



Universidad de Valladolid

FACULTAD DE FISIOTERAPIA DE SORIA

Grado en Fisioterapia

TRABAJO FIN DE GRADO

Inmersión en agua fría y compresión como estrategias para la recuperación muscular en deportistas profesionales durante la pretemporada

Autor/a: Javier Hernández López

Tutor/a: Diego Fernández Lázaro

Soria, 11 de diciembre de 2018

CONTENIDO

| | |
|--|----|
| 1. Índice de tablas | 1 |
| 2. Índice de figuras | 2 |
| 3. Glosario de abreviaturas..... | 3 |
| 4. Resumen..... | 4 |
| 5. Introducción..... | 5 |
| 6. Objetivos y justificación | 12 |
| 7. Material y Métodos..... | 12 |
| 7.1 Sujetos..... | 12 |
| 7.2 Medidas antropométricas | 13 |
| 7.3 Protocolo experimental y plan de evaluación | 13 |
| 7.4 Control analítico | 14 |
| 7.5 Inmersión en agua fría como método de recuperación | 15 |
| 7.6 Empleo de prendas compresivas | 15 |
| 7.7 Análisis estadístico | 15 |
| 8. Resultados | 16 |
| 8.1 Marcadores hematológicos..... | 16 |
| 8.2 Marcadores musculares y hormonales | 17 |
| 8.3 Correlación | 19 |
| 9. Discusión | 19 |
| 10. Conclusiones | 22 |
| 11. Bibliografía | 24 |

1. Índice de tablas

Tabla 1 - Competencias del fisioterapeuta deportivo según la Agencia española de Fisioterapia (AEF).

Tabla 2 - Técnicas de recuperación pasivas.

Tabla 3 - Suplementos nutricionales deportivos.

Tabla 4- Aplicaciones de las medias de compresión en el deporte.

Tabla 5 - Características físicas y antropométricas de los futbolistas.

Tabla 6 - Datos hematológicos de futbolistas que recibieron la recuperación pasiva (RP) y el grupo control (GC) durante el periodo estudiado.

Tabla 7 - Marcadores musculares, proteínas totales y marcadores hormonales en futbolistas que recibieron la recuperación pasiva (RP) y el grupo control (GC) durante el periodo estudiado.

Tabla 8 - Correlaciones entre marcadores hormonales y marcadores bioquímicos musculares.

2. Índice de figuras

Figura 1 - Valores de la mioglobina en el grupo experimental (RP).

Figura 2 - Valores de la mioglobina en el grupo control (GC).

Figura 3 - Valores del cortisol en el grupo experimental (RP).

Figura 4 - Valores del cortisol en el grupo control (GC).

3. Glosario de abreviaturas

ALT - Alanina transaminasa

AST- Aspartato transaminasa

ATP - Adenosin trifosfato

C - Cortisol

CK - Creatina kinasa

DOMS - Daño muscular de inicio tardío.

EENM - Electroestimulación neuromuscular

FP - Futbolistas profesionales

GC - Grupo control

H - Crioterapia

Hb - Hemoglobina

HEM - Hematíes

HTC - Hematocrito

LDH - Lactato deshidrogenasa

LEU - Leucocitos

LIN - Linfocitos

Mb - Mioglobina

MON - monocitos

P - prendas de compresión

PT - Proteínas totales

RP - Grupo que recibió técnicas de recuperación

4. Resumen

Introducción: La optimización de la recuperación es una parte importante del trabajo del fisioterapeuta deportivo. Incidir en la regeneración muscular permitiendo al deportista una mayor carga de entrenamiento es fundamental para mejorar su rendimiento, especialmente en deportes profesionales de alta intensidad, como es el caso del fútbol. A pesar de no existir consenso sobre la eficacia de las técnicas de recuperación, es necesario estudiarlas y conocer el objetivo que se busca con cada una de ellas.

Objetivos: Estudiar el impacto y la efectividad de dos técnicas de recuperación pasivas basadas en la crioterapia (H) y prendas de compresión (P) sobre los marcadores de daño muscular y nivel hormonal del cortisol en futbolistas profesionales en el periodo de 8 semanas de pretemporada, donde los deportistas son sometidos a cargas de físicas de alta intensidad.

Material y Métodos: 22 futbolistas fueron asignados aleatoriamente a dos grupos, el grupo control (GC) y el grupo tratado con las técnicas de recuperación pasivas (RP). Se establecieron las características antropométricas. Se establecieron los protocolos de empleo de crioterapia y prendas de compresión, empleado del mismo modo a lo largo de todo el estudio. El protocolo realizado fue el mismo los 3 días de estudio: día 1 (T1) al inicio de la pretemporada, día 2 (T2), pasadas 4 semanas desde el inicio y día 3 (T3), el último día de la pretemporada. Los días señalados, los futbolistas fueron al centro médico donde se les realizaron las analíticas. Se midieron como marcadores hematológicos: leucocitos (LEU), monocitos (MON), linfocitos (LIM), hematíes (HEM), hemoglobina (Hb) y hematocrito (Hct). Como marcadores de daño muscular se examinaron: creatina quinasa (CK), lactato deshidrogenasa (LDH), aspartato transaminasa (AST), alanina transaminasa (ALT), Mioglobina (Mb) y proteínas totales (PT) y como marcador hormonal: Cortisol (C).

Resultados: Se observaron cambios significativos a lo largo de todo el estudio en los valores de Mb en GC y en C en GC y RP. También se encontraron aumentos significativos en T3 con respecto a T1 en CK y Mb en GC, así como en C en GC y RP. Se observó una disminución significativa en T3 con respecto a T2 en los valores de Mb en RP. En la correlación entre marcadores de daño muscular y hormonales destaca la correlación negativa entre C y LDH en RP.

Conclusiones: El empleo de ambas técnicas de forma local a nivel de extremidad inferior ha resultado efectivo a la hora de reducir los niveles de daño muscular, sin embargo, no ha mostrado ningún efecto sobre el valor hormonal del cortisol.

5. Introducción

El papel de la fisioterapia dentro del ámbito del deporte es una de las áreas en auge de esta profesión (1). Si bien las competencias (Tabla 1) que tiene el fisioterapeuta deportivo todavía son difusas, la Asociación Española de Fisioterapia (2) está estableciéndolas dentro de un marco legal, con el objetivo de luchar y evitar el intrusismo profesional en un mercado laboral muy complejo. Dentro de estas competencias encontramos la prevención de lesiones y la recuperación óptima en busca de la mejora del rendimiento deportivo (2), aspectos desarrollados en este trabajo.

Tabla 1. Competencias del fisioterapeuta deportivo según la Agencia española de Fisioterapia (AEF) (2)

| Número | Competencia |
|--------|--|
| 1 | Prevención de lesiones |
| 2 | Intervención aguda |
| 3 | Rehabilitación |
| 4 | Mejora del rendimiento deportivo |
| 5 | Promoción de un estilo de vida activo y saludable |
| 6 | Aprendizaje a lo largo de la vida |
| 7 | Profesionalidad y gestión |
| 8 | Implicación en la investigación |
| 9 | Diseminación de las buenas prácticas |
| 10 | Ampliación de capacidades mediante la innovación |
| 11 | Promoción del juego limpio y la lucha contra el dopaje |

En el entrenamiento, especialmente en deportes de alto nivel, la sobrecarga es empleada para lograr la mejora en el rendimiento del deportista. Sin embargo, cargas excesivas pueden inducir el fenómeno del sobre-entrenamiento, mediante el cual se consigue un impacto negativo en vez del esperado. Aparece cuando la recuperación es insuficiente, por ello, influir en la optimización de los periodos de descanso del atleta mediante el empleo de técnicas de recuperación es importante, porque permite establecer una mayor intensidad sin efectos negativos (3).

En este sentido, en los deportes de equipo, como el baloncesto o el fútbol es muy habitual aplicar la crioterapia (H), baños de contraste, uso de prendas de compresión (P), mayor ingesta de carbohidratos y estiramientos estáticos con el fin de mejorar la percepción de recuperación de los atletas (4, 5).

Las técnicas de recuperación se clasifican en función de la realización de esfuerzo físico, estableciéndose en dos grupos: técnicas de recuperación activa y técnicas de

recuperación pasiva (tabla 2). Ambas tienen los mismos objetivos como son la mejora de la recuperación, la salud y rendimiento deportivo de los atletas (6).

Tabla 2. Técnicas de recuperación pasivas (elaboración propia)

| Técnica | Objetivo | Protocolo de Actuación |
|--------------------------------|--|---|
| 1 - Estrategias nutricionales | Proporcionar un aporte de nutrientes y principios básicos necesarios al deportista. | Pauta de diversas dietas según las necesidades específicas del deportista. |
| 1.1 - Complementos ergogénicos | Ingerir sustancias con el fin de provocar cambios en el metabolismo del usuario. | Aplicación de masaje local precompetitivo para activar músculos o postcompetición para relajar y descargar el músculo. |
| 2 - Masoterapia | Conseguir una activación en el músculo que va a trabajar posteriormente o disminuir el DOMS, mediante la generación de un efecto inflamatorio ligero. | Aplicación de masaje local manual o instrumental, bien sea precompetitivo para activar músculos o post competitivo para relajar y descargar el músculo. |
| 3 - EENM | Creación de un efecto inflamatorio local para la disminución del DOMS o activación muscular continua, con el fin de aumentar la fuerza muscular. | Aplicación de corrientes de distinta frecuencia (baja para estimulación post entrenamiento o alta para aumento de fuerza pre competitivo) directamente sobre el músculo o grupo muscular mediante parches o agujas intramusculares. |
| 4 -Técnicas de compresión | Activar y mejorar la circulación sanguínea y linfática y con ello influir en el drenaje de los tejidos y la excreción de calcio. | Empleo de prendas compresivas en una parte del cuerpo antes, durante y/o después del entrenamiento. |
| 5. Hidroterapia | Activación de la circulación sanguínea y linfática para ayudar al drenaje de sustancias de desecho. Conseguir una vasoconstricción o vasodilatación en función de la técnica empleada. | Aplicación de agua a distintas temperaturas, distinguiéndose así tres modalidades: crioterapia (agua $\leq 15^\circ$), termoterapia (agua $\geq 36^\circ$) y baños de contraste (primero crioterapia y después termoterapia). |

La recuperación activa es un método consistente en la realización de ejercicio físico de baja intensidad después de haber realizado un esfuerzo máximo (7). Esta técnica es implementada en equipos de fútbol debido a la capacidad de disminuir la concentración de lactato o acelerar la recuperación del pH normal cuando se realiza ejercicio entre el

30% y el 60% de volumen máximo de O₂, como se demuestra en el estudio de Fairchild T. et al (8).

En cuanto a las estrategias de recuperación pasiva (tabla 2), sin esfuerzo físico por parte de atleta, se pueden establecer las siguientes:

1. Estrategias nutricionales: La alimentación del deportista debe responder a las necesidades nutricionales propias de su edad, sexo, condición de salud y físico-deportiva para satisfacer los requerimientos de energía, macronutrientes, vitaminas, minerales y agua y, de este modo, llevar a cabo la actividad deportiva preservando la salud, y alcanzando un óptimo rendimiento deportivo (9). En el deporte de alto rendimiento, los deportistas están frecuentemente sometidos a una gran carga de entrenamiento y de competición, por lo que la alimentación resulta clave para mantener un buen estado de salud, pero también para mejorar la calidad de sus entrenamientos y el rendimiento en competición y para facilitar la recuperación posterior a los mismos. En este contexto surgen los suplementos nutricionales deportivos (Tabla 3) o ayudas ergogénicas. Un suplemento nutricional es un producto tomado por vía oral que contiene un "ingrediente dietético" para suplementar la dieta o para mejorar la marca deportiva. Puede incluir una amplia variedad de productos no farmacéuticos como, entre otros, vitaminas, minerales, proteínas, aminoácidos, preparaciones de medicina tradicional, extractos de hierbas, ácidos grasos esenciales, prebióticos, enzimas y metabolitos. Generalmente, el deportista busca en el suplemento nutricional un efecto ergogénico, es decir, una ayuda para mejorar el rendimiento físico. Muchos productos han sido analizados buscando ese efecto ergogénico. Sin embargo, muy pocos han podido demostrar científicamente su eficacia (10).

Tabla 3. Suplementos nutricionales deportivos usados en el deporte (11)

| Complemento | Efecto |
|----------------------------------|---|
| Aminoácidos de cadena ramificada | Cuando se llega a la depleción de glucógeno en esfuerzos de larga duración, se utilizan como sustrato energético, por lo que se relacionan con la fatiga, recuperación metabólica y estimulan el anabolismo proteico. |
| Triptófano | Al ser precursor de la serotonina, puede estar relacionado con los fenómenos de fatiga y limitación del rendimiento deportivo. |
| Bicarbonato sódico | Como neutralizador de protones resultantes del metabolismo en esfuerzo, se emplea como ayuda ergogénica con el fin del tamponamiento del ácido láctico. |
| L-Carnitina | Se emplea para mejorar el transporte de ácidos grasos de cadena larga a través de la membrana mitocondrial. |
| Monohidrato de creatina | Aumenta los niveles de fosfocreatina muscular, empleándose para mejorar la recuperación intersesión, generándose un componente anabolizante mayor. |
| Ginseng | Tiene acciones estimulantes y mejora la recuperación. |
| Eleuterococo | Similar al Ginseng. |
| Iones fosfato | Es posible que afecte a la limitación del ATP muscular. |
| Aspartatos | Pueden ayudar a la recuperación por medio de un aumento en la eliminación del amoníaco hepático. |
| Ácido Málico | Ayuda al transporte de grupos de hidrogeno favoreciendo el metabolismo oxidativo. |
| Arginina y Compuestos | Posee efecto desintoxicante sobre la urea y el amoníaco en actividades con gran activación muscular. |
| Glutamina | Parece cumplir una función de síntesis proteica en periodos de catabolismo muscular. |
| Ornitina | Interviene en la eliminación del amoníaco y puede elevar la tasa de la hormona del crecimiento. |
| Taurina | Favorece la eliminación del ácido láctico y úrico. |
| Inosina | Puede tener efecto en la recuperación de los nucleótidos relacionados con los fosfágenos de alta energía. |
| Sustancias antioxidantes | Se emplean para la eliminación de los radicales libres, que en exceso son dañinos para el cuerpo humano. |

2. La masoterapia: La asociación americana de masoterapia define el masaje como la manipulación manual de los tejidos blandos, que incluye la sujeción y aplicación de presión, facilitando el movimiento del cuerpo (12). El amplio uso de la masoterapia cumple distintos roles dentro de la práctica deportiva (masaje precompetitivo, de recuperación o de entrenamiento). Si bien entre todos estos roles, cabe destacar su capacidad para mejorar y prevenir los fenómenos de la fatiga asociados a la práctica deportiva (13). El

masaje precompetición activará los músculos predominantes en la actividad a realizar, sin embargo, el masaje post-competición está centrado en la descarga de aquellos músculos que más actividad han desarrollado (12).

Se ha demostrado que el masaje después del ejercicio reduce la gravedad del DOMS (daño muscular de efecto tardío) por el efecto antiinflamatorio que produce, pero no tiene efectos sobre la pérdida funcional de los músculos. A pesar de la creencia de que tiene beneficios para los atletas sobre el rendimiento como un método de prevención de lesiones o en la recuperación de una lesión, estos efectos no están suficientemente demostrados (14).

3. Electroestimulación: Para Boschetti G. et al. (15), la electroestimulación (EENM) reside en un impulso eléctrico enviado al nervio motor que posteriormente excita el músculo y provoca la contracción del mismo, teniendo influjo de este modo en la transmisión de información desde el sistema nervioso a la fibra muscular. La EENM debe contener específicamente: el tipo onda, ancho de impulso, frecuencia, tiempo de contracción y de reposo, número de contracciones por sesión, intensidad con la que se aplica la corriente, ángulo de trabajo de la articulación implicada, zona de colocación de los electrodos, así como las características de los mismos, músculo estimulado, aparato utilizado, número de sesiones de entrenamiento y frecuencia semanal (16).

En el ámbito deportivo y funcional, la estimulación directa de las fibras musculares nunca es necesaria, siendo más cómodo y eficaz contraer la musculatura por vía indirecta, es decir, activando la excitación inducida por la corriente a nivel del tejido nervioso, ya que la estimulación directa es más usada con fines terapéuticos y estéticos donde se presentan casos de lesiones totales o parciales. En consecuencia, “La aplicación de la EENM debe ser de un modo muy específico sobre ciertos músculos y no sobre el conjunto de músculos que intervienen en un esfuerzo deportivo” (17).

4. Técnicas de compresión: Las medias de compresión (P) tienen numerosas aplicaciones en el mundo del deporte (tabla 4). Los beneficios que producen son los de permitir una aceleración del retorno venoso mediante la reducción de la distensión venosa, restauración de la insuficiencia valvular y disminución de la sangre venosa. El fundamento es como consecuencia 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) (18).

En el deporte de alto rendimiento son empleadas habitualmente como técnica de recuperación posterior al ejercicio físico con el objetivo de disminuir el DOMS, reduciendo los síntomas asociados y la percepción de dolor. Pueden disminuir la inflamación y el

volumen de las extremidades inferiores, así como el diámetro de la vena gastrocnemio. También es posible que el empleo de MC genere beneficios ergogénicos, como una reducción en los niveles de lactato (18).

Tabla 4. Aplicaciones de las medias de compresión en el deporte (modificada de Urdampilleta A. et al (18))

| Aplicaciones | Posible justificación | Evidencia |
|---------------------------------|---|-----------|
| Favorece el retorno venoso | Mejora la circulación, mejorando a su vez la distribución del flujo sanguíneo se consigue una mejor oxigenación de los tejidos. Al final se optimiza el consumo de oxígeno mejorando el rendimiento. | Si. |
| Mejora la eficiencia metabólica | Se ha observado que a intensidades bajas puede ser eficaz, pero no a intensidades superiores a 14-16 km/h. Sí que se ha demostrado que mejora la capacidad de salto. | ¿? |
| Refrigeran expulsando calor | Estas prendas se componen de dos capas, una dedicada a refrigerar y 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. | Si. |
| Evitan vibraciones | La compresión sujeta a los músculos de la zona y previene el movimiento lateral de los gemelos. A pesar de ello, debemos tener en cuenta que esta vibración y balanceo de la masa muscular es lo que precisamente favorece el retorno venoso. | Si. |
| Favorece la recuperación | En la fase de reposo y recuperación posterior al ejercicio, facilitan el retorno venoso, drenaje de toxinas, reducen la inflamación y dolores musculares. | Si. |

5. Hidroterapia: La presión ejercida por el agua en un cuerpo sumergido produce modificaciones fisiológicas como son: alteraciones en fluidos a nivel tanto intracelular como intravascular, reducción de edema, incremento de respuesta cardiaca, aumento de flujo sanguíneo, incremento de transporte de nutrientes y eliminación de productos de desecho. Como criterio para clasificar las distintas modalidades de esta técnica se emplea la temperatura del agua, agrupadas en: crioterapia (inmersión en agua fría \leq a 15°C),

termoterapia (inmersión en agua caliente $\geq 36^{\circ}\text{C}$) o baños de contraste (inmersión en aguas con contraste en su temperatura) (19).

5.1 Crioterapia: El efecto que se consigue mediante el empleo de esta técnica, depende principalmente de la temperatura a la que se encuentra el agua. El uso de agua a 15° durante una duración de 15 minutos es útil para conseguir una disminución del riego sanguíneo a las piernas y brazos, induciendo una redirección hacia las partes centrales del cuerpo, mejorando el retorno venoso y la efectividad cardíaca (20). También es posible que produzca una disminución de inflamación muscular y efecto analgésico de corta duración, relacionado con la reducción de la velocidad de conducción nerviosa, de la actividad del huso muscular, de la respuesta del reflejo de estiramiento y espasticidad, inhibiendo el ciclo de dolor-espasmo (21).

5.2 Termoterapia: Mediante la aplicación de agua a una temperatura superior a la del cuerpo humano se consigue un aumento de la actividad metabólica, hiperemia local, mayor elasticidad tisular, relajación muscular, disminución de espasmos y aumento de flujo sanguíneo, mediante vasodilatación y aumento de la frecuencia cardíaca que esta técnica ejerce sobre el cuerpo (22).

5.3 Baños de contraste: Una amplia variedad de efectos sobre el cuerpo mediante la aplicación de esta técnica han sido demostrados, incluyendo aumento de la circulación sanguínea, vasoconstricción y vasodilatación, disminución de edema, dolor y rigidez muscular. Se cree que la vasoconstricción seguida de vasodilatación, consigue un aumento de la frecuencia cardíaca y con ello, un aumento del riego sanguíneo. (23).

El deporte que hemos estudiado, el fútbol profesional, es considerado como un deporte de alta frecuencia competitiva en el que la capacidad de recuperar después de entrenamientos intensos y partidos constituye en uno de los factores más determinantes en el proceso de entrenamiento. Para reducir la magnitud de la fatiga y acelerar el tiempo de recuperación, los equipos de fútbol tienen a su disposición un amplio número de estrategias regenerativas: recuperación activa (carrera continua de baja intensidad y estiramientos), métodos fisioterapéuticos (masoterapia, electroterapia e hidroterapia), métodos ergonutricionales (reposición de sustratos e hidroelectrolítica) y recuperación pasiva (sueño y descanso) (19). Está demostrado que, cuando se realiza una adecuada recuperación tras los entrenamientos de alta intensidad o la competición, los atletas pueden entrenar antes y con mejor calidad que cuando no se realiza ningún tratamiento de recuperación o bien las prácticas efectuadas son inadecuadas (24).

Por todo lo anterior, decidimos, estudiar el impacto y la efectividad de dos técnicas de recuperación, basadas en H y P sobre el comportamiento de los marcadores de daño

muscular y niveles de C e futbolistas profesionales, en el periodo de pretemporada, donde los deportistas son sometidos a cargas de físicas de alta intensidad.

6. Objetivos y justificación

- Determinar el impacto y la efectividad del empleo conjunto H y P, como técnicas de recuperación en futbolistas profesionales.
- Evaluación de biomarcadores enzimáticos y hormonales de la funcionalidad muscular, utilizados en investigación de rendimiento deportivo.
- Establecer un protocolo de aplicación de estas técnicas en deportistas que pueda ser aplicado de forma general en atletas que desarrollen una actividad física intensa.

7. Material y Métodos

Hemos estudiado el efecto de H, más el uso de P en futbolistas profesionales (FP), durante el periodo de pretemporada, que comprende 8 semanas de entrenamiento. El protocolo siguió las recomendaciones de la Declaración de Helsinki. 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, justamente al final de este periodo (T3)

7.1 Sujetos

Un total de 22 futbolistas masculinos profesionales (n=22) pertenecientes a un equipo de segunda división B de Salamanca, participaron en el estudio. De entre los 22 FP, se seleccionaron individuos al azar a partes iguales, para hacer un grupo control (GC) y un grupo experimental (RP), con 11 futbolistas en cada grupo. Todos los FP fueron voluntarios e informados sobre el protocolo de investigación. Las características físicas de los FP se muestran en la Tabla 5. Todos los sujetos firmaron un consentimiento informado y fueron estudiados mediante un examen cardio-pulmonar y electromiográfico, además de completar un cuestionario médico previo al ingreso para el estudio. Ninguno de los participantes fumaba, bebía alcohol o tomaba medicamentos o sustancias ilegales capaces de alterar la respuesta hematológica. No hubo ninguna lesión antes o durante la realización de la prueba, ya que fueron descartadas por la historia y el examen clínico. Todos los FP siguieron la misma dieta durante el estudio, supervisada por el nutricionista del equipo en cuestión.

Todos los futbolistas, siguieron el mismo plan de entrenamiento, 2 sesiones diarias, con una frecuencia de 5 días seguidos de entrenamiento y 1 día de descanso, intercalando 6 partidos amistosos contra equipos de su misma división en distintos días

del entrenamiento. Cada sesión (de las dos presentes cada día) duraba entre 60 y 90 minutos, trabajando desde la parte más general a nivel físico como entrenamiento de resistencia o fuerza y acabando en una parte más específica, diferente en cada jugador, dependiendo de su posición y tipo de juego, un entrenamiento táctico. Después de cada sesión, el grupo asignado a realizar el estudio recibía las correspondientes técnicas de recuperación. La duración del estudio fue de 8 semanas, realizando las pruebas correspondientes en T1, T2 y T3.

7.2 Medidas antropométricas

Las medidas presentes en la tabla 5, se tomaron siguiendo el procedimiento estándar en T1. El cálculo del error técnico en la medición de altura y masa corporal era menor al 0.02%. En el caso de la medición de pliegues corporales para la medición del porcentaje corporal de grasa, el error era menor al 2.6%. La altura se calculó con un medidor de altura SECA®, con una precisión de 1 mm (rango: 130-210 cm), mientras que el peso corporal fue calculado con una báscula SECA®, con una precisión de 0.1 kg (rango: 2 - 130 kg). Los pliegues cutáneos (tricipital, abdominal, supraespinoso, subescapular, muslo anterior pantorrilla), para el cálculo del porcentaje de masa corporal, fueron medidos con un calibre de pliegues cutáneos Harpenden, con una precisión de 0.2 mm. Se calculó con el conjunto de los 6 pliegues anteriores.

Tabla 5. Características físicas y antropométricas de los futbolistas

| | Media \pm desviación estándar | |
|--|---------------------------------|-------------------|
| | RP | GC |
| Edad (años) | 25,42 \pm 2,20 | 26,01 \pm 3,10 |
| Peso (kg) | 62,25 \pm 8,60 | 76,70 \pm 2,33 |
| Altura (cm) | 178,994 \pm 8,36 | 180,24 \pm 9,51 |
| Grasa corporal (%) (Yuhasz) | 10,26 \pm 2,54 | 12,52 \pm 4,11 |
| Max. Captación de oxígeno (ml. Kg-1 min-1) | 65,14 \pm 1,74 | 61,42 \pm 4,35 |

7.3 Protocolo experimental y plan de evaluación

Se realizó un idéntico protocolo de evaluación en los dos tres días del estudio (T1, T2 y T3), separados entre sí con un intervalo de 4 semanas. Los futbolistas asistieron a la sala habilitada para la extracción de la sangre, a la misma hora los tres días:

- Día 1, al comienzo de la pretemporada o el estudio (T1)
- Día 28, justo en mitad del estudio y de la pretemporada (T2)
- Día 54, coincidiendo con el final de la pretemporada y comenzando el periodo regular (T3).

7.4 Control analítico

Se han utilizado las reglas 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 futbolistas 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. Todas las muestras de sangre se tomaron a las 8.30 a.m. y todos los participantes descansaron cómodamente en una 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, estaba controlada por el uso de una etiqueta específica (Libero Ti1, ELPRO-BUCHS, Suiza), que se utilizó para medir y registrar la temperatura.

Las muestras fueron transportadas empleando unas adecuadas condiciones y el tiempo para depositar las muestras en el laboratorio fue 30 minutos después de la extracción. Los retrasos no afectaron a la calidad analítica de los parámetros estudiados. Las muestras con EDTA (anti-coagulante) se homogeneizaron durante 15 minutos antes de ser analizadas, como recomienda la AMA. Los tubos que contienen sangre más EDTA se centrifugaron a 2000 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.

Los leucocitos (LEU), monocitos (MON), linfocitos (LIN), hematíes (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). Los niveles séricos de C fueron medidos empleando la técnica del inmunoensayo enzimático sobre fase sólida (ELISA) y una lectura fluorescente final, con ayuda de un analizador multiparamétrico (MInividas, Biomerieux), usando un sustrato de 4 metilumbeliferona, capaz de realizar una emisión fluorescente a 450 nm después de su estimulación a 370 nm. La Mb fue medida, empleando una técnica de ensayo inmunoquimioluminiscente “sándwich” de dos puntos.

Los cambios porcentuales en el volumen plasmático (% Δ PV), se calcularon usando la ecuación de Van Beaumont (Van Beaumont, 1972).

Además, los valores de los marcadores hematológicos se ajustaron para los cambios en el volumen plasmático, usando la siguiente fórmula: Valor corregido = Valor no corregido $\times ((100 + \% \Delta PV) / 100)$ (de Oliveira Teixeira et al., 2014).

7.5 Inmersión en agua fría como método de recuperación

Los futbolistas pertenecientes al grupo experimental (n=11, recibieron este tratamiento después de cada sesión de entrenamiento (48 sesiones) y después de cada partido jugado (3 partidos jugados en casa y 3 partidos jugados fuera de casa). 5 minutos después del entrenamiento o partido, se realizó inmersión de la extremidad inferior (hasta la cresta iliaca), en una bañera con agua enfriada (10,5°) en 5 inmersiones de 2 minutos cada una, separadas entre sí por 2 minutos en los que los futbolistas descansaban a temperatura ambiente (sentados, temperatura ambiente de 21°). Se añadía hielo a intervalos regulares, con el fin de mantener la temperatura de la bañera. Después de la inmersión, los futbolistas se duchaban y aseaban correctamente.

7.6 Empleo de prendas compresivas

Posteriormente a la inmersión en agua fría, los futbolistas pertenecientes a RP (n=11), se colocaban su correspondiente pernera compresiva de recuperación Sportlast. Esta prenda, proporciona una presión constante de entre 20 y 25 mmHg y cubre desde la parte superior del muslo hasta el pie incluido. La pauta que se siguió, fue la siguiente: colocación de la prenda personal (no había intercambios, cada uno empleó, durante todos los días la misma prenda) y reposo total en sedestación durante 120 minutos.

7.7 Análisis estadístico

Los análisis estadísticos 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 \pm desviación estándar (DS). Las diferencias en los parámetros hematológicos y marcadores musculares y hormonales 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 $p < 0.05$.

8. Resultados

8.1 Marcadores hematológicos

| Tabla 6 - Datos hematológicos de futbolistas que recibieron la recuperación pasiva (RP) y el grupo control (GC), durante el periodo estudiado | | | | | |
|---|-------|--------------|---------------------------|---------------------------|-------|
| Test | Grupo | Tiempo | | | Sign. |
| | | T1 | T2 | T3 | P |
| LEU (x10 ³ /μL) | 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 (10 ⁶ μL ⁻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.

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.

8.2 Marcadores musculares y hormonales

Tabla 7 – Marcadores musculares, proteínas totales y marcadores hormonales en futbolistas que recibieron la recuperación pasiva (RP) y el grupo control (GC), durante el periodo estudiado

| Test | Grupo | Tiempo | | | Sign. |
|---|-------|---------------|-------------------------|----------------------------|-------|
| | | T1 | T2 | T3 | P |
| 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 | 22.09±4.18 | 19.52±7.83 | 18.09±2.18 ^a | NS |
| | GC | 23.64±2.11 | 22.55±2.55 | 22.97±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) (U/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) (µg/mL) (<116,3 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 |
| Cortisol (C) (mg/dL) (5-25 mg/dL) | RP | 9.75±5.04 | 16.31±5.95 ^a | 16.16±6.27 ^a | S |
| | GC | 9.93±4.87 | 16.44±6.03 ^a | 17.29±4.97 ^a | S |

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, $p < 0.05$.

Se observan, cambios significativos en el comportamiento a lo largo del estudio de Mb en GC y en C en ambos grupos.

En CK existe un aumento significativo en GC en T3 con respecto a T1. En AST se ve una disminución significativa en RP en T3 con respecto a T1. En ALT se puede ver un aumento significativo en GC en T2 con respecto a T1. En Mb observamos aumentos significativos en RP en T2 con respecto a T1 y en GC en T3 con respecto a T1, mientras que

se observa una disminución significativa, en RP en T3 en comparación a T1. En C vemos aumentos significativos en RP y GC en T2 y T3 con respecto a T1.

Figuras 1 - 4 - Representación de los valores de Mioglobina (Mb) y Cortisol (C) en ambos grupos a lo largo del periodo de estudio

Mioglobina (RP)

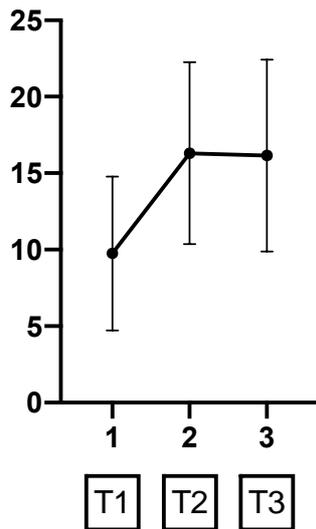


Figura 1 - Valores de la mioglobina en el grupo experimental (RP)

Mioglobina (GC)

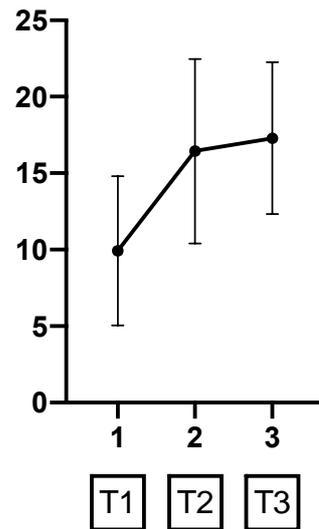


Figura 2 - Valores de la mioglobina en el grupo control (GC)

Cortisol (RP)

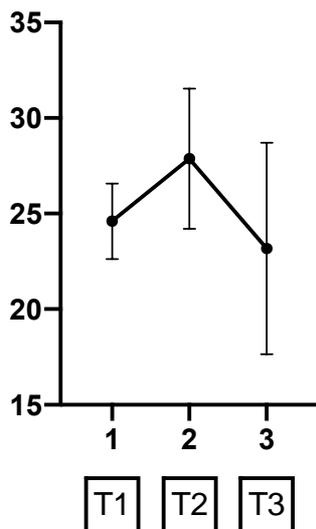


Figura 3 - Valores del cortisol en el grupo experimental (RP)

Cortisol (GC)

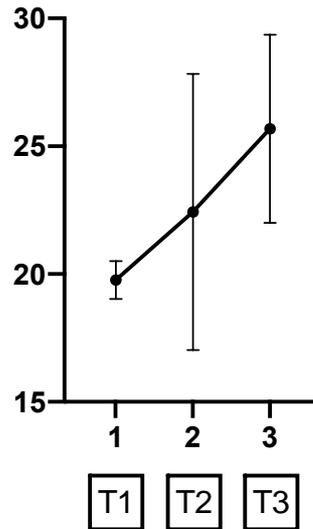


Figura 4 - Valores del cortisol en el grupo control (GC)

8.3 Correlación

| Tabla 8 - Correlaciones entre marcadores hormonales y marcadores bioquímicos musculares | | |
|---|--------------|--------|
| Marcador hormonal → Marcadores musculares ↓ | C - Cortisol | |
| | r (RP) | r (GC) |
| CK - Creatina Kinasa | +0,14 | +0.92 |
| LDH - Lactato deshidrogenasa | -0,77 | +0.82 |
| Mb - Mioglobina | +0,24 | +0,9 |

Datos expresados según el análisis del coeficiente de correlación de Pearson
r = Coeficiente de determinación

Se puede observar una correlación positiva elevada entre el C y los valores de CK, LDH y Mb en el GC. En RP, se observa una correlación negativa entre los valores de C y LDH, no existiendo correlación del C con CK y Mb.

9. Discusión

En el comportamiento en el daño muscular y C de futbolistas profesionales, hemos observado cambios significativos a lo largo del estudio de la concentración de la Mb en GC, así como en los niveles de C en ambos grupos. También se observaron aumentos significativos en las concentraciones de CK, Mb y C en T3 con respecto a T1 en GC, así como una disminución significativa en Mb en RP en T3 con respecto a T2.

El daño muscular inducido ha sido identificado como una de las principales causas de la disminución del rendimiento en deportistas (25). La contracción excéntrica desarrollada en los futbolistas, en la que las fibras se estiran durante la generación de fuerza, crea alta tensión en el tejido muscular y puede provocar daño inducido, liberándose al torrente sanguíneo componentes intramusculares, como son la CK y Mb, empleándose como biomarcadores de daño muscular (25). Mb es una proteína monomérica de bajo peso molecular que se concentra principalmente en las células musculares estriadas y en el miocardio (25). Posee gran afinidad por el oxígeno, siendo el equivalente a la hemoglobina en las células musculares. Su función es transportar oxígeno en sangre a través de la membrana, almacenándolo en forma de Mb oxigenada, satisfaciendo la demanda de la musculatura en actividades extenuantes. De este modo, se consigue, el mantenimiento del metabolismo aerobio, permitiendo un adecuado aporte de oxígeno necesario para la formación de Adenosin tri-fosfato (ATP), consiguiendo una contracción mantenida más tiempo (25).

En este sentido, una investigación (26) observó en futbolistas profesionales que los niveles plasmáticos de Mb aumentaron significativamente hasta 6 veces los valores basales inmediatamente tras un partido, normalizándose pasadas entre 24 y 48 horas. En nuestro estudio se observa que en GC hay un aumento significativo entre el principio y final del estudio, igual que ocurre en la investigación mencionada, siendo en este caso inferior a 6 veces el nivel basal. Esto es debido al programa de entrenamiento continuo al que fueron sometidos (ver metodología). Además, debemos considerar que en el fútbol se realizan esfuerzos continuados durante largos periodos de tiempo, entre 90 y 120 minutos, donde es el componente excéntrico del ejercicio la principal causa del daño muscular, aunque existen otros componentes como la actividad concéntrica, el golpeo de balón, los traumatismos de repetición contra el césped, con el agravante de los tacos de las botas y los impactos con los adversarios, a tener en cuenta en la evaluación de los marcadores musculares en futbolistas (27).

En RP se observa una disminución significativa en T3 con respecto a T2, como consecuencia a las técnicas de fisioterapia empleadas, lo que implica que el efecto de la recuperación ha tenido lugar de forma tardía, ya que es a partir de la 4ª semana cuando empieza a notarse su actuación. Esto podría indicar la necesidad de usar estas técnicas de recuperación durante largos periodos de tiempo para que sean efectivas.

Centrándonos en el efecto de la H, ha resultado efectiva para la disminución de los marcadores de daño muscular, donde la concentración de Mb se redujo (28). En este estudio, se realizó el "*Loughborough shuttle running test*", que consta de, primero arrancadas en 20 metros y posteriormente, carrera continua alternando su intensidad. De esta manera, con el test se consiguen simular las demandas fisiológicas presentes en el fútbol. La disminución observada es debida a la actuación de la aplicación de bajas temperaturas en las zonas locales que presentan inflamación, disminuyendo la permeabilidad del tejido muscular y la salida de Mb a la sangre (28). Sin embargo, el estudio de Goodall S. Et al (29), muestra que la H, aplicada en este caso, ha resultado no ser efectiva. Las diferencias existentes se deban probablemente a la metodología empleada.

Con respecto a las prendas de compresión aplicadas a zonas loco-regionales, han resultado efectivas a la hora de disminuir la concentración de distintos marcadores de daño muscular, como la Mb (30), del mismo modo que ocurre en nuestro estudio. Sin embargo, el empleo de P de cuerpo entero durante un largo periodo de tiempo no disminuyó los valores de Mb, con respecto al grupo control del estudio (31). Debido a que la aplicación de este tipo de prendas se realizó a nivel sistémico, otorgando una presión inferior a la usada en nuestro estudio, se demuestra que el uso loco-regional de prendas

de compresión se postula como la manera más idónea para conseguir efectos beneficiosos en la recuperación muscular.

En relación a la CK, esta enzima intramuscular sale al torrente sanguíneo, aumentando los niveles plasmáticos. Estos niveles son un reflejo del daño total muscular posterior a la realización de un esfuerzo físico, como ocurre en un partido de fútbol, en el cual se han reportado aumentos significativos de CK hasta un 400% su nivel basal, recuperándose a partir de las 72 horas. (32). Según un estudio reciente, el empleo de H, tanto localizada como sistémica, no resulta efectivo a la hora de disminuir los niveles de CK (33). Contrariamente, hemos conseguido mantener los niveles de CK a lo largo del estudio en RP. Además, se observa un incremento no significativo en GC, lo que indicaría la efectividad de la H combinada con el uso de P en nuestros deportistas.

El empleo de una única técnica de recuperación puede ser beneficiosa (28, 30) o no mostrar ningún efecto sobre la recuperación (29, 31, 33). En nuestro estudio, el uso de H y P de forma secuencial ha mostrado mejoras en los biomarcadores musculares en el RP con respecto al GC, probablemente debido al efecto sinérgico que se obtiene en la metodología empleada, lo que indicaría la necesidad de usar varias técnicas en deportistas sometidos a elevadas exigencias físicas y esfuerzos extenuantes.

El C es una hormona suprarrenal perteneciente al grupo de los glucocorticoides cuya función es asegurar la concentración de glucosa en plasma y mantener los niveles de glucógeno en hígado y músculo. Moviliza los aminoácidos, principalmente procedentes del músculo para ser convertidos por el hígado en glucosa, realizando así el fenómeno de la gluconeogénesis a partir del catabolismo tisular. Su secreción se ve aumentada cuando se realiza ejercicio físico, normalmente en relación a la intensidad del ejercicio y también debido a lesiones deportivas, en función de su gravedad (25). El aumento de C conlleva una disminución de los niveles de testosterona, principal hormona anabólica, creando una situación catabólica en el cuerpo donde se favorece la pérdida de músculo y aumento de acumulación de grasa, impactando de forma negativa en el rendimiento de los deportistas (34).

Tras un partido de fútbol, un esfuerzo físico máximo puntual, se observó un gran aumento de los niveles de C en futbolistas profesionales, recuperándose los niveles basales pasadas 24 horas sin ningún tipo de intervención en la recuperación (35-36). Los aumentos de los niveles de C que observamos en ambos grupos se deben al esfuerzo continuado durante largos periodos de tiempo (37), como son las 8 semanas de pretemporada.

Por tanto, la aplicación de H y P a nivel local no ha mostrado ningún efecto del mismo modo que en un estudio reciente usando H (38) y otra investigación empleando P a nivel local en miembro inferior (39). En cambio, el empleo de H sistémica aplicada mediante criocámaras de cuerpo completo a una temperatura de -140°C durante 3 minutos, ha mostrado en un equipo de jugadores de rugby, que disminuye significativamente los niveles de C (40).

La correlación mostrada en GC entre el C y las enzimas CK, LDH y Mb, podría suponer que la hormona catabólica C fuera el elemento principal que desencadene la destrucción muscular (27), reflejada en aumento de los valores de los biomarcadores estudiados. Sin embargo, cuando se aplica de manera secuencial la H y P en las extremidades inferiores, donde se encuentran los músculos predominantes en la actividad futbolística, podría el C no tener influencia sobre el daño muscular, siendo otras causas fisiológicas lo que lo produzcan. Quizá estos resultados indican que la aplicación local de estas técnicas de recuperación (H y P) actúan exclusivamente sobre los marcadores de daño muscular y no al C. Sería necesario realizar más investigaciones que arrojen luz a estos hallazgos.

Ante los resultados obtenidos, consideramos que la metodología empleada, es decir, la aplicación de agua a $10,5^{\circ}$ en 5 inmersiones de 2 minutos, seguida del uso de las P durante 120 minutos en total reposo, es un protocolo de aplicación que ha demostrado ser efectivo, incidiendo positivamente en la recuperación de los deportistas cuyo componente muscular sea predominantemente excéntrico y realicen su actividad en periodos de tiempo de entre 90 y 120 minutos.

10. Conclusiones

- El empleo de las técnicas de recuperación H y P influye en la actividad enzimática de los marcadores de daño muscular.
- En los valores de Mb se observa efectividad en RP.
- En el resto de los marcadores, aunque no se observaron comportamientos significativos, hay una tendencia descendente en RP.
- A nivel hormonal, C, se vio que esta aplicación no resultó efectiva.
- El efecto de estas técnicas estableció una correlación negativa entre C y LDH, lo que indica que la aplicación local afecta a los marcadores de daño muscular y no a los niveles hormonales.
- Por lo tanto, creemos que mediante el protocolo empleado, la aplicación conjunta de H y P ejerce una influencia positiva a nivel de músculo esquelético y, por lo tanto, en el rendimiento deportivo.

- Creemos recomendable aplicar estas técnicas durante toda la pretemporada y la temporada regular ya que se observaron cambios en periodos más tardíos.
- Es recomendable seguir la metodología aplicada en este estudio pudiéndola adaptar a las necesidades del deportista.

11. Bibliografía

- 1 - Martín Urrialde J. Fisioterapia Deportiva en España y Europa. Revisión de un proceso histórico: 1988-2004. Revista Iberoamericana de Fisioterapia y Kinesiología. 2005;8:95-101.
- 2 - Fisioterapia en Actividad Física y Deporte [Internet]. Aefi.net. 2018. Disponible en: <http://www.aefi.net/Subgrupos/AEFDAF.aspx>
- 3 - Bishop P, Jones E, Woods A. Recovery from Training: A Brief Review. Journal of Strength and Conditioning Research. 2008;22:1015-1024.
- 4 - Montgomery P, Pyne D, Hopkins W, Dorman J, Cook K, Minahan C. The effect of recovery strategies on physical performance and cumulative fatigue in competitive basketball. Journal of Sports Sciences. 2008;26:1135-1145.
- 5 - Kinugasa T, Kilding A. A Comparison of Post-Match Recovery Strategies in Youth Soccer Players. Journal of Strength and Conditioning Research. 2009;23:1402-1407.
- 6 - Bompa T, Calcina O. Theory and methodology of training. Dubuque, Iowa: Kendall/Hunt Pub. Co.; 1994.
- 7 - Nédélec M, McCall A, Carling C, Legall F, Berthoin S, Dupont G. Recovery in Soccer. Sports Medicine. 2012;43:9-22.
- 8 - Fairchild T, Armstrong A, Rao A, Liu H, Lawrence S, Fournier P. Glycogen Synthesis in Muscle Fibers during Active Recovery from Intense Exercise. Medicine & Science in Sports & Exercise. 2003;35:595-602.
- 9 - Martínez JM, Urdampilleta A, Mielgo-Ayuso J. Necesidades energéticas, hídricas y nutricionales en el deporte. European Journal of Human Movement. 2013;30, 37-52.
- 10 - Santesteban Moriones V, Ibáñez Santos J. Ayudas ergogénicas en el deporte. Nutrición Hospitalaria. 2017;34:204.
- 11 - Peniche Zeevaert C, Boullosa Moreno B. Nutrición aplicada al deporte. México: McGraw-Hill; 2011.
- 12 - American Massage Therapy Association | AMTA [Internet]. Amtamassage.org. 2018. Disponible en: <https://www.amtamassage.org/index.html>
- 13 - Basco López J. El masaje deportivo y su influencia en el rendimiento muscular. 2014.

- 14 - Weerapong P, Hume P, Kolt G. The Mechanisms of Massage and Effects on Performance, Muscle Recovery and Injury Prevention. *Sports Medicine*. 2005;35:235-256.
- 15 - Boschetti G, Arcelli E, Margeretto Kohrman E. ¿Qué es la electroestimulación? teoría, práctica y metodología del entrenamiento. Barcelona (España): Editorial Paidotribo; 2004:111-116.
- 16 - Herrero J, Abadía O, Morante J, García J. Parámetros del entrenamiento con electroestimulación y efectos crónicos sobre la función muscular(I). 2006;116: 455-462.
- 17 - Alegría Rivera D. La electroestimulación neuromuscular y su aplicación en el desarrollo de la fuerza en el deporte. 2012 [recurso electrónico] (disertación doctoral).
- 18 - Empleo de medias de compresión en el deporte: evidencia científica [Internet]. Ftp.efdeportes.com. 2012. Disponible en: <http://ftp.efdeportes.com/efd175/empleo-de-medias-de-compresion-en-el-deporte.htm>
- 19 - Rey E. Estrategias de recuperación post-ejercicio en el fútbol. *Revista de Preparación Física en el Fútbol*. 2012. ISSN, 1889, 5050.
- 20 - Meeusen R, Lievens P. The Use of Cryotherapy in Sports Injuries. *Sports Medicine*. 1986;3:398-414.
- 21 - Vaile J, O'Hagan C, Stefanovic B, Walker M, Gill N, Askew C. Effect of cold water immersion on repeated cycling performance and limb blood flow. *British Journal of Sports Medicine*. 2010;45:825-829.
- 22 - Apolo M. D. López E. Caballero T. Utilización de la termoterapia en el ámbito deportivo. e-balonmano.com: *Revista Digital Deportiva*. 2006. ISSN 1885 – 7019. 2:26-39.
- 23 - Hing W, White S, Bouaaphone A, Lee P. Contrast therapy—A systematic review. *Physical Therapy in Sport*. 2008;9:148-161.
- 24 - Gill N. Effectiveness of post-match recovery strategies in rugby players. *British Journal of Sports Medicine*. 2006;40:260-263.
- 25 - Córdova Martínez A. *Fisiología deportiva*. Madrid: Síntesis; 2013.
- 26 - Krstrup P, Ørtenblad N, Nielsen J, Nybo L, Gunnarsson T, Iaia F et al. Maximal voluntary contraction force, SR function and glycogen resynthesis during the first 72 h after a high-level competitive soccer game. *European Journal of Applied Physiology*. 2011; 111:2987-2995.

- 27 - Noakes T. Effect of Exercise on Serum Enzyme Activities in Humans. *Sports Medicine*. 1987;4:245-267.
- 28 - Bailey D, Erith S, Griffin P, Dowson A, Brewer D, Gant N et al. Influence of cold-water immersion on indices of muscle damage following prolonged intermittent shuttle running. *Journal of Sports Sciences*. 2007;25:1163-1170.
- 29 - Goodall S, Howatson G. The effects of multiple cold water immersions on indices of muscle damage. *Journal of Sports Science & Medicine*. 2008;7:235-241.
- 30 - Engel F, Holmberg H, Sperlich B. Is There Evidence that Runners can Benefit from Wearing Compression Clothing?. *Sports Medicine*. 2016;46:1939-1952.
- 31 - Goto K, Morishima T. Compression Garment Promotes Muscular Strength Recovery after Resistance Exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2014;46:2265-2270.
- 32 - Ascensão A, Rebelo A, Oliveira E, Marques F, Pereira L, Magalhães J. Biochemical impact of a soccer match – analysis of oxidative stress and muscle damage markers throughout recovery. *Clinical Biochemistry*. 2008;41:841-851.
- 33 - Wilson L, Dimitriou L, Hills F, Gondek M, Cockburn E. Whole body cryotherapy, cold water immersion, or a placebo following resistance exercise: a case of mind over matter?. *European Journal of Applied Physiology*. 2018; 1-13
- 34 - Talbott S. *The cortisol connection*. Alameda, CA: Hunter House; 2007.
- 35 - Fatouros I, Chatzinikolaou A, Ispirlidis I, Jamurtas A, Nikolaidis M, Michailidis I et al. Time-course of Changes in Inflammatory and Performance Responses Following a Soccer Game. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2008;18:423-431
- 36 - Maya J, Marquez P, Peñailillo L, Contreras-Ferrat A, Deldicque L, Zbinden-Foncea H. Salivary Biomarker Responses to Two Final Matches in Women's Professional Football. *Journal of Sports Science & Medicine*. 2016;15:365-371.
- 37 - Córdova Martínez A., Fernández-Lázaro, D., Mielgo-Ayuso, J., Seco, J., & Caballero, A. Effect of Magnesium Supplementation on Muscular Damage Markers in Basketball Players During a Full Season. *Magnesium Research*. 2017;30, 61-70
- 38 - de Freitas V, Ramos S, Bara-Filho M, Freitas D, Coimbra D, Cecchini R et al. Effect of cold water immersion performed on successive days on physical performance, muscle damage, and inflammatory, hormonal, and oxidative stress markers in volleyball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2017.

39 - Mizuno S, Morii I, Tsuchiya Y, Goto K. Wearing Compression Garment after Endurance Exercise Promotes Recovery of Exercise Performance. *International Journal of Sports Medicine*. 2016;37:870-877.

40 - Grasso, D., Lanteri, P., Di Bernardo, C., Mauri, C., Porcelli, S., & Colombini, A. et al. Salivary steroid hormone response to whole-body cryotherapy in elite rugby players. *Journal Of Biological Regulators And Homeostatic Agents*. 2018;28:291-300.