

Monograph

Efectos de Múltiples Inmersiones en Agua Fría sobre los Índices del Daño Muscular

Stuart Goodall¹ y Glyn Howatson²¹Centre for Sports Medicine and Human Performance, School of Sport & Education, Brunel University, Uxbridge, UK.

RESUMEN

El propósito de esta investigación fue determinar la eficacia de repetidas inmersiones en agua fría (CWI) para la recuperación del daño muscular inducido por el ejercicio. Un grupo conformado aleatoriamente por dieciocho varones, media \pm DE para la edad, talla y masa corporal: 24 ± 5 años, 1.82 ± 0.06 m y 85.7 ± 16.6 kg, respectivamente, completaron una serie de 100 saltos con caída (*drop jumps*). Luego de la realización de la serie de ejercicio para inducir daño muscular, los participantes fueron aleatoriamente asignados a un grupo que realizó 12 min de CWI ($15 \pm 1^\circ\text{C}$; $n = 9$), quienes realizaron inmersiones inmediatamente post ejercicio y cada 24 horas de por los siguientes 3 días, o a un grupo control (sin tratamiento, $n = 9$). Antes del ejercicio y luego de 96 horas, a intervalos de 24 horas, se midió la contracción voluntaria máxima (MVC) de los extensores de la rodilla, la actividad de la creatina quinasa (CK), el dolor muscular (DOMS), el rango de movimiento (ROM) y la circunferencia de las extremidades. Además la MVC se registró inmediatamente post ejercicio. Se observaron efectos significativos del tiempo para la MVC, la actividad de la CK, la DOMS y para la circunferencia de las extremidades ($p < 0.05$), lo que indicó un daño muscular evidente; sin embargo, no se hallaron efectos del grupo o interacciones significativas que indicaran que las CWI atenuaran alguna de las variables dependientes ($p > 0.05$). Los resultados sugieren que las CWI repetidas no mejoran la recuperación posterior a una serie de contracciones excéntricas que inducen daño muscular.

Palabras Clave: ejercicio excéntrico, tratamiento, crioterapia

INTRODUCCION

Las contracciones excéntricas, tales como las solicitadas durante el ejercicio pliométrico, son una parte integral del entrenamiento deportivo. Cuando esta actividad no se realiza frecuentemente o es una actividad nueva para los individuos, es común que los atletas experimenten signos y síntomas de daño muscular inducido por el ejercicio (EIMD), lo cual puede durar por varios días luego de la realización del ejercicio y es probable que afecte el rendimiento deportivo (O'Connor and Hurley, 2003). Se sabe que el EIMD resulta en una reducción de la función contráctil y causa inflamación muscular (Cheung et al., 2003; Schutte and Lambert, 2001) resultante de los microtraumas tisulares iniciados por la alta tensión producida durante las contracciones excéntricas (Enoka, 1996) y que es exacerbado por las subsiguientes respuestas inflamatorias (Chen and Nosaka, 2006). Una rápida recuperación sería importante para los atletas involucrados en un programa de entrenamiento, o que tienen un calendario de competiciones que requiere de uno o más esfuerzos de alta intensidad dentro de un corto período (Chen and Nosaka, 2006; Clarkson, 1997). Por lo tanto, con el fin de maximizar el rendimiento, es importante haya un equilibrio entre el entrenamiento, el estrés competitivo y la recuperación.

La crioterapia, la disminución de la temperatura de los tejidos mediante la pérdida de calor corporal (Chesterton et al., 2002) es una intervención que podría ayudar a mantener el equilibrio entre el entrenamiento, la competición y la recuperación. La crioterapia puede administrarse de diferentes formas y tiene el propósito de reducir la inflamación, el edema y el dolor que aparecen luego de una serie de ejercicio que produzca daño muscular (Barnett, 2006). No se sabe que forma de crioterapia resulta en la mayor reducción de edema, aunque la CWI parece ser la forma más frecuentemente utilizada durante la recuperación (Wilcock et al., 2006). Sin embargo, las investigaciones que han examinado este tipo de técnicas de recuperación han producido resultados equívocos; ya que algunos estudios no han mostrado atenuación alguna de los síntomas y signos de daño muscular luego de la crioterapia (Gulick and Kimura, 1996; Howatson and van Someren, 2003; Isabell et al., 1992), mientras que otros han mostrado ciertos beneficios (Bailey et al., 2007; Burke et al., 2000). Posiblemente estas discrepancias se deban a inconsistencias en la temperatura, frecuencia y tiempo de inmersión (Wilcock et al., 2006).

Recientemente la CWI ha ganado popularidad como un medio para mejorar la recuperación luego de una sesión de entrenamiento vigoroso (Barnett, 2006); aunque la mayoría de los efectos beneficiosos respecto de la atenuación de los síntomas del EIMD se basan en registros anecdóticos y no en evidencia empírica (Wilcock et al., 2006). Estudios recientes (Burke et al., 2000; Yamane et al., 2006) han utilizado inmersiones a $<10^{\circ}\text{C}$ con diferentes tiempos de inmersión (3-10 min), lo que posiblemente explique la inconsistencia en sus resultados respecto de la recuperación de la fuerza y la inflamación muscular. Meeusen y Lievens (1986) sugirieron que una inmersión de 15 min a una temperatura de 15°C disminuiría la temperatura intramuscular en $\sim 10^{\circ}\text{C}$ lo cual tendría potenciales efectos beneficiosos. Eston y Peters (1999) utilizaron este tipo de inmersión (cada 12 horas para un total de siete sesiones) luego de la realización de contracciones excéntricas del bíceps y mostraron una reducción de la rigidez muscular; sin embargo, la intervención no tuvo impacto sobre la sensibilidad y la pérdida de fuerza muscular que son factores extremadamente importantes para el rendimiento deportivo (Cheung et al., 2003). Eston y Peters (1999), han mostrado que esta técnica de recuperación tiene cierto valor; sin embargo, su modelo para la valoración del daño muscular (flexores del codo) carece de validez externa para la aplicación a un régimen de entrenamiento deportivo específico. Más recientemente, Bailey et al (2007) concluyeron que algunos índices del daño muscular (inflamación y flujo de mioglobina) se reducen luego de una única CWI (10 min a 10°C) llevada a cabo luego de la administración del Test Intermitente de Ir y Volver de Loughborough (Thompson et al., 1999). Aunque, esta investigación no fue específicamente diseñada para inducir daño muscular, se sugirió que una única inmersión puede ayudar a reducir los efectos negativos de la EIMD.

Además, las inmersiones en agua (>10 min) hasta la cintura proveen un cierto grado de presión hidrostática, el cual es suficiente para desplazar fluidos desde la extremidad inferior (Wilcock et al., 2006). Un muy reciente estudio (Sellwood et al., 2007) examinó las actuales prácticas de deportes de alto nivel de Australia, en los cuales se utilizan como técnica de recuperación tres ciclos de inmersión en agua helada seguido de un minuto fuera del agua inmediatamente post-ejercicio. Los métodos como este no permiten que la temperatura muscular se reduzca lo suficiente (Meeusen and Lievens, 1986), o que se produzca el intercambio de fluidos dentro del músculo (Wilcock et al., 2006); y por lo tanto no es sorprendente que Sellwood et al (2007) no hallaran atenuación alguna en los marcadores del EIMD.

Hasta la fecha, los estudios respecto de la eficacia de la CWI son controversiales. Aunque diversas investigaciones han mostrado que esta técnica de recuperación tiene algunos efectos positivos, existen diversas inconsistencias en los protocolos de ejercicio utilizados para inducir daño muscular y en la aplicación del tratamiento. La mayoría de los estudios que han mostrado que la crioterapia es efectiva, han utilizado un único grupo muscular para modelar la respuesta o un protocolo diseñado para predecir el rendimiento, y ambos diseños carecen de validez externa cuando se lo aplica al ambiente del entrenamiento. Por lo tanto, en vista de las limitaciones previamente mencionadas con respecto a la especificidad del ejercicio, la temperatura del agua y la duración de la inmersión, el propósito del presente estudio fue determinar la eficacia de repetidas CWI en la recuperación del EIMD provocado por el ejercicio pliométrico.

METODOS

Sujetos

Luego de la aprobación por parte del Comité de Ética de la Universidad, 18 hombres físicamente activos (media \pm DE para la edad, 24 ± 5 años; talla, 1.82 ± 0.06 m; masa corporal, 85.7 ± 16.6 kg) fueron reclutados para participar en el estudio luego de completar un cuestionario acerca de su estado de salud y de proveer su consentimiento informado por escrito. Luego de realizar una serie de ejercicios excéntricos para inducir daño muscular en ambas piernas, los sujetos fueron aleatoriamente designados a un grupo que realizó el tratamiento con crioterapia o a un grupo control. Las variables dependientes fueron registradas pre-ejercicio y post-ejercicio cada 24 hs durante un período de 96 horas. Se aseguró que los participantes no estuvieran familiarizados con el entrenamiento excéntrico y se les pidió que se abstuvieran de realizar

entrenamientos con sobrecarga o cualquier ejercicio que pudiera potencialmente causar daño e inflamación muscular por un período de tres semanas antes de las evaluaciones y durante el período de evaluaciones. Además de esto, durante el período de evaluaciones se les pidió a los sujetos que evitaran la utilización de drogas antiinflamatorias no esteroides y suplementos nutricionales.

Protocolo para la Inducción del Daño Muscular

El daño muscular fue inducido a través de la utilización de un protocolo de ejercicio de saltos con caídas similar al utilizado por Miyama y Nosaka (2004a); los sujetos se dejaron caer desde una plataforma de 0.6 m y luego de tomar contacto con el suelo realizaron un salto máximo, descendiendo sobre la misma superficie. Se realizaron cinco series de veinte saltos sobre un piso de concreto, en coordinación con una señal sonora que permitía 10 s de recuperación entre los saltos y 2 minutos de recuperación entre cada serie.

Tratamientos

El grupo que realizó el tratamiento de crioterapia, lo hizo mediante una inmersión en posición de sentados (hasta la cresta ilíaca) en una pileta inflable durante 12 minutos; con las piernas separadas en el agua para asegurar una máxima superficie de exposición. El agua se mantuvo a la temperatura recomendada de $15 \pm 1^{\circ}\text{C}$ (utilizando hielo triturado), ya que Meeusen y Lievens (1986) han estimado que esta temperatura del agua provoca una caída en la temperatura intramuscular de aproximadamente $5\text{-}8^{\circ}\text{C}$. Este tratamiento fue aplicado inmediatamente post-ejercicio y cada 24 h durante los 3 días posteriores al ejercicio. Los sujetos del grupo control se mantuvieron sentados durante el mismo tiempo que duraron las inmersiones pero no recibieron tratamiento alguno.

Medidas de Criterio

Las variables dependientes que indicaron la extensión del daño muscular fueron: contracción voluntaria máxima (MVC) de los extensores de la rodilla, actividad de la creatina kinasa (CK), dolor muscular (DOMS), rango de movimiento (ROM) e inflamación muscular, las cuales han sido utilizados en investigaciones previas (Byrne et al., 2004; Howatson and van Someren, 2003; Warren et al., 1999). Las mediciones de la MVC fueron llevadas a cabo inmediatamente pre y post ejercicio y durante las 96 horas siguientes a intervalos de 24 horas. Todas las otras variables fueron medidas inmediatamente pre ejercicio y luego durante las siguientes 96 horas a intervalos de 24 h. Todas las mediciones fueron obtenidas luego del tratamiento con crioterapia para evitar cualquier potencial efecto como por ejemplo la analgesia.

Actividad de la Creatina Quinasa (CK) Plasmática: Las muestras de sangre para la medición de la actividad de la CK plasmática fueron obtenidas en el lóbulo de la oreja mediante punción capilar. Se recolectaron muestras de $\sim 30 \mu\text{L}$ de sangre total en tubos capilares heparinizados las cuales fueron analizadas inmediatamente utilizando un test automático con cintas reactivas (Reflotron Plus Analyser, Bio Stat Ltd. Stockport, UK). El rango normal de referencia de la actividad plasmática de la CK con este método es 24-195 IU/L (de acuerdo con las instrucciones del analizador).

Contracción Voluntaria Máxima (MVC): La MVC fue valorada utilizando un dinamómetro isocinético (Kin-Com, Chattecx Corporation, Chattanooga Group, Tennessee, USA). El dispositivo fue calibrado de acuerdo con las recomendaciones del fabricante para los extensores de la rodilla de la pierna no dominante. El cero anatómico fue ajustado para que coincidiera con el ángulo articular de la rodilla de 0° (extensión completa) y la MVC fue determinada a un ángulo articular de 70° de flexión y luego de lo cual se fijó y marcó esta posición para asegurar la consistencia en las siguientes sesiones de evaluación. Previamente al comienzo de cada test, el peso de la extremidad y el momento que actuó sobre la palanca del dinamómetro fueron corregidos por la acción de la gravedad. Cada repetición tuvo una duración de 3 s separadas por un período de recuperación de 60 s. El torque pico generado en las tres pruebas fue registrado como la MVC.

Retraso en el Comienzo del Dolor Muscular (DOMS): Los sujetos clasificaron la sensación de dolor al estar de pie y durante una sentadilla con flexión a 90° (DOMS-SQ) utilizando una escala visual de 200 mm (VAS) con el extremo izquierdo representando "sin dolor" (0) y el extremo derecho representando la sensación de "dolor extremo" (200) (Howatson et al., 2007).

Rango de Movimiento (ROM) durante la Flexión de Rodillas: Para la medición del ROM durante la flexión de rodillas, los sujetos se colocaron en posición de decúbito prono sobre una camilla para masajes y con ambas rodillas totalmente extendidas. A partir de esta posición se les pidió a los sujetos que flexionaran completamente la rodilla de su pierna no dominante. El ángulo articular de la rodilla fue determinado utilizando un goniómetro (Bodycare Products, Warwickshire, UK) y marcas anatómicas (epicóndilo lateral del fémur, maléolo lateral y trocánter mayor) para asegurar la alineación (Tokmakidis et al., 2003). Las marcas anatómicas fueron realizadas con un marcador semi-permanente para asegurar la consistencia en las subsiguientes mediciones. Se llevaron a cabo 3 mediciones y se utilizó el promedio en los análisis estadísticos.

Inflamación - Circunferencia del Muslo: Se utilizó una cinta métrica de antropometría (Bodycare Products, Warwickshire, UK) para determinar la circunferencia del muslo. El punto medio del muslo fue determinado como la mitad de la distancia entre el trocánter mayor y el epicóndilo lateral del fémur. La circunferencia del muslo de la extremidad no dominante fue medida tres veces y se reportó el promedio de las tres mediciones. La piel fue marcada con un marcador semi-permeable para asegurar la consistencia en los subsiguientes días.

Análisis Estadísticos

Los datos de la actividad de la CK fueron y los valores del ROM fueron transformados mediante la transformación log, los datos de la inflamación y de la MVC fueron normalizados y expresados como porcentaje de cambio relación con el valor inicial. Las diferencias entre las variables medidas entre las condiciones y entre las pruebas fueron analizadas utilizando el análisis de varianza ANOVA de dos vías para medidas repetidas (Tratamiento, 2 x Tiempo, 5), utilizando el tratamiento como el factor inter-sujeto y el tiempo como el factor intra-sujeto. Los datos fueron analizados utilizando el programa SPSS para Windows (15.0 software package) y la significancia fue establecida a $p < 0.05$.

RESULTADOS

Los valores de la CK, MVC, DOMS, DOMS-SQ y de la circunferencia del muslo mostraron efectos significativos del tiempo ($p < 0.01$), aunque no hubo interacciones significativas ni efecto del grupo para estas variables ($p > 0.05$), los valores iniciales de estas variables, para ambas condiciones experimentales, se muestran en la Tabla 1.

En ambos grupos, la actividad de la CK alcanzó su pico a las 24 h post-ejercicio y retornó a los valores basales a las 96 h post-ejercicio (Figura 1). La diferencia entre los grupos se aproximaron a la significancia estadística ($F_{1,16} = 4.16$, $p = 0.058$). No se hallaron diferencias entre las condiciones en la MVC ($F_{1,16} = 0.08$, $P = 0.783$) y el porcentaje pico de declinación inmediatamente post-ejercicio a partir del valor basal para el grupo control y el grupo que realizó crioterapia fue 81% y 78% respectivamente (Figura 2). La sensación de dolor muscular alcanzó su pico a las 48 h post ejercicio y retornó al nivel basal a las 96 h post-ejercicio. El dolor muscular durante la sentadilla a 90° siguió el mismo patrón temporal (Figuras 3 y 4). El dolor muscular en posición estática y el dolor muscular durante el movimiento de sentadillas no difirieron significativamente entre los grupos. El ROM no cambió significativamente a lo largo del tiempo y no fue significativamente diferente entre los dos grupos. Se observó un incremento en la circunferencia del muslo en ambos grupos (Figura 5) aunque las diferencias entre las condiciones no fueron significativas ($p > 0.05$).

Variables Dependientes	Valores Pre-Ejercicio	
	Control	Crioterapia
MVC (N·m)	806 (109)	813 (184)
CK (IU·L ⁻¹)	81.5 (21.7)	151.6 (89.3)
ROM (°)	126 (10)	129 (7)
TC (cm)	55.1 (7.1)	54.8 (3.7)

Tabla 1. Valores para todas las variables dependientes normalizadas antes de la realización de la serie de ejercicio para inducir daño muscular. Los valores son medias \pm (DE). MVC, contracción voluntaria máxima; CK, creatina quinasa; ROM, rango de movimiento; TC, circunferencia del muslo.

DISCUSION

En la presente investigación se examinó la eficacia de la utilización repetida de CWI para mejorar la recuperación del EIMD. Esta es la primera investigación que ha examinado los efectos de CWI seriales sobre la recuperación a partir de una serie de ejercicios deportivos específicos tal como los saltos pliométricos. Los resultados claramente demuestran que la CWI repetidas no mejoran significativamente el proceso de recuperación luego de la realización de ejercicios que induzcan daño muscular en mayor medida que lo observado en el grupo control. Estos hallazgos aumentan el creciente cuerpo de investigaciones que demuestran que la crioterapia es una estrategia inefectiva para la recuperación del EIMD (Howatson

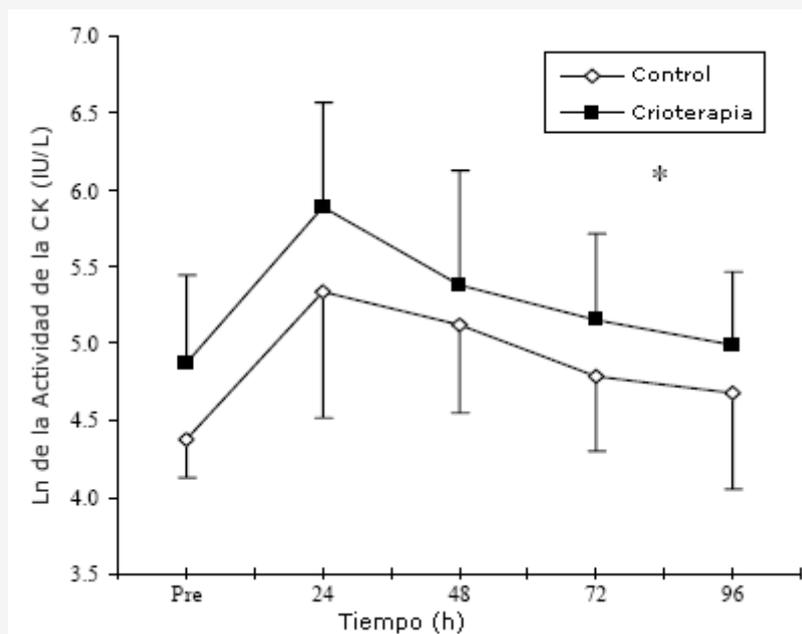


Figura 1. Actividad de la CK para los grupos control y crioterapia luego de la serie de ejercicio para provocar daño muscular. Los valores están expresados en logaritmos naturales y son medias \pm DE. *Indica un efecto significativo del tiempo.

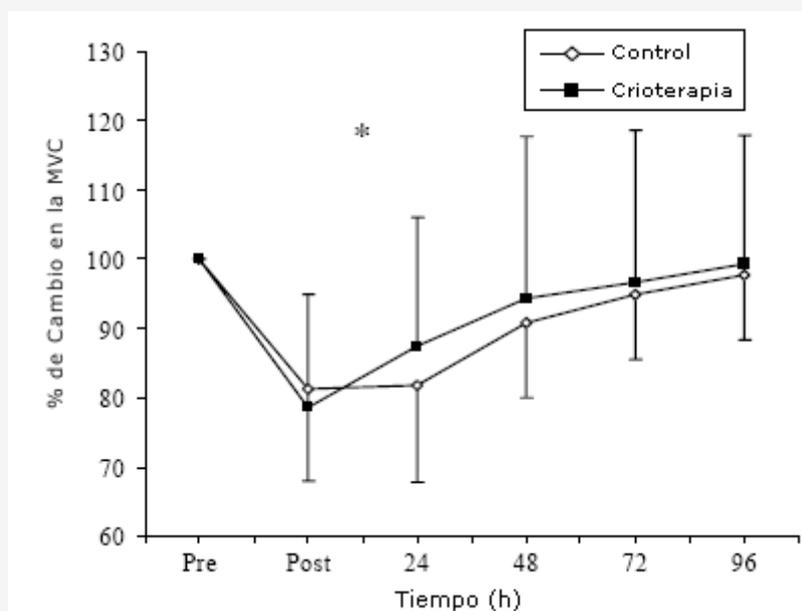


Figura 2. Porcentaje de cambio en la fuerza isométrica en los grupos control y crioterapia luego de la serie de ejercicio para provocar daño muscular. *Indica un efecto significativo del tiempo.

La serie de ejercicio fue efectiva para inducir el daño muscular, el cual fue evidente por el cambio significativo en las variables dependientes y concuerda con lo observado en estudios previos que han reportado tendencias similares luego de un modo similar de ejercicio (Miyama and Nosaka, 2004b). Es interesante señalar que la sensación de dolor muscular alcanzó su pico a las 48 horas post-ejercicio y que la MVC, que mostró una gran reducción inmediatamente post-ejercicio, tendió a recuperar el nivel pre-ejercicio en las subsiguientes 96 horas, lo cual concuerda con lo observado en estudios

previos (Isabell et al., 1992; Eston and Peters, 1999; Miyama and Nosaka, 2004a; 2004b; Howatson et al., 2007). La liberación de CK intracelular ha sido utilizada como un marcador indirecto del EIMD durante muchos años (Manfredi et al., 1991; Howatson et al., 2005). La respuesta de la CK en la presente investigación alcanzó su pico a las 24 horas post-ejercicio, y es similar a la respuesta observada en estudios previos que han utilizado un protocolo similar de ejercicio para inducir el daño muscular (Miyama and Nosaka, 2004a; 2004b). Al parecer, otros protocolos de ejercicio para las extremidades inferiores tales como las carreras cuesta abajo (Eston et al., 1995) también siguen una tendencia similar a la observada en el presente estudio. Sin embargo, la respuesta de la CK luego de la realización de ejercicios excéntricos que induzcan daño muscular en las extremidades superiores tiende a sufrir un ligero retraso y a alcanzar el pico 24 h más tarde (Howatson et al., 2007; Nosaka et al., 2002). Aunque la razón de esto no es clara (Miyama and Nosaka, 2004a), se podría especular con que las extremidades superiores tienen un menor acostumbamiento a la carga excéntrica y por lo tanto tienen una mayor susceptibilidad al daño muscular en comparación con las extremidades inferiores. Consecuentemente, la respuesta de la CK tiene un mayor retraso y una mayor magnitud en las extremidades superiores (Jamurtas et al., 2005).

Se ha documentado que la crioterapia provoca la constricción de los capilares, reduce la permeabilidad capilar y reduce el flujo sanguíneo (Meeusen and Lievens, 1986) atenuando de esta manera la inflamación y las respuestas inflamatorias (Smith, 1991) lo que podría reducir los efectos negativos asociados con el daño muscular provocado por el ejercicio. La circunferencia de la extremidad no mostró diferencias entre los grupos y, consecuentemente, proveyó evidencia indirecta de que la intervención no fue efectiva para provocar estos cambios vasculares, un resultado que ya ha sido observado previamente (Sellwood et al., 2007). Además, se ha especulado con que la crioterapia reduce la permeabilidad de las membranas, reduciendo así el flujo de CK (Eston and Peters, 1999) y alterando la velocidad de conducción nerviosa y la tolerancia al dolor (Algaflly and George, 2007). Sin embargo, estos cambios no fueron observados en la presente investigación.

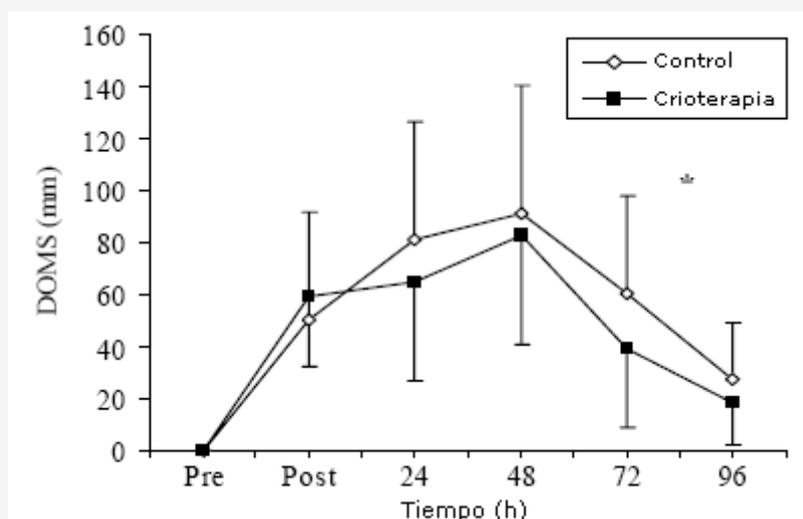


Figura 3. Inflamación muscular en en los grupos control y crioterapia luego de la serie de ejercicio para provocar daño muscular (medias \pm DE). *Indica un efecto significativo del tiempo.

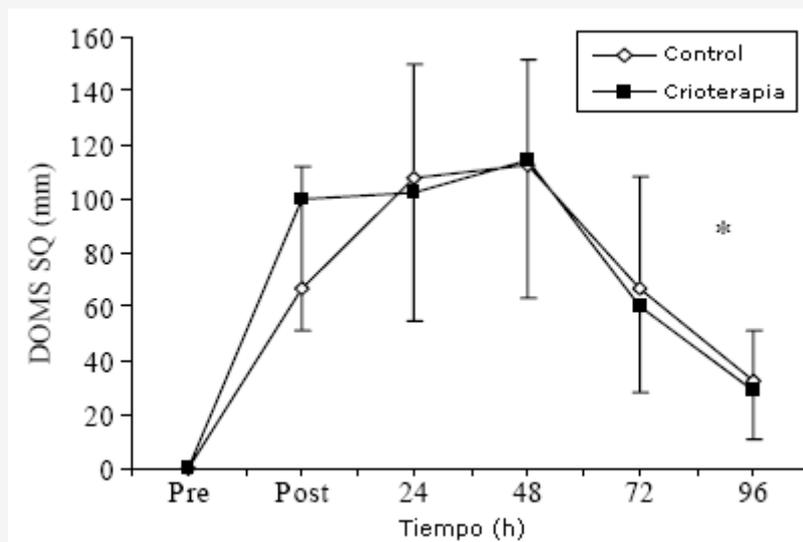


Figura 4. Dolor muscular durante la realización de una media sentadilla en los grupos control y crioterapia luego de la serie de ejercicio para provocar daño muscular (medias \pm DE). *Indica un efecto significativo del tiempo.

Contrariamente a los efectos positivos que han sido observados en algunos estudios (resumidos por Wilcok et al., 2006), las aplicaciones repetidas de crioterapia administradas en el presente estudio no mejoraron la recuperación de ninguna de las variables dependientes. Estos hallazgos concuerdan con otras investigaciones sobre la crioterapia (Isabell et al., 1992; Howatson et al., 2005). Quizás un punto positivo es que las inmersiones no parecen tener un efecto adverso sobre la recuperación, aunque el impacto sobre la adaptación o los efectos de la realización de series repetidas de crioterapia todavía deben ser determinados. Es importante señalar que algunos aspectos de la fatiga, no medidos en este estudio, pueden haber mejorado en respuesta a la CWI, y estos podrían tener beneficios a nivel psicológico.

Otro factor que tiene la capacidad de afectar el enfriamiento intramuscular a partir de la crioterapia es la cantidad de tejido adiposo (particularmente subcutáneo) en el área que está siendo enfriada (Merrick et al., 1999). Myrer et al (2001) hallaron una correlación inversa significativa entre tejido adiposo subyacente y los cambios en la temperatura intramuscular durante y después del tratamiento con crioterapia de pantorrillas con diferentes pliegues cutáneos (<8 mm, 10-18 mm and >20 mm). Myrer y colaboradores (2001) concluyeron que cuanto mayor sea la cantidad de tejido adiposo mayor será el tiempo necesario para alcanzar el máximo enfriamiento.

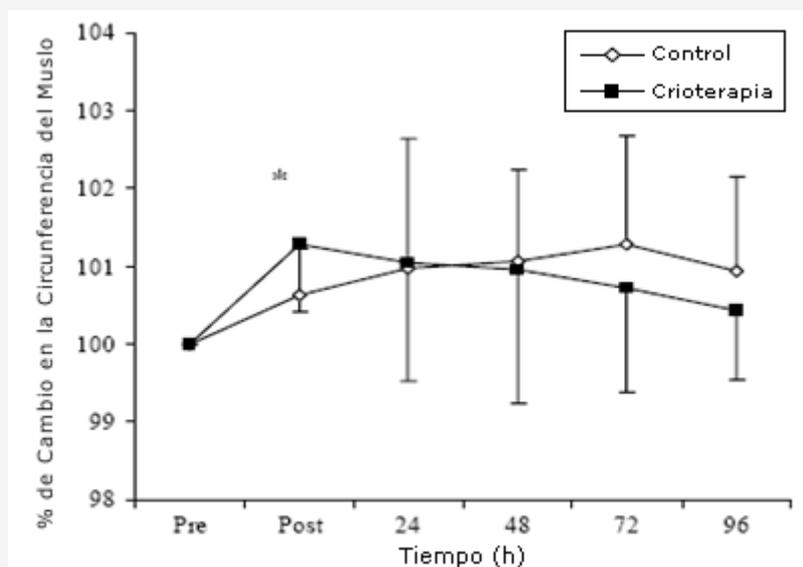


Figura 5. Porcentaje de cambio en la circunferencia del muslo en los grupos control y crioterapia luego de la serie de ejercicio para

Esto fue posteriormente enfatizado por los resultados de Otte et al (2002) quienes mostraron efectos dramáticos del espesor del tejido adiposo sobre la tasa de enfriamiento del muslo. Un pliegue cutáneo de 20 mm o menos requiere de un enfriamiento de 20 min, mientras que pliegues cutáneos de 20-30 mm requieren 38 min y pliegues cutáneos de 30-40 mm requieren de 59 min para reducir la temperatura intramuscular en 7°C a partir del valor inicial. Aunque estos valores de pliegues cutáneos son algo mayores que los observados en sujetos activos, como los utilizados en la presente investigación, la observación de Otte et al (2002) y Myrer et al (2001) destacan la importancia de determinar el espesor de los pliegues cutáneos cuando se realiza un tratamiento con crioterapia, algo que se debería considerar en futuras investigaciones.

CONCLUSIONES

En conclusión, en la presente investigación se estudiaron las limitaciones de las investigaciones previas, tales como la validez externa del protocolo de ejercicio y la frecuencia de las CWI. A pesar de esto, las CWI no mejoraron la recuperación del EIMD. Los atletas que utilizan CWI como una estrategia de recuperación luego de la realización de ejercicios excéntricos de alta intensidad deberían ser conscientes del creciente cuerpo de investigaciones que demuestran que la crioterapia no es efectiva. Se podría especular con que se debería emplear un régimen más agresivo, ya sea incrementando la frecuencia, la duración o reduciendo la temperatura de las inmersiones; sin embargo, existe el peligro de que dicho tipo de intervención sea de limitado valor para la población deportiva ya que el tratamiento podría ser demasiado extenso en cuanto a duración o podría tener dificultades logísticas en cuanto al traslado del equipamiento necesario. Los estudios futuros deberían examinar la influencia de manipular las variables mencionadas para determinar el valor potencial de la CWI.

Puntos Clave

La crioterapia, particularmente las inmersiones en agua fría son una de las intervenciones más comúnmente utilizadas para mejorar la recuperación post-ejercicio.

Existe poca evidencia empírica que demuestre los beneficios de las inmersiones en agua fría. La evidencia es controversial, probablemente debido a inconsistencias metodológicas.

Nuestros resultados muestran que la crioterapia administrada no atenúa ninguno de los marcadores del EIMD ni mejoran la recuperación de la función.

Por lo tanto concluimos que las inmersiones repetidas en agua fría son inefectivas para promover la recuperación luego de la realización de ejercicios pliométricos de alta intensidad y sugerimos que los atletas y entrenadores utilicen con precaución este tipo de intervención como estrategia de recuperación

REFERENCIAS

1. Algafly, A.A. and George, K.P (2007). The effect of cryotherapy on nerve conduction velocity, pain threshold and pain tolerance. *British Journal of Sports Medicine* 41, 365-369
2. Bailey, D.M., Erith, S.J., Griffin, P.J., Dowson, A., Brewer, D.S., Gant, N. and Williams, C (2007). Influence of cold water immersion on indices of muscle damage following prolonged intermittent shuttle running. *Journal of Sports Sciences* 25, 1-8
3. Barnett, A (2006). Using recovery modalities between training sessions in elite athletes. *Does it help? Sports Medicine* 36, 781-796
4. Burke, D.G., MacNeil, S.A., Holt, L.E., MacKinnon, N.C. and Rasmussen, R.L (2000). The effect of hot or cold water immersion on isometric strength training. *Journal of Strength and Conditioning Research* 14, 21-25
5. Byrne, C., Twist, C. and Eston, R (2004). Neuromuscular function after exercise induced-muscle damage. Theoretical and applied implications. *Sports Medicine* 34, 49-69
6. Chen, T.C. and Nosaka, K (2006). Responses of elbow flexors to two strenuous eccentric exercise bouts separated by three days. *Journal of Strength and Conditioning Research* 20, 108-116

7. Chesterton, L.S., Foster, N.E. and Ross, L (2002). Skin temperature response to cryotherapy. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 83, 543549
8. Cheung, K., Hume, P.A. and Maxwell, L (2003). Delayed onset muscle soreness - treatment strategies and performance factors. *Sports Medicine* 33, 145-164
9. Clarkson, P (1997). Eccentric exercise and muscle damage. *International Journal of Sports Medicine* 18, S314-S317
10. Enoka, R.M (1996). Eccentric contractions require unique activation strategies by the nervous system. *Applied Physiology* 81, 2339-2346
11. Eston, R.G., Mickleborough, J. and Baltzopoulos, V (1995). Eccentric activation and muscle damage: biomechanical and physiological considerations during downhill running. *British Journal of Sports Medicine* 29, 89-94
12. Eston, R. and Peters, D (1999). Effects of cold water immersion on the symptoms of exercise induced muscle damage. *Journal of Sports Sciences*, 117, 231-238
13. Gulick, D.T. and Kimura, I.F (1996). Delayed onset muscle soreness: what is it and how do we treat it?. *Journal of Sports Rehabilitation* 5, 234-243
14. Howatson, G., Gaze, D. and van Someren, K (2005). The efficacy of ice massage in the treatment of exercise-induced muscle damage. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports* 115, 416-422
15. Howatson, G. and van Someren, K.A (2003). Ice massage. Effects on exercise-induced muscle damage. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 43, 500-505
16. Howatson, G., van Someren, K.A. and Hortobagyi, T (2007). Repeated bout effect after maximal eccentric exercise. *International Journal of Sports Medicine*, 28, 557-563
17. Isabell, W.K., Durrant, E., Myrer, W. and Anderson, S (1992). The effects of ice massage, ice massage with exercise, and exercise on the prevention and treatment of delayed onset muscle soreness. *Journal of Athletic Training* 27, 208-217
18. Jamurtas, A.Z., Theocharis, V., Tofas, T., Tsiokanos, A., Yfanti, C., Paschalis, V., Koutedakis, Y. and Nosaka, K (2005). Comparison between leg and arm eccentric exercises of the same relative intensity on indices of muscle damage. *European Journal of Applied Physiology* 95, 179-185
19. Lane, K.N. and Wenger, H.A (2004). Effect of selected recovery conditions on performance of repeated bouts of intermittent cycling separated by 24 hours. *Journal of Strength and Conditioning Research* 18, 855-860
20. Manfredi, T.G., Fielding, R.A., O'Reilly, K.P., Meredith, C.N. Lee, H.O. and Evans, W.J (1991). Plasma creatine kinase activity and exercise-induced muscle damage in older men. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 23, 1028- 1034
21. Meeusen, R. and Lievens, P (1986). The use of cryotherapy in sports injuries. *Sports Medicine* 3, 398-414
22. Merrick, M.A., Rankin, J.M., Andres, F.A., Hinman, C.L (1999). A preliminary examination of cryotherapy and secondary injury in skeletal muscle. *Medicine and Sciences in Sport and Exercise* 31, 1516-1520
23. Miyama, M. and Nosaka, K (2004). Muscle damage and soreness following repeated bouts of consecutive drop jumps. *Advances in Exercise and Sports Physiological* 10, 63-69
24. Miyama, M. and Nosaka, K (2004). Influence of surface on muscle damage and soreness influenced by consecutive drop jumps. *Journal of Strength and Conditioning Research* 18, 206-211
25. Myrer, J.W., Myrer, K.A., Measom, G.J., Fellingham, G. W. and Evers, S.L (2001). Muscle temperature is affected by overlying adipose when cryotherapy is administered. *Journal of Athletic Training* 36, 32-36
26. Nosaka, K., Newton, M. and Sacco, P (2002). Delayed-onset muscle soreness does not reflect the magnitude of eccentric exercise-induced muscle damage. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 112, 337-346
27. O'Connor, R. and Hurley, D.A (2003). The effectiveness of physiotherapeutic interventions in the magnitude of delayed onset muscle soreness: A systematic review. *Physical Therapy Reviews* 8, 177-195
28. Otte, J.W., Merrick, M.A., Ingersoll, C.D. and Cordova, M.L (2002). Subcutaneous adipose tissue thickness changes cooling time during cryotherapy. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 83, 1501-1505
29. Schutte, L. and Lambert, M.I (2001). Delayed-onset muscle soreness: Proposed Mechanisms, Prevention and Treatment. *International Sports Medicine Journal* 2, 1-7
30. Sellwood, K.L., Brukner, P., Williams, D., Nicol, A. and Hinman, R (2007). Ice-water immersion and delayed-onset muscle soreness: a randomised controlled trial. *British Journal of Sports Medicine* 41, 392-397
31. Smith, L.L (1991). Acute inflammation: The underlying mechanism in delayed onset muscle soreness?. *Medicine and Sciences in Sports & Exercise* 23, 542-551
32. Thompson, D., Nicholas, C. W. and Williams, C (1999). Muscular soreness following prolonged intermittent high-intensity shuttle running. *Journal of Sport Sciences* 17, 387-395
33. Tokmakidis, S.P., Kokkinidis, E.A., Smilios, I. and Douda, H (2003). The effects of ibuprofen on delayed muscle soreness and muscular performance after eccentric exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research* 17, 53-59
34. Warren, G.L., Lowe, D.A. and Armstrong, R.B (1999). Measurement tools used in the study of eccentric contraction-induced injury. *Sports Medicine* 27, 43-59
35. Wilcock, I.M., Cronin, J.B. and Hing, W.A (2006). Physiological response to water immersion, a method for sport recovery?. *Sports Medicine* 36, 747-765
36. Yamane, M., Teruya, H., Nakano, M., Ogai, R., Ohnishi, N. and Kosaka, M (2006). Post-exercise leg and forearm flexor muscle cooling in humans attenuates endurance training and resistance training effects on muscle performance and on circulatory adaptation. *European Journal of Applied Physiology* 96, 572-580

Cita Original

Stuart Goodall and Glyn Howatson. The Effects of Multiple Cold Water Immersions on Indices of Muscle Damage. *Journal of Sports Science and Medicine* (2008) 7, 235 - 241