

**UNIVERSIDAD CAMILO JOSÉ CELA**  
**FACULTAD DE SALUD**

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

Curso académico 2017/ 2018

**TRABAJO FIN DE MÁSTER**

**Análisis de las estrategias de recuperación en fútbol mediante  
la aplicación de la tensiomiografía y de los test de salto.**

**Autor:** Pablo García Alonso

**Director:** Diego Gutiérrez del Pozo

## **ÍNDICE**

RESUMEN .....	3
ABSTRACT .....	4
INTRODUCCIÓN .....	5
OBJETIVOS .....	7
Hipótesis .....	7
MÉTODOS .....	7
Diseño .....	7
Sujetos .....	8
Consideraciones éticas .....	8
Intervenciones .....	8
Equipo investigador .....	10
Variables .....	11
Análisis estadístico .....	11
RESULTADOS .....	11
DISCUSIÓN .....	15
CONCLUSIONES .....	17
BIBLIOGRAFÍA .....	18
ANEXOS .....	22

## RESUMEN

**Introducción:** La recuperación de la fatiga es un trabajo esencial en los futbolistas para optimizar el rendimiento y prevenir lesiones. Son numerosas las técnicas de recuperación utilizadas, pero no existe un consenso claro sobre cuál es la más eficaz. Para valorar la recuperación, los test de salto y la tensiomiografía son métodos no invasivos que dan información sobre las propiedades contráctiles de los músculos.

**Metodología:** Se ha realizado el estudio con un equipo de fútbol profesional de 22 jugadores. Se han recogido los datos tras haber participado en un partido y a las 72 horas. Han realizado test de salto (CMJ y SJ) y mediciones tensiomiográficas (Tc y Dm). Las estrategias de recuperación se han realizado a las 24 h del partido y han sido la inmersión en agua fría, carrera aeróbica a baja intensidad y recuperación pasiva.

**Resultados:** Se observa que en los test de salto todas las estrategias producen una mejoría a las 72 horas, y es la inmersión en agua fría la que mejores resultados ofrece. En la tensiomiografía no se obtienen valores significativos entre las distintas estrategias, aunque sí se encuentra algún valor de mejora aislado.

**Conclusiones:** Aunque las tres estrategias mejoran los valores en los test de salto, es la inmersión en agua fría la estrategia de recuperación que mayor mejoría produce. Respecto a la tensiomiografía, se requiere más investigación para conocer la correlación entre sus parámetros y la fatiga.

**Palabras clave:** fútbol, tensiomiografía, hidroterapia, fatiga muscular, propiedades contráctiles.

## **ABSTRACT**

**Introduction:** The ability to recover from fatigue in soccer players is key to optimize performance and avoid injuries. Many recovery techniques are used, and there is at present no scientific consensus on which the most effective is. In order to assess recovery, jump tests and tensiomyography are non-invasive methods which give information about muscles' contractile properties.

**Methodology:** The study is carried out with 22 soccer players on a professional soccer team. Data have been collected after players have participated in a match and 72 hours later. CMJ, SJ and tensiomyography measurements have been taken into account. Recovery strategies have been developed 24 hours after the match and involved cold water immersion, aerobic training at low intensity and passive recovery.

**Results:** In jump tests it is observed that all strategies produce an improvement in 72 hours and cold water immersion further improve results. In tensiomyography no significant values are found with regard to the different strategies, although some isolated sign of improvement is found.

**Conclusions:** Although the three strategies improve the values in CMJ and SJ, cold water immersion produces a greater improvement. Regarding tensiomyography, further research is needed to find out the correlation between its parameters and fatigue.

**Keywords:** soccer, tensiomyography, hydrotherapy, muscle fatigue, contractile properties.

## INTRODUCCIÓN

La exigencia de trabajar con un grupo de deportistas con el objetivo de alcanzar el máximo nivel y rendimiento posible hace necesario controlar todas las modificaciones que tienen lugar en el organismo como respuesta a los abundantes entrenamientos y competiciones. Los avances científicos y tecnológicos conseguidos durante los últimos años, junto a un mayor estudio y conocimiento tanto de la salud como de la práctica deportiva, nos permiten realizar una preparación cada vez más precisa de los deportistas. Estos avances permiten mejorar el rendimiento, prevenir y seguir lesiones, recuperar la fatiga o conocer el estado del deportista, lo cual tiene consecuencias tanto en el ámbito económico como en los resultados. Es por ello que cada vez son más las técnicas de evaluación existentes que permiten identificar, estimar e informar sobre el proceso con el fin de tomar decisiones y actuar según unos datos objetivos y científicos.

Dentro de estas técnicas de evaluación, durante los últimos años ha emergido la tensiomiografía (TMG) como una herramienta idónea para el control muscular de los deportistas. Esta técnica, mediante un transductor de alta precisión situado sobre el vientre muscular, percibe la magnitud (mm) y duración (ms) con la que se ha desplazado un músculo como respuesta a un estímulo eléctrico<sup>1</sup>. La TMG, con una fiabilidad altamente demostrada<sup>2</sup>, nos permite satisfacer la gran necesidad de evaluar el músculo del deportista, de manera precisa, inocua, no invasiva y sin alterar la rutina de entrenamiento, por lo que está empezando a ser el método escogido por la gran mayoría<sup>3</sup>. Nos informa sobre el *stiffness* muscular, tono, fatiga en el músculo, fibras musculares esqueléticas o velocidad de contracción. En el fútbol resulta muy útil ya que nos permite: evaluar el estado neuromuscular como respuesta al entrenamiento y a la competición, comprobar el estado de los jugadores para prevenir lesiones, controlar el proceso de recuperación de lesiones en músculos y ligamentos, y evaluar si los jugadores pueden volver a competir<sup>4</sup>. Es por ello que en los últimos años han aumentado los estudios sobre esta técnica aplicada al fútbol, y se ha evaluado cómo afectan distintos factores sobre el músculo: la posición de juego<sup>5</sup>, la pierna dominante con respecto a la pierna no dominante<sup>4</sup>, distintos tipos de entrenamiento sobre las propiedades musculares<sup>6</sup>, exposición al agua fría<sup>7</sup>, en la reconstrucción del ligamento cruzado anterior<sup>8</sup>, en la comparación de una pierna lesionada con respecto a una sana<sup>1</sup> o en distintas combinaciones de recuperación tras sesiones de entrenamiento<sup>9</sup>.

Una de las principales indicaciones de la TMG es el control de la fatiga, que en los futbolistas es esencial, ya que puede influir en el resultado, el cual puede variar debido a los grandes niveles de fatiga que aparecen por los numerosos esfuerzos a alta

intensidad, en el sobreentrenamiento y en la prevención de lesiones. Además, los deportistas entrenan antes y mejor tras realizar una estrategia de recuperación efectiva con respecto a no haber hecho nada o a realizar una estrategia inadecuada<sup>10</sup>.

Entendemos por fatiga el descenso en la capacidad de producir o conservar una fuerza o potencia requerida por parte de los músculos involucrados en la actividad física. Es un proceso multifactorial que provoca grandes demandas fisiológicas en los sistemas musculoesquelético, nervioso, inmune y metabólico. Predispone a lesiones por sobrecarga y afecta negativamente al rendimiento en la siguiente actividad física<sup>11</sup>. En las investigaciones sobre rendimiento deportivo se utilizan test de salto (TS) para determinar el rendimiento neuromuscular o fatiga<sup>12</sup>. Al estar la fatiga condicionada por numerosos factores, se pueden normalizar mediante distintas estrategias de recuperación que combinadas optimizan los resultados<sup>10</sup>. Se han propuesto cuatro grupos de estrategias de recuperación: activa (carrera continua a baja intensidad, estiramientos, relajación muscular...), pasiva (sueño reparador, gestión del descanso...), métodos ergonutricionales y fisioterapéuticos (masaje, electroterapia, hidroterapia...)<sup>13</sup>.

En nuestro estudio se han llevado a cabo tres estrategias muy comunes en los equipos de fútbol: protocolo de carrera continua a baja intensidad (CCBI), hidroterapia y recuperación pasiva.

Con la CCBI se pretende mantener el flujo sanguíneo activo en la musculatura implicada con el fin de eliminar los residuos metabólicos generados en el esfuerzo y reponer los sustratos energéticos consumidos. Además, mejora la sensación de dolor muscular. Mientras que en algunos estudios se ha observado una mejora en la recuperación de la fatiga, en otros no se ha encontrado este efecto beneficioso<sup>13</sup>.

Respecto a la hidroterapia, se han visto mejoras fisiológicas como alteraciones en los fluidos intracelular e intravascular, disminución del edema muscular y aumento de la respuesta cardíaca (sin aumentar el gasto energético) y del flujo sanguíneo (mejorando el transporte de nutrientes y facilitando la eliminación de productos de desecho). Psicológicamente mejora la sensación de dolor y la percepción de la fatiga<sup>13</sup>. A nivel de rendimiento conlleva beneficios en la fuerza máxima, en *sprint* y en CMJ<sup>14</sup>.

La recuperación pasiva se utiliza como control en la mayoría de estudios, con el objetivo de comparar el efecto producido por el paso del tiempo con los efectos provocados por las otras estrategias.

A pesar de que son numerosas las técnicas de recuperación realizadas en el ámbito deportivo, no existe ningún dato concluyente sobre qué método de recuperación de la fatiga es el más eficaz desde el punto de vista científico.

La relevancia de este trabajo reside en intentar observar qué estrategia de recuperación resulta más eficaz después de la competición en fútbol. Para determinarlo, hemos llevado a cabo un control tensomiográfico de recto anterior y bíceps femoral, músculos clave en fútbol, después de aplicar distintos protocolos de recuperación tras la competición.

## **OBJETIVOS**

El objetivo general de este estudio es analizar qué método de recuperación muscular es el más eficaz en futbolistas tras la fatiga muscular post-competición para devolver al músculo a su estado basal.

Los objetivos específicos son:

1. Cuantificar la aparición de fatiga muscular tras la competición en fútbol mediante los TS y el tiempo de contracción y la velocidad de desplazamiento muscular analizados en la TMG.
2. Comprobar el efecto de recuperación de la CCBI mediante los TS y el tiempo de contracción y la velocidad de desplazamiento analizados en la TMG.
3. Comprobar el efecto de recuperación de la recuperación pasiva mediante los TS y el tiempo de contracción y la velocidad de desplazamiento analizados en TMG.
4. Comprobar el efecto de recuperación de la hidroterapia mediante los TS y el tiempo de contracción y la velocidad de desplazamiento analizados en la TMG.

## ***Hipótesis***

La hipótesis del estudio es que la hidroterapia es el método de recuperación más eficaz, seguido de la CCBI, que también presenta un efecto positivo en la reducción de la fatiga muscular post ejercicio en futbolistas. La recuperación pasiva es la técnica que menos influye en la recuperación de la fatiga en el músculo.

## **MÉTODOS**

### ***Diseño***

Se trata de un estudio prospectivo cuasi-experimental no aleatorizado. En él se han valorado los datos del estudio tensiomiográfico y del test de salto en jugadores de fútbol profesionales a lo largo de tres ciclos en los que se han aplicado diferentes medidas de

recuperación (inmersión en agua fría, CCBI y recuperación pasiva). Cada ciclo consta de tres fases:

- Fase 1: Análisis con GPS a lo largo del partido y medición tensiomiográfica y de salto al finalizar el partido (domingo).
- Fase 2: Aplicación de una estrategia de recuperación (lunes).
- Fase 3: Medición tensiomiográfica y de salto antes del comienzo del siguiente microciclo (miércoles).

### **Sujetos**

El estudio se ha llevado a cabo con los jugadores de un equipo de fútbol masculino de la tercera división española.

*Criterios de inclusión:* han sido incluidos aquellos jugadores que jugaron 45 minutos o más en el partido de la medición. Fueron instruidos de no utilizar ningún otro tipo de método de recuperación complementario a lo largo del estudio y de no practicar ninguna actividad física fuera de los horarios de entrenamiento.

*Criterios de exclusión:* han sido excluidos aquellos que eran porteros, los que presentaban alguna lesión en el momento de la medición, los que han jugado más de un partido en la misma semana y los que presentaban algún tipo de patología relacionada con la exposición al frío.

### **Consideraciones éticas**

A todos los participantes, al cuerpo técnico y a la directiva del club se les entregó una hoja de información (*anexo 1*) y un consentimiento informado (*anexo 2*) donde se explicaba el proceso de investigación y los posibles riesgos de la valoración con la TMG. El estudio fue realizado respetando las normas de la Declaración de Helsinki.

### **Intervenciones**

#### *Técnicas de medición de la función contráctil muscular*

1. TMG: La hemos utilizado como herramienta para estudiar el estado muscular y evaluar la respuesta de los músculos fatigados a las distintas estrategias de recuperación. Se trata de un método no invasivo y que no requiere esfuerzo físico del jugador que se va a evaluar. Utiliza un sensor de presión entre dos electrodos situados en los extremos proximal y distal del músculo. A través de estos electrodos se transmitirá una corriente eléctrica bipolar, generada por un electroestimulador TMG-S2 (EMF-FURLAN &Co. D.o.o., Ljubljana, Slovenia), y que va a provocar una contracción muscular. Esta contracción produce cambios geométricos en el músculo que van a ser recogidos por el sensor, en función de su desplazamiento y por el tiempo en el que se

produce la deformación. El análisis de los distintos parámetros obtenidos es lo que nos permite conocer el estado del músculo.

Esta medición ha requerido de un riguroso protocolo. El sensor se ha colocado de manera perpendicular sobre el vientre del músculo estudiado y con una presión determinada. Para ello hemos marcado el sensor de manera que en todos los sujetos se ejerza la misma presión inicial. Las mediciones se han tomado sobre el recto anterior y bíceps femoral de ambas piernas, con los jugadores en decúbito prono y supino respectivamente, sobre una camilla y con el músculo relajado. Para la medición del músculo recto anterior del cuádriceps, el jugador ha colocado la rodilla en un ángulo de  $120^{\circ}$ . Los dos electrodos se han separado de manera simétrica respecto al sensor y han estado separados entre sí 4 centímetros. Son electrodos de tamaño 5 x 5 cm autoadhesivos (Conlin Medical Supply Co., Ltd, China). El estímulo eléctrico ha durado 1 milisegundo y la amplitud ha sido variable (20,40,60,80 mAp) para obtener una respuesta máxima. Entre los estímulos consecutivos han transcurrido 30 segundos, para evitar así los efectos de fatiga y potenciación.

Se han estudiado tanto recto anterior del cuádriceps como bíceps femoral debido a la importancia que tiene la coordinación entre estos dos músculos en el golpeo del balón, y porque son dos de los músculos más habitualmente lesionados a lo largo de una temporada.

Los parámetros evaluados a través de la TMG han sido:

- Tiempo de contracción (Tc). Tiempo que transcurre desde que se produce el 10 % del desplazamiento total hasta que se alcanza el 90 % de la deformación máxima. Permite conocer el tipo de fibras dominantes, el nivel de activación y la fatiga muscular.
- Deformación máxima (Dm). Se mide en milímetros y hace referencia al desplazamiento radial del vientre muscular. Sirve para evaluar el *stiffness* muscular, que cambia por las características morfofuncionales y el tipo de entrenamiento. Valores bajos están relacionados con un elevado tono en el músculo y una alta rigidez de todas las estructuras musculares. Valores altos indican bien falta de tono muscular, bien un grado alto de fatiga. La presencia de valores altos de Dm con valores bajos de Tc está relacionado con un músculo fatigado.

Todas las mediciones han sido realizadas por el mismo profesional, que tenía experiencia tomando este tipo de medidas.

2. Salto: Se ha realizado un test de salto «desde flexión de rodillas de 90°» (SJ) y «contramovimiento» (CMJ) sobre una plataforma de salto (Optojump, Microgate®, Italia) que calcula la altura de cada salto. Con ellos se evalúa la fuerza explosiva y elástico-explosiva del tren inferior. Cada jugador realizó tres saltos de cada tipo, con 1 minuto de recuperación entre cada salto. La altura fue medida en centímetros y se seleccionó el mejor de cada tipo de salto. Cualquier salto que no cumpliera con las instrucciones dadas fue repetido. Para realizar el SJ, los jugadores comenzaban el salto vertical con las rodillas flexionadas a 90° y las manos apoyadas en la cadera. Las rodillas debían estar extendidas durante la fase aérea y se aterriza en el mismo lugar. En el CMJ el jugador partía de una posición de pie, con manos en las caderas y rodillas extendidas. Debía saltar tras realizar una flexo-extensión de las rodillas, que debían mantenerse extendidas durante la fase aérea. Se aterriza en el mismo lugar de impulsión.

#### Estrategias de recuperación de fatiga

Se realizaron la mañana siguiente al partido.

1. Hidroterapia: Los jugadores sumergieron sus extremidades inferiores en agua fría hasta el nivel de la cresta ilíaca durante 11 minutos. Durante el tiempo de inmersión permanecieron de pie y en la misma posición. El agua se mantuvo a una temperatura de 11° C, utilizándose para ello la adición de cubitos de hielo. La temperatura se controló mediante el uso de un termómetro de agua.

2. CCBI: Los jugadores realizaron una carrera continua durante 20 minutos a una intensidad entre 50 y 60 % del VO<sub>2</sub> máx. Se utilizó la escala de Borg para medir dicha intensidad. A los 10 minutos se cambió el sentido de la marcha.

3. Recuperación pasiva: No se realizó ningún tipo de intervención sobre los jugadores.

#### Medición de la carga externa:

Los jugadores de campo convocados fueron monitorizados con GPS (MinimaxX, Team Sports 2.0, Catapult Innovations, Australia) en el partido de cada uno de los tres ciclos. De esta manera pudimos controlar el grado de fatiga que ha supuesto la competición para relacionarlo con los datos obtenidos en la TMG y en los test de salto. Los datos obtenidos con el GPS han sido la distancia recorrida, cantidad de carrera a distintas velocidades, número de aceleraciones y de desaceleraciones.

#### **Equipo investigador**

*Evaluador:* Estudiante del máster de Fisioterapia deportiva y readaptación de la Universidad Camilo José Cela. Entregó la hoja de información, firmó el consentimiento informado, organizó el protocolo y analizó la recogida de datos. (Anexo 3)

*Interventor:* Profesor de la Universidad Pontificia de Salamanca. Aportó el material requerido y dirigió el proceso de medición.

### **Variables**

Se han estudiado las siguientes variables: personales (edad, peso y altura), independientes (distancia, aceleraciones, desaceleraciones y número de *sprints*) y dependientes (CMJ, SJ y TC y DM de los respectivos músculos). (*Anexo 4*)

### **Análisis estadístico**

Los datos son presentados como media  $\pm$  desviación estándar (DE) y han sido analizados utilizando el programa estadístico SPSS 15.0 (SPSS Inc., USA). El estudio de las variables mostró una distribución normal de acuerdo a la prueba de ShapiroWilk. Se ha utilizado la prueba ANOVA de medidas repetidas, con el ajuste de Bonferroni en el análisis de la diferencia entre variables en función del tipo de estrategia de recuperación empleada. Se han considerado diferencias significativas cuando  $p < 0.05$ . Se ha calculado el tamaño del efecto (TE, 90 % intervalo de confianza) en las variables seleccionadas, utilizándose la DE ponderada de los dos momentos comparados. Los valores cuantitativos para el tamaño del efecto de Cohen fueron  $< 0.2$  (pequeño),  $0.6$  (moderado) y  $> 1.2$  (grande)<sup>17</sup>. Para las comparaciones inter-variables se han calculado las probabilidades de que las diferencias en el rendimiento fueran mejores/mayores (es decir, mayor que el mínimo cambio apreciable [0.2 multiplicado por la DE entre sujetos, basado en el principio de la *d* de Cohen]), similares, o peores/menores. Las probabilidades cuantitativas de un efecto beneficioso/mejor o perjudicial/peor se han evaluado cualitativamente de la siguiente forma:  $< 1$  %, prácticamente imposible;  $1$  % a  $5$  %, muy poco probable;  $5$  % a  $25$  %, poco probable;  $25$  % a  $75$  %, posible;  $75$  % a  $95$  %, probable;  $95$  % a  $99$  %, muy probable; y  $> 99$  %, casi seguro.<sup>17</sup> Si la probabilidad de tener un rendimiento beneficioso/mejor y perjudicial/peor fue para ambos  $> 5$  %, el resultado se ha considerado como no claro. De lo contrario, ese cambio se interpretó como la diferencia observada.<sup>17</sup>

En el *anexo 5* se recoge el diagrama de flujo.

## **RESULTADOS**

El equipo estaba formado por 22 futbolistas, de edad  $27.38 \pm 2.96$  años, peso de  $75.27 \pm 6.16$  kg y altura de  $179.07 \pm 5.52$  cm. El plan de trabajo de este equipo era cinco sesiones de entrenamiento (de una duración de 90- 120 minutos), descansando los martes y jugando partido normalmente los domingos. Respecto a la intensidad, el patrón

semanal alcanzaba un pico de intensidad a mitad de la semana e iba disminuyendo para alcanzar un pico en la actuación del partido.

En el *anexo 6* se observan los resultados obtenidos con GPS para valorar la carga a la que fueron sometidos previamente al inicio del proceso de recuperación. Observamos cómo las variables fueron muy similares en cada uno de los partidos.

En el *anexo 7* se observan los resultados de los test de salto en función del protocolo de recuperación aplicado.

En la *tabla 1* los resultados muestran mejoras (de probable a casi seguro) en los valores de salto tras la aplicación de los protocolos de recuperación. Los valores de CMJ (TE = 1.25) y SJ (TE = 0.62) mejoran tras la aplicación de un proceso pasivo de recuperación. Los valores de los test de salto tras el protocolo de hidroterapia mejoran, y se obtiene un TE alto en la prueba CMJ (TE= 2.55) y SJ (TE= 2.99), con una casi segura probabilidad de cambio en ambos test. El protocolo de CCBI también tiene un efecto positivo sobre la mejora del rendimiento en salto con una probabilidad de cambio casi segura en CMJ y muy probable en SJ.

Tabla 1. Diferencias entre las variables de salto en función de las estrategias de recuperación

Estrategia	VariabLes	TE (LC 90 %)	% Cambio	Probabilidad	Resultado
RECUPERACIÓN PASIVA	CMJ	1.25 (0.80; 1.71)	1.14	100/0/0 %	Casi seguro
	SJ	0.62 (0.14; 1.10)	1.10	93/6/1 %	Probable
HIDROTERAPIA	CMJ	2.55 (2.12; 2.97)	1.37	100/0/0 %	Casi seguro
	SJ	2.99 (2.55; 3.43)	1.43	100/0/0 %	Casi seguro
CCBI	CMJ	0.52 (0.37; 0.68)	1.10	100/0/0 %	Casi seguro
	SJ	0.63 (0.23; 1.03)	1.13	96/4/0%	Muy probable

Nota: TE = tamaño del efecto; LC = límite de confianza; CMJ = salto contra movimiento; SJ= salto desde flexión de rodillas de 90°; CCBI= carrera continua a baja intensidad

En el *anexo 8* se observan los resultados de las variables de la TMG en función del protocolo de recuperación aplicado.

En la *tabla 2* se muestran las diferencias entre las variables de la TMG en función de las estrategias de recuperación. En la recuperación pasiva los valores de DM solo muestran un aumento en el BFI (TE= 0.65), el cual aumenta su valor de manera probable. Los TC muestran mejoría probable en RAD y una disminución de su valor en BFD (TE= -0.52). Con hidroterapia, DM disminuye de manera no clara en RAD (TE= -0.09), muy probable en BFD (TE= -0.99) y probable en BFI (TE= -0.49). Los valores de TC en RAD mejoran de manera muy probable. En la estrategia de CCBI, los resultados indican discretas mejoras (de posible a muy probable) en todos los valores DM, que

disminuyen su valor, salvo RAI, que lo aumenta. Respecto al TC, no se encuentran cambios claros ni en cuanto a valores ni a probabilidad, a excepción del RAI (TE=1.16).

Tabla 2. Diferencias entre las variables de la TMG en función de las estrategias de recuperación.

Estrategia	Variables	TE (LC90 %)	% Cambio	Probabilidad	Resultado
RECUPERACIÓN PASIVA	TC RAD	0.65 (0.02; 1.29)	1.14	89/9/2 %	Probable
	DM RAD	0.31 (-0.26; 0.87)	1.27	64/30/7 %	No claro
	TC RAI	0.31 (-0.30; 0.93)	1.07	63/29/8 %	No claro
	DM RAI	-0.29 (-0.83; 0.25)	0.87	7/32/61 %	No claro
	TC BFD	-0.52 (-0.93; -0.10)	0.84	1/9/91 %	Probable
	DM BFD	-0.22 (-0.62; 0.18)	0.84	4/42/54 %	No claro
	TC BFI	0.16 (-0.39; 0.70)	1.05	44/43/13 %	No claro
	DM BFI	0.65 (0.18; 1.13)	1.50	94/5/1 %	Probable
HIDROTERAPIA	TC RAD	0.49 (0.28; 0.71)	1.09	98/2/0 %	Muy probable
	DM RAD	-0.09 (-0.63; 0.46)	0.95	18/46/36 %	No claro
	TC RAI	0.30 (-0.26; 0.86)	1.10	63/31/6 %	No claro
	DM RAI	0.02 (-0.34; 0.38)	1.02	19/65/15 %	No claro
	TC BFD	-0.25 (-0.85; 0.36)	0.94	11/34/55 %	No claro
	DM BFD	-0.99 (-1.50; -0.48)	0.48	0/1/99 %	Muy probable
	TC BFI	0.00 (-0.50; 0.51)	1.00	25/51/24 %	No claro
	DM BFI	-0.49 (-1.06; 0.07)	0.71	3/16/81 %	Probable
CCBI	TC RAD	0.30 (-0.31; 0.90)	1.04	61/31/8 %	No claro
	DM RAD	-0.56 (-1.00; -0.12)	0.82	1/7/ 92 %	Probable
	TC RAI	1.16 (0.16; 2.17)	1.12	94/4/2 %	Probable
	DM RAI	0.04 (-0.43; 0.52)	1.01	28/ 54/19 %	No claro
	TC BFD	0.10 (-0.37; 0.57)	1.03	35/51/13 %	No claro
	DM BFD	-0.28 (-0.68; 0.12)	0.82	3/33/64 %	Posible
	TC BFI	-0.25 (-0.89; 0.40)	0.87	12/33/55 %	No claro
	DM BFI	-0.77 (-1.14; -0.39)	0.64	0/1/99 %	Muy probable

Nota: TE = tamaño del efecto; LC = límite de confianza; TC = tiempo de contracción; DM = deformación máxima; RAD = músculo recto anterior de la pierna derecha; RAI = músculo recto anterior de la pierna izquierda; BFD = músculo bíceps femoral de la pierna derecha; BFI = músculo bíceps femoral de la pierna izquierda; CCBI= carrera continua a baja intensidad.

En la *tabla 3* se observa la comparación de los resultados de los test de salto en función del protocolo de recuperación aplicado. Observamos que obtenemos de manera «casi segura» una mejora en la capacidad de salto cuando usamos la hidroterapia frente a las otras técnicas.

En la *tabla 4* se observa la comparación de los resultados de las variables de la TMG en función del protocolo de recuperación aplicado.

Tabla 3. Comparación entre las variables de salto en función de las estrategias de recuperación

Estrategia	Variables	TE (LC90 %)	Probabilidad	Resultado
RECUPERACIÓN PASIVA VS HIDROTERAPIA	CMJ	1.29 (0.82; 1.75)	100/0/0 %	Casi seguro
	SJ	1.90 (1.26; 2.55)	100/0/0 %	Casi seguro
RECUPERACIÓN PASIVA VS CCBI	CMJ	-0.22 (-0.59; 0.14)	3/42/55 %	No claro
	SJ	0.16 (-0.47; 0.62)	45/38/17 %	No claro
CCBI VS HIDROTERAPIA	CMJ	1.38 (1.01; 1.75)	100/0/0 %	Casi seguro
	SJ	1.55 (0.96; 2.14)	100/0/0%	Casi seguro

Nota: TE = tamaño del efecto; LC = límite de confianza; CMJ = salto contra movimiento; SJ= salto desde flexión de rodillas de 90°; CCBI = carrera continua a baja intensidad.

Tabla 4. Comparación entre las variables de la TMG en función de las estrategias de recuperación

Estrategia	Variables	TE (LC90 %)	Probabilidad	Resultado
RECUPERACIÓN PASIVA VS HIDROTERAPIA	TC RAD	-0.28 (-1.05; 0.50)	14/29/57 %	No claro
	DM RAD	-0.44 (-1.23; 0.35)	9/21/70 %	No claro
	TC RAI	0.10 (-0.67; 0.87)	41/34/25 %	No claro
	DM RAI	0.21 (-0.34; 0.76)	51/38/11 %	No claro
	TC BFD	0.40 (-0.32; 1.13)	68/23/9 %	No claro
	DM BFD	-0.80 (-1.47; -0.14)	1/6/93 %	Probable
	TC BFI	-0.13 (-0.85; 0.59)	22/35/43 %	No claro
	DM BFI	-1.11 (-1.81; -0.42)	0/2/98 %	Muy Probable
RECUPERACIÓN PASIVA VS CCBI	TC RAD	-0.64 (-1.55; 0.28)	7/14/79 %	No claro
	DM RAD	-0.76 (-1.55; 0.04)	2/9/89 %	Probable
	TC RAI	0.25 (-0.59; 1.08)	54/28/18 %	No claro
	DM RAI	0.41 (-0.36; 1.17)	68/23/9 %	No claro
	TC BFD	0.67 (0.02; 1.31)	89/9/2 %	Probable
	DM BFD	-0.04 (-0.62; 0.54)	24/44/32 %	No claro
	TC BFI	-0.44 (-1.35; 0.47)	12/21/68 %	No claro
	DM BFI	-1.43 (-2.01; -0.85)	0/0/100 %	Casi seguro
CCBI VS HIDROTERAPIA	TC RAD	0.35 (-0.19; 0.89)	68/27/5 %	No claro
	DM RAD	0.30 (-0.44; 1.03)	59/28/13%	No claro
	TC RAI	-0.09 (-0.92; 0.75)	28/31/41 %	No claro
	DM RAI	0.01 (-0.51; 0.52)	26/ 49/25 %	No claro
	TC BFD	-0.34 (-1.09; 0.40)	11/26/63 %	No claro
	DM BFD	-0.79 (-1.45; -0.12)	1/6/93 %	Probable
	TC BFI	0.31 (-0.58; 1.20)	59/25/16 %	No claro
	DM BFI	0.16 (-0.56; 0.88)	46/34/20 %	No claro

Nota: TE = tamaño del efecto; LC = límite de confianza; TC = tiempo de contracción; DM = deformación máxima; RAD = músculo recto anterior de la pierna derecha; RAI = músculo recto anterior de la pierna izquierda; BFD = músculo bíceps femoral de la pierna derecha; BFI = músculo bíceps femoral de la pierna izquierda; CCBI = carrera continua a baja intensidad.

## DISCUSIÓN

El objetivo de este estudio era evaluar si las estrategias de recuperación tienen un efecto positivo sobre la recuperación de la fatiga y, en ese caso, cuál es la que ofrece mejores resultados. La hidroterapia mejora la capacidad de salto frente a las otras estrategias de recuperación, mientras que en la TMG no se muestran claramente esas mejoras.

En nuestro estudio el rendimiento en salto indica mejoras en la medida post-recuperación comparado con el valor post-partido. Estos resultados coinciden con otros estudios realizados sobre futbolistas en los que el deterioro post-competición provoca una pérdida del rendimiento en cualidades físicas específicas<sup>16</sup> y disminución de la fuerza de la musculatura flexora y extensora de la rodilla<sup>17</sup>. Fisiopatológicamente se explica el descenso del rendimiento post-competición por mecanismos neurales, energéticos<sup>18</sup> y por modificaciones bioquímicas (aumento de la concentración de creatinquinasa, de amonio, AMP y ácido úrico)<sup>17</sup>.

De todas las estrategias de recuperación utilizadas en nuestro estudio, la hidroterapia es la que más ha mejorado el rendimiento en salto de los futbolistas, y se obtiene una mejora casi segura tanto en CMJ como en SJ. Aunque algunos estudios<sup>19, 20</sup> no coinciden con este beneficio, la gran mayoría de autores sí obtienen los mismos resultados. Ascensao *et al*<sup>14</sup> también muestran cómo se recupera el rendimiento en fuerza máxima, capacidad de salto o *sprint* tras la inmersión en agua fría. Ingram *et al*<sup>1</sup> lo corroboran comparando la inmersión en agua fría con protocolos pasivos, baños de contraste o con inmersión en agua caliente, a los que supera en eficacia. Algunos autores explican esta mejoría por una vasoconstricción en el músculo provocada por la presión hidrostática, que disminuye los procesos inflamatorios que conlleva la fatiga. La vasoconstricción en las piernas puede redirigir el flujo sanguíneo hacia la región central, con lo que mejora el retorno venoso y aumenta la eficiencia cardiovascular. A nivel microcirculatorio reduce la permeabilidad capilar y linfática, disminuyendo los procesos inflamatorios que ocurren debido al ejercicio. También descende la velocidad de conducción nerviosa y el espasmo muscular, debido al descenso de la producción de acetilcolina, con el consiguiente enlentecimiento en la transmisión neuronal<sup>22</sup>. Todo ello provoca la anticipación de los procesos analgésicos, reduce el dolor muscular relacionado con el esfuerzo de alta intensidad e incrementa la sensación de confortabilidad post-esfuerzo<sup>23</sup>. Esta mejora aparece sobre todo en las modalidades de ejercicio en las que intervienen muchos grupos musculares, frente a aquellos en los que solo interviene un grupo muscular<sup>22</sup>. También se ven afectados el intercambio  $Ca^{2+}$  y  $Na^{2+}$  en las células nerviosas, lo que retrasa la generación del potencial de acción, la

velocidad de contracción y la capacidad de generar fuerza. La fuerza dinámica contráctil disminuye entre un 4 y un 6 % por cada grado C disminuido en la temperatura muscular. Esto afecta negativamente si se realiza ejercicio justo después de la inmersión en agua fría<sup>24</sup>. La fatiga mediada por el SNC se recupera mejor debido al descenso de temperatura corporal provocado. Además, se produce una reactivación para-simpática que beneficia a la recuperación fisiológica a medio y largo plazo, aunque puede ser contraproducente para los ejercicios de alta intensidad realizados justamente después<sup>22</sup>.

A pesar de que son numerosas las mejoras obtenidas por la hidroterapia que se recogen en la bibliografía, no hay un consenso claro sobre el tiempo y la temperatura indicados para optimizar dichas mejoras. Flauzino *et al*<sup>24</sup> observan que el tiempo más adecuado es entre 11 y 15 minutos; mientras que inmersiones de distinta duración no son tan eficaces. Respecto a la temperatura, inmersiones a 11-15°C parecen ser las ideales. A temperaturas inferiores pueden producirse efectos nocivos tales como daño nervioso, lesiones cutáneas, acidosis sanguínea y, en casos extremos, pérdida de conciencia o muerte. En un reciente artículo<sup>25</sup> se apoya cómo la inmersión en agua fría (10 minutos a 10°C) obtiene mejores resultados en valores de fuerza, salto, percepción de la fatiga y sensación de dolor frente a la crioterapia de cuerpo entero (3 min a -110°C).

Respecto a la CCBI, en nuestro estudio muestra una mejora casi segura en CMJ y muy probable en SJ. Incluimos la CCBI dentro de la recuperación activa, que engloba ejercicios con una intensidad por debajo del umbral anaeróbico y con un VO<sup>2</sup> max menor al 65 %. Esto se puede explicar por diferentes mecanismos. El incremento del flujo sanguíneo y de la acción de bombeo generada por la contracción-relajación de los músculos activos favorecen la depuración de sustancias de desecho y mayor suministro de sustratos energéticos a las fibras musculares. A corto plazo mejora la capacidad contráctil muscular y a medio y largo plazo favorece la regeneración del mismo<sup>11</sup>. Respecto a la sensación subjetiva de fatiga del futbolista, se encuentra cómo la CCBI tiene una gran eficacia en las primeras horas post-ejercicio pero disminuye notablemente con el paso del tiempo<sup>26</sup>. A pesar de que bastantes estudios respaldan estos beneficios, otros no obtienen resultados positivos en futbolistas en el proceso de recuperación post partido<sup>13</sup> ni muestran mejoras en la capacidad de salto<sup>17</sup>.

Con relación a la recuperación pasiva, hemos obtenido mejoras casi seguras en CMJ y probables en SJ. Parece lógico pensar que el paso del tiempo favorece la recuperación muscular. A pesar de que no hemos realizado ninguna intervención en la recuperación pasiva, en la bibliografía se recoge cómo está totalmente condicionada por distintos factores como sueño<sup>27</sup>, hidratación<sup>28</sup>, nutrición y aspectos psicológicos<sup>29</sup>.

En un intento de diseñar las pautas que se han de seguir, un documento de consenso recientemente propuesto establece que las estrategias de recuperación deben ser individualizadas y controladas en función de las cargas a que es sometido y del individuo<sup>30</sup>. Se necesita más investigación sobre las diversas estrategias a utilizar.

Respecto a las variables de TMG, no obtenemos valores que impliquen diferencias significativas entre las distintas estrategias, y se detecta mejoría solo en algunos parámetros aislados. Existen muy escasos estudios que relacionen las estrategias de recuperación de fatiga con la TMG. Rey *et al.*<sup>9</sup> obtienen las mismas conclusiones en su estudio al comparar la recuperación activa con la pasiva y no encontrar cambios significativos en los parámetros de la TMG, pero sí pequeñas mejoras en parámetros relacionados con la capacidad contráctil. García Manso *et al.*<sup>7</sup> analizan con TMG jugadores de fútbol tras la inmersión en agua fría y encuentra que no hay diferencias significativas en el Tc pero sí un descenso significativo en Dm, hecho que hemos encontrado de forma aislada en nuestro estudio. Sánchez-Ureña *et al.*<sup>19</sup> también encuentran un descenso en algunos valores de Dm, pero tampoco encuentran valores en los parámetros de la TMG que indiquen recuperación de la fatiga, a pesar de que los valores en los test de salto también se ven incrementados. Para explicar estos resultados sugieren que la TMG mide dos músculos (recto anterior y bíceps femoral) de manera aislada mientras que en los test de salto intervienen varios grupos musculares.

## **CONCLUSIONES**

En nuestro estudio hallamos que las tres técnicas estudiadas mejoran el grado de fatiga a las 72 horas evaluado a través de los test de salto. En los test de salto se producen mejoras con la CCBI (de forma casi segura en CMJ y muy probable en SJ) y con la recuperación pasiva (de manera casi segura en CMJ y probable en SJ). La inmersión en agua fría consigue una mejora casi segura comparada con las otras estrategias.

En relación con las variables de la TMG, no hemos hallado valores que sugieran diferencias significativas entre las técnicas de recuperación estudiadas. Se han detectado mejorías en parámetros aislados. Aunque la TMG se ha demostrado muy fiable en distintos aspectos de la función muscular, se requiere más investigación para conocer la correlación entre la fatiga y los parámetros de la TMG.

Son necesarios más estudios para determinar cómo optimizar la recuperación mediante la individualización, combinación y adaptación de los parámetros de las diferentes estrategias.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Gil S, Loturco I, Tricoli V, Ugrinowitsch C, Kobal R, Abad C, *et al.* Tensiomyography parameters and jumping and sprinting performance in Brazilian elite soccer players. *Sports Biomech.* 2015; 14 (3): 340–350.
2. Martín-Rodríguez S, Loturco I, Hunter AM, Rodríguez- Ruiz D, Munguía-Izquierdo D. Reliability and measurement error of tensiomyography to assess mechanical muscle function: a systematic review. *J Strength Cond Res.* 2017; 31 (12): 3524 – 3536.
3. Rodríguez D. Aplicación de la tensiomiografía en la evaluación de la respuesta muscular en adaptaciones agudas y crónicas al ejercicio físico [Tesis doctoral]. Las Palmas de Gran Canaria. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Departamento de Didácticas Especiales; 2013.
4. Álvarez- Díaz P, Alentorn-Geli E, Ramón S, Marín M, Steinbacher G, Rius M, *et al.* Comparison of tensiomyographic neuromuscular characteristics between muscles of the dominant and non dominant lower extremity in male soccer players. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2016; 24 (7): 2259–2263.
5. Rey E, Lago-Peñas C, Lago-Ballesteros J. Tensiomyography of selected lower-limb muscles in professional soccer players. *J Electromyogr Kinesiol.* 2012; 22 (6): 866–872.
6. Rusu LD, Cosma GG, Cernaianu SM, Marín MN, Rusu PF, Cioc- Nescu DP, *et al.* Tensiomyography method used for neuromuscular assessment of muscle training. *J Neuroeng Rehabil.* 2013; 10 (1): 67-75.
7. García-Manso JM, Rodríguez-Matoso D, Rodríguez-Ruiz D, Sarmiento S, de Saa Y, Calderon J. Effect of cold-water immersion on skeletal muscle contractile properties in soccer players. *Am J Phys Med Rehabil.* 2011; 90 (5): 356– 363.
8. Álvarez-Díaz P, Alentorn-Geli E, Ramón S, Marín M, Steinbacher G, Rius M, *et al.* Effects of anterior cruciate ligament reconstruction on neuromuscular

- tensiomyographic characteristics of the lower extremity in competitive male soccer players. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2015; 23(11): 3407- 3413.
9. Rey E, Lago-Peñas C, Lago-Ballesteros J, Casáis L. The effect of recovery strategies on contractile properties using tensiomyography and perceived muscle soreness in professional soccer players. *J Strength Cond Res.* 2012; 26 (11): 3081–3088
  10. García-Concepción MA, Peinado AB, Paredes V, Alvero-Cruz JR. Efficacy of Different Recovery Strategies in Elite Soccer Players. *Rev Int Med Cienc Act Fis Deporte.* 2015; 15 (58): 355-369.
  11. García M A. Estudio de la eficacia de diferentes técnicas de recuperación post-ejercicio [Tesis doctoral]. Málaga. Universidad de Málaga. Facultad de Medicina; 2016.
  12. Takeda M, Sato T, Hasegawa T, Shintaku H, Kato H, Yamaguchi Y *et al.* The effects of cold water immersion after rugby training on muscle power and biochemical markers. *J Sports Sci Med.* 2014; 13 (1): 616–623.
  13. Nédélec M, McCall A, Carling C, Legall F, Berthoin S, Dupont G. Recovery in soccer: part II recovery strategies. *Sports Med.* 2013; 43 (1): 9–22.
  14. Ascensao A, Leite M, Rebelo AN, Magalhães S, Magalhães J. Effects of cold water immersion on the recovery of physical performance and muscle damage following a one-off soccer match. *J Sports Sci.* 2011; 29 (3): 217-225.
  15. Rodríguez- Matoso D, García-Manso JM, Sarmiento S, de Saa Y, Vaamonde D, Rodríguez-Ruiz D, *et al.* Evaluación de la respuesta muscular como herramienta de control en el campo de la actividad física, la salud y el deporte. *Rev Andal Med Deporte.* 2010; 3(1): 28- 40.
  16. Meckel Y, Einy A, Gottlieb R, Eliakim A. Repeated sprint ability in young soccer players at different game stages. *J Strength Cond Res.* 2014; 28 (9): 2578-2584.

17. Andersson H, Raastad T, Nilsson J, Paulsen G, Garthe I, Kadi F. Neuromuscular fatigue and recovery in elite female soccer: effects of active recovery. *Med Sci Sports Exerc.* 2008; 40 (2): 372- 380.
18. Robineau J, Jouaux T, Lacroix M, Babault N. Neuromuscular fatigue induced by a 90 minute soccer game modeling. *J Strength Cond Res.* 2012; 26 (2): 555-562.
19. Sanchez-Ureña B, Rojas- Valverde D, Gutiérrez- Vargas R. Effectiveness of two cold water immersion protocols on neuromuscular function recovery: a tensiomyography study. *Front Physiol.* 2018; 26 (9): 1- 7.
20. Higgins TR, Greene DA, Baker MK. The effects of cold water immersion and contrast water therapy for recovery from team sport: a systematic review and meta-analysis. *J. Strength Cond Res.* 2017; 31 (5): 1443–1460.
21. Ingram J, Dawson B, Goodman C, Wallman K, Beilby J. Effect of water immersion methods on post-exercise recovery from simulated team sport exercise. *J Sci Med Sport.* 2009; 12 (3): 417-21
22. Ihsan M, Waston G, Abbiss CR. What are the physiological mechanisms for post-exercise cold water immersion in the recovery from prolonged endurance and intermittent exercise? *Sports Med.* 2016; 46 (8), 1095–1109.
23. Sánchez-Ureña B, Martínez-Guardado I, Crespo C, Timon R, Calleja-González, J, Ibañez SJ, *et al.* The use of continuous vs. intermittent cold water immersion as a recovery method in basketball players after training: a randomized controlled trial. *Phys. Sports Med.* 2017; 45 (2): 134–139.

24. Flauzino A, Henrique P, Kirsch J, Castilho A, Ribeiro I, Marques F, *et al.* Can water temperature and immersion time influence the effect of cold water immersion on muscle soreness? A systematic review and meta- analysis. *Sports Med.* 2016; 46 (4): 503 – 514.
25. Abaïdia AE, Lamblin J, Delecroix B, Leduc C, McCall A, Nédélec M, *et al.* Recovery from exercise-induced muscle damage: cold-water immersion versus whole-body cryotherapy. *Int J Sports Physiol Perform.* 2017; 12 (3): 402-409.
26. Dupuy O, Douzi W, Theurot D, Bosquet L, Dugué B. An evidence- based approach for choosing post- exercise recovery techniques to reduce markers of muscle damage, soreness, fatigue and inflammation: a systematic review with meta- analysis. *Front Physiol.* 2018; 9: 1-15.
27. Bonnar D, Bartel K, Kakoschke N, Lang C. Sleep interventions designed to improve Athletic performance and recovery: a systematic review of current approaches. *Sports Medicine.* 2018; 48 (3): 683 – 703.
28. Evans GH, James LJ, Shirreffs SM, Maughan RJ. Optimizing the restoration and maintenance of fluid balance after exercise-induced dehydration. *J Appl Physiol.* 2017; 122 (4), 945- 951.
29. Mujica I, Halson S, Burke L, Balagué G, Farrow D. An integrated, multifactorial approach to periodization for optimal performance in individual and team sports. *Int J Sports Physiol Perform.* 2018; 13 (5): 538- 561.
30. Kellmann M, Bertollo M, Bosquet L, Brink M, Coutts AJ, Duffield R, *et al.* Recovery and performance in sport: consensus statement. *Int J Sports Physiol Perform.* 2018; 13 (2): 240-245.

## ANEXO 1

### HOJA DE INFORMACIÓN

**Título:** ANÁLISIS DE LAS ESTRATEGIAS DE RECUPERACIÓN EN FÚTBOL MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA TENSIOMIOGRAFÍA Y DE LOS TEST DE SALTO

**Investigador principal:** D. Pablo García Alonso (Teléfono 625576556)

Nos dirigimos a usted para rogarle su participación en un estudio de investigación. Para ello, lea esta hoja informativa con atención y nosotros le aclararemos las dudas que le puedan surgir después de la explicación.

**Su participación es voluntaria y puede revocar su decisión en cualquier momento.** El retirar su consentimiento para participar en el estudio no supondrá ningún perjuicio para usted.

En este proyecto se realizará un estudio sobre el estado de la musculatura tras la competición y tras aplicar distintos métodos de recuperación, se utilizarán la tensiomiografía y distintos test de salto. Este procedimiento será explicado por el profesional que lo llevará a cabo y no conlleva ningún riesgo para su salud, ni tiene ningún tipo de efecto secundario. Durante su realización no debe sentir molestias, picor ni dolor; si fuera así, infórmelo al profesional actuante.

Todos los datos recogidos para el estudio serán tratados con las medidas de seguridad establecidas en cumplimiento de la Ley Orgánica 15/1999 de Protección de Datos de Carácter Personal. Debe saber que tiene derecho de acceso, rectificación y cancelación de los mismos en cualquier momento. Los datos recogidos para el estudio estarán identificados mediante un código y solo el investigador principal/colaboradores podrán relacionar dichos datos con usted.

En caso de necesitar cualquier información, no dude en contactar con los investigadores principales del estudio.

**Firma del paciente:**

**Firma del investigador:**

**Nombre:**

**Nombre:**

## ANEXO 2

### CONSENTIMIENTO INFORMADO POR ESCRITO

**Título:** ANÁLISIS DE LAS ESTRATEGIAS DE RECUPERACIÓN EN FÚTBOL MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA TENSIOLOGRAFÍA Y DE LOS TEST DE SALTO

**Investigador principal:** Pablo García Alonso (Teléfono 625576556)

Yo (nombre y apellidos)

.....

- He leído la hoja de información que se me ha entregado.
  - He podido hacer preguntas sobre el estudio.
  - He recibido suficiente información sobre el estudio.
  - He hablado con el miembro del equipo de investigación.
- .....

- Comprendo que mi participación es voluntaria.
- Comprendo que puedo retirarme del estudio:
  - 1.º. Cuando quiera
  - 2.º. Sin tener que dar explicaciones.
- Presto libremente mi conformidad para participar en el estudio.

**Firma del paciente**

**Firma del investigador**

**Fecha:**

**Fecha:**

## ANEXO 3

### HOJA DE RECOGIDA DE DATOS

Datos personales:

- Nombre:
- Apellidos:
- Edad:
- Peso:
- Altura:                      IMC:

Datos deportivos:

- Posición:
- Pierna dominante:
- Lesiones en el último mes:

Alergias o intolerancias:

#### Primera intervención: Recuperación pasiva

Minutos jugados:

Datos TMG	Post- competición	Post- recuperación
<b>Dm</b>		
<b>Tc</b>		

Datos salto	Post- competición	Post- recuperación
<b>CMJ</b>		
<b>SJ</b>		

Datos GPS	Distancia	<i>Sprints</i>	Aceleraciones	Desaceleraciones

## Segunda intervención: Hidroterapia

Minutos jugados:

Datos TMG	Post- competición	Post- recuperación
<b>Dm</b>		
<b>Tc</b>		

Datos salto	Post- competición	Post- recuperación
<b>CMJ</b>		
<b>SJ</b>		

Datos GPS	Distancia	<i>Sprints</i>	Aceleraciones	Desaceleraciones

## Tercera intervención: Carrera continua baja intensidad

Minutos jugados:

Datos TMG	Post- competición	Post- recuperación
<b>Dm</b>		
<b>Tc</b>		

Datos salto	Post- competición	Post- recuperación
<b>CMJ</b>		
<b>SJ</b>		

Datos GPS	Distancia	<i>Sprints</i>	Aceleraciones	Desaceleraciones

## ANEXO 4

VARIABLES DEL ESTUDIO					
VARIABLES PERSONALES					
Nombre de variable	Abreviatura	Tipo de variable	Valores	Cuándo obtener	Unidad de medida
Edad	EDAD	Cuantitativa discreta	20-32	Pre-intervención	Años
Peso	PESO	Cuantitativa continua	64- 86,5	Pre-intervención	Kilogramos
Altura	ALTURA	Cuantitativa continua	169- 190	Pre-intervención	Centímetros
VARIABLES INDEPENDIENTES					
Nombre de variable	Abreviatura	Tipo de variable	Valores	Cuándo obtener	Unidad de medida
Grupo	GRUPO	Cualitativa nominal	1= Sin estrategia de recuperación 2= Hidroterapia 3= Carrera continua	Pre-intervención	
Distancia	DISTANCIA	Cuantitativa discreta	3000 – 13500	Pre-intervención	Metros
Número de <i>sprints</i>	SPRINTS	Cuantitativa discreta	24- 72	Pre-intervención	
Número de aceleraciones	ACELERACIONES	Cuantitativa discreta	52- 169	Pre-intervención	
Número de desaceleraciones	DESACELERACIONES	Cuantitativa discreta	41- 146	Pre-intervención	
VARIABLES DEPENDIENTES					
Nombre de variable	Abreviatura	Tipo de variable	Valores	Cuándo obtener	Unidad de medida
<i>Countermovement jump</i> basal	CMJ_BASAL	Cuantitativa continua	29,2 – 46,4	Pre-intervención	Centímetros
<i>Squat Jump</i> basal	SJ_BASAL	Cuantitativa continua	27,9-43,5	Pre-intervención	Centímetros
Tiempo de contracción recto anterior derecho basal	TC_RAD_BASAL	Cuantitativa continua	19,25- 47,82	Pre-intervención	Milisegundos
Desplazamiento máximo recto anterior derecho basal	DM_RAD_BASAL	Cuantitativa continua	3,22- 12,11	Pre-intervención	Milímetros
Tiempo de contracción	TC_RAI_BASAL	Cuantitativa continua	16,43- 38,55	Pre-intervención	Milisegundos

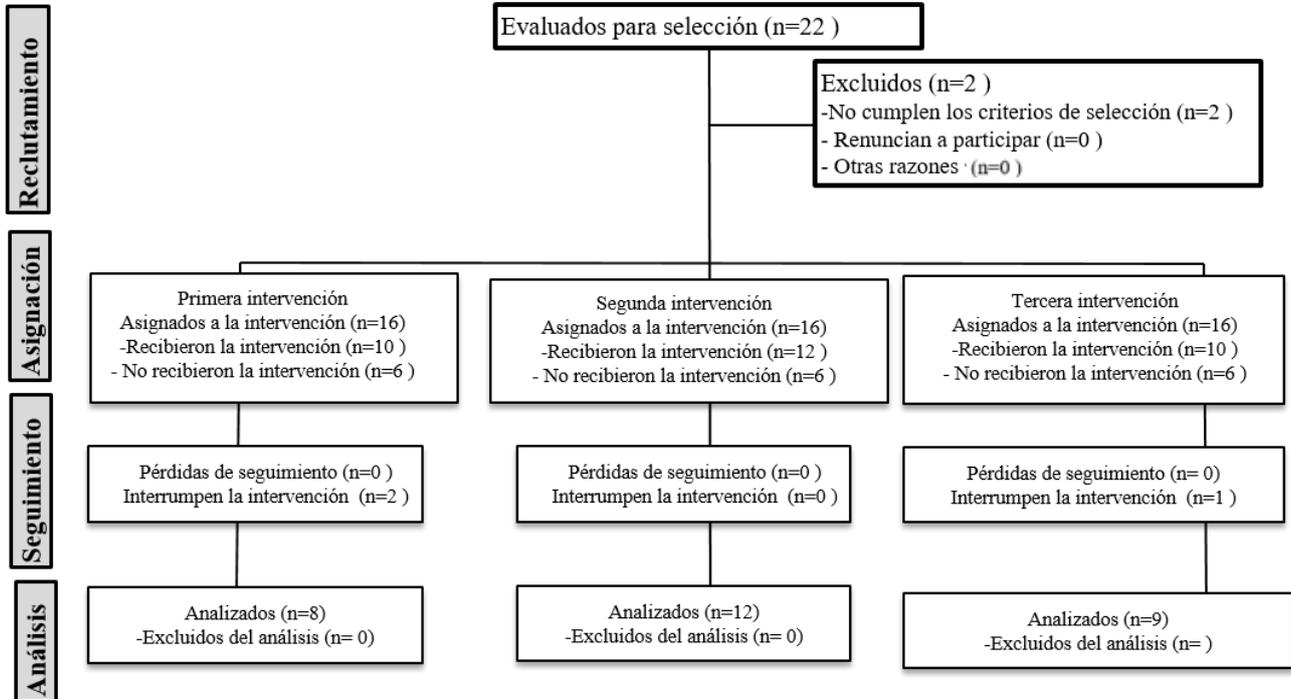
recto anterior izquierdo basal					
Desplazamiento máximo recto anterior izquierdo basal	DM_RAI_BASAL	Cuantitativa continua	3,3- 13,9	Pre-intervención	Milímetros
Tiempo de contracción bíceps femoral derecho basal	TC_BFD_BASAL	Cuantitativa continua	16,81- 45,03	Pre-intervención	Milisegundos
Desplazamiento máximo bíceps femoral derecho basal	DM_BFD_BASAL	Cuantitativa continua	1,16- 10,84	Pre-intervención	Milímetros
Tiempo de contracción bíceps femoral izquierdo basal	TC_BFI_BASAL	Cuantitativa continua	18,21- 50,84	Pre-intervención	Milisegundos
Desplazamiento máximo bíceps femoral izquierdo basal	DM_BFI_BASAL	Cuantitativa continua	2,48- 16,06	Pre-intervención	Milímetros
<i>Countermovement Jump</i> post-partido	CMJPP	Cuantitativa continua	29,8- 50,1	Pre-intervención	Centímetros
<i>Countermovement Jump</i> post-recuperación	CMJPR	Cuantitativa continua	32,3- 58,9	Post-intervención	Centímetros
<i>Squat Jump</i> post- partido	SJPP	Cuantitativa continua	25-45,6	Pre-intervención	Centímetros
<i>Squat Jump</i> post-recuperación	SJPR	Cuantitativa continua	27,9- 57,5	Post-intervención	Centímetros
Tiempo de contracción recto anterior derecho post partido	TC_RAD_P	Cuantitativa continua	21,7- 39,75	Pre-intervención	Milisegundos
Desplazamiento máximo recto anterior derecho post partido	DM_RAD_P	Cuantitativa continua	1,96- 25,68	Pre-intervención	Milímetros
Tiempo de contracción recto anterior derecho post recuperación	TC_RAD_R	Cuantitativa continua	25,6- 40,64	Post-intervención	Milisegundos
Desplazamiento máximo recto anterior derecho	DM_RAD_R	Cuantitativa continua	3,28- 10,82	Post-intervención	Milímetros

post recuperación					
Tiempo de contracción recto anterior izquierdo post partido	TC_RAI_P	Cuantitativa continua	15,39- 43,98	Pre-intervención	Milisegundos
Desplazamiento máximo recto anterior izquierdo post partido	DM_RAI_P	Cuantitativa continua	0,68- 22,46	Pre-intervención	Milímetros
Tiempo de contracción recto anterior izquierdo post recuperación	TC_RAI_R	Cuantitativa continua	23,93- 45,58	Post-intervención	Milisegundos
Desplazamiento máximo recto anterior izquierdo post recuperación	DM_RAI_R	Cuantitativa continua	2,81- 10,18	Post-intervención	Milímetros
Tiempo de contracción bíceps femoral derecho post partido	TC_BFD_P	Cuantitativa continua	15,06- 45,4	Pre-intervención	Milisegundos
Desplazamiento máximo bíceps femoral derecho post partido	DM_BFD_P	Cuantitativa continua	1,64- 24,07	Pre-intervención	Milímetros
Tiempo de contracción bíceps femoral derecho post recuperación	TC_BFD_R	Cuantitativa continua	13,16- 39,12	Post-intervención	Milisegundos
Desplazamiento máximo bíceps femoral derecho post recuperación	DM_BFD_R	Cuantitativa continua	0,54- 12,78	Post-intervención	Milímetros
Tiempo de contracción bíceps femoral izquierdo post partido	TC_BFI_P	Cuantitativa continua	15,52- 61,56	Pre-intervención	Milisegundos
Desplazamiento máximo bíceps femoral izquierdo post partido	DM_BFI_P	Cuantitativa continua	1,25- 25,45	Pre-intervención	Milímetros

Tiempo de contracción bíceps femoral izquierdo post recuperación	TC_BFI_R	Cuantitativa continua	15,32- 39,61	Post- intervención	Milisegundos
Desplazamiento máximo bíceps femoral izquierdo post recuperación	DM_BFI_R	Cuantitativa continua	0,77- 11,29	Post- intervención	Milímetros

## ANEXO 5

Anexo 5. Diagrama de flujo del progreso a través de las fases del estudio



Nota: Los jugadores que han interrumpido la intervención lo han hecho porque sufrieron una lesión en el partido en el que se realizaba la medición.

## ANEXO 6

Anexo 6. Resultado de los datos obtenidos con GPS

Partido	Distancia (m)	Sprints	Aceleraciones	Desaceleraciones
RECUPERACIÓN PASIVA	9505.13 ± 1224.13	46.63 ± 11.17	112.13 ± 25.91	103.38 ± 28.33
HIDROTERAPIA	8921.58 ± 1242.27	51.25 ± 15.50	110.58 ± 31.87	98.33 ± 33.68
CCBI	9266.44 ± 2312.24	58.89 ± 14.87	117.67 ± 28.98	110.11 ± 27.02

Nota: CCBI = carrera continua a baja intensidad

## ANEXO 7

Anexo 7. Resultado de los test de salto según la estrategia de recuperación

Estrategia	Variables	Post-partido	Post-recuperación
RECUPERACIÓN PASIVA	CMJ (cm)	31.95± 3.15	36.38 ± 2.96
	SJ (cm)	31.80 ± 4.51	34.98 ± 3.82
HIDROTERAPIA	CMJ (cm)	38.21 ± 4.63	52.08 ± 3.49
	SJ (cm)	35.20 ± 4.15	50.39 ± 4.88
CCBI	CMJ (cm)	34.18 ± 6.50	37.71 ± 7.22
	SJ (cm)	32.63 ± 6.42	37.03 ± 7.43

Nota: CMJ = salto contramovimiento; SJ = salto desde flexión de rodillas de 90°; CCBI = carrera continua a baja intensidad.

## ANEXO 8

Anexo 8. Resultados de la TMG según la estrategia de recuperación

Estrategia	Variables	Post-partido	Post-recuperación
RECUPERACIÓN PASIVA	TC RAD (ms)	30.86 ± 5.63	34.97 ± 3.38
	DM RAD (mm)	6.50 ± 4.20	7.01 ± 2.05
	TC RAI (ms)	33.19 ± 6.67	35.18 ± 4.71
	DM RAI (mm)	7.12 ± 2.87	6.11 ± 2.02
	TC BFD (ms)	27.70 ± 9.14	22.98 ± 6.69
	DM BFD (mm)	5.76 ± 3.10	4.89 ± 3.47
	TC BFI (ms)	24.59 ± 7.17	25.05 ± 2.56
	DM BFI (mm)	3.71 ± 1.85	5.15 ± 1.75
HIDROTERAPIA	TC RAD (ms)	30.10 ± 4.92	32.76 ± 4.81
	DM RAD (mm)	9.20 ± 5.88	7.98 ± 2.72
	TC RAI (ms)	29.31 ± 8.10	31.30 ± 4.15
	DM RAI (mm)	8.48 ± 5.29	7.30 ± 2.60
	TC BFD (ms)	24.90 ± 5.99	23.77 ± 7.24
	DM BFD (mm)	6.70 ± 6.02	3.00 ± 1.63
	TC BFI (ms)	26.31 ± 12.81	25.69 ± 9.60
	DM BFI (mm)	6.76 ± 6.24	4.81 ± 3.25
CCBI	TC RAD (ms)	28.44 ± 3.21	29.56 ± 4.35
	DM RAD (mm)	8.26 ± 2.36	6.77 ± 1.88
	TC RAI (ms)	26.71 ± 2.37	30.14 ± 5.06
	DM RAI (mm)	7.87 ± 1.99	7.98 ± 1.94
	TC BFD (ms)	29.31 ± 8.96	29.65 ± 6.08
	DM BFD (mm)	5.67 ± 3.17	4.29 ± 1.62
	TC BFI (ms)	30.18 ± 17.99	23.79 ± 6.14
	DM BFI (mm)	5.63 ± 2.28	3.63 ± 1.66

Nota: TC = tiempo de contracción; DM = deformación máxima; RAD = músculo recto de la pierna derecha; RAI = músculo recto anterior de la pierna izquierda; BFD = músculo bíceps femoral de la pierna derecha; BFI = músculo bíceps femoral de la pierna izquierda; CCBI = carrera continua a baja intensidad.

