo, inmersión en agua fría, masajes con hielo, etc.); además no hay un consenso claro sobre qué modalidad es la más correcta para prevenir o recuperar las lesiones deportivas de un futbolista.

Respecto a la evidencia empírica, se necesitan más investigaciones ya que la orientación sobre el protocolo o la metodología (temperatura, frecuencia y duración) más adecuada del tratamiento de crioterapia es muy pobre y escasa. Esta confusión puede atribuirse a la gran variedad de modalidades de aplicación de crioterapia disponibles.

Hay un gran desacuerdo en los efectos del enfriamiento sobre los deportistas a la hora de jugar al fútbol; la efectividad de las técnicas o terapias frías para la recuperación de los deportistas sigue siendo equívoca.

6. Bibliografía

Ascensão, A., Leite, M., Rebelo, A. N., Magalhães, S. y Magalhães, J. (2011). Effects of cold water immersion on the recovery of physical performance and muscle damage following a one-off soccer match. *Journal of Sports Sciences*, 29(3): 217–225.

Bailey, D. M., Erith, S. J., Griffin, P. J., Dowson, A., Brewer, D. S., Gant, N. y Williams, C. (2007). Influence of cold-water immersion on indices of muscle damage following prolonged intermittent shuttle running. *Journal of Sports Sciences*, 25(11): 1163–1170.

Berg, C. L., Hart, J. M., Palmieri-Smith, R., Cross, K. M. & Ingersoll, C. D. (2007). Cryotherapy does not affect peroneal reaction following sudden inversion. *Journal of Sport Rehabilitation*, 16, 285-294.

Costello, J. T. y Donnelly, A. E. (2011). Effects of cold water immersion on knee joint position sense in healthy volunteers. *Journal of Sports Sciences*, 29(5): 449–456.

Costello, J. T., Algar, L. A. y Donnelly, A. E. (2012). Effects of whole-body cryotherapy (-110 °C) on proprioception and indices of muscle damage. *Scandinavian Journal of Medicine & Sciences Sports*, 22, 190–198.

Dykstra, J. H., Hill, H. M., Miller, M. G., Cheatham, C. C., Michael, T. J. y Baker, R. J. (2009). Comparisons of cubed ice, crushed ice, and wetted ice on intramuscular and surface temperature changes. *Journal of Athletic Training*, 44 (2): 136–141.

Fonda, B. y Sarabon, N. (2013). Effects of whole-body cryotherapy on recovery after hamstring damaging exercise: A crossover study. *Scandinavian Journal of Medicine & Sciences Sports*, 23, 270–278.

Fukuchi, C. A., Da Rocha, E. S. y Stefanyshyn, D. J. (2015). Effects of cold water immersion on lower extremity joint biomechanics during running. *Journal of Sports Sciences*, 33 (5): 449–456.

Glasgow, P. D., Ferris, R. y Bleakley, C. M. (2014). Cold water immersion in the management of delayed-onset muscle soreness: Is dose important? A randomised controlled trial. *Physical Therapy in Sport* 15, 228–233.

Goodall, S. y Howatson, G. (2008). The effects of multiple cold water immersions on indices of muscle damage. *Journal of Sports Science and Medicine*, 7, 235-241.

- Hunter, E.J., Ostrowski, J., Donahue, M., Crowley, C. y Herzog, V. (2016). Effect of salted ice bags on surface and intramuscular tissue cooling and rewarming rates. *Journal of Sport Rehabilitation*, 25, 70-76.
- Khanmohammadi, R., Someh, M. y Ghafarinejad, F. (2011). The effect of cryotherapy on the normal ankle joint position sense. *Asian Journal of Sports Medicine*, 2 (2): 91-98.
- Love, H.N., Campbell, W., Pritchard, K.A., Hart, J.M. y Saliba, S.A. (2013). Cryotherapy effects, part 1: comparison of skin temperatures and patient-reported sensations for different modes of administration. *International Journal of Athletic Therapy & Training. Human Kinetics - IJATT* 18(5): 22-25.
- Macedo, C.S.G., Alonso, C.S., Liporaci, R.F., Vieira, F. y Guirro, R.R.J. (2014). Cold water immersion of the ankle decreases neuromuscular response of lower limb after inversion movement. *Brazilian Journal of Physical Therapy*. 18(1): 93-97.
- Muniz, T.B., Moraes, R. y Guirro, R.R.J. (2015). Lower limb ice application alters ground reaction force during gait initiation. *Brazilian Journal of Physical Therapy*. 19(2): 114-121.
- Mustalampi, S., Ylinen, J., Kautiainen, H., Weir, A. y Häkkinen, A. (2012). Acute effects of cold pack on mechanical properties of the quadriceps muscle in healthy subjects. *Physical Therapy in Sport* 13, 265–269.
- Patterson, S. M., Udermann, B. E., Doberstein, S. T. y Reineke, D. M. (2008). The effects of cold whirlpool on power, speed, agility, and range of motion. *Journal of Sports Science and Medicine*, 7, 387-394.
- Rowell, G. J., Coutts, A. J., Reaburn, P. y Hilla-Haas, S. (2011). Effect of post-match cold-water immersion on subsequent match running performance in junior soccer players during tournament play. *Journal of Sports Sciences*, 29(1): 1–6.
- Selkow, N. M., Herman, D. C., Liu, Z., Hertel, J., Hart, J. M. y Saliba, S. A. (2015). Blood flow after exercise-induced muscle damage. *Journal of Athletic Training*, 50(4): 400–406.
- Skurvydas, A., Sipaviciene, S., Krutulyte, G., Gailiuniene, A., Stasiulis, A., Mamkus, G. y Stanislovaitis, A. (2006). Cooling leg muscles affects dynamics of indirect indicators of skeletal muscle damage. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 19, 141–151.

Thain, P. K., Bleakley, C. M. y Mitchell, A. C. S. (2015). Muscle reaction time during a simulated lateral ankle sprain after wet-ice application or cold-water immersion. *Journal of Athletic Training*, 50(7): 697–703.

Williams, E.E., Miller, S.J., Sebastianelli, W.J. y Vairo, G.L. (2013). Comparative immediate functional outcomes among cryotherapeutic interventions at the ankle. *The International Journal of Sports Physical Therapy*, 8 (6): 828.