



**TRABAJO DE FIN DE GRADO – TÍTULO DEL TRABAJO**

EFFECTO DE LA ELECTROESTIMULACIÓN EN CUERPO COMPLETO EN LA  
RECUPERACIÓN POST – ESFUERZO DE RSA MIDIENDO CREATINKINASA Y  
AMPLITUD DE MOVIMIENTO

**TITULACIÓN**

CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y DEL DEPORTE

**DEPARTAMENTO**

DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN FÍSICA Y DEPORTE

**CURSO ACADÉMICO**

2018 – 2019

**TUTOR**

JAVIER RISCART LÓPEZ

**ALUMNO**

PABLO BALLESTEROS PERALTA

**OPCIÓN**

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

# ÍNDICE

<b>1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>2</b>
<b>2.</b>	<b>MATERIAL Y MÉTODO .....</b>	<b>6</b>
	Diseño del estudio .....	6
	Muestra.....	6
	Tabla 1. Características de los participantes .....	7
	Procedimiento .....	7
	Test de sprints repetidos (RSA) .....	7
	Creatinkinasa (CK) .....	7
	Amplitud de movimiento (ADM) .....	7
	Análisis estadístico .....	8
<b>3.</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>9</b>
	Creatinkinasa (CK).....	9
	Amplitud de movimiento (ADM).....	9
	Tabla 2: Valores de CK en el grupo experimental (EXP) .....	9
	Tabla 3: Valores de CK en el grupo control (CON) .....	10
	Tabla 4: Valores de CK de comparación entre grupos .....	10
	Tabla 5: Valores de ADM en el grupo experimental .....	10
	Tabla 6: Valores de ADM en el grupo control .....	11
	Tabla 7: Valores de SDM de comparación entre grupos .....	11
<b>4.</b>	<b>DISCUSIÓN.....</b>	<b>12</b>
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>15</b>
<b>6.</b>	<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>16</b>

## **1. INTRODUCCIÓN**

La fatiga muscular puede ser definida como la incapacidad para seguir generando un nivel de fuerza o una intensidad de ejercicio determinada, siendo una situación que se vive, se siente y que atletas o no experimentan. Debido a su carácter multifactorial, aún los mecanismos de su formación permanecen imprecisos. Se considera la existencia de factores que afectan a nivel muscular, generando la fatiga neuromuscular, y factores que afectan al Sistema Nervioso Central, generando la fatiga central (Gómez Campos et al., 2009). La fatiga muscular puede ser inducida por diversos mecanismos biológicos que se llevan a cabo en nuestro organismo, como pueden ser: I) depleción de sustratos energéticos: glucógeno, Atp-Pcr..., II) acumulación de metabolitos: hidrogeniones, lactato..., III) incremento de la temperatura central del organismo, IV) daño muscular inducido por el ejercicio, V) alteraciones hidroeléctricas (Agua, Na, K...), VI) modificaciones en los aminoácidos ramificados, VII) radicales libres.” (Terrados et al., 2004).

Hasta hace poco tiempo el origen de la fatiga por esfuerzos de alta intensidad y corta duración tan sólo se vinculaban a un origen periférico, si bien, en recientes investigaciones parece que ésta se podría atribuir a un origen más central que al periférico, algo que ya habían descrito empíricamente en sus metodologías entrenadores de alto rendimiento (Vittori, 1976).

Siguiendo a Scherrerr (1991:37), la fatiga se manifiesta a través de la apreciación subjetiva del propio deportista, sus sensaciones, y a través de las manifestaciones objetivas que se observan en él como resultado del entreno (disminución de rendimiento, falta de coordinación u errores...).

Podemos hablar de varios tipos de fatiga según el momento que se producen, tal como fatiga aguda, que ocurre durante la realización de un trabajo físico, fatiga subaguda, que ocurre después de una o varias sesiones de entreno, y fatiga crónica, que es la consecuencia de un

proceso de entrenamiento y ocasiona un estado de alteración permanente lo que equivaldría a un estado de sobreentrenamiento del deportista.

A menudo, el estrés asociado al entrenamiento y la competición temporalmente afecta en la actuación física de los jugadores, dando lugar a un efecto agudo sobre todo en los últimos minutos u horas y creando problemas a nivel metabólico asociados al ejercicio de alta intensidad (Thorpe, 2015). Mucho consumo de energía también es crítico para un entrenamiento consistente, ya que puede llevar a una mala función fisiológica y a un mayor riesgo de fatiga, mala salud y por tanto algo que nunca queremos, bajo rendimiento (Woods et al., 2016).

Existen diversos medios para minimizar los efectos de la fatiga inducida por el ejercicio físico en el organismo. Así, por ejemplo, uno de los medios más utilizados es la masoterapia. Aunque haya diversos estudios que concluyen que el masaje no es tan efectivo para la recuperación, se quiere ir más allá, intentando encontrar diferentes resultados favorables a la terapia con masaje como pueden ser modulación de la inflamación, efectos neurofisiológicos y de movilidad muscular, efectos inmunes y psicológicos del masaje, efectos en la recuperación del dolor muscular de aparición tardía (DOMS), efectos en la fisiología del sistema nervioso autónomo, cardiovascular y variabilidad de la frecuencia cardiaca (Urdampilleta et al., 2014). Por otro lado, encontramos la hidroterapia, es decir, inmersiones en agua para favorecer la recuperación del organismo. Dentro de las modificaciones biológicas generadas por este medio de recuperación se incluye alteraciones en los fluidos intercelulares y metabolismo intravascular, reducción del edema muscular, incremento de la respuesta cardiaca, aumento del flujo sanguíneo y posible incremento del transporte de nutrientes y eliminación de sustancias de desechos. También se han descrito posibles beneficios psicológicos como el efecto analgésico, debido a la modificación en la percepción de dolor y malestar o a la reducción de la sensación de fatiga durante la inmersión (Wilcock, Cronin y Hing, 2006). Dentro de ella,

aparece uno de los medios más interesante en la recuperación post-esfuerzo, como es la crioterapia (aplicación de diferentes temperaturas en zonas del cuerpo. La eficacia de la crioterapia como medio de recuperación del dolor muscular y de diversos indicadores de rendimiento físico después de entrenamientos y partidos oficiales ha sido estudiada, siendo su efectividad superior a la mostrada por la termoterapia o el baño de contraste (Ascensão et al., 2011). Otra estrategia de recuperación que suele ser utilizada es la recuperación activa. Aunque la mayoría de los experimentos han revelado que la recuperación activa es efectiva en la eliminación de lactato, los efectos del tipo de recuperación en la actuación posterior son menos claros. Algunas de las discrepancias entre diferentes estudios podrían explicarse por las diferencias en la intensidad y la duración de los ejercicios generadores de fatiga (Lattier et al. 2004). Por último, nos encontramos con la electroterapia, que consiste en la aplicación de corrientes eléctricas en diferentes partes del organismo mediante electrodos para incidir en diversos aspectos, en este caso, en la recuperación post-esfuerzo. Así, se ha sugerido que la estimulación eléctrica podría ser ventajosa en los procesos regenerativos debido al efecto de bombeo muscular, el cual podría acelerar la reparación tisular como consecuencia del incremento del flujo sanguíneo intramuscular, reducción de la concentración de ácido láctico, efecto analgésico y endorfinico, relajación y efecto antiespasmó. (Babault et al., 2011).

En cuanto al uso de la electroestimulación, no se han informado, hasta la fecha, diferencias significativas en el rendimiento anaeróbico. En cambio, la electroestimulación junto con la actividad aeróbica de baja intensidad fue beneficiosa para reducir el dolor muscular, en comparación con la recuperación pasiva y la aeróbica en piscina, provocando una menor percepción del dolor muscular lo que podría tener un efecto positivo en la actitud del jugador durante las siguientes sesiones (Tessitore et al, 2007). Por otro lado, varios estudios, donde hay que destacar el realizado por De la Cámara et al. (2018), sugieren que la vibración de cuerpo entero (WB\_EMS) no es buen método de recuperación porque el poder de recuperación de

varios parámetros fisiológicos y psicológicos no es superior a otros métodos como la recuperación activa y pasiva. Esto hace que sea necesario encontrar métodos que permitan conocer el efecto que produce la electroestimulación sobre la recuperación física ante diferentes protocolos. Ningún estudio ha analizado el efecto de la electroestimulación sobre la recuperación física, por tanto, nos planteamos el siguiente problema: ¿Qué efecto tiene en la recuperación el uso de la electroestimulación para un protocolo de Sprint?

En base a lo expuesto, el objetivo del presente trabajo consiste en ver la incidencia y el efecto de la aplicación de WB\_EMS tras un ejercicio fatigante de sprint repetidos, sobre marcadores de daño muscular y amplitud de movimiento a los 30 min, 24 h, 48 h y 72 h en jóvenes físicamente activos. Por tanto, nuestra hipótesis es que usar la electroestimulación como método para la recuperación ante un protocolo de Sprint no tendrá un efecto positivo mayor a otros métodos en cuanto a la recuperación medida a través de daño muscular y amplitud de movimiento a los 30 min, 24 h, 48 h y 72 h.

## **2. MATERIAL Y MÉTODO**

### **Diseño del estudio**

Se llevó a cabo un estudio cruzado aleatorizado. Los participantes en el estudio se sometieron a un protocolo de sprint repetidos (RSA), aplicando tras el mismo una recuperación pasiva (grupo control) o una recuperación con electroestimulación de cuerpo completo (grupo experimental). Previo al protocolo de RSA, a los 30 minutos, 24 h, 48 h y 72 h se midió Creatinkinasa (CK) y amplitud de movimiento de la cadena posterior (ADM). Además, justo después de medir ADM se realizaban 5 minutos de cicloergómetro (cicloergómetro ERGOSECT 200) a 80 W de potencia como calentamiento. El protocolo se llevó a cabo durante dos semanas. Ambos martes se llevó a cabo el protocolo de RSA, evitando cualquier práctica de actividad física vigorosa en las 72 h previas y posteriores al mismo. Una semana antes del inicio del estudio los sujetos realizaron una familiarización con el protocolo y con las pruebas de evaluación.

### **Muestra**

Este estudio se llevó a cabo con 21 sujetos activos de sexo masculino con una edad media de  $23.2 \pm 9.8$  años; una masa de  $72.7 \pm 21$  kg y una altura de  $175.2 \pm 11.8$  cm. Los sujetos que realizaron el estudio eran únicamente varones físicamente activos con una media de 3 – 4 días por semana de práctica de actividad física y con una media de 90 – 120 minutos invertidos en esos días. Para verificar lo anterior, los participantes realizaron un cuestionario, el SF-36, por McHorney et al. (1994), y validado en español por Lugo (2006). Todos los participantes firmaron un consentimiento informado en el que se les explicó los objetivos y procedimientos del estudio, así como posibles riesgos asociados. El estudio y las mediciones se llevaron a cabo en la Universidad de Sevilla bajo su aprobación y supervisión.

**Tabla 1. Características de los participantes**

Edad (años)	Peso (kg)	Altura (cm)
23.2 ± 9.8	72.7 ± 21	175.2 ± 11.8

### **Procedimiento**

#### **Test de sprints repetidos (RSA)**

El test de sprints repetidos se llevó a cabo solo el martes de cada semana, después de un primer protocolo completo de CK y ADM, dónde se realizaron siete sprints de 30 metros con 30 segundos de recuperación entre cada uno de ellos (Sánchez-Sánchez et al., 2018). Los sprints se midieron con fotocélulas inalámbricas de Microgate, situadas en la salida, a los 10m, a los 20m y a los 30m (final). El sujeto iniciaba la carrera 1m detrás las células. Previo al protocolo de RSA se realizaron tres carreras de 30 metros progresando la intensidad.

#### **Creatinkinasa (CK)**

La CK plasmática se evaluó 30 min antes del inicio del RSA y 30 m, 24 h, 48 h y 72 h después del mismo, a partir de 30 µl de muestras de sangre total capilarizada y obtenida mediante punción de la punta de un dedo de la mano, realizada con una lanceta desechable de un solo uso cargada por resorte. Las muestras se analizaron con un espectrofotómetro Reflotron (Abbott Architect, Abbott Park, IL, EE. UU.) (De Hoyo et al., 2016).

#### **Amplitud de movimiento (ADM)**

La amplitud de movimiento de la cadena posterior se evaluó a través del Test de extensión activa de rodilla conocido como Active Knee Extension Test (AKE Test; Muyor et al., 2013). El AKE test se mide con el sujeto en una camilla en posición de cúbito supino y con la otra pierna totalmente extendida. Sujetamos la pierna del sujeto en un ángulo de 90° pierna / cadera y desde ahí se busca una extensión máxima de rodilla. Se mide el ángulo con un goniómetro



dentro de la brújula de un dispositivo móvil Apple, y se mide en ambas piernas. Se registraron dos mediciones en cada pierna, utilizándose para el posterior análisis el mejor resultado de ambos.

### **Análisis estadístico**

Los datos en el texto y las tablas se presentan como medias ( $\pm$  SD) y las correlaciones como medias (límites de confianza del 90%, CL). La normalidad de cada variable se examinó con la prueba de Kolmogorov–Smirnov y los datos sesgados o heteroscedásticos se transformaron logarítmicamente. Las diferencias estandarizadas o el tamaño del efecto (ES; límite de confianza del 90%) para las variables seleccionadas se calcularon utilizando el control SD. Para el ES se utilizaron los umbrales propuestos por Cohen de  $>0.2$  (pequeño),  $>0.6$  (moderado) y  $>1.2$  (grande) (Hopkins et al., 2009). Se calculó la probabilidad de que cualquier diferencia en los parámetros analizados fuera mayor que el mínimo cambio apreciable (SWC; desviación estándar individual de 0.2, basada en el principio de la  $d$  de Cohen), similar o inferior a otro punto de tiempo. El análisis cuantitativo de diferencias mayores o menores se evaluó cualitativamente de la siguiente manera:  $<1\%$ , casi con certeza;  $> 1 - 5\%$ , muy improbable;  $> 5 - 25\%$ , improbable;  $> 25 - 75\%$ , posible;  $> 75 - 95\%$ , probable;  $> 95 - 99\%$ , muy probable; y  $> 99\%$ , casi seguro (Hopkins et al., 2009). Se estableció un efecto sustancial en  $> 75\%$  (Suarez-Arrones et al., 2014). Si la probabilidad de tener un valor mejor o peor era  $> 5\%$ , la diferencia se evaluó como incierta.

### 3. RESULTADOS

#### Creatinkinasa (CK)

En la **Tabla 2** se muestran los resultados de la CK con el grupo EXP, donde se puede observar como en el post – test hay un pequeño aumento de los valores de CK, siendo mayor los valores a las 24h y 48h, para volver a bajar casi a los valores del pre – test a las 72h. En la **Tabla 3**, que representa los resultados de la CK en el grupo CON, vemos una diferencia mayor entre el post – test y a las 24h y 48h, y en este caso, es mucho mayor la diferencia entre el pre y post – test, y las 72h, siendo mayor este último. En la **Tabla 4** se hace una comparación inter-grupos de la variable CK, donde vemos que hay diferencias en los valores a las 48h, pero especialmente a las 72h, donde se observan diferencias sustanciales entre los dos grupos, en ambas ocasiones a favor de una mayor disminución en el grupo EXP.

#### Amplitud de movimiento (ADM)

En la **Tabla 5** se muestran los resultados de la ADM del grupo EXP, no observándose diferencias sustanciales. En la **Tabla 6** se muestran los resultados de ADM del grupo CON y aquí encontramos menos diferencias aún en todas sus evaluaciones, manteniéndose muy parejo al pre – test en todos los casos, volviendo a aumentar la ADM a las 72h, aunque menos que en el grupo EXP. La **Tabla 7** muestra la comparación inter-grupos de la ADM, donde se ve claramente que no hay diferencia sustancial en ningún caso.

**Tabla 2: Valores de CK en el grupo experimental (EXP)**

	Pre-test	Post-test	Standardized diferences – CL90%	% (CL90%)	Chances	Outcome
CK pre-post	275.76 ± 174.83	331.96 ± 259.85	0.17 (0.04; 0.29)	12.4 (3.0; 22.7)	33/67/0	Possibly
CK pre-24h	275.76 ± 174.83	447.42 ± 246.19	0.80 (0.49; 1.10)	74.9 (41.2; 116.7)	100/0/0	Almost Certainly
CK pre-48h	275.76 ± 174.83	366.58 ± 134.79	0.61 (0.27; 0.96)	53.9 (21.1; 95.7)	98/2/0	Very Likely
CK pre-72h	275.76 ± 174.83	310.50 ± 159.63	0.32 (-0.02; 0.66)	25.2 (-1.5; 59.0)	73/27/1	Possibly

CK = Creatinkinasa

**Tabla 3: Valores de CK en el grupo control (CON)**

	Pre-test	Post-test	Standardized diferences – CL90%	% (CL90%)	Chances	Outcome
CK pre-post	207.76 ± 102.45	239.43 ± 142.36	0.20 (0.06; 0.35)	12.7 (3.3; 22.9)	52/48/0	Possibly
CK pre-24h	207.76 ± 102.45	454.89 ± 284.57	1.29 (0.96; 1.62)	113.1 (75.9; 158.6)	100/0/0	Almost Certainly
CK pre-48h	207.76 ± 102.45	404.00 ± 247.44	1.13 (0.68; 1.58)	93.7 (48.7; 152.2)	100/0/0	Almost Certainly
CK pre-72h	207.76 ± 102.45	382.53 ± 205.66	1.04 (0.60; 1.47)	83.5 (42.1; 136.9)	100/0/0	Almost Certainly

CK = Creatinkinasa

**Tabla 4: Valores de CK de comparación entre grupos**

Test	Standardized diferences CL90%	% (CL90%)	Chances	Outcome
CK pre-post	-0.02 (-0.21; 0.18)	1.0 (-11.4; 15.2)	4/90/6	Unclear
CK pre-24h	0.15 (-0.32; 0.63)	9.6 (-23.9; 34.1)	43/46/11	Unclear
CK pre-48h	0.39 (-0.22; 1.00)	22.8 (-15.3; 22.8)	70/24/5	Possibly
CK pre-72h	0.56 (-0.03; 1.16)	31.2 (-1.8; 53.5)	85/13/2	Likely

CK = Creatinkinasa

**Tabla 5: Valores de ADM en el grupo experimental**

	Pre-test	Post-test	Standardized diferences – CL90%	% (CL90%)	Chances	Outcome
ADM pre-post	-23.05 ± 10.94	-22.11 ± 10.40	-0.05 (-0.24; 0.14)	-2.8 (-13.3; 8.9)	2/89/9	Unlikely
ADM pre-24h	-23.05 ± 10.94	-22.47 ± 11.31	-0.04 (-0.35; 0.27)	-2.3 (-18.9; 17.7)	10/71/19	Unclear
ADM pre-48h	-23.05 ± 10.94	-25.79 ± 10.36	0.27 (0.03; 0.51)	17.8 (2.1; 35.9)	70/30/0	Possibly
ADM pre-72 h	-23.05 ± 10.94	-20.76 ± 10.29	-0.08 (-0.34; 0.19)	-4.5 (-18.8; 12.4)	5/74/21	Unclear

ADM = Amplitud de movimiento

**Tabla 6: Valores de ADM en el grupo control**

	Pre-test	Post-test	Standardized differences – CL90%	% (CL90%)	Chances	Outcome
ADM pre-post	-23.39 ± 10.88	-24.00 ± 12.87	0.03 (-0.13; 0.20)	2.3 (-8.0; 13.8)	5/94/1	Very Unlikely
ADM pre-24h	-23.39 ± 10.88	-23.16 ± 11.24	-0.05 (-0.26; 0.16)	-3.3 (-15.8; 11.1)	3/85/12	Unlikely
ADM pre-48h	-23.39 ± 10.88	-23.95 ± 10.66	0.02 (-0.16; 0.19)	1.1 (-9.9; 13.4)	4/93/2	Very Unlikely
ADM pre-72 h	-23.39 ± 10.88	-22.53 ± 10.55	-0.09 (-0.44; 0.25)	-6.0 (-24.8; 17.6)	8/62/30	Unclear

ADM = Amplitud de movimiento

**Tabla 7: Valores de SDM de comparación entre grupos**

Test	Standardized differences CL90%	% (CL90%)	Chances	Outcome
ADM pre-post	-0.09 (-0.35; 0.17)	-5.8 (-21.0; 12.4)	4/72/24	Unlikely
ADM pre-24h	-0.07 (-0.47; 0.33)	-4.6 (-27.2; 25.0)	13/58/29	Unclear
ADM pre-48h	0.24 (-0.08; 0.56)	17.6 (-5.1; 45.7)	59/40/1	Possibly
ADM pre-72 h	-0.04 (-0.51; 0.42)	-2.9 (29.0; 32.9)	19/52/29	Unclear

ADM = Amplitud de movimiento

#### **4. DISCUSIÓN**

El principal objetivo del presente estudio fue analizar el efecto de la WB EMS en la recuperación tras un RSA midiendo las variables de daño muscular a través de la CK, y la ADM a los 30 min, 24h, 48h y 72h en jóvenes físicamente activos. Se pretendía comparar la recuperación pasiva con la recuperación de WB EMS y ver si había diferencias sustanciales entre ambos métodos. No veremos solo la posible recuperación gracias a la electroestimulación de cuerpo entero como tal, si no su posible relación con las modificaciones de CK y ADM en los diferentes momentos temporales.

De acuerdo con estudios previos que buscaban ver los efectos a nivel musculares tras un esfuerzo repetido de sprints, utilizamos el RSA por ser capaz de modificar las propiedades contráctiles del músculo (Sánchez-Sánchez et al., 2018). En cuanto a la recuperación post – esfuerzo, el mayor pico de CK tras un esfuerzo como un partido de fútbol se encuentra a las 24h (De Hoyo et al., 2016), de igual forma con otros estudios que los encuentran tanto a las 24h como 48h (Ascensão et al., 2008; Ispirlidis et al., 2008; Magalhães et al., 2010). También se midieron a jugadores de rugby de élite y midieron CK después de un partido cada 24h hasta a las 120h, y ni en la última recupera los valores basales y donde a las 24h alcanza su máximo valor de CK (McLellan et al., 2011).

También encontramos que la vibración no es una buena forma de recuperar y que el masaje deportivo hace que los niveles de CK sean más bajos y por tanto mejor método recuperador (Fuller et al., 2015). En cuanto a estudios con Whole Body Vibration (WBV) se han encontrado diferentes puntos de vista. En un estudio participaron 8 sujetos con éxito, 5 disminuyeron significativamente sus valores de CK con WBV, 2 no tuvieron diferencias significativas y 1 tuvo mayores valores en el grupo CON (Edge et al., 2009). Por otro lado, se midieron en 20 participantes la CK al post, 24h y 48h tras un ejercicio excéntrico, 10 en el grupo CON y otros

10 en el grupo EXP, y donde los valores de CK del grupo EXP eran más bajos en cada momento (Timón et al., 2016). Vemos también en otro estudio junto con la TMG donde resulta una mayor disminución de los valores de CK, pero porque los valores 1h después fueron mayores en el grupo CON que en el grupo que tenía Vibración. (De Hoyo et al., 2013).

En base a toda la literatura, vemos algunos estudios que se acercan a nuestros resultados y otros que no en cuanto a los valores de CK tras un esfuerzo fatigante y relacionado con la vibración y especialmente con el WB\_EMS. De igual forma, coincidimos en que el mayor pico de CK es a las 24h y por tanto cuando más daño muscular presentamos. Eso sí, los valores de CK fueron más bajos a las 24h, 48h y 72h en el grupo EXP. El objeto clave, fue que en la comparación intragrupos, del mismo modo que otros estudios (Edge et al., 2009; Timon et al., 2016), mostró unos niveles más bajos de CK a las 72h en el grupo EXP frente al grupo CON y por tanto podemos considerar que hay una diferencia sustancial entre ambos, mostrándose el efecto positivo de la utilización de la WB\_EMS como método recuperador para disminuir el daño muscular.

La amplitud de movimiento dinámica tiene unos menores registros en el daño muscular y una mayor recuperación muscular (Che-Hsiu Chen et al., 2014). El Active Knee Extension (AKE) Test tiene valores muy parecidos en el pre – test y en el post – test tras un protocolo de fatiga, es decir, no varía apenas (Muyor. et al, 2013). Otro estudio midió la ADM pasiva de la flexión de cadera pre, post, 24h y 48h a un RSA tanto en un grupo control, otro de una sola pierna y otro en estiramientos dinámicas y no hubo apenas diferencias significativas entre ellos, no se sacó ninguna conclusión clara, solo que entrenar con estiramientos directos era más aconsejable, pero nada relaciona con el daño muscular y la recuperación, solo que en la rigidez muscular si había mayores valores en el grupo control (Che-Hsiu Chen et al., 2017).

Por nuestra parte, nos dimos cuenta de la poca información que había en la literatura de la relación de la recuperación post – esfuerzo, pues mucho menos relacionado también con la WB\_EMS, siendo nuestro trabajo uno de los primero realizados bajo esta línea. Visto que en otros artículos sitúan como prioridad la ADM dinámica por tanto está acorde con nuestra elección del AKE Test. Sin embargo, a diferencia de otros estudios, no hemos encontrado ninguna diferencia sustancial ni entre los grupos las diferentes medidas al post, 24h, 48h y 72h ni en la comparación intragrupos. Por tanto, lo hemos considerado como una variable nada concluyente y con nada claro.

## **5. CONCLUSIONES**

El presente estudio analizó el efecto de la electroestimulación en cuerpo entero después de un esfuerzo de sprints repetidos sobre la recuperación tras el análisis de las variables de daño muscular (CK) o de ADM entre el grupo experimental y el grupo control. En el primer caso, la incidencia de la WB\_EMS en la recuperación de los valores basales de CK refiriéndose al daño muscular, podemos decir que hay diferencias sustanciales y que sacamos datos concluyentes a favor del grupo experimental, existiendo por tanto evidencia que muestra como la electroestimulación de cuerpo entero favorece la recuperación de los valores basales de CK y, por tanto, disminuye el daño muscular y provoca una recuperación más rápido que en una recuperación pasiva.

Por otro lado, en relación con el efecto de la electroestimulación de cuerpo entero tras un RSA sobre ADM, comprobamos que no hay nada concluyente. No encontramos diferencias sustanciales y las variaciones que encontramos no tienen coherencia y sentido alguno. Además, en este caso si compartimos con toda la literatura la opinión y hay bastante obviedad de la inutilidad de utilizar la ADM como medida para la recuperación.

En definitiva, aunque sabemos que la ADM no la podemos utilizar para medir la recuperación, podemos decir que la electroestimulación en cuerpo entero sí tiene efecto en la recuperación cuando nos referimos a niveles de CK y daño muscular, muy relacionado con la recuperación, provocando una recuperación más rápida que si hacemos una recuperación pasiva.



## 6. REFERENCIAS

1. Amy L. Woods, Laura A. Garvican-Lewis, Bronwen Lundy, Anthony J. Rice, Kevin G. Thompson (2017). New approaches to determine fatigue in elite athletes during intensified training: Resting metabolic rate and pacing profile. *PLoS ONE* 12(3): e0173807.
2. Ascensão, A., Leite, M., Rebelo, A. N., Magalhães, S. y Magalhães, J. (2011). Effects of cold water immersion on the recovery of physical performance and muscle damage following a one-off soccer match. *Journal of Sports Sciences*, 29, 217–225.
3. Ascensão, A., Rebelo, A., Oliveira, E., Marques, F., Pereira, L., & Magalhães, J. (2008). Biochemical impact of a soccer match: Analysis of oxidative stress and muscle damage markers throughout recovery. *Clinical Biochemistry*, 41, 841–851.
4. Babault, N., Cometti, C., Maffiuletti, N. A y Deley, G. (2011). Does electrical stimulation enhance post-exercise performance recovery? *European Journal of Applied Physiology*, 111, 2501-2507.
5. Chen C.H., Chen T.C., Jan M.H., Lin J.J. (2014). Acute Effects of Static Active or Dynamic Active Stretching on Eccentric-Exercise-Induced Hamstring Muscle Damage. *Int J Sports Physiol Perform.* 10(3):346-52. doi: 10.1123/ijsp.2014-0206
6. Chen C.H., Ye X., Wang Y.T., Chen Y.S., Tseng W.C. (2017). Differential effects of different warm-up protocols on repeated sprints-induced muscle damage. *Journal of Strength and Conditioning Research* 1. DOI: 10.1519/JSC.0000000000002310
7. Moisés De Hoyo, Luis Carrasco, Marzo E. Da Silva-Grigoletto, Borja Sañudo, Javier Caballero-Villarraso, Eva Arriaza & María Del Carmen Escobar (2013): Impact of an acute bout of vibration on muscle contractile properties, creatine kinase and lactate dehydrogenase response, *European Journal of Sport Science*, DOI:10.1080/17461391.2013.774052

8. De Hoyo M., Cohen DD., Sañudo B., Carrasco L., Álvarez-Mesa A., Del Ojo J. J., Domínguez-Cobo S., Mañas V., Otero-Esquina C. (2016). Influence of football match time-motion parameters on recovery time course of muscle damage and jump ability. *Journal of Sports Sciences*, 34:14, 1363-1370, DOI: 10.1080/02640414.2016.1150603.
9. De la Cámara Serrano M. A. y Pardos Sevilla A. I. (2016). Revisión de los beneficios físicos de la electroestimulación integral. *Apunts. Educación Física y Deportes 2016*, n.º 123, 1.er trimestre (enero-marzo), pp. 28-33 ISSN-1577-4015.
10. Edge J., Mündel T., Weir K., Cochrane D. J. (2009). The effects of acute whole body vibration as a recovery modality following high-intensity interval training in well-trained, middle-aged runners. *Eur J Appl Physiol* (2009) 105:421–428.
11. Fuller J. T., Thomson R. L., Howe P. R., Buckley J.D. (2015). Vibration Therapy Is No More Effective Than the Standard Practice of Massage and Stretching for Promoting Recovery from Muscle Damage After Eccentric Exercise. *Clin J Sport Med*. 2015 Jul;25(4):332-7. DOI: 10.1097/JSM.0000000000000149
12. Gómez-Campos, R.; Cossio-Bolaños, M.A.; Brousett Minaya, M.; Hochmuller-Fogaca, R.T. (2010). Mecanismos implicados en la fatiga aguda. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte* 10.40 (2010): 537-555.
13. Hopkins, W. G., Marshall, S. W., Batterham, A. M., & Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 41, 3–13.
14. Ispirlidis, I., Fatouros, I. G., Jamurtas, A. Z., Nikolaidis, M. G., Michailidis, I., Douroudos, I., Taxildaris, K. (2008). Time-course of changes in inflammatory and performance responses following a soccer game. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 18, 423–431.

15. Lattier, G., Millet, G. Y., Martin, A., & Martin, V. (2004). Fatigue and Recovery After High-Intensity Exercise Part II: Recovery Interventions. *International Journal of Sports Medicine*, 25(7), 509–515.
16. Lugo A LH, García G HI, Gómez R C. *Confiabilidad del cuestionario de calidad de vida en salud SF-36 en Medellín, Colombia*. 2006.
17. Magalhães, J., Rebelo, A., Oliveira, E., Silva, J. R., Marques, F., & Ascensão, A. (2010). Impact of Loughborough Intermittent Shuttle Test versus soccer match on physiological, biochemical and neuromuscular parameters. *European Journal of Applied Physiology*, 108, 39–48.
18. McHorney CA, Ware JE, Lu JF, Sherbourne CD. The MOS 36-item Short-Form Health Survey (SF-36): III. *Tests of data quality, scaling assumptions, and reliability across diverse patient groups*. *Med Care*. 1994 Jan;32(1):40-66.
19. McLellan C. P., Lovell D. I., Gass G. C. (2011). Biochemical and endocrine responses to impact and collision during elite rugby league match play. *The Journal of Strength and Conditioning Research* 25(6):1553-62. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181db9bdd.
20. Muyor J.M., Arrabal-Campos F.M. (2016). Effects of acute fatigue of the hip flexor muscles on hamstring muscle extensibility, *Journal of Human Kinetics* volumen 53, 23-31.
21. Robin T. Thorpe, Anthony J. Strudwick, Martin Buchheit, Greg Atkinson, Barry Drust, and Warren Gregson (2015). Monitoring Fatigue During the In-Season Competitive Phase in Elite Soccer Players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2015, 10, 958-964.
22. Sánchez-Sánchez J., Bishop D., García-Unanue J., Ubago-Guisado E., Hernando E., López-Fernández J., Colino E., Gallardo L (2018). Effect of a repeated sprint ability

- test on the muscle contractile properties in elite futsal players, *Scientific Reports*, 8:17284.
23. Scherrer, J. La fatiga. Barcelona: Paidotribo;1991
  24. Suarez-Arrones, L., Tous-Fajardo, J., Núñez, J., Gonzalo-Skok, O., Gálvez, J., & Mendez-Villanueva, A. (2014). Concurrent repeated-sprint and resistance training with superimposed vibrations in rugby players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9, 667–673.
  25. Terrados Cepeda N, Mora-Rodríguez R, Padilla Magunacelaya S. (2004). La recuperación de la fatiga del deportista. *Madrid: Editorial Gymnos*. 978-84-8013-397-5.
  26. Tessitore, A., Meeusen, R., Cortis, C., Capranica, L. (2007). Effects of different recovery interventions on anaerobic performances following preseason soccer training. *Department of Human Movement and Sport Science, IUSM. Rome, Italy. Journal of Strength & Conditioning Research*, 21 (3), 745-750.
  27. Timón R., Tejero J., Brazo – Savavera J., Crespo C., Olcina G. (2016). Effects of whole-body vibration after eccentric exercise on muscle soreness and muscle strength recovery. *J. Phys. Ther. Sci.* 28: 1781–1785.
  28. Urdampilleta, A., Armentia, I., Gómez-Zorita, S., & Mielgo-Ayuso, J. (2015). La fatiga muscular en los deportistas: métodos físicos, nutricionales y farmacológicos para combatirla. *Archivos de Medicina del Deporte*, 32(1), 36-43.
  29. Vittori, C (1976). Esperienze sulla distribuzione dello sforzo nelle gare di velocità. *Società Stampa Sportiva Roma*.
  30. Wilcock, I. M., Cronin, J. B. y Hing, W.A. (2006). Physiological response to water immersion. A method for sport recovery? *Sports Medicine*, 36, 747-765.