

Crioterapia compresiva como estrategia de recuperación muscular no farmacológica y sin efectos adversos en baloncesto

Diego Fernández-Lázaro¹, Juan Mielgo-Ayuso², Alberto Caballero-García³, Alfredo Córdova Martínez², Jesús Seco-Calvo⁴, César I. Fernández-Lázaro^{1,5}

¹Departamento de Biología Celular, Histología y Farmacología, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad de Valladolid, Campus de Soria, Soria. ²Departamento de Bioquímica Biología Molecular y Fisiología, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad de Valladolid, Campus de Soria, Soria. ³Departamento de Anatomía y Radiología, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad de Valladolid, Campus de Soria, Soria. ⁴Instituto de Biomedicina (IBIOMED), Departamento de Fisioterapia, Universidad de León, Campus Vegazana, León. ⁵Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública, Facultad de Medicina, Universidad de Navarra, IdiSNA, Pamplona.

Recibido: 13/09/2019
Aceptado: 23/12/2019

Resumen

Introducción: Tanto la inmersión en agua fría como las prendas de compresión han sido usadas rutinariamente para acelerar la recuperación después del ejercicio, sin embargo, hay una falta de conocimiento del uso de ambas técnicas de forma simultánea. *Pressurice Compressport*, es una herramienta simple, no farmacológica y carente de efectos secundarios que permite aplicar la crioterapia compresiva (CC).

Objetivo: Investigar el efecto crónico del *Pressurice Compressport*, tras cada partido, y sesión de entrenamiento, sobre los marcadores de daño muscular, la fuerza muscular y la fatiga.

Métodos: Un diseño de cohorte prospectivo. En 24 jugadores de baloncesto masculinos divididos en dos grupos, recuperación (RP) (n=12) y control (GC) (n=12). Los marcadores séricos del metabolismo muscular, la fuerza de cuádriceps (FC) y los valores de esfuerzo percibido (RPE) por escala de Borg CR10, se midieron en 3 momentos del estudio: a) día 1, (T1); b) día 28 (T2) y c) día 56 (T3). La CC se aplicó inmediatamente después de cada partido y entrenamiento.

Resultados: Se observó una disminución progresiva de todos los marcadores de daño muscular al final de la pre-temporada en el grupo RP. Por el contrario, en el GC aumentaron y fueron significativas para la creatina quinasa (CK) (T1 vs. T3 p<0,05). El curso temporal de la mioglobina (Mb) en el grupo RP (p>0,05), siguió un patrón diferente al GC (p<0,05). En RP los RPE disminuyeron significativamente (p<0,05) en todos los puntos del estudio. La FC fue mayor en el RP que en el GC, además se obtuvieron ganancias a lo largo de la pre-temporada en RP y una disminución en GC.

Conclusión: La CC es potencialmente capaz de promover la recuperación del daño muscular asociada con la competición y el entrenamiento, con reducciones en los marcadores del daño muscular, mejoras de la fuerza muscular y disminución significativa RPE.

Palabras clave:

Recuperación. Daño muscular. Baloncesto. Crioterapia. Prendas de compresión. Medicina deportiva.

Compressive cryotherapy as a non-pharmacological muscle recovery strategy with no adverse effects in basketball

Summary

Introduction: Both cold water immersion and compression garments have been routinely used to speed recovery after exercise, however, there is a lack of knowledge of applying both techniques simultaneously. *Pressurice Compressport*, which is a simple tool, non-pharmacological and free of side effects that allows the application of compressive cryotherapy (CC).

Objective: To investigate the chronic effect of *Pressurice Compressport*, after each match and training session, on the markers of muscle damage, muscle strength and fatigue.

Methods: A prospective cohort design. In 24 male basketball players divided into two groups, recovery (RP) (n=12) and control (GC) (n=12). Serum markers of muscle metabolism, quadriceps strength (FC) and perceived effort values (RPE) by Borg CR10 scale were measured at 3 times in the study: a) day 1, (T1); b) day 28 (T2) and c) day 56 (T3). The CC was applied immediately after each match and training.

Results: A progressive decrease in all markers of muscle damage was observed at the end of the pre-season in the RP group. On the contrary, in the GC they increased significantly for creatine kinase (CK) (T1 vs. T3 p<0.05). The time course of myoglobin (Mb) in the RP group (p>0.05) followed a pattern different from that of GC (p<0.05). In RP, the RPE significantly decreased (p<0.05) in all points of the study. The HR was higher in the RPE than in the GC, in addition gains were obtained throughout the pre-season in RPE and a decrease in GC.

Conclusion: CC is potentially capable of promoting recovery from muscle damage associated with competition and training, with reductions in markers of muscle damage, improvements in muscle strength and significant decrease in RPE.

Key words:

Recovery. Muscle damage. Basketball. Cryotherapy. Compression garments. Sports medicine.

Premio a la mejor comunicación de las VIII Jornadas Nacionales de Medicina del Deporte de Reus, 2019

Correspondencia: Diego Fernández-Lázaro

E-mail: diego.fernandez.lazaro@uva.es

Introducción

Los jugadores de baloncesto están continuamente expuestos a altas exigencias físicas debido a las repetidas aceleraciones / desaceleraciones y saltos explosivos. Ello genera dolores musculares debido principalmente a cargas excéntricas y también debido a traumatismos por contacto¹. A esto hay que sumar los tiempos cortos de recuperación, entre entrenamientos y competiciones conducen a un nivel excesivo de fatiga acumulada a lo largo del ciclo semanal, conduciendo todo ello a un bajo rendimiento en la competición².

La capacidad de recuperar después de entrenamientos intensos y partidos constituye en uno de los factores más determinantes en el proceso de mejora del rendimiento de los deportistas. Cuando se realiza una adecuada recuperación, no sólo física sino también terapéutica, tras los entrenamientos o la competición, los deportistas pueden volver a realizar sus rutinas deportivas en tiempos más cortos que cuando no se realiza ningún tratamiento de recuperación³.

Para reducir la magnitud de la fatiga y acelerar el tiempo de recuperación, los equipos deportivos tienen a su disposición un amplio número de estrategias regenerativas: recuperación activa (carrera continua de baja intensidad y estiramientos), métodos ergo-nutricionales (reposición de sustratos e hidroelectrolítica), recuperación pasiva (sueño y descanso) y métodos de fisioterapia^{4,5}. Se utilizan varios métodos de recuperación en fisioterapia después del ejercicio, con el propósito de aliviar las alteraciones musculo-esqueléticas secundarias al entrenamiento y la competición. Entre estas intervenciones, se ha aplicado la "terapia de contraste", que alterna entre modalidades de tratamiento en caliente y en frío, la "crioterapia" de cuerpo entero, la "inmersión en agua fría" (IAF) y el "hidromasaje". Estas modalidades de fisioterapia pueden atenuar la fatiga e incrementar el rendimiento durante el entrenamiento y la competición⁶.

Actualmente, las prendas de compresión son comúnmente usadas por los deportistas durante y/o después de un entrenamiento o competición. Las prendas de compresión más utilizadas son las medias de compresión, que tienen numerosas aplicaciones en el mundo del deporte (Tabla 1). El fundamento fisiológico se basa de la presión decreciente que se genera en la pierna, siendo máxima en los tobillos (15-30 mmHg) y disminuyendo gradualmente hasta el final de la pierna (10 mmHg)⁷. En el deporte de alto rendimiento las compresiones son empleadas habitualmente como técnica de recuperación posterior al ejercicio físico con el objetivo de disminuir el dolor muscular de inicio retardado (DOMS), reduciendo los síntomas asociados y la percepción de dolor. Además, pueden disminuir la inflamación y el volumen de las extremidades inferiores, así como el diámetro de las venas del gastrocnemio⁸. También es posible que su uso genere beneficios ergogénicos, como una reducción en los niveles de lactato asociados a una aceleración del retorno venoso mediante la reducción de la distensión venosa, restauración de la insuficiencia valvular y disminución de la sangre venosa⁹. Por lo tanto, como estrategia de recuperación las medias de compresión son baratas, fácilmente accesibles y no invasivas, además de ser fácilmente implementadas durante ejercicio y 15-24 horas post-entrenamiento y competición¹⁰.

Un estudio reciente⁶, ha indicado la utilidad de la IAF como técnica para mejorar la recuperación del daño muscular y prevenir los síntomas

Tabla 1. Aplicaciones de las medias de compresión en el deporte.

| Aplicaciones | Fundamento |
|---------------------------------|---|
| Favorece el retorno venoso | Mejora la circulación, estimulando la distribución del flujo sanguíneo consiguiendo una mejor oxigenación de los tejidos. |
| Mejora la eficiencia metabólica | Demuestra la eficacia a intensidades bajas de carrera pedestre, pero no a intensidades superiores a 14-16 km/h. |
| Refrigeran expulsando calor | Estas prendas se componen de dos capas, una dedicada a refrigerar / expulsar el sudor y otra a absorber parte del calor producido |
| Evitan pérdida de calor | Si hace frío, las medias tienen una función de guardar el calor |
| Evitan vibraciones | La compresión sujeta a los músculos de la zona y previene el movimiento lateral de los gemelos |
| Favorece la recuperación | Aumento del retorno venoso y drenaje de toxinas. Disminución de la inflamación y dolores musculares. |

de sobreentrenamiento en jugadores de baloncesto. Los efectos de la IAF se reflejan en la reducción del dolor, la inflamación, el flujo sanguíneo, el metabolismo celular y el dolor muscular¹¹⁻¹³. La eficacia de la IAF pareció depender del tiempo de aplicación, el área de tratamiento, el momento de aplicación, el nivel de actividad física, y la modalidad utilizada^{6,14}. Cualquiera que sea el protocolo utilizado, el principal efecto beneficioso del frío durante la recuperación es la vasoconstricción que limita la permeabilidad de los vasos y, por lo tanto, los procesos inflamatorios, reduciendo el dolor muscular¹⁵.

De este modo, el estudio de los efectos de técnicas de recuperación para el rendimiento se ha convertido en un tema prioritario para los jugadores, los entrenadores y los investigadores deportivos ya que mejorar la recuperación tiene el potencial de aumentar el rendimiento deportivo. Tanto la IAF como las medias de compresión han sido usadas rutinariamente para acelerar la recuperación después del ejercicio de manera individual^{6,8}. Por lo tanto, la aplicación de la crioterapia compresiva (CC) permite emplear las dos técnicas de recuperación conjuntamente lo que potencialmente reportaría mejores resultados en la recuperación y el rendimiento de los deportistas.

En la actualidad existe un instrumento específico de aplicación de CC, como es *Pressurice Compressport*, que es un recurso simple, no farmacológico y carente de efectos secundarios.

Por todo ello, el objetivo de este estudio fue investigar el efecto crónico del *Pressurice Compressport*, tras cada partido, y después de cada sesión de entrenamiento, sobre los marcadores de daño muscular, mediante la evaluación de los niveles séricos de enzimas y/o proteínas. Este trabajo es un estudio novedoso, porque algunos estudios en baloncesto han investigado el efecto de diversos procedimientos de recuperación sobre los marcadores de recuperación y fatiga, pero estos estudios no suelen incluir el análisis de los marcadores del metabolismo muscular^{1,16}.

Material y métodos

Se realizó un estudio de cohorte prospectivo. Veinticuatro jugadores voluntarios de baloncesto masculino participaron en el estudio que siguió las recomendaciones de la declaración de Helsinki y fue aprobado por el comité local de ética de la universidad.

Examen físico

Todos los sujetos, firmaron un consentimiento informado y se les realizó un examen médico. Ninguno de los participantes fumaba, bebía alcohol ni tomaba medicamentos o sustancias ilegales. No hubo ninguna lesión antes o durante el estudio.

Sujetos

Los participantes fueron reclutados mediante un método de muestreo consecutivo no aleatorio de dos grupos. El grupo intervención, con técnicas de recuperación (RP), 12 jugadores de baloncesto masculinos profesionales (Liga EBA) ($23,3 \pm 5,4$ años; $194 \pm 9,8$ cm, $95,8 \pm 12,7$ kg; $56,5 \pm 7,7$ mL·kg⁻¹·min⁻¹). El grupo de control (GC) 12 estudiantes de ligas universitarias ($22,1 \pm 3,8$ años; $178 \pm 8,6$ cm; $78,3 \pm 8,6$ kg; $47,2 \pm 6,3$ mL·kg⁻¹·min⁻¹).

Entrenamiento

Todos los jugadores profesionales, siguieron el mismo plan de entrenamiento, 2 sesiones diarias, con una frecuencia de 5 días seguidos y 1 día de descanso, intercalando 6 partidos amistosos. Después de cada sesión, el grupo RP recibía las correspondientes técnicas de recuperación mediante CC.

Todos los jugadores universitarios, siguieron el mismo plan de entrenamiento, 1 sesión diaria, con una frecuencia de 4 días seguidos de entrenamiento y 2 días de descanso, intercalando 3 partidos amistosos.

Después de cada sesión, el GC no recibió la CC porque este grupo no disponía del *Pressurice Compressport*.

Evaluación dietética

Un dietista profesional registró estrictamente la ingesta diaria de alimentos y líquidos de los deportistas durante el estudio (Tabla 2), mediante el paquete EasyDiet^{®17}. Además, todos los participantes recibieron complejos multivitamínicos que incluían ácido fólico (5 mg/día), vitamina c (1 g/día), vitamina b12 (1.000 µg/día), aminoácidos ramificados y glutamina.

Protocolo

Todos los participantes debían asistir al laboratorio en tres momentos específicos durante la pre-temporada (8 semanas). Hemos realizado el control analítico en 3 momentos del estudio: a) en el día 1, justo antes de comenzar el estudio (T1); b) en la semana 4, justo en mitad de este periodo (T2) y en la semana 8, correspondiente al final de este periodo (T3).

Determinación del esfuerzo percibido

Antes de la extracción de sangre, se pidió a los participantes que calificaran su malestar muscular percibido en cada punto de tiempo (T1, T2, T3) utilizando la escala CR-10 de Borg validada para calificar el esfuerzo percibido (RPE)^{18,19}.

Determinación de la fuerza del cuádriceps

Para el test de la fuerza, medimos la fuerza del cuádriceps (FC), en cada punto de tiempo (T1, T2, T3) con un dinamómetro (Leg Jamar, USA). Se realizan dos intentos con la pierna predominante y se apuntó el mejor²⁰.

Tabla 2. Ingesta de energía y micronutrientes media diaria en cada grupo de jugadores de baloncesto del grupo recuperación (RP) y el grupo control (GC) durante las 8 semanas de estudio.

| Grupo | Control (GC) | Recuperación (RP) | p | RDA* |
|-------------------|--------------|-------------------|-------|-------|
| Energía (kcal/kg) | 42,3±5,8 | 42,7±5,2 | 0,293 | |
| Ca (mg) | 1.196±222 | 1.251±123 | 0,361 | 1.000 |
| Mg (mg) | 572±109 | 581±85 | 0,863 | 320 |
| P (mg) | 2.184±84 | 2.276±94 | 0,583 | 700 |
| Fe (mg) | 24,0±5,6 | 24,5±4,7 | 0,880 | 10 |
| Zn (mg) | 14,7±0,8 | 14,7±0,8 | 0,763 | 8 |
| Vitamina A (µg) | 1.951±1.270 | 2.002±875 | 0,679 | 700 |
| Vitamina E (mg) | 18,0±3,5 | 17,5±2,6 | 0,466 | 15 |
| Tiamina (mg) | 2,70±0,20 | 2,68±0,32 | 0,537 | 1,1 |
| Riboflavina (mg) | 2,87±0,22 | 2,95±0,28 | 0,693 | 1,1 |
| Niacina (mg) | 39,0±6,8 | 38,2±4,8 | 0,850 | 14 |
| Vitamina B6 (mg) | 3,99±0,62 | 4,01±0,86 | 0,831 | 1,3 |
| Ácido Fólico (mg) | 654±176 | 656±169 | 0,985 | 400 |
| Vitamina B12 (µg) | 9,79±3,89 | 9,55±3,55 | 0,768 | 2.4 |
| Vitamina C (µg) | 361±148 | 401±179 | 0,683 | 700 |

*RDA: *Recommended Dietary Allowances*

Los datos son expresados como Media ± Desviación Estándar. p: Diferencias entre grupos determinadas por pruebas t independientes (GC vs. RP).

Extracción y análisis de sangre

Se siguieron las normas de la Agencia Mundial Antidopaje (AMA) para la recolección y el transporte de muestras (www.wada-ama.org). Se tomaron muestras de sangre venosa antecubital de los jugadores de baloncesto en T1, T2 y T3. Todas las muestras se recolectaron en condiciones basales y en ayunas, con un periodo de tiempo de al menos 12 horas desde la última ingesta, en posición de sedestación o tumbados. Se empleó el sistema Vacutainer (10 ml para tubos de suero, tubos de 5 ml y 3 ml con EDTA). Inmediatamente después de la extracción, los tubos se invirtieron 10 veces y fueron almacenados en una caja sellada, para después conservarlos a 4 °C. La temperatura, durante el transporte al laboratorio de 30 minutos, estaba controlada por el uso de una etiqueta específica (Liberio Ti1, ELPRO-BUCHS, Suiza). Las muestras con EDTA (anti-coagulante) se homogeneizaron durante 15 minutos antes de ser analizadas. Los tubos que contienen sangre más EDTA se centrifugaron a 2.000 rpm durante 15 minutos. El plasma, fue extraído utilizando una pipeta Pasteur y transferido a un tubo estéril de almacenamiento y conservado a -20 °C hasta que fue analizado.

Leucocitos (LEU), monocitos (MON), linfocitos (LIN), hemáties (HEM), hemoglobina (Hb) y hematocrito (Hct) se determinaron en un contador hematológico modelo System Coulter MAX-M. Los niveles séricos de creatina quinasa (CK), lactato deshidrogenasa (LDH), aspartato transaminasa (AST), alanina transaminasa (ALT) y proteínas totales (PT) fueron medidos en cada punto del estudio (T1, T2 y T3) usando reacciones enzimáticas acopladas en un autoanalizador automático (Hitachi 917, Japón). La mioglobina (Mb) fue medida, empleando una técnica de ensayo inmunoquimioluminiscente "sándwich" de dos puntos.

Los cambios porcentuales en el volumen plasmático (% ΔPV), se calcularon usando la ecuación de Van Beaumont²¹ y se ajustaron todos los valores de los parámetros analizados²².

Utilización de la crioterapia compresiva: *Pressurice Compressport*

El grupo RP, recibió la CC después de cada sesión de entrenamiento (48 sesiones) y después de cada partido jugado (6 partidos). Se realizó la colocación de *Pressurice Compressport* (Compressport® Veno-Muscular Compression Technology, Suiza) en la extremidad inferior, desde el tobillo hasta la cresta iliaca. La formulación especial del gel en el compartimento de silicona hace que este se mantenga flexible tras el enfriamiento lo que permite moldearlo al contorno de la pierna de manera óptima, el gel fue enfriado a temperatura controlada de 8°C. Consistió en 2 puestas de 15 minutos cada una separada entre sí por 5 minutos en los que los deportistas descansaban a temperatura ambiente. El envoltorio de compresión se colocaba conjuntamente con el gel de frío y posteriormente se retiraba el gel de frío (tras las dos puestas de 15 minutos) y se mantenía la prenda de compresión durante un total de 90 minutos en reposo total en sedestación. La prenda era personal, y proporciona una presión constante de entre 20 y 25 mmHg.

Análisis estadístico

Se realizaron utilizando IBM Statistical Package (SPSS Versión 22) y Graphpad Prism (Graphpad Software Versión 6.01 San Diego,

CA). Los datos se expresaron como media ± desviación estándar (DS). Las diferencias en los parámetros se evaluaron mediante una prueba de Scheffé, para identificar diferencias significativas entre T1, T2 y T3 de forma independiente. Después se confirmó la normalidad de los datos, con la prueba lambda de Wilks para decidir utilizar el análisis paramétrico. Se consideraron diferencias significativas para $p < 0,05$.

Resultados

Ingesta dietética

La Tabla 2 muestra la ingesta de energía y micronutrientes de los jugadores de baloncesto. No hubo diferencias significativas entre los grupos de estudio (GC y RP) para la ingesta calórica total, de vitaminas y minerales ($p > 0,05$).

Hematología

Analizando los diferentes marcadores hematológicos (Tabla 3), únicamente se observan diferencias significativas en el comportamiento de la Hb en el GC a lo largo del estudio ($p < 0,05$). Además, en la Hb en el GC, se establecen diferencias significativas ($p < 0,05$) entre T1 ($15,33 \pm 0,72$) vs T2 ($16,15 \pm 0,85$) y diferencias significativas ($p < 0,05$) entre T2 ($16,15 \pm 0,85$) vs T3 ($14,97 \pm 0,92$).

Bioquímica

Marcadores musculares

En la Tabla 4, se muestra el comportamiento de los niveles de marcadores séricos bioquímicos hormonales y proteínas totales durante la pre-temporada (T1, T2; T3) en los grupos GC y RP. En comparación con el GC, el grupo RP tuvo un mejor patrón de cambios a lo largo del período de pretemporada, mostrando una tendencia descendente entre T1 y T3 en todos los marcadores musculares: CK, AST, ALT, LDH y Mb.

De forma individual, los resultados más relevantes, mostraron: la actividad de la CK aumentó significativamente ($p < 0,05$) en GC en T3 ($304,56 \pm 123,16$) con respecto a T1 ($201,43 \pm 88,73$); con respecto a las transaminasas para la AST se ve una disminución significativa ($p < 0,05$) en RP en T3 ($18,09 \pm 2,18$) con respecto a T1 ($22,09 \pm 4,18$) y para la ALT se puede ver un aumento significativo ($p < 0,05$) en GC en T2 ($33,08 \pm 2,99$) con respecto a T1 ($30,25 \pm 1,32$). Además, se observan (Figura 1; Tabla 4), cambios significativos ($p < 0,05$) en el comportamiento a lo largo del estudio de Mb en ambos grupos GC y RP. También, para la Mb observamos en el GC un aumento significativo ($p < 0,05$) entre el inicio (T1) ($19,77 \pm 0,74$) y el final del estudio (T3) ($25,68 \pm 3,68$), sin embargo en el grupo RP y se observó una disminución significativa ($p < 0,05$), entre los puntos del estudio T2 ($27,88 \pm 3,67$) y T1 ($24,60 \pm 1,98$).

Proteínas totales

Las proteínas totales (Tabla 4), no se observaron cambios significativos en el comportamiento a lo largo del estudio, ni tampoco entre los puntos (T1, T2, T3) analizados.

Tabla 3. Marcadores hematológicos en los jugadores de baloncesto del grupo recuperación (RP) y el grupo control (GC).

| Test | Grupo | Tiempo | | | Sign. p |
|--|-------|--------------|---------------------------|---------------------------|---------|
| | | T1 | T2 | T3 | |
| LEU (x10 ³ mL ⁻¹) | RP | 4,79 ± 0,94 | 4,53 ± 0,87 | 4,07 ± 1,14 | NS |
| | GC | 5,97 ± 1,54 | 6,16 ± 1,41 | 5,89 ± 1,39 | NS |
| Monocitos (%) | RP | 7,81 ± 1,12 | 7,41 ± 1,26 | 7,58 ± 1,14 | NS |
| | GC | 6,97 ± 1,47 | 6,69 ± 1,43 | 7,67 ± 2,09 | NS |
| Linfocitos (%) | RP | 39,16 ± 9,54 | 37,31 ± 9,31 | 36,01 ± 8,36 | NS |
| | GC | 37,51 ± 8,50 | 37,35 ± 7,45 | 37,98 ± 7,73 | NS |
| HEM (x10 ⁶ mL ⁻¹) | RP | 5,23 ± 0,33 | 5,30 ± 0,34 | 5,13 ± 0,20 | NS |
| | GC | 5,25 ± 0,40 | 5,52 ± 0,49 | 5,27 ± 0,33 | NS |
| Hb (g.dL ⁻¹) | RP | 15,39 ± 1,11 | 15,53 ± 0,97 | 14,99 ± 0,65 | NS |
| | GC | 15,33 ± 0,72 | 16,15 ± 0,85 ^a | 14,97 ± 0,92 ^b | S |
| Htc (%) | RP | 45,77 ± 2,79 | 46,00 ± 2,53 | 45,74 ± 2,22 | NS |
| | GC | 46,10 ± 2,46 | 47,67 ± 2,25 | 47,07 ± 2,51 | NS |

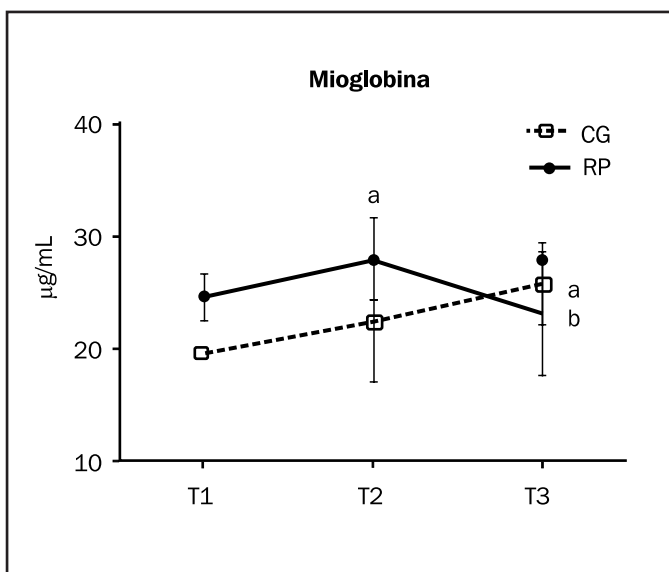
Los datos son expresados Media ± Desviación Estándar. Se realizó, el test lambda de Wilks para comprobar si había variaciones a lo largo de las diferentes fases del estudio. Se indicó significancia estadística, cuando p<0,05.

Diferencias significativas durante el periodo de estudio, calculadas mediante la prueba de Scheffé.

a: Diferencia significativa vs. T1, p < 0.05.

b: Diferencia significativa vs. T2, p < 0.05.

Figura 1. Representación de los valores de mioglobina (Mb) en el grupo control (GC) y grupo recuperación (RP) a lo largo del periodo de estudio.



Determinación del esfuerzo percibido

La Tabla 5 muestra el RPE en el GC, la escala de Borg CR10 indica un aumento significativo (p<0,05) de la fatiga percibida en T2 (8,64±1,26) y T3 (8,96±1,16) con respecto a T1 (7,03±1,79); contrariamente para el grupo RP se reportó una disminución significativa de la fatiga percibida (p<0,05) en T2 (5,14±1,98) y T3 (4,12±2,06) con respecto a T1 (7,62±2,13). Además, el grupo RP mostró cambios significativos (p<0,05) en el comportamiento del RPE a lo largo del estudio.

Determinación de la fuerza de cuádriceps por dinamometría

La Tabla 6 muestra la determinación de la FC, en comparación con el GC, el grupo RP tuvo un mejor patrón de cambios a lo largo del período de pretemporada, mostrando una tendencia ascendente, no significativa, en la ganancia de fuerza entre el inicio del estudio (T1 77,42±8,34) y los dos puntos evaluados (T2 78,41±6,82; T3 80,10±7,31). Sin embargo, en el GC se observó lo contrario, es decir, una disminución no significativa. Ninguno de los grupos, GC y RP, tuvo cambios significativos en el comportamiento de la FC a lo largo del estudio.

Discusión

Hasta lo que se conoce el presente estudio puede ser el primero en examinar la aplicación de la CC con la herramienta *Pressurice Compressport*, como una estrategia de recuperación muscular en los jugadores de baloncesto utilizando como indicadores las respuestas bioquímicas. El principal hallazgo de la presente investigación fue que el empleo de la CC, con el protocolo de uso descrito en nuestro estudio, podría estar asociada con reducciones en los marcadores del daño muscular y la inflamación que implican mejoras en la recuperación muscular en línea con descrito en otros estudios que emplean la crioterapia^{6,11,13} o el empleo de prendas de compresión^{9,23,24}. Además, la mejora significativa en el esfuerzo percibido (RPE) y una tendencia incremental en la fuerza del cuádriceps (FC) observadas al final de la pre-temporada en el grupo RP podría apuntar a una intervención eficaz del programa de CC como modelo de recuperación aplicable.

Como ya es conocido la repetición de entrenamientos o partidos con una elevada intensidad induce a fatiga, daño muscular y deteriora el rendimiento, con una disminución de la capacidad competitiva¹⁵. Ante

Tabla 4. Marcadores del metabolismo muscular y proteínas totales en los jugadores de baloncesto del grupo recuperación (RP) y el grupo control (GC).

| Test | Grupo | Tiempo | | | Sign. |
|---|-------|---------------|-------------------------|----------------------------|-------|
| | | T1 | T2 | T3 | |
| Creatina Kinasa (CK) (U/l) (0-190 U/L) | RP | 236,72±98,13 | 239,14±95,18 | 232,29±96,76 | NS |
| | GC | 201,43±88,73 | 254,16±118,26 | 304,56±123,16 ^a | NS |
| Aspartato transaminasa (AST) (U/l) (80-40 U/L) | RP | 201,43±88,73 | 19,52±7,83 | 18,09±2,18 ^a | NS |
| | GC | 23,64±2,11 | 22,55±2,55 | 24,97±1,93 | NS |
| Alanina transaminasa (ALT) (U/l) (10-50 U/L) | RP | 31,53±8,79 | 31,25±5,29 | 26,96 ± 7,88 | NS |
| | GC | 30,25±1,32 | 33,08±2,99 ^a | 31,66±2,26 | NS |
| Lactato deshidrogenasa (LDH) (105-333 UI/L) | RP | 409,77±73,90 | 391,19±72,49 | 360,34±64,07 | NS |
| | GC | 322,43±110,15 | 334,27±108,90 | 357,68±113,59 | NS |
| Mioglobina (Mb) (ng/mL) (25-72 ng/mL) | RP | 24,60±1,98 | 27,88±3,67 ^a | 23,17±5,53 ^b | NS |
| | GC | 19,77±0,74 | 22,43±5,40 | 25,68±3,68 ^a | S |
| Proteínas totales (PT) (g/dL) (6,6-8,7 g/dL) | RP | 7,70±0,44 | 7,73±0,51 | 7,80 ± 0,55 | NS |
| | GC | 7,73±0,32 | 7,77±0,38 | 7,78±1,11 | NS |

Los datos son expresados Media ± Desviación Estándar. Se realizó, el test lambda de Wilks para comprobar si había variaciones a lo largo de las diferentes fases del estudio. Se indicó significancia estadística cuando $p < 0,05$.

Diferencias significativas durante el periodo de estudio, calculadas mediante la prueba de Scheffé.

^a: Diferencia significativa vs. T1, $p < 0,05$.

^b: Diferencia significativa vs. T2, $p < 0,05$.

Tabla 5. Determinación del Esfuerzo percibido BORG CR-10 en los jugadores de baloncesto del grupo recuperación (RP) y el grupo control (GC).

| Test | Grupo | Tiempo | | | Sign. |
|------------|-------|-----------|------------------------|------------------------|-------|
| | | T1 | T2 | T3 | |
| BORG CR-10 | RP | 7,62±2,13 | 5,14±1,98 ^a | 4,12±2,06 ^a | S |
| | GC | 7,03±1,79 | 8,64±1,26 ^a | 8,96±1,16 ^a | NS |

Los datos son expresados Media ± Desviación Estándar. Se realizó, el test lambda de Wilks para comprobar si había variaciones a lo largo de las diferentes fases del estudio. Se indicó significancia estadística cuando $p < 0,05$.

Diferencias significativas durante el periodo de estudio, calculadas mediante la prueba de Scheffé.

^a: Diferencia significativa vs. T1, $p < 0,05$.

Tabla 6. Determinación de la Fuerza de Cuádriceps por Dinamometría en los jugadores de baloncesto del grupo recuperación (RP) y el grupo control (GC).

| Test | Grupo | Tiempo | | | Sign. |
|------------------------|-------|------------|-------------------------|------------|-------|
| | | T1 | T2 | T3 | |
| Dinamómetro Cuádriceps | RP | 77,42±8,34 | 78,41±6,82 | 80,10±7,31 | NS |
| | GC | 71,06±7,91 | 68,97±7,26 ^a | 68,66±8,27 | NS |

Los datos son expresados Media ± Desviación Estándar. Se realizó, el test lambda de Wilks para comprobar si había variaciones a lo largo de las diferentes fases del estudio. Se indicó significancia estadística cuando $p < 0,05$.

Diferencias significativas durante el periodo de estudio, calculadas mediante la prueba de Scheffé.

^a: Diferencia significativa vs. T1, $p < 0,05$.

esta situación se han planteado diferentes mecanismos de recuperación con terapias de frío^{8,9,13,15} y mecanismos compresivos^{8,9,25}.

El ejercicio intenso sostenido aumenta los niveles de marcadores de daño muscular circulante, de LDH, CK y Mb²⁶ y ALT/AST²⁷. Todos estos parámetros son indicativos de un aumento del daño muscular y del estrés oxidativo, que afectan negativamente a los atletas porque no sólo pueden reducir su rendimiento y también pueden poner en riesgo su salud^{28,29}.

En función de la intensidad del ejercicio ejecutado los tiempos de recuperación fisiológicos son variables, desde horas hasta incluso una semana, lo que hace los diferentes sistemas de la recuperación desarrollen una evolución diferente del músculo esquelético^{27,30}. Como consecuencia del daño muscular y la fatiga muscular en los atletas desciende la fuerza muscular, la capacidad de trabajo y el rendimiento deportivo. En el músculo se produce deterioro en la capacidad de almacenamiento de glucógeno, la alteración ultra-estructural del sarcómero asociada al

aumento de la descomposición de las proteínas musculares contráctiles y una exacerbación de las respuestas inflamatorias^{1,31,32}.

Hasta el presente estudio los efectos de la CC como terapia sobre la recuperación muscular no han sido investigados en situaciones reales a largo plazo (8 semanas), durante una pre-temporada de entrenamientos de elevada exigencia física. Por otra parte, hay estudios que indican que un solo episodio de terapia con frío²⁶ o con medias de compresión^{9,25} después del ejercicio no modifican significativamente la recuperación muscular. Por lo tanto, la duración óptima y la combinación de las intervenciones de recuperación, de frío y compresión, conjuntamente no están bien definidas en los deportistas.

En nuestro estudio, la intervención de recuperación con CC se realizó diariamente después de todos los entrenamientos y de los partidos. En ambos grupos de estudio, RP y GC, las actividades de CK y LDH, mostraron niveles por encima de rango fisiológico al inicio del estudio (T1), observándose una disminución progresiva de los marcadores de daño muscular al final de la pre-temporada en el grupo RP (T3). Por el contrario, en el GC, aumentaron de los marcadores de los niveles de metabolismo muscular LDH y CK (T1 vs. T3 $p < 0,05$). Con respecto a la Mb en el grupo RP, esta siguió un patrón diferente durante la temporada al observado en el GC, no observando cambios significativos en el transcurso de la temporada ($p > 0,05$) pero sí aumentos en el GC ($p < 0,05$). Más específicamente la Mb, tras un aumento significativo entre T1 y T2 ($p < 0,05$), posteriormente desciende significativamente entre los puntos de muestreo siguientes (T2 vs T3 $p > 0,05$), a pesar de que el grupo RP realizó mayor carga de entrenamientos y partidos, lo que sugiere una alta eficacia del programa de CC en periodos de largos de aplicación (8 semanas). Contrariamente, en el GC, en el que los jugadores no fueron expuestos al programa de recuperación de CC, hubo aumentos de Mb, especialmente en T3 donde se elevó significativamente ($p > 0,05$) en relación a inicio T1, lo que sugiere una peor recuperación muscular a la observada en el grupo experimental.

En este sentido, las diversas formas de crioterapia, incluida la IAF, son tratamientos eficaces para disminuir el metabolismo, la inflamación, el flujo sanguíneo, el dolor y las temperaturas cutáneas, musculares e intra-articulares³³. Algunos estudios han utilizado inmersiones de $< 10^{\circ}\text{C}$ con diferentes duraciones de tratamiento (3-10 minutos), lo que contrae los capilares, reduce la permeabilidad capilar y el flujo sanguíneo atenuando así la hinchazón y la respuesta inflamatoria, lo que puede reducir los efectos negativos asociados con el ejercicio^{12,15,33,34}. Además, se ha especulado con la aplicación de la IAF en zonas locales que presentan inflamación que permiten reducir la permeabilidad de las membranas, reduciendo así el flujo intracelular-intravascular de CK y Mb^{33,35}, lo que podría explicar los resultados observados en el grupo RP. En este sentido, Seco *et al*⁶, reportan que el grupo intervención de jugadores de baloncesto que fueron tratados mediante IAF, la Mb fue significativamente más baja que en el grupo control, entre el inicio y el final del estudio, además la Mb mostró un patrón de comportamiento significativamente diferente entre ambos grupos, resultados muy similares a los que se ha descrito en este estudio. Además, en el GC a lo largo de la pre-temporada, manifestada con el aumento significativamente ALT (T1 vs. T2 $p < 0,05$) y AST, indicativo de fatiga muscular²⁷, en contra de lo que ocurrió en el grupo RP (disminución significativa de ALT y AST; T1 vs. T3 $p < 0,05$).

Tras el análisis de nuestros resultados, es relevante que la fuerza estudiada en la prueba FC fue mayor en el RP que en el grupo control después de la recuperación al final de la pre-temporada. Se observaron ganancias a lo largo de la pre-temporada en RP y una disminución en GC. Creemos que tanto la respuesta bioquímica como la de la fuerza sugieren una alta eficacia de la estrategia de recuperación muscular de CC empleada con el grupo experimental. Estos resultados fueron apoyados por las disminuciones en RPE ($p < 0,05$), a mitad (T2) y al final de la temporada (T3), según lo medido con la escala de Borg CR-10.

Por otra parte, el uso de pendras de compresión aplicadas a zonas loco-regionales, han resultado efectivas al disminuir algunos marcadores del metabolismo muscular, observando un efecto positivo significativo de la compresión en CK²⁴ como la Mb³⁶ y efecto moderado sobre la atenuación de AST¹⁰. Sin embargo, anteriormente se describió la influencia positiva, pero no significativa, de las prendas de compresión en la atenuación de los marcadores de daño muscular, con el aumento significativo de CK, LDH, AST y ALT en el CG asociado al aumento no significativo en el grupo de empleo de prendas de compresión (sin diferencias entre grupos)³⁷. Estos resultados son similares a los que hemos reportando, donde se observó una disminución progresiva de los marcadores de daño muscular al final de la pre-temporada en el grupo RP, lo que sugiere que la terapia compresiva que aplicamos estimula una recuperación más rápida.

Nuestros datos sugieren un impacto positivo de CC a largo plazo y creemos la aplicación de la CC mediante *Pressurice Compressport* potencialmente también podría usarse para la recuperación muscular a corto plazo por el efecto sinérgico basado en las acciones conjuntas de ambas herramientas de recuperación. Se produce reducción del flujo sanguíneo cutáneo, cambios en el fluido intracelular-intravascular, reducción del edema muscular y aumento del gasto cardíaco, lo que puede aumentar el flujo sanguíneo y el posible transporte de nutrientes y desechos a través del cuerpo^{6,25}. Aunque es necesario estudios específicos previos para la comparación y para guiar la selección del intervalo de muestreo.

Por los datos aportados en esta investigación, el presente trabajo apoya la teoría de que las técnicas de medicina de deporte, como la CC, contribuyen a una recuperación mejor y más rápida de la fatiga, mejorando así el rendimiento durante un periodo largo de elevada exigencia física. El estudio también sugirió que se necesita investigación futura para explotar aún más los beneficios de los métodos terapéuticos para promover la recuperación de la fatiga muscular, incluidos los que son más baratos y requieren menos infraestructura.

Se deben reseñar que había varias limitaciones que deben ser reconocidas con respecto al presente estudio. En primer lugar, el método de muestreo consecutivo y el diseño prospectivo de la cohorte deben considerarse para estudios futuros con el fin de diseñar ensayos clínicos controlados aleatorios. Además, al tratarse la CC de una técnica de recuperación que engloba dos técnicas (IAF y uso de prendas de compresión) la inclusión de dos grupos donde se apliquen en monoterapia proporcionaría una base para examinar si existe una recuperación muscular, variaciones en la fuerza y en la percepción del esfuerzo mayor en la CC que en IAF o por el uso de prendas de compresión.

En conclusión, creemos que la aplicación de CC durante una pre-temporada es potencialmente capaz de promover la recuperación del daño muscular asociada con la competición y el entrenamiento. En

particular, se ha demostrado que el CC mejoró la recuperación muscular en jugadores de baloncesto durante una pre-temporada de 8 semanas de duración asociada con reducciones en los marcadores del daño muscular. Además, las mejoras de la fuerza muscular y la disminución significativa de la percepción de fatiga al final del estudio sugieren una reducción de la fatiga muscular en el grupo de deportistas donde se ha aplicado la CC.

Agradecimientos

Los autores agradecen al instituto de Estudios de Ciencias de la Salud de Castilla y León (ICSCYL) por su apoyo y colaboración a lo largo del proceso de investigación de este estudio.

Financiación

Sin financiación.

Conflicto de intereses

Los autores no declaran conflicto de interés alguno.

Bibliografía

- Montgomery PG, Pyne DB, Hopkins WG, Dorman JC, Cook K, Minahan CL. The effect of recovery strategies on physical performance and cumulative fatigue in competitive basketball. *J Sports Sci.* 2008;26:1135-45.
- Córdova A, Fernández-Lázaro D, Mielgo-Ayuso J, Seco J. Effect of magnesium supplementation on muscular damage markers in basketball players during a full season. *Magnes Res.* 2017;30:61-70.
- Gill ND, Beaven C, Cook C. Effectiveness of post-match recovery strategies in rugby players. *Br J Sports Med.* 2006;40:260-63.
- Ferriñán Taboada MJ. *Marcadores bioquímicos del daño muscular en jugadores profesionales de baloncesto: seguimiento médico, protocolo fisioterapéutico como recuperación y su influencia sobre el rendimiento deportivo.* [Tesis Doctoral]. [León]: Universidad de León; 2015.
- Tavares F, Smith TB, Driller M. Fatigue and recovery in rugby: a review. *Sports Med.* 2017;47:1515-30.
- Seco-Calvo J, Mielgo-Ayuso J, Calvo-Lobo C, Córdova A. Cold water immersion as a strategy for muscle recovery in professional basketball players during the competitive season. *J Sport Rehabil.* 2019;1-9.
- Gomez-Zorita S, Urdampilleta A. Empleo de medias de compresión en el deporte: evidencia científica. EFDeportes.com [Internet]. 2012 [Consultado 12 Julio 2019]; 175:1-4. Disponible en: <https://www.efdeportes.com/efd175/empleo-de-medias-de-compresion-en-el-deporte.htm>
- Ali A, Caine M, Snow B. Graduated compression stockings: physiological and perceptual responses during and after exercise. *J Sports Sci.* 2007;25:413-19.
- Ali A, Creasy RH, Edge JA. The effect of graduated compression stockings on running performance. *J Strength Cond Res.* 2011;25:1385-92.
- Duffield R, Cannon J, King M. The effects of compression garments on recovery of muscle performance following high-intensity sprint and plyometric exercise. *J Sci Med Sport.* 2010;13:136-40.
- Banfi G, Lombardi G, Colombini A, Melegati G. Whole-body cryotherapy in athletes. *Sports Med.* 2010;40:509-17.
- Mawhinney C, Jones H, Low DA, Green DJ, Howatson G, Gregson W. Influence of cold-water immersion on limb blood flow after resistance exercise. *Eur J Sport Sci.* 2017;17:519-29.
- 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.
- Howatson G, Goodall S, Van Someren K. The influence of cold water immersions on adaptation following a single bout of damaging exercise. *Eur J Appl Physiol.* 2009;105:615-21.
- Peake JM, Roberts LA, Figueiredo VC, Egner I, Krog S, Aas SN, et al. The effects of cold water immersion and active recovery on inflammation and cell stress responses in human skeletal muscle after resistance exercise. *J Physiol.* 2017;595:695-711.
- Delextrat A, Calleja-González J, Hippocrate A, Clarke ND. Effects of sports massage and intermittent cold-water immersion on recovery from matches by basketball players. *J Sports Sci.* 2013;31:11-19.
- Farrán, A.; Zamora, R.; Cervera, P. *Tablas de composición de alimentos del Centre d'Ensenyament Superior de Nutrició i Dietètica (CESNID)*; Universitat de Barcelona: Barcelona, Spain, 2004.
- Dawes HN, Barker KL, Cockburn J, Roach N, Scott O, Wade D. Borg's rating of perceived exertion scales: do the verbal anchors mean the same for different clinical groups? *Arch Phys Med Rehabil.* 2005;86:912-16.
- Borg E, Kajiser L. A comparison between three rating scales for perceived exertion and two different work tests. *Scand J Med Sci Sports.* 2006;16:57-69.
- Pascuala-Oliva E. *Efectos de la hipoxia intermitente sobre la resistencia en atletas de élite.* [Tesis Doctoral]. [Soria]: Universidad de Valladolid; 2012.
- Van Beaumont W. Evaluation of hemoconcentration from hematocrit measurements. *J Appl Physiol.* 1972;32:712-13.
- de Oliveira Teixeira A, Franco OS, Borges MM, Noronha Martins C, Fernando Guerreiro L, da Rosa CE, et al. The importance of adjustments for changes in plasma volume in the interpretation of hematological and inflammatory responses after resistance exercise. *J Exer Physiol Online.* 2014;17:72-83.
- Ehrström S, Gruet M, Giandolini M, Chapuis S, Morin J-B, Vercauteren F. Acute and delayed neuromuscular alterations induced by downhill running in trained trail runners: beneficial effects of high-pressure compression garments. *Front Physiol.* 2018;28:1627
- Hettchen M, Glöckler K, von Stengel S, Piechle A, Lötzerich H, Kohl M, et al. Effects of compression tights on recovery parameters after exercise induced muscle damage: a randomized controlled crossover study. *Evid Based Complement Alternat Med.* 2019;8:5698460
- Marqués-Jiménez D, Calleja-González J, Arratibel-Imaz I, Delextrat A, Uriarte F, Terrados N. Influence of different types of compression garments on exercise-induced muscle damage markers after a soccer match. *Res Sports Med.* 2018;26:27-42.
- Jakeman J, Macrae R, Eston R. A single 10-min bout of cold-water immersion therapy after strenuous plyometric exercise has no beneficial effect on recovery from the symptoms of exercise-induced muscle damage. *Ergonomics.* 2009;52:456-60.
- Córdova A, Martín JF, Reyes E, Alvarez-Mon M. Protection against muscle damage in competitive sports players: the effect of the immunomodulator AM3. *J Sports Sci.* 2004;22:827-33.
- Córdova A, Mielgo-Ayuso J, Fernandez-Lazaro CI, Caballero-García A, Roche E, Fernández-Lázaro D. Effect of iron supplementation on the modulation of iron metabolism, muscle damage biomarkers and cortisol in professional cyclists. *Nutrients.* 2019;11:E500.
- Córdova A, Mielgo-Ayuso J, Roche E, Caballero-García A, Fernandez-Lázaro D. Impact of magnesium supplementation in muscle damage of professional cyclists competing in a stage race. *Nutrients.* 2019;11:E1927.
- Prosk U, Morgan D. Muscle damage from eccentric exercise: mechanism, mechanical signs, adaptation and clinical applications. *J Physiol.* 2001;537:333-45.
- Córdova Martínez A. *Fisiología deportiva.* 1ª Ed. Madrid: Síntesis; 2013.
- Shearer DA, Sparkes W, Northeast J, Cunningham DJ, Cook CJ, Kilduff LP. Measuring recovery: an adapted brief assessment of mood (BAM+) compared to biochemical and power output alterations. *J Sci Med Sport.* 2017;20:512-17.
- Vaile J, Halson S, Gill N, Dawson B. Effect of cold water immersion on repeat cycling performance and thermoregulation in the heat. *J Sports Sci.* 2008;26:431-40.
- Yamane M, Teruya H, Nakano M, Ogai R, Ohnishi N, Kosaka M. Post-exercise leg and forearm flexor muscle cooling in humans attenuates endurance and resistance training effects on muscle performance and on circulatory adaptation. *Eur J Appl Physiol.* 2006;96:572-80.
- Goodall S, Howatson G. The effects of multiple cold water immersions on indices of muscle damage. *J Sports Sci Med.* 2008;7:235-41.
- Engel FA, Holmberg H-C, Sperlich B. Is there evidence that runners can benefit from wearing compression clothing? *Sports Med.* 2016;46:1939-52.
- Davies V, Thompson KG, Cooper S-M. The effects of compression garments on recovery. *J Strength Cond Res.* 2009;23:1786-94.