

**EFFECTO DE LA ELECTROESTIMULACIÓN SOBRE LA
EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LA FUERZA Y LA
CAPACIDAD DE SALTO TRAS UN PROTOCOLO DE
RSA**



TRABAJO FIN DE GRADO

Autora: Esther Escribano Hernández

Tutor: Javier Riscart López

Departamento: Educación Física y Deporte

Grado: Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

Curso: 2018-2019

Opción: Intervención

ÍNDICE

| | |
|--|-----------|
| 1.- Introducción..... | 2 |
| 2.- Material y método..... | 8 |
| Diseño del estudio..... | 8 |
| Muestra..... | 8 |
| Procedimiento..... | 9 |
| Test de sprints repetidos (RSA)..... | 9 |
| Fuerza máxima isométrica (MVC)..... | 9 |
| Salto con contramovimiento (CMJ)..... | 10 |
| Análisis estadístico..... | 11 |
| 3.- Resultados..... | 12 |
| Fuerza isométrica (MVC)..... | 11 |
| Salto con contramovimiento (CMJ)..... | 14 |
| 4.- Discusión..... | 16 |
| 5.- Conclusión..... | 20 |
| 6.- Referencias bibliográficas..... | 21 |

1. Introducción

La fatiga muscular puede ser definida como la incapacidad para seguir generando un nivel de fuerza o una intensidad de ejercicio de manera temporal e involuntaria, 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 del 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 (Robin T. 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 (Amy L. 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, de 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.

El uso de salto con contramovimiento (CMJ) como método para determinar la fatiga en el entrenamiento físico y deportivo ha estudiado en diversos estudios. En el estudio de Jiménez et al. (2015) se realizaron 5 saltos con descansos de un minuto de por medio. En este estudio el CMJ mostró buena fiabilidad con un CCI de 0,97 (intervalo de confianza del 95%: 0,93-0,98) y coeficiente de variación de 2.5%. La relación entre las variables relacionadas con la potencia de salto y los datos de fuerza y los tiempos en las carreras de 20m y 30m tienen una relación significativa. Esta relación tiende a ser superior a la que se da con los tiempos en 20m y 30m, y la relación con la distancia de 20m es inferior a las demás distancias. También encontramos el estudio de Thorpe et al. (2015), el cual, muestra una asociación de carácter positivo entre el aumento de la distancia a alta intensidad y la altura del CMJ. Con esto argumentó que la altura del CMJ no era una medida suficientemente sensible de la fatiga

neuromuscular aguda o residual (Cormack et al., 2008; Gathercole et al., 2015) y que los atletas pueden mantener la altura de salto en condiciones de fatiga subyacente aumentando la duración de la fase excéntrica del CMJ o el tiempo total de contracción.

Con respecto a la prueba de fuerza máxima isométrica (MVC) en el estudio de Worrel et al. (1991) se midieron las contracciones máximas para cuádriceps e isquiotibiales a 60 y 180°/seg, no se encontraron diferencias entre los atletas lesionados y no lesionados, sin embargo en este estudio se incluyeron atletas de diversos deportes, no solo velocistas. Concluyendo con que la relación entre el momento de contracción concéntrica a velocidades angulares lentas y rápidas puede reflejar la distribución cuantitativa de fibras musculares rápidas tipo II. En esta línea, Orchard et al. (1997) sugiere que produce una disminución de la aplicación de fuerza de los músculos isquiotibiales que midió a través del dinamómetro Cybex 340 con un sistema concéntrico (Chattecx Corp., Chattanooga, Tennessee) a 60, 180 y 300°/seg de velocidad angular. Con este estudio se demuestra una asociación bastante resultante entre la debilidad muscular de los isquiotibiales en pretemporada y el posterior desarrollo de la lesión por distensión muscular en esa zona. Otros estudios sugieren que la medición se realice como máximo a 60° por segundo en lugar de más velocidad, proporciona un mayor rendimiento en cuanto a predicción de lesiones. Esto sigue el protocolo de Heiser et al. que usaron relaciones H60: Q60 inferiores a 0.60 para prescribir un programa de fortalecimiento muscular de isquiotibiales para deportistas universitarios. Anteriores estudios no son resultantes con respecto a la velocidad ideal para realizar las pruebas, Jonhagen sugiere velocidades más lentas y otros sugieren velocidades de 180°/seg. o incluso más rápidas. Está demostrado que la proporción isquiotibial-cuádriceps es menor a 60°/seg. que a velocidades más rápidas; velocidades más lentas muestran con mayor exactitud los déficits de ratio.

También hay que tener en cuenta que las pruebas excéntricas implican menos naturaleza en el movimiento y por ello es más complicado plantear el problema de cumplimiento si se usa como una herramienta de detección de la lesión. Jonhagen ha demostrado que la fuerza excéntrica disminuye después de una lesión muscular en la zona isquiotibial, en cambio otros estudios han demostrado fuerza normal después de la lesión.

Ningún estudio ha analizado el efecto de la electroestimulación sobre la recuperación física, por tanto, nuestro problema es el siguiente:

¿Qué efecto tiene en la recuperación el uso de electroestimulación para un protocolo de Sprint?

En base a lo expuesto, el objetivo del presente trabajo es analizar el efecto de la aplicación de WB_EMS tras un ejercicio de sprint repetidos (RSA), sobre marcadores de fuerza y salto a los 30 min, 24 h, 48 h y 72 h en jóvenes físicamente activos.

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 marcadores de fuerza y salto 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 al grupo control (CON) o una recuperación con electroestimulación de cuerpo completo al grupo experimental (EXP). Previo al RSA, post RSA a los 30 min, 24 h, 48 h y 72 h se midió fuerza máxima isométrica (MVC) y salto con contramovimiento (CMJ). Además, previo al MVC se realizaban 5 min 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 ± 9.8 años; una masa de 72.7 ± 21 kg y una altura de 175.2 ± 11.8 cm (Tabla 1). 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 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 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 MVC y CMJ, 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.

Fuerza máxima isométrica (MVC)

La fuerza máxima isométrica se evaluó a través del dinamómetro isocinético (Biodex System 4PRO CE220), calibrado previamente según las instrucciones del fabricante antes de dar comienzo cada sesión. Los sujetos se colocaban en la silla del dinamómetro para dar comienzo la prueba con un ángulo de 90° de flexión en la

articulación de la cadera, los brazos en cruzados en el pecho y con la protección del brazo de palanca del dinamómetro a unos 4 cm encima del maléolo interno de la pierna.

Se evaluaron ambos miembros inferiores pre y post RSA, a las 24, 48 y 72 horas, adoptando una posición de flexión de 30° para los isquiotibiales. Para ambas mediciones se realizaron 3 contracciones isométricas máximas, con un descanso entre ambas de 30 s. Para el posterior análisis estadístico se registró el mejor de los 3 intentos.

Salto con Contramovimiento (CMJ)

La altura de salto con contramovimiento se evaluó utilizando células de rayos infrarrojos incorporadas en el sistema OptoJump (Microgate, Bolzano, Italia). El CMJ se realizó con las manos en la cintura realizando un contramovimiento hasta una flexión de 90° de rodilla, saltando lo más alto posible y manteniendo los miembros inferiores extendidos durante toda la fase de vuelo (Balsalobre, Nevado, del Campo & Ganancias, 2015). Se llevaron a cabo cinco ensayos del CMJ, con 15 s de descanso entre ellos (manos sobre las caderas), y utilizando un movimiento preparatorio de extensión de rodilla, seguido de flexión a aproximadamente 90°, y sin pausas, saltando hacia arriba lo más alto posible. La elevación del centro de gravedad (altura en metros) se calculó para todos los saltos como el tiempo de vuelo (t_v) en segundos aplicando las leyes de balística: $H = t_v^2 \cdot g \cdot 8-1$ (m); donde H es la altura y g es la aceleración gravitacional ($9.81 \text{ m} \cdot \text{s}^2$). Se eliminaron los mejores y peores valores de los 5 saltos. La media de los 3 CMJs se registró para el análisis posterior

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; $> 99\%$, 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

Fuerza máxima isométrica (MVC)

Análisis intra-grupo

La tabla 2 muestra los resultados correspondientes al grupo experimental, donde sólo se observa un descenso sustancial del rendimiento a las 48 h, no observándose cambios relevantes en el resto de momentos temporales.

Tabla 2

Muestra de fuerza máxima isométrica en el grupo experimental

| | Pre-test | Post-test | Standardized differences — CL90% | % (CL90%) | Chances | Outcome |
|----------------|----------------|----------------|--|-------------------|---------|-------------|
| MVC_H pre-post | 140.21 ± 25.39 | 138.35 ± 27.13 | -0.08 (-0.28; 0.13) | -1.5 (-5.4; 2.6) | 2/83/15 | Unlikely |
| MVC_H pre-24h | 140.21 ± 25.39 | 134.55 ± 26.56 | -0.23 (-0.54; 0.08) | -4.4 (-10.2; 1.7) | 1/42/56 | Possibly |
| MVC_H pre-48h | 140.21 ± 25.39 | 128.24 ± 23.98 | -0.46 (-0.71; -0.20) | -8.7 (-13.2; 1.1) | 0/5/95 | Very likely |
| MVC_H pre-72h | 140.21 ± 25.39 | 125.39 ± 26.61 | -0.29 (-0.78; 0.19) | -5.7 (-14.4; 3.9) | 5/32/64 | Unclear |

Nota: para mayor claridad, todas las diferencias se presentan como mejoras (positivas), de modo que las diferencias positivas y negativas van en la misma dirección.

Abreviaturas: MVC_H: fuerza máxima isométrica de isquiotibiales

Chances: porcentaje de probabilidad de tener valores mejores/similares/más pobres.

Analizando el grupo control (Tabla 3) se puede observar cómo tras el RSA hubo un descenso del rendimiento en los cuatro momentos temporales estudiados (desde probable hasta casi con certeza).

Tabla 3

Muestra de fuerza máxima isométrica en el grupo control

| | Pre-test | Post-test | Standardized | % (CL90%) | Chances | Outcome |
|----------------|-------------------|-------------------|--------------------------|-------------------------|------------|---------------------|
| | | | diferences – CL90% | | | |
| MVC_H pre-post | 140.08 ± 17.06 | 132.67 ± 25.02 | -0.48 (-0.90; 0.06) | -6.2 (-11.3; - 0.8) | 01/12/1987 | Likely |
| MVC_H pre-24h | 140.08 ± 17.06 | 133.03 ± 23.16 | -0.45 (-0.74; - 0.15) | -5.8 (-9.4; -2.0) | 0/8/92 | Likely |
| MVC_H pre-48h | 140.08 ± 17.06 | 125.17 ± 24.63 | -0.94 (-1.37; -0.50) | -11.7 (- 16.6; -6.5) | 0/0/100 | Almost Certainly |
| MVC_H pre-72h | 140.08 ± 17.06 | 124.61 ± 21.44 | -0.64 (-1.3; -0.15) | -8.2 (-13.9; - 2.0) | 01/06/1993 | Likely |

Nota: para mayor claridad, todas las diferencias se presentan como mejoras (positivas), de modo que las diferencias positivas y negativas van en la misma dirección.

Abreviaturas: MVC_H: fuerza máxima isométrica de isquiotibiales

Chances: porcentaje de probabilidad de tener valores mejores/similares/más pobres.

Análisis entre grupos

En la tabla 4 encontramos el análisis inter-grupos. El análisis de los resultados muestra como no existen diferencias entre ambos grupos, en todos los momentos temporales estudiados.

Tabla 4

Muestras de salto con contramovimiento comparación inter-grupo

| Test | Standardized differences | % (CL90%) | Chances | Outcome |
|----------------|--------------------------|--------------------|----------|---------|
| | CL90% | | | |
| MVC_H pre-post | 0.21 (-0.21; 0.64) | 3.8 (-3.6; 11.7) | 52/42/5 | Unclear |
| MVC_H pre-24h | 0.05 (-0.42; 0.53) | 0.9 (-7.0; 9.6) | 30/51/18 | Unclear |
| MVC_H pre-48h | 0.20 (-0.29; 0.68) | 3.5 (-4.9; 12.5) | 49/42/9 | Unclear |
| MVC_H pre-72h | -0.03 (-0.76; 0.69) | -0.6 (-12.3; 12.7) | 28/37/34 | Unclear |

Nota: para mayor claridad, todas las diferencias se presentan como mejoras (positivas), de modo que las diferencias positivas y negativas van en la misma dirección.

Abreviaturas: MVC_H: fuerza máxima isométrica de isquiotibiales

Chances: porcentaje de probabilidad de tener valores mejores/similares/más pobres

Salto con Contramovimiento (CMJ)

Análisis intra-grupo

Si evaluamos primero al grupo experimental podemos decir que en la relación pre-post test hay un descenso probable del rendimiento, mientras que en las 24h y 48h es muy poco probable y continua la misma tendencia a las 72h, con resultados poco probables. Estos datos se muestran a continuación en la Tabla 5.

Tabla 5

Análisis de los valores de salto con contramovimiento en el grupo experimental

| | Pre-test | Post-test | Standardized differences – CL90% | % (CL90%) | Chances | Outcome |
|--------------|--------------|--------------|-------------------------------------|-------------------|---------|---------------|
| CMJ pre-post | 32.49 ± 4.25 | 30.92 ± 4.29 | -0.36 (0.56; -0.15) | -4.9 (-7.7; -2.1) | 0/10/89 | Likely |
| CMJ pre-24h | 32.49 ± 4.25 | 32.74 ± 3.86 | 0.05 (-0.10; 0.20) | 0.7 (-1.4; 2.8) | 5/95/0 | Very Unlikely |
| CMJ pre-48h | 32.49 ± 4.25 | 32.76 ± 4.26 | 0.02 (-0.15; 0.20) | 0.3 (-2.1; 2.9) | 5/93/2 | Very Unlikely |
| CMJ pre-72h | 32.49 ± 4.25 | 32.31 ± 4.22 | 0.08 (-0.11; 0.26) | 1.1 (-1.6; 3.8) | 13/86/1 | Unlikely |

Nota: para mayor claridad, todas las diferencias se presentan como mejoras (positivas), de modo que las diferencias positivas y negativas van en la misma dirección.

Abreviaturas: CMJ: Counter movement jump (Salto con Contramovimiento)

Chances: porcentaje de probabilidad de tener valores mejores/similares/más pobres.

Con respecto al grupo control podemos decir que no hay diferencias entre el pre-test y los diferentes momentos del post-test, como se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6

Muestras de salto con contramovimiento en el grupo control

| | Pre-test | Post-test | Standardized differences – | % (CL90%) | Chances | Outcome |
|--|----------|-----------|----------------------------|-----------|---------|---------|
|--|----------|-----------|----------------------------|-----------|---------|---------|

| CL90% | | | | | | |
|--------------|--------------|--------------|---------------------|------------------|---------|----------------------|
| CMJ pre-post | 32.92 ± 5.18 | 32.62 ± 5.01 | -0.05 (-0.13; 0.02) | -0.9 (-2.1; 0.4) | 0/100/0 | Almost Certainly not |
| CMJ pre-24h | 32.92 ± 5.18 | 32.80 ± 4.62 | -0.01 (-0.12; 0.11) | -0.1 (-2.0; 1.8) | 0/100/0 | Almost Certainly not |
| CMJ pre-48h | 32.92 ± 5.18 | 32.56 ± 4.53 | -0.06 (-0.18; 0.06) | -1.0 (-2.9; 1.1) | 0/97/3 | Very Unlikely |
| CMJ pre-72h | 32.92 ± 5.18 | 33.33 ± 4.47 | 0.09 (-0.02; 0.21) | 1.6 (-0.3; 3.5) | 6/94/0 | Unlikely |

Nota: para mayor claridad, todas las diferencias se presentan como mejoras (positivas), de modo que las diferencias positivas y negativas van en la misma dirección.

Abreviaturas: CMJ: Counter movement jump (Salto con Contramovimiento)

Chances: porcentaje de probabilidad de tener valores mejores/similares/más pobres.

Análisis entre grupos

Los resultados de los análisis entre grupos se ilustran en la Tabla 7, teniendo en cuenta ambos grupos tanto el experimental como el grupo control. Podemos observar en la tabla como solo hubo un posible efecto positivo en el post-test y a las 48 h, pero a las 72 h tiene resultados poco probables.

Tabla 7

Muestras de salto con contramovimiento comparación inter-grupo

| Test | Standardized differences | | % (CL90%) | Chances | Outcome |
|--------------|--------------------------|--|-------------------|---------|----------|
| | CL90% | | | | |
| CMJ pre-post | -0.25 (-0.49; -0.01) | | -3.9 (-7.4; -0.2) | 0/36/64 | Possibly |
| CMJ pre-24h | 0.10 (-0.10; 0.30) | | 1.5 (-1.6; 4.8) | 19/80/1 | Unlikely |
| CMJ pre-48h | 0.15 (-0.07; 0.38) | | 2.5 (-1.0; 6.1) | 37/63/1 | Possibly |
| CMJ pre-72h | 0.01 (-0.23; 0.25) | | 0.2 (-3.6; 4.0) | 9/83/7 | Unclear |

Nota: para mayor claridad, todas las diferencias se presentan como mejoras (positivas), de modo que las diferencias positivas y negativas van en la misma dirección.

Abreviaturas: CMJ: Counter movement jump (Salto con Contramovimiento)

Chances: porcentaje de probabilidad de tener valores mejores/similares/más pobres.

4. Discusión

El presente estudio tuvo como objetivo investigar en jóvenes físicamente activos el efecto del uso de WB_EMS tras un protocolo de sprint repetidos, sobre marcadores de salto y fuerza en diferentes momentos: 30 min, 24 h, 48 h y 72 h. Nuestros resultados mostraron que durante el periodo de recuperación posterior a los sprint hubo algunas alteraciones significativas en parámetros de rendimiento neuromuscular de las extremidades inferiores en el salto. La comparación inter-grupos en el post del CMJ hubo mejoras con respecto al pre, a las 24 h disminuyó el rendimiento para luego volver a aumentar la probabilidad de mejora a las 48 h y terminar a las 72 horas con un registro poco claro y nada concluyente del grupo experimental con respecto al grupo control.

Con respecto a estudios previos que examinaron cambios en salto o rendimiento de fuerza (Ascensão et al., 2008; Andersson et al., 2008; Bailey et al., 2007; Kingsley, Wadsworth, Kilduff, McEneny y Benton, 2005; Krstrup et al., 2006; Magalhães et al., 2010) el esfuerzo resulta un deterioro en el rendimiento que se ve disminuido a las 24-72 h, en nuestro caso los sprint causaron un deterioro que disminuye en el post y a las 48 h gracias al uso de la electroestimulación en la comparación intergrupo.

Para Brownstein et al (2017), la altura de salto de contramovimiento se redujo pre-partido a después del partido en un $5 \pm 8\%$ (43.4 ± 5.1 vs. 41.0 ± 4.6 cm, $P = 0.03$, $d = 0.47$) y a las 24 h en un $4 \pm 6\%$ (41.5 ± 4.6 cm, $P = 0.02$, $d = 0.39$) pero se recuperó a las 48 h (42.8 ± 5.2 cm, $P = 0.34$); ocurre a las 48 h como en nuestro estudio, que pasa de disminuir el rendimiento en las 24 h a volverlo a recuperar un leve a las 48 h.

En otro estudio previo, San Román et al. (2010) analizaron en jugadores de baloncesto el CMJ antes, durante y después de la competición. Se demuestra en los resultados que la capacidad de salto empeora durante la competición ($F= 89.29$, $p= 0$), se ve disminuida en el descanso (de 52.7 cm a 50.2 cm ($p < 0.05$)) y al finalizar el partido con unos valores de 49.0 cm ($p < 0.05$). Además, la altura del salto fue disminuyendo después de finalizar el partido tomando la última y peor toma 7 min después de finalizar (42.2 ± 2.4 cm), lo que refiere a un descenso del rendimiento del $19.8 \pm 4.8\%$. Los resultados del CMJ muestran una disminución significativa de la capacidad de salto de los jugadores a lo largo del partido y al finalizar éste, como ocurre con jugadores de otros deportes de equipo como el balonmano (Thorlund et al., 2008) o el fútbol (Andersson et al., 2008).

En el estudio de de Hoyo et al. (2016) se ve disminuida la altura de CMJ sobre todo a las 24 h ($-13.98 \pm 6.33\%$), seguidamente se recuperó un poco, pero siguió cercana a esa cifra a las 48 h. Similares cambios mostraron Magalhães et al. (2010), quienes percibieron una reducción de $\pm 12\%$ que seguía siendo evidente después de 72 h del partido. Estos resultados coinciden con los estudios previos ya que hay variabilidad sustancial en el déficit de altura del CMJ obtenido después de un partido de fútbol u otra competición deportiva intermitente de alta intensidad.

Centrándonos en los marcadores de fuerza obtenidos en el grupo experimental, en el post-test no hay nada concluyente, pero a medida que avanzamos a las 24 h y 48 h pasa de posible a muy posible el descenso de fuerza en isquiotibiales, pero a las 72 h no hay valores concluyentes. En cambio, en el grupo control en el post-test ya empieza a haber un empeoramiento que perdura hasta las 24-72 h Si nos fijamos en la comparación inter-grupos no obtenemos ningún dato concluyente del rendimiento de la fuerza en isquiotibiales.

Según Rodríguez et al (2006) compararon los torques entre jugadores de rugby y de fútbol además de los ratios mixtos de isquiotibiales excéntrico a $60^{\circ} \text{ seg}^{-1}$ /cuádriceps concéntrico $60^{\circ} \text{ seg}^{-1}$ y el ratio mixto a diferentes velocidades isquiotibiales excéntrico $30^{\circ} \text{ seg}^{-1}$ /cuádriceps concéntrico $240^{\circ} \text{ seg}^{-1}$. Se hallaron diferencias en la fuerza muscular del cuádriceps entre los jugadores de fútbol y de rugby, con valores mayores en los de rugby. Además se encontraron diferencias en el ratio mixto entre jugadores de fútbol y rugby ($0,9 \pm 0,22$ vs $0,67 \pm 0,17$, $p = 0,0017$). No obtuvieron diferencias en la fuerza excéntrica isquiotibial entre ninguno de los grupos ni en el ratio mixto isquiotibiales excéntrico $30^{\circ} \text{ seg}^{-1}$ /cuádriceps concéntrico $240^{\circ} \text{ seg}^{-1}$ entre los jugadores de rugby.

Por parte de H. D. Svetlize (2001) se estudiaron los movimientos de flexión y extensión usando un protocolo de cinco contracciones musculares máximas voluntarias bidireccionales con tres velocidades angulares diferentes: 60, 180 y $240^{\circ}/\text{seg}$. El flexor de rodilla logra su pKTQ en los ángulos 35° - 36° , a mayores velocidades angulares el pKTQ se consigue en el rango final de la flexión. En cuanto a la relación pKTQ/peso corporal, indica que los flexores producen 2 y 1,93 Nwm/kg. A $60^{\circ}/\text{seg}$; haciendo que disminuya el torque final por cada kilogramo de peso corporal cuanto más altas sean las velocidades. Por lo tanto, a medida que iba aumentando la velocidad, iba disminuyendo la eficacia.

El estudio de Johagen (1994) realizado con velocistas lesionados y no lesionados de esta musculatura, se realizaron de forma excéntrica a 30, 180 y $230^{\circ}/\text{seg}$ y concéntricas a 30, 180 y 270° , donde éstas últimas se probaron a más velocidad angular que las excéntricas. El rango de movimiento de los isquiotibiales en los velocistas no lesionados fue de 74.1° , mientras que en los lesionados fue de 67.2° , siendo esta una diferencia bastante significativa. La medida de contracción de los isquiotibiales a 30,

180 y 230°/seg fue significativamente mayor ($P < 0.01$, $P < 0.01$, y $P < 0.001$, respectivamente).

5. Conclusión

El presente estudio analizó el efecto de la electroestimulación sobre la evolución temporal de la fuerza y la capacidad de salto tras un protocolo de RSA. Con respecto a la primera variable, CMJ, los datos obtenidos en la comparación inter-grupo son variados según el post en el que nos encontremos ya que va oscilando comenzando con buenos resultados en el post, luego poca significación para volver a obtener posibilidad de mejora a las 48 h. Si estudiamos la segunda variable nos damos cuenta que no obtenemos datos concluyentes en la comparación intergrupos, por lo tanto no podemos llegar a una conclusión de mejora. Debemos de tener en cuenta que un esfuerzo de RSA, el cual produce fatiga, provoca deficiencias sustanciales en el sistema nervioso central y la función muscular, que requieren de hasta 48 h para resolverse (Brownstein et al. 2017).

En estudios previos se ha podido observar como el CMJ y la MVC realizados pre y post aunque haya entre ellos tiempo de descanso, si hay actividad de por medio se obtienen peores resultados que en el pre, pero en ningún momento habla de los chalecos como medida de recuperación de la fatiga, sino de estrategias ergonutricionales para retrasar la fatiga por ejemplo durante un partido y acelerar la recuperación después de éste.

Como resumen a todo lo anterior, podemos concluir diciendo que el chaleco de electroestimulación es un método que tiene un efecto poco efectivo de recuperación tras un protocolo de RSA que produce fatiga sobre el CMJ post salto y a las 48 h, pero no hay diferencias a las 24 h y para las 72 h, no hay nada resultante; mientras que para la segunda variable a investigar (CMJ) se observa que los datos no son concluyentes.

6. Referencias bibliográficas

1. Aagaard P, Simonsen EB, Trolle M, et al. (1995): Isokinetic hamstring/quadriceps strength ratio: Influence from joint angular velocity, gravity correction and contraction mode. *Acta Physiol Scand* 154: 421-427.
2. 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.
3. 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.
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. Beck TW, Housh T, Jhonson GO, Schmitdt RJ, Housh DJ, Coburn JW, Malek MH, Mielke M. (2007). Effects of a protease supplement on eccentric exercise-induced markers of delayedonset muscle soreness and muscle damage. *Jof Strength and Conditioning Research*, 21 (3):661-7.
6. Blasco, R., Rubio, J., Anguera, A., Ayllón, A., Ramos, D., & Jiménez, J. (2012). Suplementación con bromelina en el daño muscular producido durante el ejercicio físico excéntrico. Estudio bromesport. *Archivos de medicina del deporte*, 29(150), 769-783.

7. Brownstein, C. G., Dent, J. P., Parker, P., Hicks, K. M., Howatson, G., Goodall, S., & Thomas, K. (2017). Etiology and Recovery of Neuromuscular Fatigue following Competitive Soccer Match-Play. *Frontiers in Physiology*.
8. Calderón Martínez, X., Montero Orellana, M.J. (2004). Correlación entre torque isocinético máximo de cuádriceps y potencia de la cadena muscular de la extremidad inferior. (Tesis doctoral). Facultad de Medicina. Universidad de Chile.
9. De Hoyo, M. et al. (2013). Revisión sobre la lesión de la musculatura isquiotibial en el deporte: factores de riesgo y estrategias para su prevención. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*. Vol.6, n.1, pp.30-37. ISSN 2172-5063.
10. De Hoyo, M., Naranjo-Orellana, J., Carrasco, L., Sañudo, B., Jiménez-Barroca, J. J., & Domínguez-Cobo, S. (2013). Revisión sobre la lesión de la musculatura isquiotibial en el deporte: factores de riesgo y estrategias para su prevención. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 6(1), 30-37.
11. Espinar Fuentes, J. (2018). Efectos de la fatiga local y general sobre la propiocepción de la articulación de la rodilla en jugadores de Fútbol amateurs. (Trabajo Fin de Grado Inédito). Universidad de Sevilla, Sevilla.
12. Gómez-Campos, R.; Cossio-Bolaños, M.A.; Brousett Minaya, M. y Hochmuller-Fogaca, R.T. Mecanismos implicados en la fatiga aguda. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 10 (40): 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. Jiménez, P., Cuadrado, V., González, J.J. (2015). Analysis of variables measured in vertical jump related to athletic performance and its application to training. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 6 (17), 113-119.
15. Jonhagen, S., Németh, G., Eriksson, E. (1994). Hamstring injuries in sprinters. The role of concentric and excentric hamstring muscle strength and flexibility. *Am J Sports Med* 22: 262-266.
16. 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.
17. Lewis, E. J. H., Stucky, F., Radonic, P. W., Metherel, A. H., Wolever, T. M. S., & Wells, G. D. (2017). Neuromuscular adaptations to sprint interval training and the effect of mammalian omega-3 fatty acid supplementation. *European Journal of Applied Physiology*, 117(3), 469–482.
18. Lugo, A., García, G., Gómez, R. (2006) Confiabilidad del cuestionario de calidad de vida en salud SF-36 en Medellín, Colombia.
19. McHorney CA, Ware JE, Lu JF, Sherbourne CD. (1994) 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*, 32(1):40-66.
20. Miller PC, Bailey SP, Barnes ME. (2004). The effects of protease supplementation on skeletal muscle function and DOMS following downhill running. *J of Sports Sci*, 22:365-72.
21. 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.

22. Nosaka K, Newton M. (2002). Difference in the magnitude of muscle damage between maximal and submaximal eccentric loading. *J Strength Cond Res*, 16(2):202-8.
23. 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.
24. Rodríguez, D., Noel Seara, M., & Glavina, B. (2006). Ratios isocinéticos de flexo-extensores de rodilla en jugadores de fútbol y rugby. *Revista Iberoamericana de Fisioterapia y Kinesiología*, 9(2), 46–51.
25. 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.
26. San Román, J.; Calleja-González, J.; Castellano, J.; Casamichana, D. (2010). Análisis de la capacidad de salto antes, durante y después de la competición en jugadores internacionales junior de baloncesto. *Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, 21(6), 311-321.
27. Scherrer, J. (1991). La fatiga. Barcelona: Paidotribo.
28. Stanton, R., Kean, C. O., & Scanlan, A. T. (2015). My Jump for vertical jump assessment. *British Journal of Sports Medicine*, 49 (17), 1157-1158.
29. Suarez-Arrones, L., Tous-Fajardo, J., Núñez, J., Gonzalo-Skok, O., Gálvez, J., & Méndez-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.

30. Svetlize, H., (1991). Dinamometría muscular isocinética. *Medicina Buenos Aires*. Vol. 51 N° 1-991.
31. Terrados Cepeda N, Mora-Rodríguez R, Padilla Magunacelaya S. (2004). La recuperación de la fatiga del deportista. Madrid: Editorial Gymnos.
32. 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.
33. 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.
34. Vittori, C (1976). Esperienze sulla distribuzione dello sforzo nelle gare di velocità. *Società Stampa Sportiva Roma*.
35. 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.
36. Worrell TW, Pernn DH, Gansneder BM, et al. (1991). Comparison of isometric strength and flexibility measures between hamstring injured and noninjured athletes *J Orthop Sports Phys Ther* 13. 118-125.