

UNIVERSIDAD CAMILO JOSÉ CELA
FACULTAD DE SALUD

***MÁSTER EN FISIOTERAPIA Y READAPTACIÓN
EN EL DEPORTE***

Curso Académico 2018 / 2019

TRABAJO FIN DE MÁSTER

**EFICACIA DE LA CRIOTERAPIA EN LA REDUCCIÓN DE LA FATIGA
TRAS REALIZAR UN WOD DE CROSSFIT®.**

Autora: Nuria San Miguel Gorosabel

Tutor: José Luis Maté Muñoz

ÍNDICE

- RESUMEN
- ABSTRACT
- INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS 1-3
- METODOLOGÍA
 - Diseño experimental 3
 - Participantes 3-4
 - WOD 4
 - Ejercicios 4-5
 - Test de salto 6
 - Aplicación de hielo 6
 - Análisis estadístico 6-7
- RESULTADOS 7-8
- DISCUSIÓN 8-12
- CONCLUSIÓN 12
- BIBLIOGRAFÍA 13-16
- ANEXOS
 - Figuras 17-19
 - Tablas 20-23
 - Consentimientos 24-26

RESUMEN

FUNDAMENTO

El Crossfit® es una forma de entrenamiento de alta intensidad donde se entrenan la fuerza, la capacidad cardiovascular y potencia. La fatiga muscular causada altera la biomecánica del movimiento y podría incrementar el riesgo de lesión. Por ello los objetivos serán estudiar la capacidad de salto tras realizar un WOD de Crossfit® y la eficacia de la crioterapia en la disminución de la fatiga muscular.

MATERIAL Y MÉTODOS

28 sujetos participaron en el estudio completando un WOD en el menor tiempo posible de ejercicios de fuerza, resistencia y potencia. La fatiga se midió mediante el test de salto CMJ en cuatro ocasiones: pre-WOD, a los 3 minutos, a los 10 minutos y a los 20 minutos. La crioterapia se aplicó a partir del minuto 10 post-WOD a los sujetos del grupo experimental mediante cold packs en ambos tendones rotulianos durante 10 minutos.

RESULTADOS

La altura de vuelo, la velocidad máxima y la potencia media relativa y total disminuyen significativamente post-WOD en el minuto 3 y en el minuto 10. Los resultados fueron similares en ambos grupos (hielo/sin hielo). Sin embargo no se encontraron diferencias significativas en el minuto 20 post-WOD entre grupos, una vez aplicado el hielo sobre los tendones rotulianos, en ninguna de las variables.

CONCLUSIONES

Hubo una disminución de la capacidad de salto a los 3 y a los 10 minutos post-WOD tras realizar un WOD de Crossfit® de alta intensidad. Además la crioterapia resultó no ser un método efectivo en la recuperación de la fatiga muscular generada.

PALABRAS CLAVE: crioterapia, CrossFit®, fatiga y rendimiento.

ABSTRACT

BACKGROUND

Crossfit® is an muscle strength, cardiovascular capacity and aerobic power training program formed at high intensity levels. Muscle fatigue caused in that levels alters movement biomechanics and could increase the risk of injury. Therefore, the study objectives will be to study the jumping ability after performing a Crossfit® WOD and to determine the cryotherapy effectiveness reducing muscle fatigue.

MATERIAL AND METHODS

28 subjects participated in the study completing a Crossfit® WOD of strength, endurance and power exercises as fast as possible. Fatigue was measured by CMJ jump on four occasions: before-WOD, at 3 minutes, at 10 minutes and at 20 minutes after-WOD. Cryotherapy was applied to the experimental group in both patellar tendons for 10 minutes. The application was made in the 10th minute after-WOD.

RESULTS

Jump height, maximal velocity and average relative and total power significantly decrease at 3rd and 10th minutes after-WOD. Results were similar in both groups (ice/no-ice). However, no significant differences were found at the 20th minute after-WOD between groups, once cryotherapy was applied to the patellar tendons, in none of the variables.

CONCLUSIONS

Jumping ability is reduced at 3rd and 10th minute after performing the high intensity WOD when the body is in fatigue. Cryotherapy was not as effective as expected in the athletes recovery.

KEYWORDS: cryotherapy, CrossFit®, fatigue and performance.

INTRODUCCIÓN

En el año 1990 nació una disciplina deportiva denominada Crossfit® la cual se ha expandido a nivel mundial, aproximadamente hay 11.000 gimnasios afiliados y 200.000 deportistas que practican esta modalidad deportiva [1]. Se trata de una forma de entrenamiento de alta intensidad que incluye movimientos funcionales para promover la fuerza muscular, la capacidad cardiovascular y potencia aeróbica máxima [1,2].

El Crossfit® incluye tres tipos de ejercicios; levantamientos de peso, movimientos gimnásticos con el propio peso corporal y ejercicios metabólicos [3]. Los diferentes ejercicios se combinan entre sí, realizándose en periodos de tiempo determinados a altas intensidades y con descansos de corta duración [3]. La intensidad de las sesiones varía considerablemente [4]. La correcta realización de este tipo de entrenamientos con el manejo adecuado de la carga incrementa el $VO_{2\max}$, la fuerza muscular, la resistencia y reduce la grasa corporal mejorando la condición física [1,4,5].

En el Crossfit® se entrena a altas intensidades con periodos cortos de descanso o incluso sin descanso puede provocando fatiga neuromuscular [4,6]. La fatiga muscular es la incapacidad del sistema neuromuscular para producir energía en una articulación [6]. Esta condición puede llevar a una inhibición de la contracción muscular debido a la acumulación de los productos metabólicos como el lactato [6]. Esto dará como resultado contracciones musculares alteradas que influyen las capacidades físicas (fuerza, velocidad y potencia) y el control neuromuscular [6].

La fatiga muscular altera la biomecánica del movimiento y podría incrementar el riesgo de lesión [7,8]. La incidencia lesional mostrada por la literatura científica varía desde el 19,4% al 56,1% y principalmente se dan dentro de los 6 primeros meses de práctica [2,9]. Este índice es comparable a deportistas amateur o profesionales con un perfil de lesiones similar como gimnastas, levantadores de peso o de potencia [2,9]. Los tipos de ejercicios más lesivos son los gimnásticos y los ejercicios de levantamiento de peso [10]. Asimismo, las lesiones más frecuentes se dan en hombros (26%), columna lumbar (20%) y rodillas (10%) [10].

Hace décadas, se comenzó a utilizar la crioterapia [7]. Se trata de un método terapéutico utilizado para la recuperación post-ejercicio con el fin de disminuir la fatiga acumulada, el dolor muscular y la inflamación como resultado del entrenamiento de alta intensidad [7].

A pesar de que los estudios sean limitados, se demuestra los efectos beneficiosos de la crioterapia como la mejora del rendimiento, la recuperación fisiológica, los mecanismos inmunológicos, hematológicos y la recuperación psicológica [8,11]. La acción vasoconstrictora del frío disminuye el metabolismo celular y con ello las reacciones inflamatorias [7]. Reduce el esfuerzo percibido, los marcadores del plasma sanguíneo (creatina quinasa y lactato) las interleucinas o la proteína C reactiva [7]. Todos ellos relacionados con la fatiga post-ejercicio [7].

En la revisión sistemática de Dupuy et al. (2018) se analizan diferentes técnicas como la recuperación activa, el masaje, los estiramientos, la electroestimulación, la terapia hiperbárica, las medias compresivas, las inmersiones en agua, terapia de contrastes con agua y la crioterapia con el fin de encontrar la más efectiva [12]. Se documentó que la aplicación del frío reducía el dolor posterior al entrenamiento pero en menor medida que el masaje, las prendas compresivas o la inmersión en el agua [12]. Aun así, se demostró su efectividad ante la inflamación [12]. Además, según este trabajo se documentó que la crioterapia reduce el dolor pero en menor medida que otras técnicas y esto puede ser debido a la heterogeneidad que hay entre los artículos sobre el tipo de exposición al frío y tiempos [12].

Sin embargo, no existe en la literatura científica una evidencia claramente demostrada sobre la eficacia del hielo en la recuperación [13]. Por ejemplo, en el estudio de Nadarajah et al (2018), se descubrió que el enfriamiento muscular perjudicó la recuperación porque disminuye la resíntesis del glucógeno agotado tras el ejercicio [13]. Esto podría deberse a que el cuerpo aumenta la temperatura para aumentar la resíntesis del glucógeno, mientras que con la crioterapia al buscar reducir la temperatura se consigue el efecto contrario [13].

Por el contrario, un estudio de Verducci et al. (2000) documentó una disminución de la fatiga mediante la aplicación interválica de hielo en series repetidas de levantamientos de peso [14]. Los sujetos experimentaron menos dolencias al día siguiente y aumentaron la duración del trabajo, la velocidad y la potencia realizando tirones de brazo [14]. El mismo autor publicó posteriormente un estudio similar en lanzadores de béisbol [15]. Los resultados mostraron una mejora del rendimiento, y se redujeron la fatiga y el dolor y se aumentó la velocidad de los lanzamientos [15].

Aunque se hayan realizado estudios valorando el efecto de la crioterapia con algunas actividades deportivas, en la literatura actual no se encuentran estudios científicos que relacionen el Crossfit® con la crioterapia. Por tanto debido a que la crioterapia podría

reducir la fatiga muscular post-ejercicio y viendo que los practicantes de este deporte generan mucha fatiga muscular a causa de esa alta intensidad, los objetivos del presente estudio por una parte serán estudiar la capacidad de salto de los sujetos después de realizar un WOD de Crossfit® y por el otro analizar la eficacia de la crioterapia en la disminución de la fatiga muscular en sujetos que practican Crossfit®.

METODOLOGÍA

Diseño experimental

Se llevó a cabo un estudio experimental aleatorizado donde 28 practicantes de Crossfit®, que cumplían los criterios de inclusión y exclusión, fueron asignados aleatoriamente en dos grupos: grupo control (GC) y grupo experimental (GE). Se trata de un ensayo clínico, analítico, experimental, aleatorizado y prospectivo donde se aplicó hielo en los tendones rotulianos al grupo experimental diez minutos después de haber realizado un WOD de Crossfit®. La medición de la fatiga muscular se realizó en cuatro ocasiones: antes de haber realizado el WOD de Crossfit® (pre-WOD) y una vez finalizado; a los 3 minutos (3 min post-WOD), a los 10 minutos (10 min post-WOD) y a los 20 minutos (20 min post-WOD).

Participantes

28 participantes fueron asignados aleatoriamente a dos grupos, uno experimental (n=14) y otro control (n=14). Las características antropométricas mostraban una media de edad (años) de $28,43 \pm 6,08$, peso (kg) $75,48 \pm 11,65$, altura (cm) $174,51 \pm 8,94$ e IMC (kg/m^2) $24,67 \pm 1,95$.

Los sujetos debían tener una experiencia mínima de 24 meses practicando Crossfit®, excluyendo a deportistas de élite y no podían ingerir medicamentos ni esteroides anabolizantes durante el periodo del estudio. Todas las sesiones se realizaron bajo unas mismas condiciones ambientales (temperatura: 21-25° C, presión atmosférica: 715-730 mm Hg, y humedad relativa: 40-50%). Los test de ejercicio se realizaron en el Box de CrossFit® de la Universidad. Para todos los WODs, un investigador externo supervisó que cada movimiento se realizase correctamente. **(Figura 2)**

Antes del inicio del estudio se reunieron en una sesión, en la que todos fueron informados sobre la planificación y duración de dicha investigación, así como la

naturaleza de la misma. Tras la sesión informativa se recogieron las características descriptivas de ambos grupos. **(Anexo 1)**

Además, los sujetos firmaron voluntariamente el consentimiento informado. El estudio fue aprobado por el comité ético de la Universidad, siguiendo las directrices éticas de la declaración de Helsinki. **(Anexo 2)**

WOD

La intervención se realizó en un mismo día. El inicio fue igual para todos; calentamiento general de 5 minutos de carrera continua y 5 minutos de movilidad articular y estiramientos balísticos, incidiendo en aquellas partes del cuerpo de los ejercicios a realizar posteriormente. Al finalizar se tomó la primera medición de la capacidad de salto.

Se continuó con el WOD que consistía en terminar lo antes posible dos rondas de cada bloque. Los chicos lo ejecutaron con el peso más alto (izquierda) y saltaron los cajones de 60cm. Las chicas con el peso más bajo (derecha) y el cajón de 50cm. **(Figura 3)**

Ejercicios

Power Clean o cargada de fuerza

Se inicia con los pies en el suelo separados a la altura de la cadera y agarrando la barra con las manos un poco más separadas que la anchura de los hombros. La espalda recta, codos extendidos y cabeza ligeramente extendida mirando al frente. Las caderas estarán por encima de las rodillas y los hombros encima de la barra. Desde esta posición se levanta la barra desde el suelo haciendo un tirón con los brazos, e impulsando con la cadera para finalmente recepcionarla en los codos flexionados. **(Tabla I)**

Slam ball o lanzamiento del balón al suelo

Se comienza haciendo una sentadilla para recoger el balón del suelo. Se eleva el balón con las manos alzadas sobre los hombros y se estira el cuerpo. Una vez extendido se lanza el balón al suelo y se vuelve a comenzar la secuencia con la sentadilla. **(Tabla I)**

Wall ball o lanzamiento de balón a la pared

Se comienza de igual manera realizando una sentadilla para recoger el balón del suelo, se eleva con las manos por encima del hombro y realizando una extensión de cadera,

rodillas y codos se lanza el balón a una altura predeterminada a la pared. Se recoge el balón en el rebote y se vuelve a realizar la sentadilla para volver a lanzarlo a la pared. **(Tabla I)**

Dumbbell (DB) push press (mancuernas)

Comienzo con los pies separados a la altura de la cadera sujetando las mancuernas con las manos a la altura de los hombros con codos flexionados. Partiendo de esta posición se realiza una flexión de rodillas para inmediatamente estirar la cadera y rodilla de forma explosiva, mientras se elevan las mancuernas por encima de la cabeza hasta que los brazos quedan completamente estirados. **(Tabla I)**

Pull-up o dominada

Se inicia colgando desde una barra con las manos en pronación separadas a una distancia más amplia que la cadera y codos estirados. Consiste en levantar el cuerpo doblando los codos hasta pasar la barra con la barbilla. **(Tabla I)**

Air squat jump o sentadilla con salto

Consiste en realizar una sentadilla con un salto al final. Se comienza en bipedestación con los pies separados a la altura de la cadera y rodillas y caderas en extensión. Desde esta posición se realiza una flexión de rodillas y caderas hasta 120° para a continuación extender ambas articulaciones de forma explosiva realizando un salto. **(Tabla I)**

DB Snach o arrancada con mancuernas

Inicio con los pies separados a la altura de la cadera agarrando la mancuerna con la mano en pronación. Se realiza una flexión de cadera y de rodillas hasta 90° para tocar con la mancuerna el suelo. Desde esta posición, mediante un movimiento explosivo se extiende todo el cuerpo mientras se lleva la mancuerna hacia el techo hasta que el brazo quede completamente estirado. **(Tabla I)**

Box jump o salto al cajón

Consiste en realizar un salto con ambas piernas a la vez para llegar al cajón y extenderse completamente arriba. Cada subida se contará como una repetición. Se realizará una ligera flexión de rodilla para el impulso inicial. **(Tabla I)**

Test de salto

El test de salto se midió después del calentamiento (pre-WOD) y a los 3 (3 min post-WOD), 10 (10 min post-WOD) y 20 minutos (20 min post-WOD) de terminar el WOD.

Como herramienta diagnóstica validada se realizó el test de salto CMJ (Counter Movement Jump) en una plataforma de fuerza portátil de 92 x 92 x 12.5 cm (Quattro Jump model 9290AD; Kistler Instruments, Winterthur, Suiza), midiendo la fatiga de las extremidades inferiores [16].

El salto se inicia de pie en la plataforma de fuerza con las rodillas extendidas y las manos en las caderas. Se realiza una flexión de rodillas de hasta 90° (excéntrico) para coger impulso y hacer una extensión coordinada y explosiva (concéntrico) para alcanzar la máxima altura posible con las rodillas extendidas. Finalmente la toma de contacto en la percepción del salto se realizará con las puntas de los pies. El salto debe ser en línea recta y sin despegar las manos de las caderas. En cada medición el salto se repetirá 3 veces con 45 segundos de descanso entre saltos. Se midieron las siguientes variables durante los saltos: altura de vuelo, potencia, fuerza máxima, tiempo de duración total y velocidad de despegue.

Aplicación del hielo

Como maniobra terapéutica se aplicaron técnicas de crioterapia mediante *cold packs*. La aplicación se realizó a los participantes del grupo experimental a los 10 minutos post-WOD tras realizar la 3ª medición del CMJ. Los *cold pack* fueron colocados sobre los tendones rotulianos de ambas piernas durante 10 minutos.

Mientras, el grupo control esperó reposando otros 10 minutos. Finalmente todos fueron sometidos a la 4ª y última medición del test de salto CMJ a los 20 minutos post-WOD.

Análisis estadístico

Se llevó a cabo un análisis estadístico para comparar las variables de capacidad de salto en las diferentes condiciones experimental y control (con aplicación de hielo sobre el tendón rotuliano y sin hielo, respectivamente). Una vez comprobadas que las varianzas de las variables iniciales fueran homogéneas con los estadísticos de Levene y que la distribución fue normal en los valores de dichas variables aplicando el test de Shapiro wilk, se aplicó un Modelo Lineal General 2 factores [factor inter-sujetos, o efecto Grupo (2 niveles, control y experimental) y factor intra-sujetos, con la variable "Tiempo"

en 4 niveles (pre-WOD, 3min post-WOD, 10min post-WOD y 20min post-WOD) observándose también el efecto de la interacción], con medidas repetidas en uno de ellos, contrastándolo con el test de esfericidad de Mauchley. En el caso de rechazar la hipótesis de esfericidad se utilizó el estadístico F univariado ajustándolo con el índice corrector Greenhouse-Geisser. En el caso de encontrar diferencias significativas entre las mediciones, se aplicó una prueba Post Hoc utilizando el índice de Bonferroni.

Por otro lado, al realizar la comparación por pares tras haberse aplicado el hielo (20min post-WOD), se realizó una prueba t para muestras independientes. Todos los datos fueron expresados M (medias) y DE (desviación estándar) e Intervalos de Confianza al $\pm 95\%$ (IC). Se determinó en todas las pruebas el *tamaño del efecto* (Eta al cuadrado parcial) y la *potencia estadística* de los datos. Los porcentajes de mejora fueron calculados con la siguiente fórmula ($[(post - pre)/pre \times 100]$). El nivel de significación estadística fue $P < 0.05$. Se utilizó el paquete estadístico SPSS versión 18.0 (SPSS, Chicago, III).

RESULTADOS

Los datos demográficos totales y por grupos se muestran en la **tabla II**. El 89,3% del total de los participantes son hombres, mientras que el 10,7% son mujeres. El tiempo medio tardado en finalizar el WOD es de $12,23 \pm 3,75$ minutos.

Analizando la capacidad de salto en los diferentes momentos del WOD (**Tabla III**) se documenta únicamente una disminución significativa en la variable altura de vuelo [$F(3,78)=3,336$; $P=0,048$], no encontrando diferencias significativas en la velocidad máxima [$F(3,78)=2,948$; $P=0,065$], en la potencia media relativa [$F(3,78)=1,679$; $P=0,200$], potencia media total [$F(3,78)=2,144$; $P=0,129$], en la potencia máxima relativa [$F(3,78)=0,662$; $P=0,548$], y en la potencia máxima total [$F(3,78)=0,649$; $P=0,557$].

Al realizar una comparativa *Post Hoc* utilizando el índice de Bonferroni entre los valores de las mediciones pre y post-WOD, se encontraron diferencias significativas en la altura de vuelo entre el pre-WOD y el 10min post-WOD ($P=0,001$) y entre el pre-WOD y el 3min post-WOD hubo una tendencia hacia la significación estadística ($P=0,059$). Es decir, la pérdida de altura de vuelo se mantuvo tanto en el minuto 3 después del ejercicio (~4% de pérdida), cómo en el minuto 10 (~9% de pérdida) con respecto a los niveles pre-WOD en el *grupo de hielo*. Valores similares en pérdida de altura de vuelo fueron

encontrados en el *grupo sin hielo* (~6% tanto en el minuto 3 post-WOD y en el minuto 10 post-WOD).

Además, para las variables Vmax, Pmed relativa y Pmed total hubo diferencias significativas en la comparación Post Hoc en el minuto 10 post-WOD respecto al pre-WOD ($P=0,002$; $P=0,007$; $P=0,009$, respectivamente), con un porcentaje de pérdida de altura de vuelo del ~4% en todas las variables en el grupo de aplicación de hielo, y un ~2,4% en las variables del *grupo sin aplicación de hielo* (**Figuras 4, 5, 6 y 7**).

Por otro lado, si se analizan las diferencias entre grupos al realizar el modelo lineal general de medidas repetidas se puede documentar que no hubo diferencias entre grupos en ninguna de las variables analizadas [altura de vuelo ($F(1,26)=0,062$; $P=0,805$; Vmax ($F(1,26)=0,057$; $P=0,814$; Fmax ($F(1,25)=0,000$; $P=0,987$; Pmed relativa ($F(1,26)=1,417$; $P=0,245$; Pmed total ($F(1,26)=0,001$; $P=0,976$; Pmax relativa ($F(1,26)=0,370$; $P=0,548$; Pmax total ($F(1,26)=0,184$; $P=0,671$].

A partir del minuto 10 post-WOD a los dos grupos anteriormente divididos se les cambiaron las condiciones. Por un lado, a los participantes de un grupo se les aplicó hielo durante 10 minutos en los tendones rotulianos, mientras que al otro grupo no se le aplicó hielo. El objetivo fue ver si la aplicación de frío sobre los tendones rotulianos producía una mejora en la capacidad de salto. Sin embargo, tras realizar la comparación por pares no se encontraron diferencias entre grupos en ninguna de las variables tras realizar el CMJ a los 20 minutos post-WOD (altura de vuelo $t=0,486$, $P=0,895$; Vmax, $t=0,147$, $P=0,884$; Fmax, $t=0,358$, $P=0,723$; Pmed relativa, $t=0,863$, $P=0,396$; Pmed total, $t=0,815$, $P=0,964$; Pmax relativa, $t=0,956$, $P=0,480$; Pmax total $t=0,884$, $P=0,725$).

DISCUSIÓN

El presente estudio fue diseñado por un lado para estudiar la capacidad de salto de los sujetos tras realizar un WOD de Crossfit® a través de la capacidad de salto (mediante variables metabólicas que inducen la fatiga muscular) y por el otro para analizar la eficacia de la crioterapia en la reducción de la fatiga en estos mismos sujetos.

Uno de los hallazgos más importantes fue la disminución significativa de la altura de vuelo tras realizar el WOD, manteniéndose la pérdida a los 3 y a los 10 minutos post-WOD respecto los valores pre-WOD. Los resultados fueron similares en ambos grupos

(hielo/sin hielo). Para las variables Vmax, Pmed relativa y Pmed total también se encontraron diferencias significativas en el minuto 10 post-WOD respecto a las mediciones pre-WOD, similares también en ambos grupos. Sin embargo no se encontraron diferencias significativas en el minuto 20 post-WOD entre grupos, una vez aplicado el hielo, en ninguna de las variables.

La fatiga se caracteriza por dolor sordo muscular, rigidez, sensibilidad a la palpación y pérdidas de fuerza que pueden durar hasta 5-7 días, afectándose los sistemas muscular, nervioso y metabólico [8,17]. Los atletas que se someten a ejercicios de alta intensidad con poco tiempo de descanso pueden padecer estos síntomas experimentando una disminución de la capacidad de rendimiento [17]. Esto puede estar relacionado con los resultados del presente estudio ya que se observa una pérdida significativa de la capacidad de salto post-WOD.

Estos resultados se correlacionan con los estudios de Maté-Muñoz et al. (2017,2018) donde estudian la capacidad de salto en fatiga tras realizar un WOD de Crossfit® y los estudios de Kennedy et al. (2017) y Gathercole et al. (2015), donde todos muestran una pérdida de la capacidad de salto causada por la fatiga tras realizar diferentes entrenamientos (Crossfit®, HIIT y pliométricos) [4,6,18,19].

Parece que las terapias con frío reducen la temperatura muscular así como, el dolor, la respuesta inflamatoria y el daño muscular [20–23]. Por otro lado, el metabolismo de los productos de desecho aumenta, mejorando así la recuperación estructural integral y funcional [24–26]. Además se le atribuye un potencial psicológico beneficioso reduciendo la sensación subjetiva de la fatiga [27].

Sin embargo, los efectos beneficiosos de la recuperación post-ejercicios no están claros, y podrían estar influenciados por el método de aplicación utilizado, ya que además de los *cold packs* empleados en la intervención de este estudio, existen diferentes técnicas como las inmersiones en agua fría y las cámaras de aire frío [28].

A pesar de que las inmersiones de agua fría y las cámaras de aire facilitan enfriar una mayor superficie en comparación con la aplicación de hielo picado, se sugiere que el hielo provoca mayor reducción de la temperatura tisular [29]. Incluso en ocasiones las inmersiones y el aire frío no reducen lo suficiente la temperatura tisular como para reducir la analgesia [29,30]. Bleakley et al. compara en 2014, las diferentes formas de aplicación y reseña que la crioterapia con aire frío induce una reducción de la

temperatura tisular comparable o menos significativa que las inmersiones de agua fría y los *cold packs* [11].

Del mismo modo Wozniak et al. en 2007, descubrió que con las exposiciones de aire frío se podría reducir el daño muscular ya que aumenta las citoquinas antiinflamatorias consiguiendo reducir el daño inicial y la inflamación secundaria asociado al ejercicio [31]. Por el contrario, Poppendieck et al. en 2013, relata más efectivas las inmersiones en agua fría que las cámaras criogénicas [28]. Para los *cold packs* los resultados fueron insignificantes. Asimismo los efectos de las inmersiones parciales (extremidades inferiores) eran menores que cuando se sumergía todo el cuerpo [28].

A pesar de que el hielo o *cold packs* proporcionan efectos beneficiosos de analgesia a corto tiempo post-cirugía hay poca evidencia de que muestre algún efecto en la regeneración funcional o la inflamación [11].

Higgins et al. en 2011, compara los baños de contraste con los baños de agua fría y un grupo control en jugadores profesionales de rugby en competición [32]. Los resultados documentaron que los jugadores que se sometieron a baños de contraste obtuvieron mayores beneficios que el grupo control, aunque se encontró poca mejoría en los sujetos sumergidos en agua fría en comparación al control [32].

Hauswirth (2011), Fonda (2013) y Ferreira (2014) estudiaron el efecto del aire frío para combatir las mialgias encontrando una reducción del dolor así como una mejora en el rendimiento y una recuperación más rápida de la capacidad funcional [33–35].

En la revisión de Leeder et al. (2012), se estudiaron las inmersiones de agua fría tras ejercicios de alta intensidad en atletas y amateurs. Se concluyó que la crioterapia reduce el dolor muscular de aparición tardía pero no es tan efectivo en la mejora del rendimiento [36]. Vaile et al. (2008), Elias et al. (2012) y Broatch et al. (2017) no evidencian mejora la fuerza muscular pero sin embargo, se sugieren efectos positivos en la recuperación de la potencia (saltos y sprints) [24,37,38].

Crystal et al. estudia en 2013, la recuperación de la fuerza muscular mediante inmersiones de agua fría y relata que el rendimiento podría mejorar con la crioterapia pero que depende del rango de movimiento que puede verse afectado por el dolor muscular post-ejercicio [39]. Por el contrario Ferreira-Junior et al. (2014) relata que las inmersiones parciales de agua fría mejoran la recuperación excéntrica muscular aunque la concéntrica no cambia [40].

Por otro lado Poppendieck et al. (2013) descubrió que los efectos del frío en la recuperación post-ejercicio eran más duraderos en los deportes de carga (correr, levantamiento de peso, excéntricos...) que en los deportes sin carga (natación, ciclismo...) [28]. Además relató que los mayores efectos se dan a las 96 horas de a la intervención [28]. Se evidencia una mejoría en el rendimiento del 2-3% [28]. Esta pequeña diferencia puede aumentar en un 10% la victoria de un atleta [28].

En la revisión sobre diferentes técnicas de enfriamiento post ejercicio Hohenauer et al. (2015) obtiene resultados adversos [7]. En cuanto al dolor provocado por la fatiga encuentra que la terapia con frío reduce significativamente los síntomas a las 24h, 48h y 96 horas después de la exposición, pero no a las 72 horas [7]. Habría que tener en cuenta la superficie de contacto con el frío [7]. Además se reduce la percepción del esfuerzo a las 24 horas en comparación con técnicas pasivas [7]. Finalmente relata que el enfriamiento no afecta a la recuperación objetiva de las variables como lactato, citoquinas o interleucinas [7].

En relación al presente estudio Viera et al. (2015) no encuentra mejoría en el salto vertical 30 minutos después de la aplicación de aire frío [41]. Se sugiere que debido a que las mediciones del test de salto se hicieron demasiado temprano puede ser que los resultados estén alterados debido a la reducción de la temperatura muscular en esos momentos [41].

Parece ser que la crioterapia es efectiva en la recuperación de la fatiga reduciendo el dolor de los deportistas, aunque no es tan relevante en la mejora del rendimiento [7,28,31,36,42]. Se sugieren mejoras de la potencia y fuerza pero no son muy evidentes [24,37–39]. A pesar de los efectos beneficiosos de la crioterapia, en el presente estudio no se encuentran mejorías significativas. Aun así se puede observar que en las variables altura de salto (4,24%>2,66%), velocidad máxima (1,62%>1,22%) y potencia media total (2,62% > 1,72%), los porcentajes de mejora son mayores en el grupo experimental (hielo) que en el control (no-hielo) entre el minuto 10 y 20 post-WOD.

Además de la crioterapia, se utilizan más métodos post-ejercicio para la recuperación de la fatiga. Bleackley et al. en 2012, comparó la efectividad de las inmersiones de agua fría, con los estiramientos y las cámaras hiperbáricas [27]. Solo se encontraron beneficios con las inmersiones de agua fría, obteniendo una reducción del dolor muscular de aparición tardía [27]. En esa misma línea Eguchi et al. compara en 2014, los estiramientos con el hielo y determina que los estiramientos no benefician la recuperación de la fatiga y relata que el hielo podría ser más efectivo [43]. No está muy

clara su efectividad debido a que no hay un protocolo establecido sobre su aplicación, puede ser que los resultados del estudio no hayan sido concluyentes debido a que solo se ha aplicado durante 30 segundos (mismo tiempo que se aplica al estirar) [43].

Una de las características de la crioterapia es que la mayoría de estudios no presentan evidencia de efectos adversos [11]. Solamente se dan casos aislados de quemaduras en la piel pero que además se relacionan con la realización de procedimientos inadecuados [44]. En 2014 Selfe et al. relata un caso de quemadura en el muslo de un jugador profesional de rugby, el atleta sufría intolerancia al frío [45].

En relación al género, en las muestras de la mayoría de los artículos y en el presente estudio predomina el sexo masculino lo que podría diferir los resultados [28,42]. La severidad del daño muscular y su consiguiente inflamación se relacionan con el género[46]. La temperatura muscular depende de las variables antropométricas y sexo, descendiendo más en las mujeres [47].

Limitaciones del estudio

Se encuentran limitaciones en el estudio. La muestra de 14 sujetos por grupo y con un porcentaje elevado de hombres limita los resultados del estudio. Sería necesario realizarlo con una muestra mayor con el fin de encontrar resultados significativos.

Futuras líneas de investigación

Aunque la crioterapia en forma de *cold packs* para reducir los efectos de la fatiga muscular resulta no ser eficaz, son necesarias futuras investigaciones para encontrar el mejor método post-ejercicio para la recuperación funcional de los deportistas de Crossfit®. Asimismo, se debería establecer un protocolo general de crioterapia para mejorar el rendimiento de estos deportistas.

CONCLUSIONES

La capacidad de salto disminuyó significativamente a los 3 y 10 minutos postejercicio (3min post-WOD y 10min post-WOD). No se encontraron diferencias entre grupos.

Tras diez minutos de aplicación de cold packs sobre el tendón rotuliano, como método crioterápico para la reducción de la fatiga muscular, éste no resultó eficaz, ya que no hubo diferencias significativas entre los grupos de aplicación de hielo y el grupo control a los 20 minutos post ejercicio.

BIBLIOGRAFÍA

1. Meyer J, Morrison J, Zuniga J. The Benefits and Risks of CrossFit. A Systematic Review. *Workplace Health Saf.* 2017;65(12):612–8.
2. Mehrab M, De Vos R, Kraan GA. Injury Incidence and Patterns Among Dutch CrossFit Athletes. *Orthop J Sport Med.* 2017;5(12):1–13.
3. Fernández-fernández J, Sabido-solana R, Moya D, Sarabia JM, Moya M. Acute physiological responses during crossfit® workouts. *Eur J Hum Mov.* 2015;35:114–24.
4. Maté-Muñoz JL, Louguedo JH, Barba M, Cañuelo-Márquez AM, Guodemar-Pérez J, Gacia-Fernández P, et al. Cardiometabolic and Muscular Fatigue Responses to Different CrossFit® Workouts.pdf. *J Sport Sci Med.* 2018;17:668–79.
5. Kliszczewicz B, Snarr R, Esco M. Metabolic and Cardiovascular Response To the Crossfit Workout “Cindy”: a Pilot Study. *J Sport Hum Perf.* 2014;2(2):1–9.
6. Maté-Muñoz JL, Lougedo JH, Barba M, García-Fernández P, Garnacho-Castaño M V, Domínguez R. Muscular fatigue in response to different modalities of CrossFit sessions. *PLoS One.* 2017;12(7):1–17.
7. Hohenauer E, Taeymans J, Baeyens J, Clarys P. The Effect of Post-Exercise Cryotherapy on Recovery Characteristics : A Systematic Review and Meta-Analysis. *PLoS One.* 2015;28(10):1–22.
8. Pointon M, Duffield R, Cannon J, Marino FE. Cold application for neuromuscular recovery following intense lower-body exercise. *Eur J Appl Physiol.* 2011;111:2977–86.
9. Weisenthal BM, Beck CA, Maloney MD, Dehaven KE, Giordano BD. Injury Rate and Patterns Among CrossFit Athletes. *Orthop J Sport Med.* 2014;2(4):1–7.
10. Hak PT, Hodzovic E, Hickey B. The nature and prevalence of injury during CrossFit training. *J Strength Cond Res.* 2013;Nov(22).
11. Bleakley CM, Bieuzen F, Davison GW, Costello JT. Whole-body cryotherapy : empirical evidence and theoretical perspectives. *J Sports Med.* 2014;5:25–36.
12. Dupuy O, Douzi W, Theurot D, Bosquet L, Dugué B. An Evidence-Based Approach for Choosing Post-exercise Recovery Techniques to Reduce Markers of Muscle Damage, Soreness, Fatigue, and Inflammation: A Systematic Review With Meta-Analysis. *Front Physiol.* 2018;9(403):1–15.

13. Nadarajah S, Ariyagunaratne R, Jong ED. Cryotherapy: not as cool as it seems. *J Physiol*. 2018;596(4):561–2.
14. Verducci FM. Interval Cryotherapy Decreases Fatigue During Repeated Weight Lifting. *J Athl Train*. 2000;35(4):422–6.
15. Verducci FM. Interval Cryotherapy and Fatigue in University Baseball Pitchers Frank. *Res Q Exerc Sport*. 2001;72(3):280–7.
16. Sánchez-medina L, González-Badillo JJ. Velocity Loss as an Indicator of Neuromuscular Fatigue during Resistance Training. *Med Sci Sports Exerc*. 2011;43(9):1725–34.
17. Lewis PB, Ruby D, Bush-Joseph CA. Muscle Soreness and Delayed-Onset Muscle Soreness. *Clin Sports Med*. 2012;31:255–62.
18. Gathercole RJ, Stellingwerff T, Sporer BC. Effect of acute fatigue and training adaptation on countermovement jump performance in elite snowboard cross athletes. *J Strength Cond Res*. 2015;29(1):37–46.
19. Kennedy RA, Drake D. The effect of acute fatigue on countermovement jump performance in rugby union players during preseason rodney. 2017;57(10):1261–6.
20. Banfi G, Lombardi G, Colombini A, Melegati G. Whole-body cryotherapy in athletes. *Sport Med*. 2010;40(6):509–17.
21. Eston R, Peters D. Effects of cold water immersion on the symptoms of exercise-induced muscle damage. *J Sports Sci*. 1999;17:231–8.
22. Bailey DM, Erith SJ, Griffin PJ, Dowson A, Brewer DS, Gant N, et al. Influence of cold-water immersion on indices of muscle damage following prolonged intermittent shuttle running. *J Sports Sci*. 2007;25(11):1163–70.
23. Karoline Cheung, Patria A. Hume, Linda Maxwell. Delayed onset muscle soreness: Treatment strategies and performance factors. *Sport Med*. 2003;33(2):145–64.
24. Vaile J, Halson S, Gill N, Dawson B. Effect of hydrotherapy on recovery from fatigue. *Int J Sports Med*. 2008;29:539–44.
25. Montgomery PG, Pyne DB, Hopkins WG, Dorman JC, Cook KK, Minahan CL. The effect of recovery strategies on physical performance and cumulative fatigue in competitive basketball. *J Sports Sci*. 2008;26(11):1135–45.
26. Minett GM, Costello JT. Specificity and context in post-exercise recovery: it is

- not a one-size-fits-all approach. *Front Physiol.* 2015;6:1–3.
27. Bleakley C, McDonough S, Gardner E, Hopkins J, Davison G. Cold-water immersion (cryotherapy) for preventing and treating muscle soreness after exercise. *Cochrane Database Syst Rev.* 2012;(2).
 28. Poppendieck W, Faude O, Wegmann M, Meyer T. Cooling and performance recovery of trained athletes: a meta-analytical review. *Int J Sports Physiol Perform.* 2013;8:227–42.
 29. Bleakley CM, Hopkins JT. Is it possible to achieve optimal levels of tissue cooling in cryotherapy? *Phys Ther Rev.* 2010;15(4):344–50.
 30. Tseng C, Lee J, Tsai Y, Lee S, Kao C, Liu T, et al. Topical cooling (icing) delays recovery from eccentric exercise-induced muscle damage. *J str.* 2013;27(5):1354–61.
 31. Wozniak A, Wozniak B, Drewa G, Mila-Kierzenkowska C, Rakowski A. The effect of whole-body cryostimulation on lysosomal enzyme activity in kayakers during training. *Eur J Appl Physiol.* 2007;100:137–42.
 32. Higgins TR, Heazlewood IT, Climstein M. A random control trial of contrast baths and ice baths for recovery during competition in U/20 rugby union. *J Strength Cond Res.* 2011;25(4):1046–51.
 33. Hauswirth 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;6(12).
 34. Fonda B, Sarabon N. Effects of whole-body cryotherapy on recovery after hamstring damaging exercise: A crossover study. *Scand J Med Sci Sport.* 2013;23(5):270–8.
 35. Ferreira-Junior J, Bottaro M, Vieira A, Siqueira AF, Vieira CA, Durigan JLQ, et al. One session of partial-body cryotherapy (-110°C) improves muscle damage recovery. *Scand J Med Sci Sport.* 2014;
 36. 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;46:233–40.
 37. Elias GP, Wyckelsma VL, Varley MC, McKenna MJ, Aughey RJ. Effectiveness of water immersion on postmatch recovery in elite professional footballers. *Int J Sports Physiol Perform* [Internet]. 2013;8:243–53. Available from:

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22954483>

38. Broatch JR, Petersen A, Bishop DJ. Cold-water immersion following sprint interval training does not alter endurance signaling pathways or training adaptations in human skeletal muscle. *Am J Physiol Integr Comp Physiol*. 2017;313(4):R372–84.
39. Crystal NJ, Townson DH, Cook SB, Laroche DP. Effect of cryotherapy on muscle recovery and inflammation following a bout of damaging exercise. *Eur J Appl Physiol*. 2013;113(10):2577–86.
40. Ferreira-Junior J, Bottaro M, Vieira C, Soares S, Vieira A, Cleto V, et al. Effects of partial-body cryotherapy (-110°C) on muscle recovery between high-intensity exercise bouts. *Int J Sports Med*. 2014;35:1155–60.
41. Vieira A, Bottaro M, Ferreira-Junior JB, Vieira C, Cleto VA, Cadore EL, et al. Does whole-body cryotherapy improve vertical jump recovery following a high-intensity exercise bout? *Open access J Sport Med*. 2015;6:49–54.
42. Costello J, Baker P, Minett G, Bieuzen F, Stewart I, Bleakley C. Whole-body cryotherapy (extreme cold air exposure) for preventing and treating muscle soreness after exercise in adults (Review). *Cochrane Database Syst Rev*. 2015;18(9).
43. Eguchi Y, Jinde M, Murooka K, Konno Y, Ohta M, Yamato H. Stretching versus transitory icing: which is the more effective treatment for attenuating muscle fatigue after repeated manual labor? *Eur J Appl Physiol*. 2014;114:2617–23.
44. Westerlund T, Oksa J, Smolander J, Mikkelsen M. Neuromuscular adaptation after repeated exposure to whole-body cryotherapy (-110 °C). *J Therm Biol*. 2009;34:226–31.
45. Selfe J, Alexander J, Costello JT, May K, Garratt N, Atkins S, et al. The effect of three different (-135°C) whole body cryotherapy exposure durations on elite rugby league players. *PLoS One*. 2014;9(1).
46. Hammond L, Cuttell S, Nunley P, Meyler J. Anthropometric Characteristics and Sex Influence Magnitude of Skin Cooling following Exposure to Whole Body Cryotherapy. *Biomed Res Int*. 2014;1–7.
47. Enns D, Tiidus P. The influence of estrogen on skeletal muscle: sex matters. *Sport Med*. 2010;40(1):41–58.

ANEXOS (FIGURAS)

FIGURA 1. Esquema del diseño experimental del estudio.

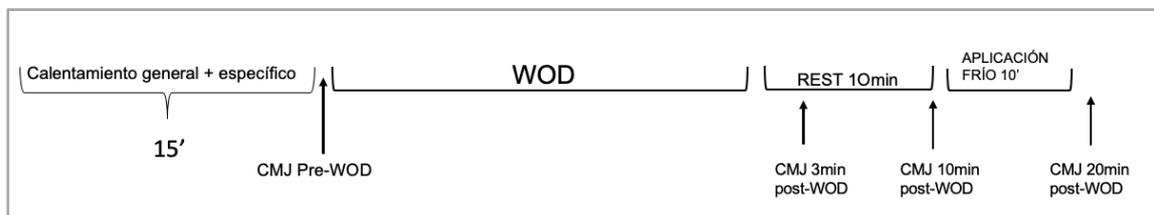


FIGURA 2. Diagrama de flujo del progreso a través de las fases de un ensayo clínico aleatorizado paralelo de dos grupos según CONSORT.

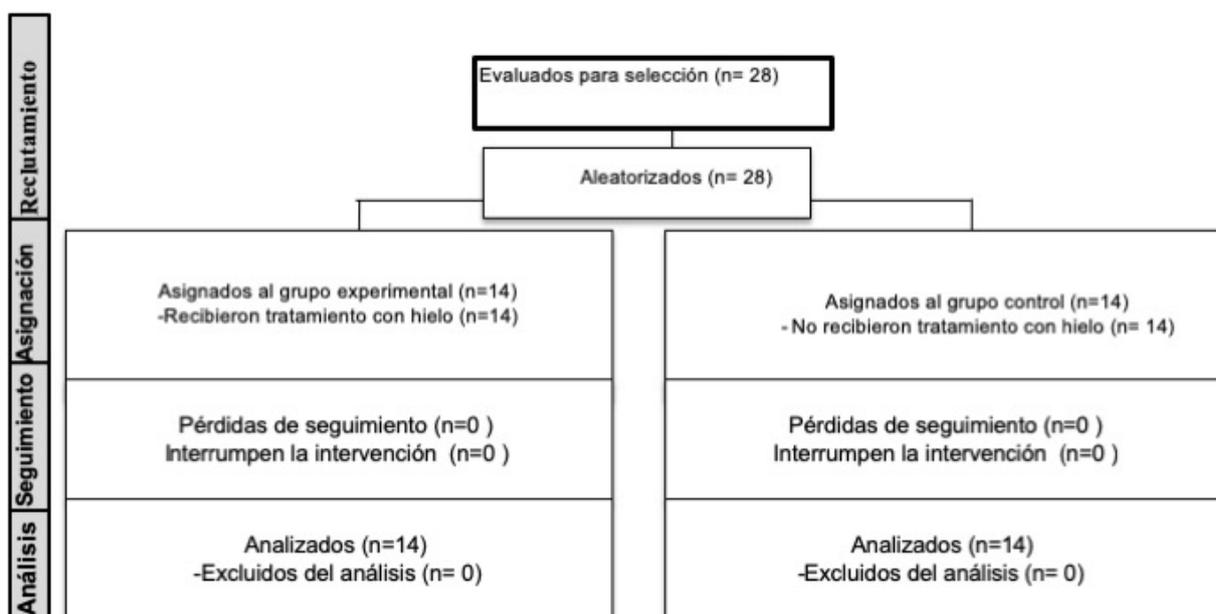
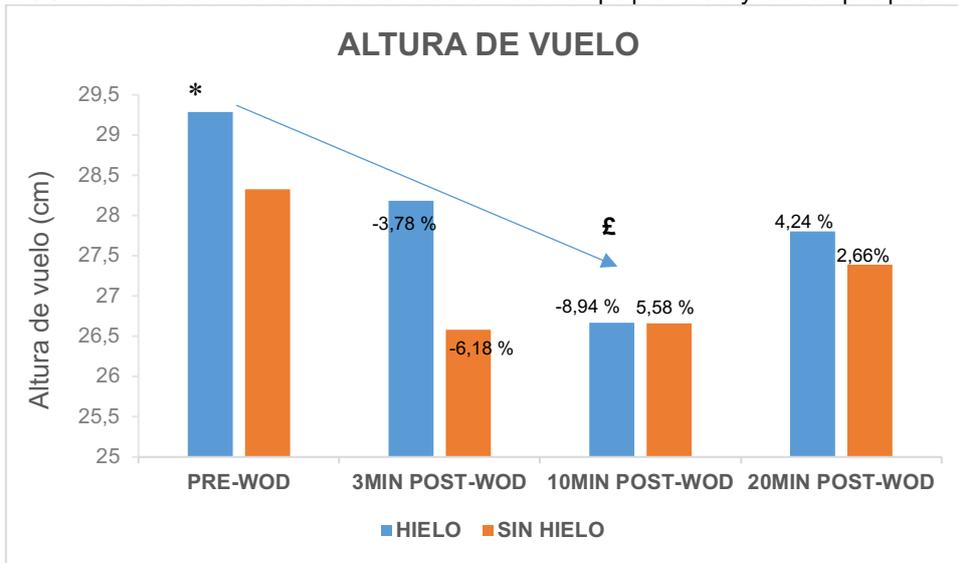


Figura 3. Los bloques 1 y 2 que conforman el WOD con las repeticiones y los pesos especificados. Las imágenes de los ejercicios se muestran en la Tabla I.

BLOQUE 1	BLOQUE 2
6 POWER CLEAN (70-50/45-35kg)	6 PULL UPS
10 SLAM BALL (20/15kg)	10 AIR SQUAT JUMP
14 WALL BALL (9/7kg)	14 DB SNATCH (20/10kg)
18 DB PUSH PRESS (20/10kg)	18 BOX JUMP (60/50cm)
200 M RUN	

FIGURA 4: evolución de la altura de vuelo entre el tiempo pre-WOD y los tiempos post.

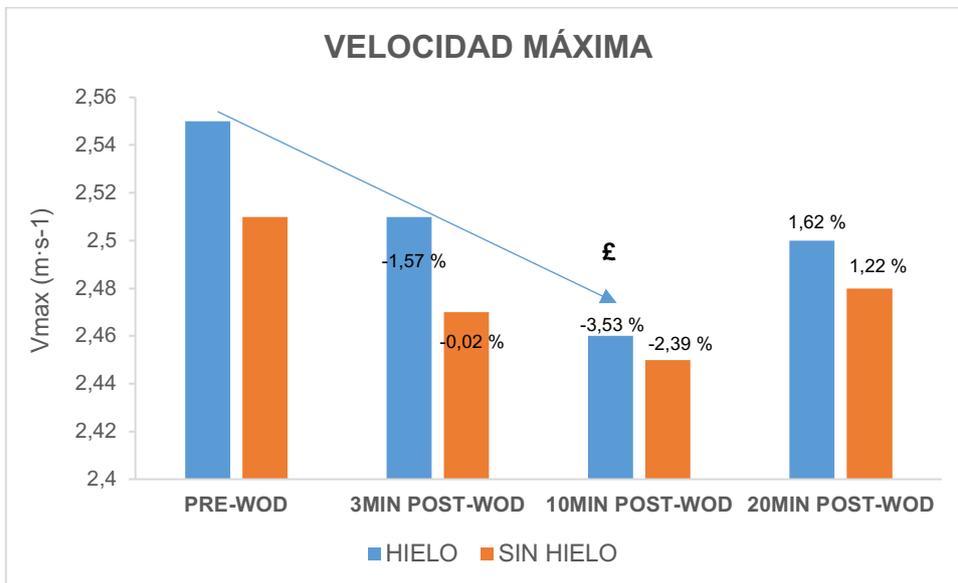


* Diferencia significativa entre Pre-WOD y 3min y 10min post-WOD. ($P < 0,05$)

% Porcentajes de pérdida de capacidad de salto. (Pre-3'Post, Pre-10'Post, 10'Post-20'Post)

£ = Diferencias significativas entre el Pre y 10'Post. ($P < 0,05$)

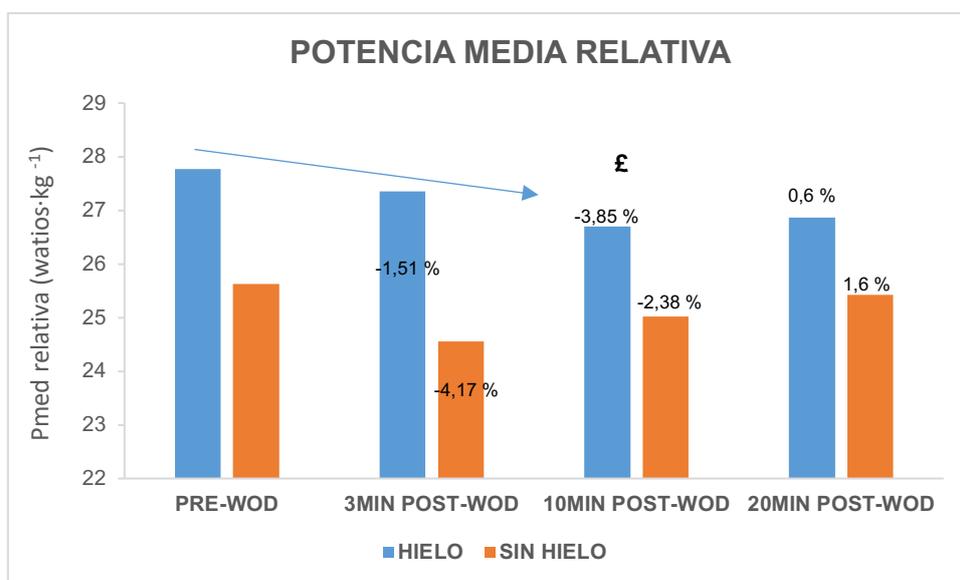
FIGURA 5: evolución de la velocidad máxima entre el tiempo pre-WOD y los tiempos post.



% Porcentajes de pérdida entre de capacidad de salto. (Pre-3'Post, Pre-10'Post, 10'Post-20'Post)

£ = Diferencias significativas entre el Pre y 10'Post. ($P < 0,05$)

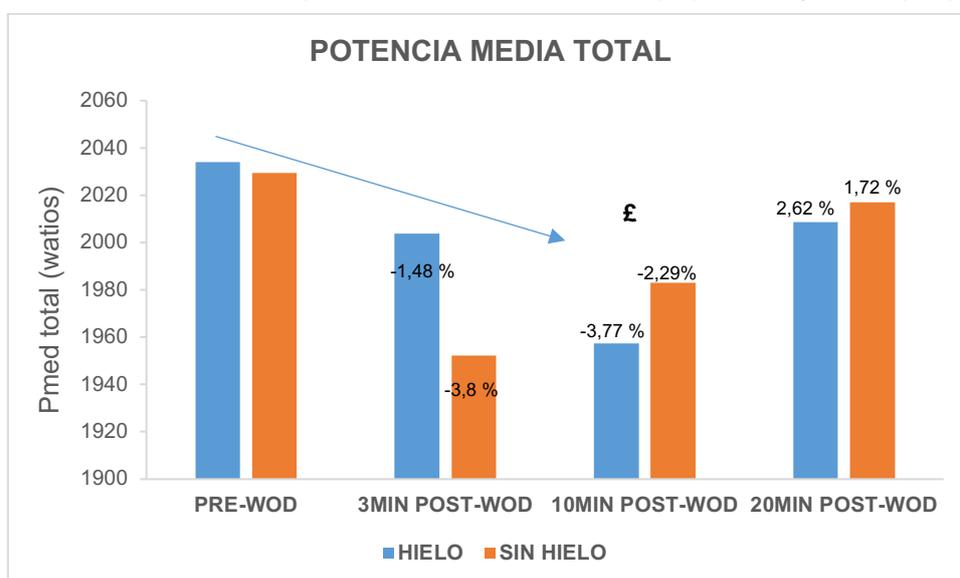
FIGURA 6: evolución de la potencia media relativa entre el tiempo pre-WOD y los tiempos post.



% Porcentajes de pérdida de capacidad de salto. (Pre-3'Post, Pre-10'Post, 10'Post-20'Post)

£ = Diferencias significativas entre el Pre y 10'Post. ($P < 0.05$)

FIGURA 7: evolución de la potencia media total entre el tiempo pre-WOD y los tiempos post.



% Porcentajes de pérdida de capacidad de salto. (Pre-3'Post, Pre-10'Post, 10'Post-20'Post)

£ = Diferencias significativas entre el Pre y 10'Post. ($P < 0.05$)

ANEXOS (TABLAS)

TABLA I. Imágenes de los ejercicios incluidos en el WOD

EJERCICIO	IMAGEN INICIO	IMAGEN FINAL
POWER CLEAN		
SLAM BALL		
WALL BALL		

DUMBBELL

**PUSH
PRESS**



PULL UP



**AIR SQUAT
JUMP**





TABLA II. Datos demográficos de la muestra. M: media, DE: desviación estándar.

VARIABLE	HIELO (N=14)	SIN HIELO (N=14)	TOTAL
	M ± DE	M ± DE	M ± DE
EDAD (AÑOS)	29,36 ± 6,902	27,50 ± 5,229	28,43 ± 6,08
PESO (KG)	71,99 ± 11,80	78,97 ± 10,82	75,48 ± 11,65
ALTURA (CM)	171,29 ± 8,46	177,74 ± 8,48	174,51 ± 8,94
IMC (KG/M²)	24,38 ± 2,37	24,97 ± 1,44	24,67 ± 1,95

Tabla III. Comparativa en el tiempo de las variables obtenidas del análisis de la capacidad de salto y la aplicación de hielo sobre el tendón rotuliano.

Variables	Hielo/ No Hielo	Pre (M ± DE, IC 95%)	3' Post (M ± DE, IC 95%)	10' Post (M ± DE, IC 95%)	20' Post (M ± DE, IC 95%)	% pérdida Pre - 3'Post	% pérdida Pre- 10'Post	% pérdida 3' Post - 10'Post	% pérdida 10'Post - 20'Post	P para efecto Tiempo	Eta al cuadrado parcial	Potencia Estadística
Altura de Vuelo (cm)	Con Hielo	29,29 ± 8,09 £ (24,71 – 33,88)	28,18 ± 8,30 (23,83 – 32,53)	26,67 ± 8,12 (22,13 – 31,21)	27,80 ± 8,59 (23,30 – 32,29)	-3,78	-8,94	-5,36	4,24	0,048*	0,114	0,738
	Sin Hielo	28,33 ± 8,59 £ (23,74 – 32,92)	26,58 ± 7,51 (22,23 – 30,93)	26,68 ± 8,39 (22,14 – 31,23)	27,39 ± 7,74 (22,89 – 31,88)	-6,18	-5,82	0,38	2,66			
Vmax (m·s ⁻¹)	Con Hielo	2,55 ± 0,32 £ (2,38 – 2,73)	2,51 ± 0,36 (2,33 – 2,70)	2,46 ± 0,36 (2,27 – 2,65)	2,50 ± 0,35 (2,32 – 2,68)	-1,57	-3,53	-1,99	1,62	0,065	0,102	0,532
	Sin Hielo	2,51 ± 0,29 £ (2,34 – 2,68)	2,47 ± 0,30 (2,29 – 2,65)	2,45 ± 0,33 (2,26 – 2,64)	2,48 ± 0,31 (2,30 – 2,67)	-0,02	-2,39	-0,81	1,22			
Fmax (Newtons)	Con Hielo	1849,86 ± 354,42 (1663,30 – 2036,42)	1914,36 ± 380,58 (1712,88 – 2115,84)	1910,11 ± 400,02 (1715,59 – 2104,64)	1887,53 ± 397,26 (1669,19 – 2105,88)	3,48	3,26	-0,22	-1,18	0,201	0,060	0,401
	Sin Hielo	1900,69 ± 321,32 (1707,09 – 2094,30)	1897,01 ± 349,58 (1687,93 – 2106,09)	1922,42 ± 294,67 (1720,55 – 2124,28)	1832,53 ± 396,03 (1606,23 – 2059,41)	-0,19	1,14	1,34	-3,58			
Pmed Relativa (wattios·kg ⁻¹)	Con Hielo	27,77 ± 4,38 £ (25,24 – 30,30)	27,35 ± 4,49 (24,80 – 29,89)	26,70 ± 4,80 (23,97 – 29,42)	26,86 ± 3,91 (24,44 – 29,28)	-1,51	-3,85	-2,38	0,60	0,200	0,061	0,315
	Sin Hielo	25,63 ± 4,82 £ (23,10 – 28,16)	24,56 ± 4,78 (22,01 – 27,11)	25,02 ± 5,11 (22,30 – 27,75)	25,42 ± 4,84 (23,01 – 27,84)	-4,17	-2,38	1,87	1,60			
Pmed Total (wattios)	Con Hielo	2034,09 ± 505,42 £ (1770,10 – 2298,08)	2003,92 ± 503,45 (1732,64 – 2275,19)	1957,39 ± 510,82 (1685,10 – 2229,69)	2008,64 ± 517,40 (1736,43 – 2280,86)	-1,48	-3,77	-2,32	2,62	0,129	0,076	0,415
	Sin Hielo	2029,35 ± 454,28 £ (1765,36 – 2293,34)	1952,21 ± 483,94 (1680,93 – 2235,48)	1982,95 ± 479,99 (1710,66 – 2255,24)	2017,11 ± 472,60 (1744,89 – 2289,32)	-3,80	-2,29	1,57	1,72			
Pmax Relativa (wattios·kg ⁻¹)	Con Hielo	49,46 ± 8,13 (44,86 – 54,06)	49,42 ± 8,12 (44,76 – 54,08)	48,50 ± 8,69 (43,57 – 53,44)	49,38 ± 8,01 (44,81 – 53,96)	-0,08	-1,94	-1,86	1,81	0,578	0,025	0,183
	Sin Hielo	47,86 ± 8,60 (43,26 – 52,46)	47,14 ± 8,82 (42,48 – 51,80)	47,01 ± 9,26 (42,07 – 51,95)	47,13 ± 8,62 (42,56 – 51,70)	-1,50	-1,78	-0,28	0,25			
Pmax Total (wattios)	Con Hielo	3624,22 ± 912,17 (3151,56 – 4096,87)	3623,09 ± 913,95 (3137,26 – 4108,92)	3557,05 ± 917,87 (3069,21 – 4044,90)	3621,75 ± 898,78 (3142,50 – 4101,01)	-0,03	-1,85	-1,82	1,82	0,589	0,024	0,180
	Sin Hielo	3786,62 ± 805,23 (3313,97 – 4259,28)	3737,36 ± 835,71 (3251,56 – 4223,19)	3723,01 ± 857,12 (3235,16 – 4210,85)	3739,00 ± 845,15 (3259,76 – 4218,27)	- 1,30	-1,68	-0,38	0,43			

Vmax = Velocidad máxima de despegue; **Fmax** = Fuerza máxima; **Pmed** = Potencia media; **Pmax** = Potencia máxima; **Pre** = Pre-WOD; **3' Post**= 3 minutos después del WOD; **10' Post** = 10 minutos después del WOD; **20' Post** = 20 minutos después del WOD cm = centímetros; m·s⁻¹ = metros por segundo; m·s⁻² = metros por segundo al cuadrado; kg = kilogramos; s = segundos; * = Diferencias significativas (P<0.05); £ = Diferencias significativas entre el Pre y el Post 10' (P<0.05); Datos expresados como media ± desviación estándar (DE), ± 95% intervalo de confianza (IC).

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. HOJA DE INFORMACIÓN AL PACIENTE

TRABAJO FIN DE MÁSTER: Nuria San Miguel, con la ayuda de José Luis Maté Muñoz.

TÍTULO DEL ESTUDIO “EFICACIA DE LA CRIOTERAPIA EN LA REDUCCIÓN DE LA CRIOTERAPIA TRAS REALIZAR UN WOD DE CROSSFIT®”

Antes de dar su consentimiento para participar en este estudio, lea por favor atentamente las líneas siguientes y formula todas las preguntas que considere pertinentes.

En el presente estudio se le tomará mediciones de:

- La fatiga muscular de las extremidades inferiores mediante el test de salto CMJ.

El estudio comenzará con un calentamiento general y específico relacionado con el WOD a realizar e impartido por los entrenadores del box. Una vez finalizado el calentamiento se obtendrán las primeras mediciones del test de salto que deberá realizar encima de la plataforma. Antes de realizarlo los investigadores les proporcionaran las indicaciones para realizarlo correctamente. En cada medición se realizarán 3 saltos con 45s de reposo entre repeticiones.

Seguidamente los entrenadores explicaran el WOD. Se dejarán unos minutos para practicar los ejercicios y preparar la sesión. El WOD se realizará en el menor tiempo posible.

Una vez realizado se apuntará el tiempo y a los 3 minutos será sometido por segunda vez al CMJ. Se seguirá el mismo procedimiento en todos. Inmediatamente después de las mediciones al grupo control se le aplicará la crioterapia mediante Cold-Packs en los dos tendones rotulianos durante 10 minutos. Los que pertenezcan al grupo control estarán en reposo. Los grupos serán asignados al principio aleatoriamente por los investigadores.

Una vez pasados 20 minutos desde la finalización del WOD todos los participantes irán pasado por la medición de CMJ final.

Durante la realización del estudio no haremos referencia a los valores que se registren, ni de los efectos de las técnicas correspondientes, pero al finalizar podremos responder a todas las preguntas que usted desee.

Si en cualquier momento de este estudio Vd. Desea interrumpir el mismo por cualquier motivo solo debe indicarlo al profesional que encuentre y no es necesario que de ningún tipo de explicación por ello.

Yo, D (nombre y apellidos)

Acepto libremente y voluntariamente participar en la investigación titulada:
“Eficacia de la crioterapia en la reducción de la crioterapia tras realizar un WOD de CrossFit®”

Y declaro:

- Que se me ha informado y respondido a todas mis pregunta, que se me ha precisado que mi participación en esta investigación es libre y voluntaria.
- Que he leído y comprendido en la nota informativa que se me ha entregado los objetivos, modalidades, pruebas e intervenciones de esta investigación y que para participar necesito cumplir algunas características.
- Soy perfectamente consciente de que me puedo retirar en cualquier momento de la investigación por cualquier motivo sin soportar ninguna responsabilidad, pero me comprometo a informar de ello al investigador principal. El hecho de no participar en la investigación, no conllevará una mala relación con el profesional.
- He estado bien informado de que todas las pruebas que se realizan, incluidos los test iniciales, que son sencillos y no conllevan ningún peligro ni efectos adversos sobre mi bienestar. Estas acontecerán en lugares específicos determinados por los profesionales bien cualificados para un buen funcionamiento de la investigación.

Por lo tanto, consiento y autorizo a Nuria San Miguel, a que realice el estudio correspondiente.

En Madrid, a De 2019

ANEXO 2. CONSENTIMIENTO INFORMADO

Título del estudio: “EFICACIA DE LA CRIOTERAPIA EN LA REDUCCIÓN DE LA FATIGA TRAS REALIZAR UN WOD DE CROSSFIT®”

PROCEDIMIENTO A SEGUIR

Con el presente estudio se pretende investigar sobre la eficacia del hielo para mejorar los síntomas producidos por la fatiga.

Para ello usted será sometido a diferentes mediciones de lactato, frecuencia cardíaca y test de salto en diferentes ocasiones.

La realización del WOD puede provocarle fatiga.

CONSENTIMIENTO

Yo, (Nombre y apellidos) con DNI DECLARO haber recibido información verbal clara y sencilla sobre el procedimiento que se me va a realizar y, además, he leído este escrito. Así mismo, todas mis dudas y preguntas han sido convenientemente aclaradas y he comprendido toda la información que se me ha proporcionado sobre el procedimiento a seguir. Por ello, libremente, y siguiendo la LOPD 15/99, DOY MI CONSENTIMIENTO para que me realicen las mediciones, me apliquen la técnica y para que la información obtenida se utilice en futuros estudios siempre manteniendo mi anonimidad y en pro de la investigación. También comprendo que en cualquier momento y sin necesidad de dar ninguna explicación, puedo revocar el consentimiento que ahora presto. Además otorgo mi expreso consentimiento para que los datos aportados sean sometidos a estudio mediante soporte informático, así como a su análisis estadístico, valoración, exposición y divulgación en medios de comunicación científica.

Se me proporcionará una copia de este documento por si lo preciso.

FECHA:

FIRMA DE LA PACIENTE

FIRMA DEL INVESTIGADOR