

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE

FACULTAD DE MEDICINA

TRABAJO FIN DE GRADO

GRADO EN FISIOTERAPIA



UNIVERSITAS
Miguel Hernández

Biblioteca
UNIVERSITAS Miguel Hernández

**Efectividad de la terapia de inmersión en agua fría
respecto a otras técnicas de crioterapia sobre el DOMS
en sujetos con daño muscular inducido por ejercicio.**

Metaanálisis.

Autor: Esteve Simón, Antonio

Número de expediente: 54

Tutor: Segura Heras, José Vicente

Convocatoria de junio

Curso académico: 2021-2022

Departamento: Estadística, Matemáticas e Informática



ÍNDICE

1. RESUMEN.....	1
2. ABSTRACT.....	2
3. INTRODUCCIÓN.....	3
4. OBJETIVOS.....	5
4.1 Objetivos generales	5
4.2 Objetivos específicos.....	5
5. METODOLOGÍA	6
5.1 Aprobación del comité de ética	6
5.2 Estrategias de búsqueda.....	6
5.3 Criterios de elegibilidad de los artículos.	7
5.4 Detalles sobre el método analítico.....	8
6. RESULTADOS.....	10
6.1 Resultados de la terapia CWI y crioterapia sobre la variable DOMS.	10
6.2. Resultados estadísticos para la terapia de CWI.....	10
6.3. Resultados estadísticos para la crioterapia.	12
7. DISCUSIÓN.....	13
7.1 Limitaciones del metaanálisis y sugerencias para futuros estudios.....	16
8. CONCLUSIÓN	16
9. BIBLIOGRAFÍA.....	17
10. ANEXOS.....	21

1.RESUMEN

Introducción: El daño muscular inducido por ejercicio (EIMD) es una patología frecuente tras realizar ejercicios excéntricos, de alta intensidad o poco habituales y provoca una reducción del rendimiento físico en los días posteriores, principalmente debido al dolor muscular de inicio retardado (DOMS) y a una disminución de la fuerza muscular. Existen múltiples opciones de tratamiento para combatir su sintomatología siendo de las más destacadas las relacionadas con la crioterapia, como la inmersión en agua fría (CWI).

Objetivo: Investigar la efectividad de la terapia de CWI en comparación con otras técnicas de crioterapia sobre el dolor muscular en pacientes con daño muscular inducido por ejercicio.

Diseño: Metaanálisis.

Material y métodos: Se realiza una búsqueda bibliográfica en las bases de datos de Pubmed y Cochrane Library.

Resultados: De 56 estudios seleccionados se incluyeron 13 como válidos. Para la terapia CWI se obtuvieron 8 estudios y se observa una disminución significativa del DOMS en el periodo de 48 a 72 horas al aplicar CWI tras ejercicio. Para otras intervenciones con crioterapia se obtuvieron 5 estudios y se observa una disminución no significativa del DOMS de las 24 a las 72 horas.

Conclusión: Ambas opciones de tratamiento han mostrado disminuir los valores del DOMS al aplicarlas después de realizar ejercicio. No obstante, la terapia CWI ha demostrado tener mejores efectos que otras intervenciones con crioterapia, obteniendo diferencias significativas en la reducción del DOMS.

Palabras clave: Daño muscular inducido por el ejercicio; Dolor muscular; Mialgia; Inmersión en agua fría; Crioterapia.

2. ABSTRACT

Background: Exercise-induced muscle damage (EIMD) is a common pathology after eccentric, high-intensity or unusual exercise and causes a reduction in physical performance in the following days, mainly due to delayed onset muscle soreness (DOMS) and a decrease in muscle strength. There are multiple treatment options to combat its symptomatology, the most prominent being cryotherapy and cold water immersion (CWI) as one of them.

Objectives: To investigate the effectiveness of CWI therapy compared to other cryotherapy techniques on muscle soreness in patients with exercise-induced muscle damage.

Desing: Meta-analysis

Material and methods: A bibliographic search was carried out in Pubmed and Cochrane Library databases.

Results: Of 56 selected studies, 13 were included as valid. For CWI therapy, 8 studies were obtained with high homogeneity among them and a significant decrease in DOMS was observed in the period from 48 to 72 hours when applying CWI after exercise. For other cryotherapy interventions, 5 studies were obtained with high heterogeneity between them and a non-significant decrease in DOMS was observed from 24 to 72 hours.

Conclusion: Both treatment options have been shown to decrease DOMS values when applied after exercising. However, CWI therapy has been shown to have better effects than other cryotherapy interventions, obtaining significant differences in the reduction of DOMS.

Key words: Exercise-induced muscle damage; Muscle soreness; Myalgia; Cold-Water Immersion; Cryotherapy.

3. INTRODUCCIÓN

El conjunto de síntomas que experimenta un sujeto habitualmente después de someterse a ejercicio excéntrico o de alta demanda recibe el nombre de daño muscular inducido por el ejercicio (EIDM, por sus siglas en inglés Exercise-Induced Muscle Damage). Los síntomas que predominan son el dolor muscular de aparición tardía (DOMS, por sus siglas en inglés Delayed Onset Muscular Soreness), hinchazón, rigidez, pérdida de fuerza muscular y disminución del rango de movimiento (McKune et al., 2012; Fatouros y Jamurtas, 2016).

El daño en el tejido muscular es mayor en ejercicios excéntricos en comparación a ejercicios concéntricos (Clarkson et al., 1986) y de alta velocidad (Chapman et al., 2006). El Consenso de Múnich celebrado en el año 2013 clasifica al DOMS como una lesión tipo 1B. El uno hace referencia a la clasificación como “Trastorno muscular indirecto agudo 'sin evidencia macroscópica' (en resonancia magnética o ecografía) de desgarro muscular”(Mueller-Wohlfahrt et al.,2013). La letra “B” hace alusión directa al DOMS y se caracteriza por que el dolor aparece horas después de ejercicio de predominio excéntrico (Mueller-Wohlfahrt et al.,2013). El pico de dolor se suele alcanzar de las 24 a las 72 horas y hasta los 5-7 días no suele obtener valores similares a los del pre-ejercicio (McKune et al., 2012).

Hasta la actualidad no existe un consenso claro acerca de la etiología del dolor en el DOMS (Paulsen et al., 2012), han coexistido diferentes teorías como la teoría metabólica, basada en la presencia de cristales de ácido láctico (hipótesis descartada) (Armstrong RB, 1984), la teoría de lesión muscular, basado en la presencia de marcadores indirectos de daño muscular como la creatina fosfoquinasa (CK) y lactato deshidrogenasa (LDH) (McKune et al., 2012; Armstrong RB, 1984; Palacios et al., 2015), sin embargo, estudios muestran la no correlación en el tiempo entre estos marcadores y la sensación de dolor muscular (Nosaka et al., 2002). Por último, la teoría inflamatoria parece ser la más aceptada por la literatura, que es la relacionada con el daño secundario. Se explica como las contracciones excéntricas producen liberan quimionas CC y éstas a su vez reclutan células inflamatorias. Una vez instaladas en la zona dañada, las células inflamatorias liberan mediadores químicos, como las prostaglandinas y las bradicininas, que

pueden actuar de forma directa sobre los nociceptores musculares produciendo dolor (Hyldahl y Hubal, 2014).

La teoría del origen de los mecanismos de aparición de EIMD se podría explicar en dos etapas: Primera etapa o de daño muscular primario y segunda etapa o de daño muscular secundario. La primera se relaciona con el estrés mecánico en la contracción muscular excéntrica, dado que requiere una menor activación de la unidad motora, más un trabajo con longitudes musculares más largas, lo que significa una mayor tensión mecánica en las fibras musculares a la hora de soportar la carga excéntrica. Este incremento de la tensión provoca una deformación en alargamiento de los miofilamentos sobrepasando su límite fisiológico llegando a producir su ruptura. También se produce daño en las proteínas de la célula que actúan en la transmisión de fuerzas como la titina y en el sarcolema, quién liberará proteínas y enzimas musculares que son usadas como mencionamos en el párrafo superior, como marcadores indirectos de daño muscular (Proske y Morgan 2001; Owens et al., 2019).

La segunda etapa se basa en la repercusión que tiene en la célula el daño del sarcolema, aumentando la concentración de moléculas de calcio dentro de la célula provenientes del exterior debido al cambio en la permeabilidad de la membrana, lo que aumentará los procesos de necrosis de la célula. Esta necrosis celular inicia el proceso inflamatorio, en el que células inflamatorias acuden al tejido lesional y liberan moléculas citotóxicas y citolíticas pudiendo agravar el daño celular y posteriormente activar las células satélite para iniciar el proceso de reparación (Owens et al., 2019).

Tradicionalmente, en medicina deportiva, la crioterapia ha sido empleada con el objetivo de paliar los síntomas de fatiga y dolor muscular después de realizar una actividad física demandante. La terapia de frío se explica bajo sus propiedades fisiológicas de vasoconstrictor y disminuyendo los procesos inflamatorios tras una lesión en el tejido, disminuyendo su metabolismo celular. También se relaciona con una disminución de la velocidad de transmisión nerviosa, aumentando el umbral del dolor. La eficacia de la crioterapia ante este proceso de daño muscular tras el ejercicio se debe al papel de tóxico anestésico y evita la instauración descontrolada del edema (Hohenauer et al., 2015; Wilcock et al., 2006).

La terapia de inmersión en agua fría (CWI, por sus siglas en inglés Cold-Water-Immersion) es una de las opciones más populares de crioterapia para reducir el DOMS y evitar el aumento del tiempo de recuperación en personas que han sufrido EIMD (Bleakley et al., 2012). CWI consiste en el sumergimiento de una parte del cuerpo o la totalidad de éste, en excepción de la cabeza, en agua fría a una temperatura inferior a 15°C durante un tiempo aproximado de 12 a 15 minutos (Abaidía et al., 2017 14). Se puede emplear también de forma intermitente, siendo una alternativa a la aplicación de forma continua en la reducción del dolor muscular en las próximas 24-48 horas postejercicio (Sánchez-Ureña et al., 2017). A pesar de que no existe la suficiente investigación acerca del tiempo de tratamiento, temperatura del agua y la presión hidrostática a la que se produce el sumergimiento, la terapia CWI ha demostrado ser eficaz en la disminución del dolor muscular de aparición tardía (Leeder et al., 2012).

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivos generales

- El objetivo de este metaanálisis es investigar acerca de la efectividad de los tratamientos de crioterapia en pacientes con EIMD y comparar, valorando la percepción subjetiva del dolor muscular, si el tratamiento de inmersión en agua fría (CWI) es más efectivo con respecto a otras técnicas de crioterapia.

4.2 Objetivos específicos

- Averiguar la efectividad en la reducción del dolor en las próximas 72 horas post-ejercicio del tratamiento de inmersión en agua fría (CWI).
- Conocer la efectividad en la reducción del dolor en las próximas 72 horas post-ejercicio de otros tratamientos de crioterapia.
- Recopilar y comparar los datos de DOMS con un mayor número de sujetos (n) para las dos opciones de tratamiento.
- Determinar cuál de las dos opciones de tratamiento es más efectiva en cuanto a la disminución del dolor.

5. METODOLOGÍA

5.1 Aprobación del comité de ética.

El metaanálisis ha sido aprobado por la Oficina de Investigación Responsable de la Universidad Miguel Hernández de Elche con el COIR para TFGs: TFG.GFI.JVSH.AES.220228.

5.2 Estrategias de búsqueda.

Para la realización de este metaanálisis se ha empleado una estrategia en base a la pregunta “PICO” donde se detalla el Paciente: sujetos con daño muscular inducido por ejercicio; la Intervención realizada: terapia de inmersión en agua fría; la Comparativa: otras técnicas de crioterapia; y los resultados (Output) de una variable: dolor muscular de aparición tardía. Se formuló la siguiente pregunta: ¿En personas con daño muscular inducido por ejercicio es más eficaz la terapia de inmersión en agua fría, en comparación a otras técnicas de crioterapia, en la reducción del dolor muscular de aparición tardía?

Para ello se realizó una búsqueda bibliográfica en las bases de datos de PubMed y Cochrane Library, dentro de esta última base de datos se consultó el Registro Cochrane Central de ensayos controlados (Cochrane Central Register of Controlled Trials; CENTRAL). En la búsqueda se filtró para encontrar solo ensayos clínicos en los que los sujetos sean humanos. No se aplicó ningún filtro de año de publicación, rango de edad ni sexo. La búsqueda se realizó en el periodo comprendido entre el 27 de enero y el 3 de abril de 2022. La estrategia de búsqueda, así como el cribado y la obtención de los artículos se ven reflejados en el diagrama de flujo de la Figura 1(f).

Para evaluar la calidad metodológica de los estudios se empleó la escala Physiotherapy Evidence Database (PEDro). Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 4 (Anexo).

Utilizando las palabras clave daño muscular inducido por el ejercicio, dolor muscular, mialgia, inmersión en agua fría y crioterapia, combinadas con los operadores booleanos “AND” y “OR” se elaboró la siguiente ecuación para la base de datos de PubMed:

- Para CWI

("exercise-induced muscle damage"[Title/Abstract] OR "muscle soreness"[Title/Abstract] OR "Myalgia"[Mesh Term]) AND ("Cold-Water-Immersion"[Title/Abstract])

- Para Crioterapia

("exercise-induced muscle damage"[Title/Abstract] OR "muscle soreness"[Title/Abstract] OR "myalgia") AND ("Cryotherapy"[Mesh Term])

La ecuación de búsqueda para la base de datos de Cochrane Library fue la siguiente:

- Para CWI

((("exercise-induced muscle damage" OR "muscle soreness" OR "myalgia") AND ("Cryotherapy"))):ti,ab,kw

- Para Crioterapia

((("exercise-induced muscle damage" OR "muscle soreness" OR "Myalgia") AND ("Cold-Water-Immersion"))):ti,ab,kw

5.3 Criterios de elegibilidad de los artículos.

- Criterios de inclusión

- Artículos en los que los sujetos sean humanos, de cualquier edad y sexo.
- Artículos que sean ensayos clínicos.
- Artículos que expresen la variable medida de DOMS en media y desviación típica.
- Artículos en los que se aplique en al menos una ocasión CWI u otra técnica de crioterapia.
- Artículos que apliquen la intervención post-ejercicio.
- Artículos en los que se aplique CWI de forma continua o intermitente, en posición de sentado o de pie y a una temperatura inferior a 15°C.

- Criterios de exclusión

- Artículos que sean revisiones, revisiones sistemáticas, metaanálisis y libros o documentos.
- Artículos que no expresen una valoración del dolor muscular.

- Artículos que no expresen el dolor muscular en las próximas 24 horas y/o 48 horas y/o 72 horas postejercicio.
- Artículos que expresen escalas del dolor diferente a la Escala Visual Analógica (VAS, por sus siglas en inglés Visual Analogue Scale).
- Artículos en los que el paciente tenga otra patología diferente a EIMD.
- Artículos en los que se combine CWI o crioterapia con otra terapia alternativa.
- Artículos en los que se realice ejercicio entre sesiones de recuperación/tratamiento.

5.4 Detalles sobre el método analítico.

En el análisis estadístico de los estudios se ha calculado el tamaño del efecto, d de Cohen, y su error estándar asociado (seTE):

$$TE = \frac{\bar{x}_{pre} - \bar{x}_{post}}{s_{pre}}$$

Para aquellos estudios en los que la heterogeneidad entre ellos sea baja o prácticamente nula, no significativa, se ha utilizado un modelo de efectos fijos considerando

- Método de la varianza inversa para la ponderación de los estudios.
- Método de estimación de Sidik-Jonkman para la τ^2 .
- Método del perfil Q para el intervalo de confianza de la τ^2 y τ .

Por otro lado, en los estudios en los que la heterogeneidad entre ellos sea alta o muy alta, es decir, significativa, se ha recurrido, además de a los anteriores métodos, a un modelo de efectos aleatorios (Modelo de efectos aleatorios ajustado de Hartung-Knapp).

El resumen de los resultados obtenidos se presenta mediante un Forest Plot. La línea vertical central de esta representación es la línea de 'no efecto', la cual simboliza que no hay diferencia entre las medidas pre/post obtenidas.

Dentro de la gráfica, los cuadrados representan el efecto evaluado en cada estudio y su tamaño está directamente relacionado con el peso de los estudios en el metaanálisis (expresado numéricamente en la

columna Weight). La línea horizontal que los atraviesa representa el intervalo de confianza. Cuanto más larga sea la línea, mayor será el intervalo y, por tanto, los resultados del estudio serán menos precisos.

El diamante representa los resultados globales del metaanálisis. El centro del diamante es el valor del efecto en conjunto y el ancho representa el intervalo de confianza general.

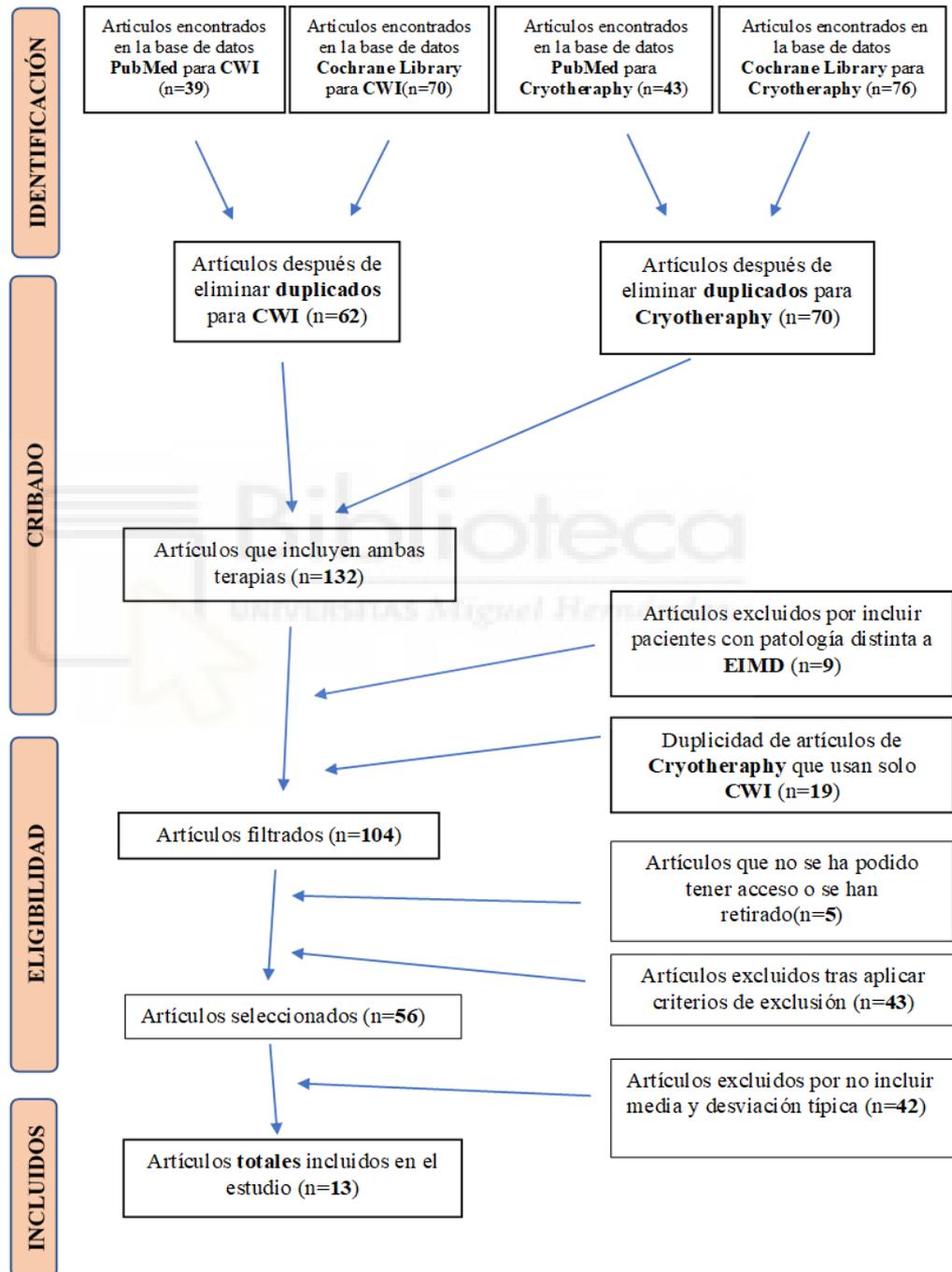


Figura 1: Diagrama de flujo de la estrategia de búsqueda.

6. RESULTADOS

Tras realizar la búsqueda bibliográfica y aplicar los filtros de inclusión/exclusión se obtuvo un total de 56 estudios, de los cuales tan solo 13 incluían de forma detallada los valores de media y desviación típica para la variable DOMS (Figura 1). De los 13 artículos resultantes, 9 fueron ensayos clínicos controlados y 4 ensayos clínicos no controlados. 8 estudios basaban su intervención en la terapia CWI y 5 en otras técnicas de crioterapia. En 5 estudios se presentaban diferentes formas de aplicación de la misma terapia, en un grupo de sujetos (n) distinto, como es el caso de Glasgow et al 2014, Machado et al 2017, Mullaney et al 2021, Leeder et al 2015 y Sánchez-Ureña et al 2017 (Anexo: Tabla 5). En la Tabla 2 (Anexo) se especifican las dosificaciones y la recogida de datos de la variable DOMS para la intervención con CWI y en la Tabla 3 (Anexo) para otras intervenciones de crioterapia.

6.1 Resultados de la terapia CWI y crioterapia sobre la variable DOMS.

La Tabla 1 recoge la media y la desviación típica de la variable DOMS, utilizando la escala visual analógica de 0-10 (VAS), antes del ejercicio, a las 24, 48 y 72 horas posteriores. Se han separado los mismos en función de la técnica utilizada, CWI u otras técnicas de crioterapia. Se indica también los diferentes escenarios contemplados en un mismo estudio, por ejemplo, en Machado et al. (2017) recogieron dichos valores a 9°C y a 14°C.

6.2. Resultados estadísticos para la terapia de CWI.

Hemos comparado los resultados obtenidos antes del ejercicio y después del mismo dos a dos, es decir, hemos considerado las siguientes relaciones: pre-24h, pre-48h, pre-72h, 24-48h y 24-72h. En todas estas comparaciones (Figura 2) observamos que la heterogeneidad de los estudios es baja ($0 \leq I^2 \leq 26\%$), siendo, además, no significativa ($p > 0.05$) en todos los casos. Esto nos ha llevado a utilizar un modelo de efectos fijos para realizar la estimación del tamaño del efecto global. En todos los casos, excepto al considerar el escenario 24h-72h, dicho valor es negativo, lo que indica que se ha producido un incremento, en media, del DOMS. En todos los casos el tamaño del efecto es significativamente distinto de cero. Las gráficas mostradas en la Figura 2(f) y en la Figura 3(f) han sido elaboradas usando la Tabla 6 (Anexo).

En la Figura 2(f) se observa como aumenta en sentido negativo el tamaño del efecto a las 24 y a las 48 horas, respecto al pre-ejercicio, lo que indica un aumento, significativo, del DOMS, el cual se reduce en el periodo de las 48 a las 72 horas. Los estudios de Sánchez-Ureña et al (2017) y Elias et al (2012) tienen muy poco peso sobre el efecto global del metaanálisis y son muy imprecisos por el bajo tamaño de la muestra. Los hemos mantenido en la Figura 2(a) a modo ilustrativo.

TABLA 1. Media y desv. estándar de la variable DOMS.

AUTOR (AÑO)	Pre-ejercicio (0h)	24h	48h	72h
Dantas et al (2020)	0.00±0.00	1.70±5.37	N.E.	N.E.
Elias et al (2012)	2.80±1.00	3.40±1.30	2.80±1.20	1.42±1.94
Glasgow et al (2014) 10°C	0.21±0.35	2.00±1.86	3.40±3.19	1.42±1.94
Glasgow et al (2014) 6°C	0.00±0.00	0.39±0.75	1.35±2.35	0.34±0.71
Glasgow et al (2014) int.	0.11±0.26	1.40±1.12	2.95±1.71	1.81±1.70
Machado et al (2017) 9°C	1.50±2.20	3.10±1.90	4.60±2.90	2.20±2.10
Machado et al (2017) 14°C	1.70±2.10	3.90±1.70	4.80±2.40	2.90±2.50
Wiewlhove et al (2018)	1.90±2.20	3.80±2.80	N.E.	N.E.
Hayter et al (2018)	0.43±1.20	4.76±4.61	3.54±4.62	1.75±2.58
Leeder et al (2015) sent.	0.25±2.46	4.70±12.07	3.25±10.96	1.90±12.52
Leeder et al (2015) pie.	0.55±3.80	4.85±6.71	6.35±4.25	3.25±9.62
Sánchez-Ureña et al (2017) cont.	4.28±1.21	2.42±1.57	2.35±1.37	N.E.
Sánchez-Ureña et al (2017) int.	3.42±1.39	2.71±1.38	2.50±1.60	N.E.
de Paiva et al (2016)	0.00±0.00	4.79±1.57	5.89±1.30	2.93±2.42
Hauswirth et al (2011)	0.20±0.70	3.33±8.25	3.90±7.59	N.E.
Mullaney et al (2021) hom.	0.50±0.90	3.30±1.80	1.70±1.50	N.E.
Mullaney et al (2021) ant.	0.50±1.20	3.20±2.20	1.50±1.30	N.E.
Oakley et al (2013)	0.00±0.00	2.70±1.90	3.00±2.10	2.40±1.80
Doungkulsua et al (2018)	0.00±0.00	2.57±0.35	3.20±0.76	2.26±0.93

Los valores están expresados en media (\bar{X}) y desviación típica (SE) ($\bar{X} \pm SE$); **N.E.**= No existen datos; **int**=intermitente; **cont**=continuo; **sent**= sentado; **hom**=hombro; **ant**=antebrazo.

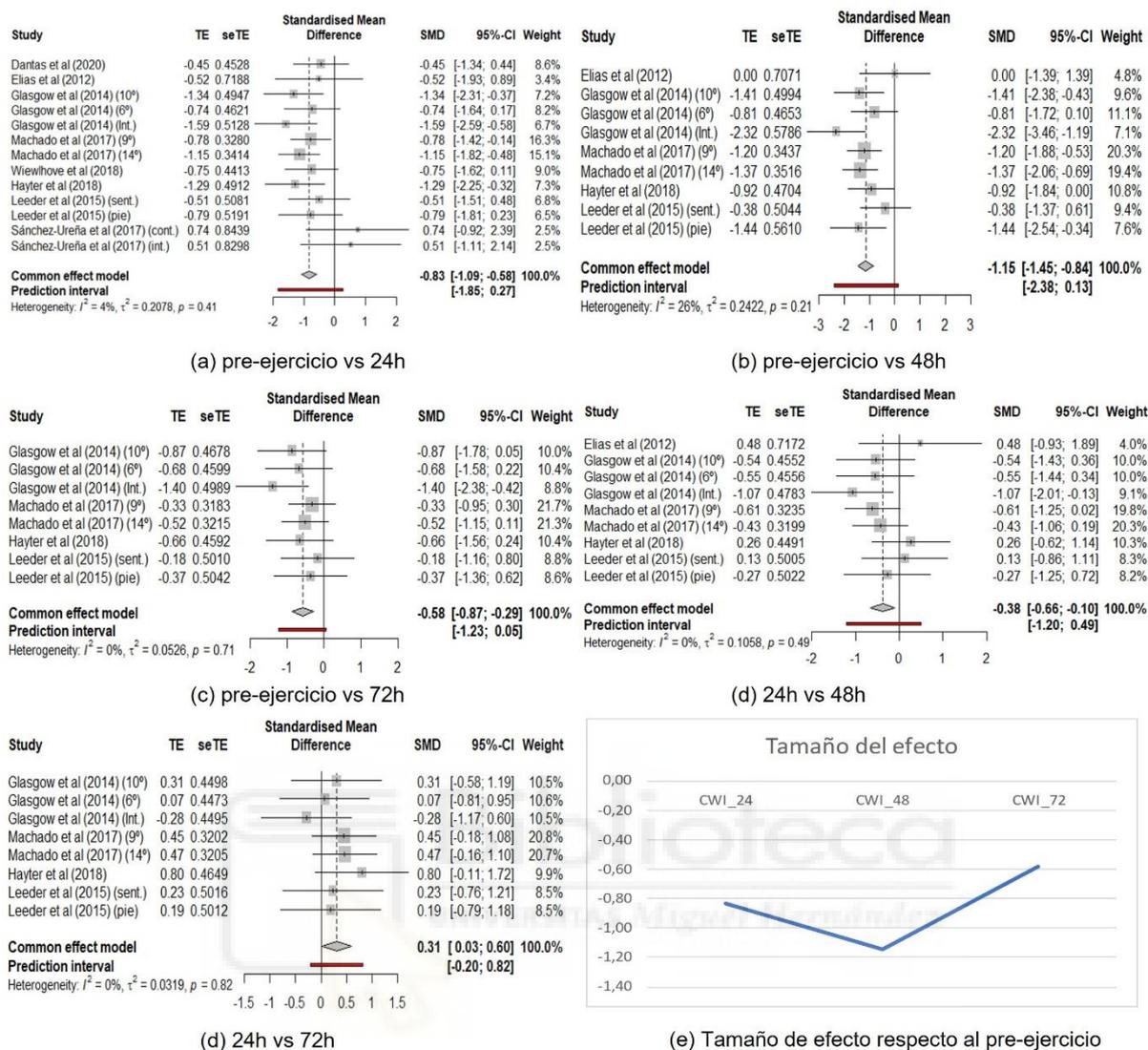


Figura 2: Forest plot para cada uno de los escenarios considerados con CWI.

6.3. Resultados estadísticos para la crioterapia.

En casi todas comparaciones (Figura 3) observamos que la heterogeneidad de los estudios es alta ($69\% \leq I^2 \leq 91\%$), siendo, además, significativa ($p < 0.05$), excepto en el escenario 24 vs 72h. La alta heterogeneidad mostrada puede ser debida a la variabilidad entre los tratamientos escogidos como crioterapia. Esto nos ha llevado a utilizar un modelo de efectos aleatorio para realizar la estimación del tamaño del efecto global en los cuatro primeros escenarios y un modelo de efectos fijos en el último. En todos los casos, excepto al considerar el escenario 24 vs 72h, dicho valor es negativo, lo que indica que

se ha producido un incremento, en media, del DOMS. No encontramos diferencias significativas en cuanto al tamaño del efecto en ningún caso.

En la Figura 3(f) se observa como disminuye, en sentido negativo, el tamaño del efecto a las 24, a las 48 horas y a las 72 horas, respecto al pre-ejercicio, lo que indica un aumento, aunque no significativo, del DOMS a las 24h, el cual se reduce en mayor medida a las 72 horas.

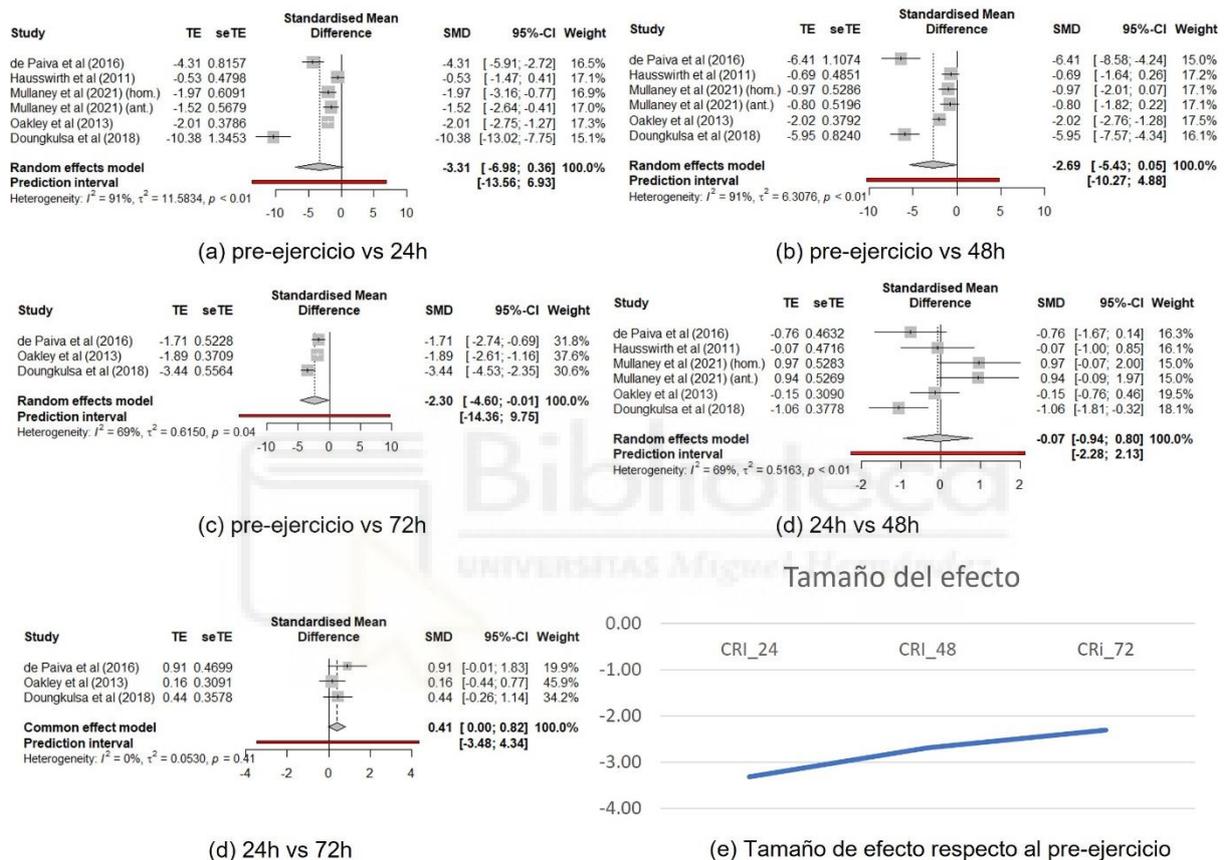


Figura 3: Forest plot para cada uno de los escenarios considerados con Crioterapia.

7. DISCUSIÓN

El análisis estadístico de los estudios nos muestra cómo influye la aplicación de terapia de CWI, y otras técnicas de crioterapia, en la reducción del DOMS tras realizar ejercicio, en las próximas 72 horas.

En primer lugar, podemos observar viendo la Tabla 1, como los valores de DOMS aplicando la terapia de CWI se comportan de forma similar para todos los estudios, produciéndose un aumento de esta

variable hasta las 48 horas después de realizar ejercicio, salvo en los estudios de Hayter et al (2018), Leeder et al (2015) para la posición sentado y Sánchez-Ureña et al (2017) para las dos variaciones, donde se produce una disminución a partir de las 24 horas. En el periodo comprendido de las 48 a las 72 horas se puede observar una tendencia a la disminución, llegando a alcanzar valores más bajos en comparación a las 24 horas y ligeramente superiores a los basales antes de hacer ejercicio. Esta información cumple con lo observado en la Figura 2(f), donde de 24 a 48 horas se produce un incremento en los valores negativos de tamaño del efecto (aumento de DOMS) y en el periodo de 48 a 72 horas se observa una tendencia hacia valores positivos de tamaño del efecto (disminución de DOMS), alcanzando valores de tamaño del efecto superiores a las 24 horas. Los resultados obtenidos del periodo de aumento del dolor siguen la tendencia de la bibliografía, como el trabajo de McKune et al (2012). En el descenso, a los 3 días se observan valores similares a los iniciales en comparación a los 5-7 días que marca la bibliografía, lo cual también es indicativo de la eficacia de la intervención.

Para los estudios que aplicaron CWI en comparación a un grupo control, se obtuvieron puntuaciones más bajas de dolor muscular para CWI en Dantas et al (2020), Glasgow et al (2014) y Sánchez-Ureña et al (2017), mientras que en Machado et al (2016) y Leeder et al (2015) no mostraron diferencias. Estudios que lo compararon con otro tipo de terapia: Elias et al (2012) mostró valores más bajos de dolor que la recuperación pasiva y no hubo diferencias con baños de contraste; Wiewlhove et al (2018) refleja menos dolor que la recuperación activa y pasiva y no hubo diferencias con el masaje; Hayter et al (2018) indica que no existieron diferencias significativas en comparación a la terapia de aire frío.

Analizando la Tabla 1, para los estudios que aplican crioterapia, observamos como en los trabajos de Hausswirth et al (2011), de Paiva et al (2016), Oakley et al (2013) y Doungkuls et al (2018) se produce un aumento del dolor muscular de las 24 a las 48 horas, mientras que en Mullaney et al (2021) el dolor experimenta un decremento a partir de las 24 horas. En el periodo de 48 a 72 horas se observa una tendencia hacia valores más bajos. A las 72 horas, Oakley et al (2013) y Doungkuls et al (2018) alcanzan valores similares y De Paiva et al (2016) observa una disminución de casi 2 puntos, respecto a las 24 horas. Analizando la Figura 3(f), el tamaño del efecto experimenta de las 24 a las 72 una tendencia hacia valores más positivos (disminución del DOMS).

Los estudios de crioterapia que tienen un grupo control, como Doungkalsa et al (2018) y Oakley et al (2013), mostraron una disminución significativa del DOMS, mientras que Mullaney et al (2021) no encontraron diferencias significativas. De Paiva et al (2016) utiliza un grupo placebo-control y tampoco encuentra diferencias significativas.

Para los estudios en los que se comparaba con otra terapia hemos comprobado que para Hauswirth et al (2011) la intervención de crioterapia con WBC resultó ser más efectiva en la disminución del dolor que la recuperación pasiva y el infrarrojo lejano; de Paiva et al (2016) indica que la técnica de crioterapia de bolsa de hielo resultó menos efectiva en la disminución del dolor en comparación a la fotobiomodulación.

El estudio con mayor número de sujetos (n) a los que se le aplica CWI fue el de Machado et al (2017) con 20 y considerando todos los trabajos conseguimos ampliar dicho número a 120 en total. Mientras que, para la crioterapia, el estudio con más sujetos fue el de Oakley et al (2013) con 21 y con todos los trabajos llegamos a 66 sujetos. Al aumentar el número de las muestras para cada intervención se logra obtener unas conclusiones más precisas y robustas, desde un punto de vista estadístico.

En estudios excluidos del metaanálisis por no cumplir los criterios de inclusión, como el de Abaidia et al (2017), Qu et al (2020) o Wilson et al (2018), se compara la terapia de CWI con otra intervención de crioterapia, WBC (Whole-Body Cryotherapy, por sus siglas en inglés). En los dos primeros trabajos se aplica WBC con la misma dosificación (3 minutos a -110°C), igual a la usada en Hauswirth et al (2011), incluido en el estudio. Para el último estudio se aplica a 3 minutos a -85°C .

Abaidia et al (2017) concluye que se obtienen valores más bajos de dolor muscular en las 24, 48 y 72 horas postejercicio en el grupo CWI, mientras que en Qu et al (2020) los resultados son más favorables en el grupo WBC. La misma comparación se hace en Wilson et al (2018) y no se obtiene una diferencia clara, donde el autor expresa que puede deberse a usar una temperatura más cálida en WBC a la usada en Abaidia et al (2017) de -85°C frente a -110°C .

En otro metaanálisis, como el de Hohenauer et al (2015), se indica que las intervenciones con crioterapia son más efectivas en comparación a grupos control, siendo la intervención de CWI la que mejor efecto obtuvo respecto a otras intervenciones de crioterapia.

7.1 Limitaciones del metaanálisis y sugerencias para futuros estudios.

Dentro de las limitaciones destaca la necesidad de que los artículos apliquen un mismo programa de ejercicio y que los sujetos del estudio sean lo más homogéneos posibles en términos de condición física, edad y sexo. Los estudios denotan la falta de estandarización sobre la dosis de CWI y la variabilidad de los estudios escogidos como crioterapia. Cabe destacar la limitación a la hora de encontrar artículos que incluyan datos de la media y desviación típica, de 56 artículos seleccionados tan solo se detallan en 13 de ellos, esto ha llevado a ser más flexible sobre la inclusión en el estudio de diferentes dosificaciones para una misma terapia. Por último, tras aplicar la escala de PEDro se observa la necesidad de establecer una mejor calidad metodológica en los estudios.

Tras la investigación y búsqueda de los artículos, destaca principalmente la necesidad de que los autores incluyan en los futuros estudios los datos expresados en media y desviación típica sobre las variables medidas, evitando el uso de gráficos de barras sin descripciones detalladas, con el objetivo de que se pueda realizar un análisis cuantitativo de éstas de forma más específica y que sea comparable con otros estudios.

8. CONCLUSIÓN

Según los resultados hallados en este metaanálisis, ambas opciones de tratamiento han mostrado disminuir los valores del DOMS al aplicarlas después de realizar ejercicio. Se puede observar en líneas generales como la terapia CWI es eficaz en la disminución significativa del DOMS a partir de las 48 horas y sigue una tendencia clara hacia valores más bajos de DOMS hasta las 72 horas, mientras que con los resultados obtenidos en otras técnicas de crioterapia se observa una progresión en la disminución del DOMS no significativa desde las 24 a las 72 horas post-ejercicio. Con estos resultados podemos concluir con que la intervención con CWI resulta más eficaz en comparación a otras intervenciones con

crioterapia, sin embargo, sería necesario la inclusión de un mayor número de estudios y de buena calidad metodológica para obtener una conclusión más precisa a la pregunta PICO formulada.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. McKune A, Semple S, Peters-Futre E. Acute Exercise-Induced Muscle Injury. *Biol Sport*. 2012;29(1):3-10.
2. Abaïdia AE, Lamblin J, Delecroix B, Leduc C, McCall A, Nédélec M, et al. Recovery From Exercise-Induced Muscle Damage: Cold-Water Immersion Versus Whole-Body Cryotherapy. *Int J Sports Physiol Perform*. 2017 Mar;12(3):402-409.
3. Armstrong RB. Mechanisms of exercise-induced delayed onset muscular soreness: a brief review. *Med Sci Sports Exerc*. 1984 Dec;16(6):529-38.
4. Bleakley C, McDonough S, Gardner E, Baxter GD, Hopkins JT, Davison GW. Cold-water immersion (cryotherapy) for preventing and treating muscle soreness after exercise. *Cochrane Database Syst Rev*. 2012 Feb 15;2012(2):CD008262.
5. Chapman D, Newton M, Sacco P, Nosaka K. Greater muscle damage induced by fast versus slow velocity eccentric exercise. *Int J Sports Med*. 2006 Aug;27(8):591-8.
6. Clarkson PM, Byrnes WC, McCormick KM, Turcotte LP, White JS. Muscle soreness and serum creatine kinase activity following isometric, eccentric, and concentric exercise. *Int J Sports Med*. 1986 Jun;7(3):152-5.
7. Dantas G, Barros A, Silva B, Belém L, Ferreira V, Fonseca A, et al. Cold-Water Immersion Does Not Accelerate Performance Recovery After 10-km Street Run: Randomized Controlled Clinical Trial. *Res Q Exerc Sport*. 2020 Jun;91(2):228-238.
8. de Paiva PR, Tomazoni SS, Johnson DS, Vanin AA, Albuquerque-Pontes GM, Machado CD, 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 Dec;31(9):1925-1933.

9. Dounkulsu, A., Paungmali, A., Joseph, L., & Khamwong, P. Effectiveness of air pulsed cryotherapy on delayed onset muscle soreness of elbow flexors following eccentric exercise. *Polish Annals of Medicine*. 2018;25(1), 103–111.
10. Elias GP, Varley MC, Wyckelsma VL, McKenna MJ, Minahan CL, Aughey RJ. Effects of water immersion on posttraining recovery in Australian footballers. *Int J Sports Physiol Perform*. 2012 Dec;7(4):357-66.
11. Fatouros IG, Jamurtas AZ. Insights into the molecular etiology of exercise-induced inflammation: opportunities for optimizing performance. *J Inflamm Res*. 2016 Oct 21;9:175-186.
12. Glasgow PD, Ferris R, Bleakley CM. Cold water immersion in the management of delayed-onset muscle soreness: is dose important? A randomised controlled trial. *Phys Ther Sport*. 2014 Nov;15(4):228-33.
13. Hausswirth C, Louis J, Bieuzen F, Pournot H, Fournier J, Filliard JR, et al. Effects of whole-body cryotherapy vs. far-infrared vs. passive modalities on recovery from exercise-induced muscle damage in highly-trained runners. *PLoS One*. 2011 Dec;6(12):e27749.
14. Hayter KJ, Doma K, Schumann M, Deakin GB. The comparison of cold-water immersion and cold air therapy on maximal cycling performance and recovery markers following strength exercises. *PeerJ*. 2016 Mar 28;4:e1841.
15. Hohenauer E, Taeymans J, Baeyens JP, Clarys P, Clijisen R. The Effect of Post-Exercise Cryotherapy on Recovery Characteristics: A Systematic Review and Meta-Analysis. *PLoS One*. 2015 Sep 28;10(9):e0139028.
16. Hyldahl RD, Hubal MJ. Lengthening our perspective: morphological, cellular, and molecular responses to eccentric exercise. *Muscle Nerve*. 2014 Feb;49(2):155-70.
17. Leeder J, Gissane C, van Someren K, Gregson W, Howatson G. Cold water immersion and recovery from strenuous exercise: a meta-analysis. *Br J Sports Med*. 2012 Mar;46(4):233-40.
18. Leeder JD, van Someren KA, Bell PG, Spence JR, Jewell AP, Gaze D, Howatson G. Effects of seated and standing cold water immersion on recovery from repeated sprinting. *J Sports Sci*. 2015 Jan;33(15):1544-52.

19. Machado AF, Almeida AC, Micheletti JK, Vanderlei FM, Tribst MF, Netto Junior J, et al. Dosages of cold-water immersion post exercise on functional and clinical responses: a randomized controlled trial. *Scand J Med Sci Sports*. 2017 Nov;27(11):1356-1363.
20. Mueller-Wohlfahrt HW, Haensel L, Mithoefer K, Ekstrand J, English B, McNally S, et al. Terminology and classification of muscle injuries in sport: the Munich consensus statement. *Br J Sports Med*. 2013 Apr;47(6):342-50.
21. Mullaney MJ, McHugh MP, Kwecien SY, Ioviero N, Fink A, Howatson G. Accelerated Muscle Recovery in Baseball Pitchers Using Phase Change Material Cooling. *Med Sci Sports Exerc*. 2021 Jan;53(1):228-235.
22. Nosaka K, Newton M, Sacco P. Delayed-onset muscle soreness does not reflect the magnitude of eccentric exercise-induced muscle damage. *Scand J Med Sci Sports*. 2002 Dec;12(6):337-46.
23. 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 Oct;27(10):2743-51.
24. Owens DJ, Twist C, Cobley JN, Howatson G, Close GL. Exercise-induced muscle damage: What is it, what causes it and what are the nutritional solutions? *Eur J Sport Sci*. 2019;19(1):71-85.
25. Palacios G, Pedrero-Chamizo R, Palacios N, Maroto-Sánchez B, Aznar S, González-Gross M; EXERNET Study Group. Biomarkers of physical activity and exercise. *Nutr Hosp*. 2015 Feb;26;31 Suppl 3:237-44.
26. Paulsen G, Mikkelsen UR, Raastad T, Peake JM. Leucocytes, cytokines and satellite cells: what role do they play in muscle damage and regeneration following eccentric exercise? *Exerc Immunol Rev*. 2012;18:42-97.
27. Proske U, Morgan DL. Muscle damage from eccentric exercise: mechanism, mechanical signs, adaptation and clinical applications. *J Physiol*. 2001 Dec 1;537(Pt 2):333-45.
28. Qu C, Wu Z, Xu M, Qin F, Dong Y, Wang Z, Zhao J. Cryotherapy Models and Timing-Sequence Recovery of Exercise-Induced Muscle Damage in Middle- and Long-Distance Runners. *J Athl Train*. 2020 Apr;55(4):329-335.

29. Sánchez-Ureña B, Martínez-Guardado I, Crespo C, Timón R, Calleja-González J, Ibañez SJ, et al. The use of continuous vs. intermittent cold water immersion as a recovery method in basketball players after training: a randomized controlled trial. *Phys Sportsmed*. 2017 May;45(2):134-139.
30. Wiewelhove T, Schneider C, Döweling A, Hanakam F, Rasche C, Meyer T, et al. Effects of different recovery strategies following a half-marathon on fatigue markers in recreational runners. *PLoS One*. 2018 Nov 9;13(11):e0207313.
31. Wilcock IM, Cronin JB, Hing WA. Physiological response to water immersion: a method for sport recovery?. *Sports Medicine* 2006;36(9):747-65.
32. Wilson LJ, Cockburn E, Paice K, Sinclair S, Faki T, Hills FA, et al. Recovery following a marathon: a comparison of cold water immersion, whole body cryotherapy and a placebo control. *Eur J Appl Physiol*. 2018 Jan;118(1):153-163.



10. ANEXOS

Tabla 2. Especificación de las intervenciones con CWI.

Autor y año	Participantes en el estudio	Participantes en CWI	Zona de aplicación	Tiempo y temperatura CWI	Número de aplicaciones de CWI	Muestras de la variable DOMS (h)
Dantas et al (2020)	30	10	MMII	10 minutos a 10°C	1 (post-ej.)	Pre-ej.,24
Elias et al (2012)	14	7	MMII	14 minutos a 12°C	1 (post-ej.)	Pre-ej.,24,48
Glasgow et al (2014)	50	10	MMII	10 minutos a 10°C	3 (post-ej.,24h,48h,72h)	Pre-ej.,24,48,72,96
Glasgow et al (2014)	50	10	MMII	10 minutos a 6°C	3 (post-ej.,24h,48h,72h)	Pre-ej.,24,48,72,96
Glasgow et al (2014)	10	10	MMII	(1 minuto a 10°C/Pausa fuera del agua 1 minuto) x3 veces	3 (post-ej.,24h,48h,72h)	Pre-ej.,24,48,72,96
Machado et al (2017)	60	20	MMII	15 minutos a 14°C	4 (post-ej.,24h,48h,72h)	Pre-ej.,24,48,72,96
Machado et al (2017)	60	20	MMII	15 minutos a 9°C	4 (post-ej.,24h,48h,72h)	Pre-ej.,24,48,72,96
Wiewlhove et al (2018)	46	11	MMII	15 minutos a 15°C	1 (post-ej.)	Pre-ej.,24
Hayter et al (2018)	20	10	MMII	15 minutos a 14°C	1 (post-ej.)	Pre-ej.,24,48,72
Leeder et al (2015)	24	8	MMII	14 minutos a 14°C/Sentado	1 (post-ej.)	Pre-ej.,24,48,72
Leeder et al (2015)	24	8	MMII	14 minutos a 14°C/De pie	1 (post-ej.)	Pre-ej.,24,48,72
Sánchez-Ureña et al (2017)	10	3	MMII	12 minutos a 12°C	1 (post-ej.)	Pre-ej.,24,48
Sánchez-Ureña et al (2017)	10	3	MMII	(2 minutos a 12°C/ Pausa fuera del agua 1 minuto) x4 veces	1 (post-ej.)	Pre-ej.,24,48

Post-ej.= Post-ejercicio; **Pre-ej.**= Pre-ejercicio; **MMII**= Miembro inferior; **MMSS**= Miembro superior.

Tabla 3. Especificación de las intervenciones con crioterapia.

Autor y año	Participantes en el estudio	Participantes antes en Crioterapia	Tipo de Crioterapia	Zona de aplicación	Tiempo y temperatura de Crioterapia	Número de aplicaciones de Crioterapia	Muestras de la variable DOMS
de Paiva et al (2016)	50	10	Cold pack	MMII	20 min	4 (post-ej.,24h,48h,72h),	Pre-ej.,24,48,72,96
Hausswirth et al (2011)	9	3	WBC	MMII	3 min -110°C	3 (post-ej.,24h,48h)	Pre-ej.,24,48
Mullaney et al (2021)	16	8	PCM	MMSS	3h a 15°C/ En el hombro	1 (post-ej.)	Pre-ej.,24,48
Mullaney et al (2021)	16	8	PCM	MMSS	3h a 15°C/ En el antebrazo	1 (post-ej.)	Pre-ej.,24,48
Doungkulsakul et al (2018)	32	16	Air-pulsed	MMSS	(5 minutos a -30°C /1 minutos pausa) x4 veces	5 (post-ej.,24h,48h,72h,96h)	Pre-ej.,24,48,72,96
Oakley et al (2013)	33	21	Cold pack	MMII	20 minutos a °C desconocida	3 (post-ej.,24h,48h)	Pre-ej.,24,48,72

WBC= Whole-Body Cryotherapy; **PCM**= Phase Change Material; **Post-ej**= Post-ejercicio; **Pre-ej**= Pre-ejercicio; **MMII**= Miembro inferior; **MMSS**= Miembro superior.

Tabla 4. Evaluación de la calidad metodológica de los estudios. **Escala PEDro.**

Autor y año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	TOTAL
Dantas et al (2020)	SI	SI	SI	SI	NO	NO	SI	SI	SI	SI	SI	8
de Paiva et al (2016)	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI	SI	SI	SI	NO	8
Doungkulsakul et al (2018)	SI	SI	SI	SI	NO	NO	NO	SI	SI	SI	SI	7
Elias et al (2012)	SI	SI	SI	SI	NO	NO	NO	SI	SI	SI	SI	7
Glasgow et al (2014)	SI	SI	SI	SI	NO	NO	SI	SI	SI	SI	SI	8
Hausswirth et al (2011)	SI	SI	SI	SI	NO	NO	NO	SI	NO	SI	NO	5
Hayter et al (2018)	SI	SI	SI	SI	NO	NO	NO	SI	NO	SI	SI	6
Leeder et al (2015)	SI	SI	SI	SI	NO	NO	NO	SI	SI	SI	SI	7
Machado et al (2017)	SI	SI	SI	SI	NO	NO	SI	SI	SI	SI	SI	8
Mullaney et al (2020)	SI	SI	SI	SI	NO	NO	NO	SI	NO	SI	SI	6

Oakley et al (2013)	SI	NO	SI	SI	NO	NO	NO	SI	SI	SI	NO	5
Sánchez-Ureña et al (2017)	SI	SI	SI	SI	NO	NO	NO	SI	NO	SI	SI	6
Wiewlhove et al (2018)	SI	SI	SI	SI	NO	NO	NO	SI	NO	SI	SI	6
<p>CRITERIOS</p> <ol style="list-style-type: none"> Los criterios de elección fueron especificados Los sujetos fueron asignados al azar a los grupos. La asignación fue oculta. Los grupos fueron similares al inicio con relación a los indicadores de pronóstico más importantes. Todos los sujetos fueron cegados. Todos los terapeutas que administraron la terapia fueron cegados. Todos los evaluadores que midieron al menos un resultado clave fueron cegados. Las medidas de al menos uno de los resultados clave fueron obtenidas de más del 85% de los sujetos inicialmente asignados a los grupos. Se presentaron resultados de todos los sujetos que recibieron tratamiento o fueron asignados al grupo control, o cuando esto no pudo ser, los datos para al menos un resultado clave fueron analizados por “intención de tratar”. Los resultados de comparaciones estadísticas entre grupos fueron informados para al menos un resultado clave. El estudio proporciona medidas puntuales y de variabilidad para al menos un resultado clave. 												
<p>RESULTADOS PUNTUACIÓN</p> <ul style="list-style-type: none"> - Entre 9 y 10 indica calidad metodológica excelente. - Entre 6 y 8 indica calidad metodológica buena. - Entre 4 y 5 indica calidad metodológica regular. - Inferior a 4 indica calidad metodológica mala. <p>NOTA El criterio número 1 no se tiene en cuenta en la puntuación final.</p> <p>SI= 1 punto NO= 0 puntos</p>												

Tabla 5. Descripción de los estudios seleccionados.

AUTOR, AÑO Y TIPO DE ESTUDIO	PARTICIPANTES, EJERCICIO E INTERVENCIÓN (n)	OBJETIVOS	VARIABLES MEDIDAS	RESULTADOS
Dantas et al (2019). Ensayo clínico controlado aleatorizado.	30 hombres corredores callejeros entrenados. Edad (33.00±4.84). Carrera en la calle de 10 km. CG=10; IG=10; CWI=10.	Analizar los efectos que tiene la terapia de CWI en el proceso de recuperación tras una carrera de 10 km.	Dolor muscular, distancia del tripe salto, rendimiento isocinético y concentración de CK en sangre.	No se encontraron diferencias en el proceso de recuperación en relación con las variables estudiadas y las intervenciones.
De Paiva et al (2016). Ensayo clínico controlado aleatorizado con doble ciego.	50 hombres que realizaban una sesión de ejercicio por semana. Edad (24.98±5.90). Protocolo de ejercicio excéntrico. PL-CG=10; CRYO=10; PBMT=10; CRYO+PBMT=10; PBMT+CRYO=10.	Analizar la eficacia de la terapia PBMT y CRYO de forma aislada o en combinación de ambas en el proceso de recuperación muscular tras ejercicio excéntrico.	Dolor muscular, fuerza muscular y concentración de CK en sangre.	La intervención con PBMT de forma aislada tuvo mejores resultados en los indicadores de recuperación muscular.
Doungkuls et al (2018). Ensayo clínico controlado aleatorizado.	32 hombres. Edad (21.31±1.03). Protocolo de ejercicio excéntrico. CG=16; CRYO=16.	Analizar los efectos de la intervención de crioterapia de aire pulsado en el dolor muscular de los flexores de codo tras ejercicio excéntrico.	Dolor muscular, sensibilización periférica, circunferencia del brazo, rango de movimiento y fuerza isométrica.	La intervención de crioterapia con aire pulsado mejoró significativamente el dolor muscular en comparación al grupo control.
Elias et al (2012). Ensayo clínico no controlado.	14 hombres jugadores profesionales de fútbol australiano. Edad (20.90±3.30). Entrenamiento de fútbol australiano. CWT=7; CWI=7; PAS=14.	Investigar la efectividad de la terapia CWI y CWT en la recuperación muscular tras entrenamiento.	Dolor muscular, esfuerzo percibido, rendimiento de salto.	La intervención de CWI o CWT pueden ser útiles para optimizar la recuperación de las condiciones físicas en los entrenamientos de fútbol australiano.
Glasgow et al (2014). Ensayo clínico controlado aleatorizado.	32 hombres y 18 mujeres entre 18 y 35 años. Ejercicio excéntrico. Contraste=10; Intermitente=10; CWI 10°=10; CWI 6°=10; CG=10.	Comparar la efectividad de cuatro protocolos distintos de CWI y de la recuperación pasiva en el dolor muscular de aparición tardía.	Dolor muscular, rango de movimiento, dolor al estiramiento, fuerza muscular y concentración de CK en sangre.	No existe conclusiones claras sobre la temperatura o tiempo más eficaces. La tendencia sugiere que a mayor tiempo de inmersión menor dolor muscular.
Hausswirth et al (2011). Ensayo clínico no controlado.	9 corredores bien entrenados. Edad (31.80±6.50) Carrera de montaña simulada. FIR=3; WBC=3; PAS=3.	Analizar la eficacia de las terapias WBC, FIR y PAS en la recuperación muscular tras una carrera de montaña	Dolor muscular, concentración de CK en sangre, cansancio, bienestar y fuerza muscular.	La fuerza, dolor y cansancio se recuperaron en la primera sesión de WBC (1h), mientras que FIR necesitó 2 y PAS no recuperó. No hubo diferencias para concentraciones de CK.

Hayter et al (2016). Ensayo clínico no controlado.	10 hombres y 10 mujeres moderadamente entrenados en resistencia. Edad (25.30±6.00). Entrenamiento de fuerza. CWI=10; CAT=10.	Examinar los efectos de la terapia CWI o CAT en una prueba de máximo pedaleo y marcadores de daño muscular después de un entrenamiento de fuerza.	Dolor muscular, concentración de CK en sangre, fatiga, fuerza muscular y potencia de ciclismo.	No se obtuvieron diferencias significativas para las variables medidas. La tendencia indica que la recuperación fue mayor para CWI en cuanto a la potencia de ciclismo.
Leeder et al (2015). Ensayo clínico controlado aleatorizado.	24 hombres deportistas bien entrenados. Edad (21.00±3.00). Loughborough Intermittent Shuttle Test (LIST). CG=8; De pie CWI=8; Sentado CWI=8.	Analizar los efectos de CWI en dos tipos de posiciones diferentes, sentado y de pie y grupo control sobre los marcadores de daño y recuperación muscular.	Dolor muscular, concentración de CK, CRP, IL-6 y fuerza muscular.	Las dos diferentes posiciones de CWI no mostraron diferencias en las variables medidas en comparación al grupo control.
Machado et al (2016). Ensayo clínico controlado aleatorizado.	60 hombres de entre 18 y 25 años. Protocolo de ejercicio excéntrico. CG=20; CWI 14°C=20; CWI 9°C=20.	Analizar los efectos de CWI a 14° y 9° y grupo control sobre los índices de daño y recuperación muscular.	Dolor muscular, concentración de CK, sensibilidad periférica, sensación de recuperación y fuerza muscular.	La terapia de CWI no mostró diferencias para las dos temperaturas. Se produjeron en ambas respuestas favorables sobre el dolor muscular, pero no fueron significativas.
Mullaney et al (2020). Ensayo clínico controlado aleatorizado.	18 hombres lanzadores de béisbol. Edad (21.20±1.20). Actividades de béisbol. PMC=8; CG=8.	Investigar si la aplicación en el hombro y antebrazo de material de cambio de fase (PCM) posterior al juego, acelera los procesos de recuperación.	Dolor muscular, concentración de CK en sangre y fuerza muscular.	PCM aceleró el proceso de recuperación de la fuerza y no existieron cambios significativos en el dolor muscular y concentraciones de CK.
Oakley et al (2013). Ensayo clínico controlado no aleatorizado.	17 hombres y 16 mujeres entrenados y desentrenados. Edad (24.00±4.00). Protocolo de ejercicio excéntrico. CG= 10; CRYO=21.	Analizar los efectos de la aplicación diaria de hielo en los signos y síntomas asociados al daño muscular asociado por ejercicio.	Dolor muscular, rango de movimiento, concentraciones de CK, AST, ALT y neutrófilos en sangre y fuerza muscular.	Se encontraron diferencias significativas en la reducción del dolor a las 48h en comparación con el grupo control. Un mayor rango de movimiento y concentraciones de CK y AST más bajas, pero no significativamente.
Sánchez-Ureña et al (2017). Ensayo clínico controlado aleatorizado.	10 hombres jugadores de baloncesto. Edad (14.00±0.40). Entrenamiento de baloncesto de 90 minutos. CG=4; Continua CWI=3; Intermite CWI=3.	Comparar los protocolos de CWI continuo e intermitente en la recuperación tras entrenamiento en jugadores de baloncesto.	Dolor muscular, volumen y circunferencia de la pierna y fuerza muscular.	Ambos protocolos de CWI resultaron efectivos en la reducción del dolor muscular a las 24 y 48 horas en comparación al grupo control. Mejoría en la fuerza muscular y no hay diferencias significativas en el volumen.
Wiewlhove et al (2018). Ensayo clínico no controlado.	46 corredores aficionados. Media maratón. ACT=13; MAS=10; PAS=12; CWI=11.	Investigar los efectos que tienen diferentes estrategias de recuperación tras una carrera larga.	Dolor muscular, fuerza muscular, tiempo de contracción y fatiga.	Las terapias CWI y MAS resultaron ser más beneficiosas en los marcadores subjetivos que la recuperación ACT o PAS.

CWI= Cold-Water-Immersion; **IG=** Immersion; **CG=** Control group; **PL-CG=** Placebo-control group; **MAS=** Massage; **CRYO=** Cryotherapy; **PBMT=** Photobiomodulation therapy; **ACT=** Active recovery; **CK=** Creatine Kinase; **WBC=** Whole-Body Cryotherapy; **PCM=** Phase Change Material; **ALT=** Alanine Aminotransferase; **ASP=** Aspartate Aminotransferase; **CRP=** C-reactive protein; **IL-6=** Interleukin-6; **CAT=** Cold-air-therapy; **FIR=** Far infrared.

Tabla 6. Resumen del metaanálisis.

Variable	Tau ²	p	I ²	Efecto	TE d Cohen	p
CWI_24	0.2078	0.411	3.60	fijo	-0.83	<0.001
CWI_48	0.2422	0.213	26.00	fijo	-1.15	<0.001
CWI_24_48	0.1058	0.489	0.00	fijo	-0.38	0.008
CWI_72	0.0526	0.706	0.00	fijo	-0.58	<0.001
CWI_24_72	0.0319	0.815	0.00	fijo	0.31	0.031
CRI_24	11.583	<0.001	91.20	aleatorio	-3.31	0.068
CRI_48	6.3076	<0.001	90.80	aleatorio	-2.69	0.053
CRI_24_48	0.5163	0.006	69.40	aleatorio	-0.07	0.840
CRI_72	0.6150	0.038	69.40	aleatorio	-2.30	0.050
CRI_24_72	0.0530	0.408	0.00	fijo	0.43	0.170