



Moreno-Leiva, G.; Álvarez-Zúñiga, M.; Arias-Poblete, L.; Cabezas-Cáceres, C.; Mansilla-Sepúlveda, J.; Veliz-Burgos, A. (2019). Cambios en la potencia muscular de gastrocnemios a corto plazo posterior a electroestimulación de baja y media frecuencia en voleibolistas de élite. *Journal of Sport and Health Research*. 11(Supl 2):91-104.

Original

CAMBIOS EN LA POTENCIA MUSCULAR DE GASTROCNEMIOS A CORTO PLAZO POSTERIOR A ELECTROESTIMULACIÓN DE BAJA Y MEDIA FRECUENCIA EN VOLEIBOLISTAS DE ÉLITE

CHANGES IN GASTROCNEMIUS MUSCLE POTENCY IN SHORT-TERM POST LOW AND MEDIUM ELECTRICAL STIMULATION IN ELITE VOLLEYBALL PLAYERS

Moreno-Leiva, G.¹; Álvarez-Zúñiga, M.¹; Arias-Poblete, L.²; Cabezas- Cáceres, C.¹; Mansilla-Sepúlveda, J.³; Véliz Burgos, A.⁴

¹ Universidad de Las Américas, Chile

² Universidad Andrés Bello, Chile

³ Universidad Católica de Temuco, Chile

⁴ Universidad de Los Lagos, Chile

Correspondence to:

Germán Moreno Leiva

Facultad Ciencias de la Salud. Universidad de las Américas.

Av. Walker Martínez 1360. Santiago. Chile
gmoreno@udla.cl

Edited by: D.A.A. Scientific Section
Martos (Spain)



Received: 19/03/2019

Accepted: 02/05/2019



RESUMEN

La electroestimulación neuromuscular es uno de los agentes físicos más usados en fisioterapia. Existe consenso respecto a que la electroestimulación combinada con ejercicios pliométricos generan un efecto positivo en el desarrollo de fuerza muscular a corto plazo, sin embargo, se hace necesario estudiar si la electroestimulación de baja y media frecuencia por sí sola, pueden generar cambios en esta capacidad física. La muestra consistió en 30 deportistas de élite, de género masculino, entre 20 y 30 años de edad. Los participantes fueron expuestos a 3 intervenciones con una semana de desfase. En una primera instancia se aplicó un protocolo de ejercicios de contracción concéntrica de gastrocnemios (CC). A la siguiente semana se realizó electroestimulación de baja frecuencia (BF) y finalmente a la tercera semana se realizó la electroestimulación de media frecuencia (MF). Durante las 3 instancias se realizó una evaluación de la medida de resultado, pre y post intervención. Los datos fueron analizados con la prueba Shapiro Wilk para comprobar la normalidad, utilizando las pruebas t de student y de Wilcoxon para comparar los valores pre y post intervención. Las comparaciones de las medidas de resultados entre las distintas intervenciones se analizaron con la prueba Kruskal – Wallis. Los resultados obtenidos para la potencia (W) son CC pre: 357.068 ± 124.724 , CG post: 354.552 ± 133.291 ($p=0.652$); BF pre: 352.938 ± 117.387 , Post: 369.796 ± 131.840 ($p=0.298$); MF pre: 355.157 ± 112.685 , post: 369.417 ± 142.677 ($p=0.628$) e intergrupos ($p=0.895$). los resultados muestran cambios, estos no son estadísticamente significativos para las distintas modalidades de intervención, sugiriendo que no existen cambios en la potencia de gastrocnemios post electroestimulación de baja y media frecuencia.

Palabras clave: Electroestimulación - Squat Jump - corriente NMES - corriente Rusa - contracción concéntrica.

ABSTRACT

Electrical stimulation (ES) Neuromuscular electrostimulation is one of the most used physical agents in physiotherapy. There is consensus that electrostimulation combined with plyometric exercises generate a positive effect on the development of muscle strength in the short term, however, it is necessary to study whether low and medium frequency electrostimulation alone can generate changes in this capacity physical. The sample consisted of 30 high performance athletes, male, between 20 and 30 years of age. Participants were exposed to 3 interventions with one week of lag. In the first instance, a protocol of concentric contractions of gastrocnemius (CC) was applied. The following week, low-frequency electrostimulation (BF) was performed and finally, at the third week, medium-frequency electrostimulation (MF) was performed. During the 3 instances, an evaluation of the outcome measure, pre and post intervention, was carried out. The data were analyzed with the Shapiro Wilk test to check normality, using the student and Wilcoxon t tests to compare the pre- and post-intervention values. The comparisons of the outcome measures between the different interventions were analyzed with the Kruskal - Wallis test. The results obtained for the power (W) are CC pre: 357.068 ± 124.724 , CG post: 354.552 ± 133.291 ($p = 0.652$); BF pre: 352.938 ± 117.387 , Post: 369.796 ± 131.840 ($p = 0.298$); Pre MF: $355,157 \pm 112,685$, post: $369,417 \pm 142,677$ ($p = 0.628$) and intergroups ($p = 0.895$). Although the results show changes, these are not statistically significant for the different intervention modalities, suggesting that there are no changes in the power of gastrocnemius post-electro-stimulation of low and medium frequency.

Keywords: Electrostimulation- Squat Jump- NMES current –Russian current- concentric contraction



INTRODUCCIÓN

La aplicación de electro-estimulación neuromuscular (EENM), es uno de los agentes físicos de rehabilitación más utilizados (Cameron 2013). La mayoría de las aplicaciones de electro-estimulación se basan en la capacidad de despolarizar el nervio para generar potenciales de acción. Una vez generado éste potencial por una corriente eléctrica, el cuerpo responde de la misma forma que lo hace un potencial de acción fisiológico, además, puede estimular nervios sensitivos, produciendo sensación placentera o dolorosa en nervios motores que provocan contracciones musculares. La electro-estimulación genera efectos iónicos por ondas desequilibradas, independiente de cualquier potencial de acción (Cameron, 2013; Martin, 2008). También se ha comprobado que esta modalidad de intervención, combinada con ejercicios pliométricos aumentan la fuerza muscular (Affiuleti, 2002).

En cuanto al salto vertical, este se define como la elevación del centro de gravedad manifestado de una forma explosiva con respecto al esfuerzo muscular, realizando una acción efectiva sin apoyo en el aire (Acero, 2008; Aguado, 1999; Bosco, 2000; Komi, 1992), ejecutándose a través de parámetros como potencia, velocidad, altura y tiempo.

Por otro lado, la altura de salto en los jugadores de voleibol, se incrementa considerablemente con entrenamientos de electro-estimulación sumado a ejercicios pliométricos (Herrero, 2006; Pantovic, 2015), sin embargo, no existen antecedentes que avalen el uso de la electro-estimulación por sí sola en el aumento de la potencia muscular a nivel de gastrocnemios en este tipo de sujetos de estudio.

Es por lo anterior que se plantea comprobar si existen efectos agudos de la electroterapia de baja y media frecuencia sobre la potencia de los músculos gastrocnemios en voleibolistas de alto rendimiento.

MATERIAL Y MÉTODO

Diseño

El presente estudio es del tipo cuantitativo con un diseño cuasiexperimental con el objetivo de comprobar si existen cambios en la potencia muscular post electro estimulación de baja y media frecuencia en voleibolistas.

Participantes

La muestra estuvo conformada por 30 voleibolistas de élite, provenientes de un club en Santiago de Chile, que aceptaron participar del estudio de forma voluntaria, previa lectura y firma del consentimiento informado. Señalar que la presente investigación se ajustó a lo establecido por la Declaración de Helsinki y aprobada por el departamento técnico del club. Se evaluaron los participantes en tres oportunidades, con una semana de desfase entre cada evaluación. Cabe destacar que la muestra no estuvo contaminada desde una perspectiva fisiológica, ya que al ser evaluados en tres oportunidades no debieran generar adaptaciones (Keeton, 2006; Laufer, 2008; Dechateau, 2010), puesto que mantienen sus condiciones de entrenamiento habituales en ese periodo de tiempo.

Variables

Las variables independientes fueron la electroestimulación de media y alta frecuencia, las cuales estaban asociadas a contracción concéntrica de gastrocnemios, la prueba control solo se efectuó con contracción concéntrica de gastrocnemios sin ningún tipo de electroestimulación. Las variables dependientes fueron Altura, velocidad, tiempo y potencia de salto.



Criterios de inclusión

- Género masculino
- Edad entre 20-30 años (Stevenson, 2000).
- Porcentaje de grasa menor a 20% (OMS, 2015)
- Deben haber comido al menos 4 horas antes de la ejecución del salto (Olivos, 2012; Williams, 2002).

Criterios de exclusión:

- Usuarios con patologías cardíacas o circulatorias (Plaja, 1998).
- Usuarios con tromboflebitis o trombosis arterial o venosa (Plaja, 1998).
- Usuarios con deterioro mental o problemas en la sensibilidad cutánea (Wilmore, 1994).
- Usuarios con irritación de la piel o heridas abiertas (Alvero, 2011).
- Usuarios que usen drogas recreativas o hayan ingerido alcohol al menos una semana antes del estudio (Gaudio, 2010).
- Usuarios que hayan realizado actividades deportivas previas a evaluación al menos 6 horas antes de la ejecución del salto (Grosser, 1998).
- Incapacidad de realizar correctamente el gesto deportivo y postura del Squat Jump.

Instrumento de evaluación

La plataforma de Fuerza utilizada fue la “Axon Jump”, comandado por software Axon Jump. La plataforma es un instrumento validado por profesionales del área biomecánica y utilizado en varios estudios (González, 2002). La composición corporal se evaluó a través de un bioimpedanciometro InBody 370 (Fukii, 2017). El electroestimulador de baja y media frecuencia fue el 200 L Combi de GymnaUniphy, un equipo electroestimulador que permite generar corrientes con 2 canales independientes.

Protocolo del estudio

Los participantes fueron expuestos a 3 intervenciones con una semana de desfase, en donde durante las 3 instancias se realizó una evaluación de la medida de resultado (potencia muscular en el salto vertical, valor entregado por la plataforma de fuerza), pre y post intervención. Es importante señalar, que los sujetos debían haber comido al menos 4 horas antes y no deben haber realizado actividad física intensa en las últimas 6 horas. Durante en el transcurso de la prueba, los sujetos fueron alentados verbalmente para conseguir óptimos resultados. Para evitar el sesgo asociado al afecto aprendizaje, cada participante se familiarizo con el instrumento, realizando 20 repeticiones de salto sobre la plataforma, lo cual permitió adecuarse a las condiciones de la prueba.

En primer lugar, se les aplicó un protocolo de ejercicios de contracción concéntrica de gastrocnemios (CC), el cual se utilizó con el fin de objetivar los cambios de la potencia muscular sin aplicación de electroterapia, de esta manera se obtiene un registro de los cambios de las variables para contracción concéntrica sin un aparato externo, y posteriormente comparar los resultados y variaciones de potencia con los protocolos de electroestimulación establecidos. Para tales fines, el sujeto de estudio se ubicó descalzo sobre la plataforma de fuerza, en donde se le dieron indicaciones sobre la ejecución del SJ. El sujeto realizó el SJ en tres oportunidades obteniendo el mejor resultado. Posteriormente procedió a realizar contracciones concéntricas de gastrocnemios (levantando talones de ambas extremidades) durante 10 segundos seguidos de 50 segundos de descanso por un tiempo de 10 minutos. Posterior a las contracciones realizadas el sujeto de estudio realiza el SJ en la plataforma de fuerza durante 3 oportunidades, registrando el mejor resultado.

A la siguiente semana se realizó la electroestimulación de baja frecuencia (BF). El



participante realizó el SJ en tres oportunidades considerando solo el mejor resultado. Posteriormente el sujeto procedió a realizar contracciones concéntricas de gastrocnemios (levantando talones de ambas extremidades) durante 10 segundos, asociados a electroestimulación de baja frecuencia con una corriente pulsada con duración de fase de 300 microsegundos y una frecuencia de estimulación de 30 Hz, a una amplitud del máximo estímulo tolerable. Lo anterior fue seguido de 50 segundos de descanso, todo este procedimiento se repitió hasta completar 10 minutos. Luego realizó el salto Squat Jump en tres oportunidades, registrando el mejor de los saltos.

Finalmente, a la tercera semana se realizó la electroestimulación de media frecuencia (MF), utilizando el mismo protocolo que en las instancias anteriores, en donde la única diferencia fue que al momento de la intervención se aplicó una corriente portadora de 2.500 Hz, frecuencia de estimulación de 50 Hz, con una amplitud de estímulo al máximo tolerable

Ejecución del salto

Se enseñó a los deportistas la correcta ejecución del salto Squat Jump, de la siguiente forma:

- Posición erguida con flexión de codo en 90° y apoyo de las manos sobre las caderas.
- Flexión de rodilla de 90°.
- Realizar despegue de ambos pies, logrando un salto vertical.

Durante el salto, el tronco debe permanecer recto, y manos fijas en la cadera, así se evita cualquier influencia sobre el trabajo a nivel de miembro inferior.

Análisis de datos.

Los datos recopilados fueron ingresados al software Microsoft Excel® y luego fueron analizados con el software SPSS versión 23.0. Para verificar la normalidad de los datos se aplicó la prueba Shapiro-Wilk, si los datos tuvieron una distribución normal se aplicó la prueba t de student, de lo contrario se usó la prueba de Wilcoxon. Para realizar una comparación entre los grupos se utilizó la prueba Kruskal-Wallis. Todas las pruebas fueron analizadas con un α menor al 0.05. En función de lo anterior se analizaron las variables, altura alcanzada durante el salto (h), tiempo de vuelo (T), velocidad de desplazamiento (V) y potencia (W).

RESULTADOS

En relación a las características generales de la muestra (Tabla 1) tenemos que el peso medio de los sujetos de estudio era de 72,06 Kgrs con una desviación estándar de 8,95 Kgrs, el porcentaje de grasa promedio era de un 16,51% con una desviación estándar de 2,56% y la edad promedio era de 24,1 años con una desviación estándar de 3,44 años.

Tabla 1: Características generales de la muestra en media y desviación estándar (DS).

Datos iniciales	
Número de sujetos	30
Peso media	72.06
Peso DS	8.94
% grasa promedio	16.51
% grasa DS	2.56
Edad media	24.1
Edad DS	3.44



En relación a la variable altura (Tabla 2 y Gráfico 1), los valores de las medias no difieren significativamente entre ellos, tanto para las comparaciones intragrupos como para las intergrupos, obteniendo valores estadísticamente no significativos en todas las comparaciones. Los valores obtenidos para el grupo control (contracción concéntrica) son de 0.27 ± 0.06 mts pre intervención y de 0.27 ± 0.03 mts para la post intervención. La intervención con

electroestimulación de baja frecuencia se obtuvieron valores de 0.27 ± 0.07 mts pre intervención y de 0.27 ± 0.03 mts post intervención. Para la intervención de media frecuencia se obtuvo un valor de 0.26 ± 0.06 mts pre intervención y de 0.27 ± 0.06 mts post intervención.

Tabla 2: Datos de altura (metros) para las tres intervenciones con su respectiva media y desviación estándar pre y post intervención, para el grupo de contracción concéntrica de gastrocnemios (CC), con electroestimulación de baja frecuencia (BF) y electroestimulación de media frecuencia (MF).

Variable	Modalidad de Intervención	Media y Dev. Estándar Pre-Intervención	Media y Dev. Estándar Post-Intervención	Nivel de Significancia
Altura (mts)	CC	0.27 (0.06)	0.27 (0.06)	0.78
	BF	0.27 (0.07)	0.27 (0.06)	0.31
	MF	0.26 (0.06)	0.27 (0.06)	0.13
Nivel de significancia inter-grupos		0.87	0.79	

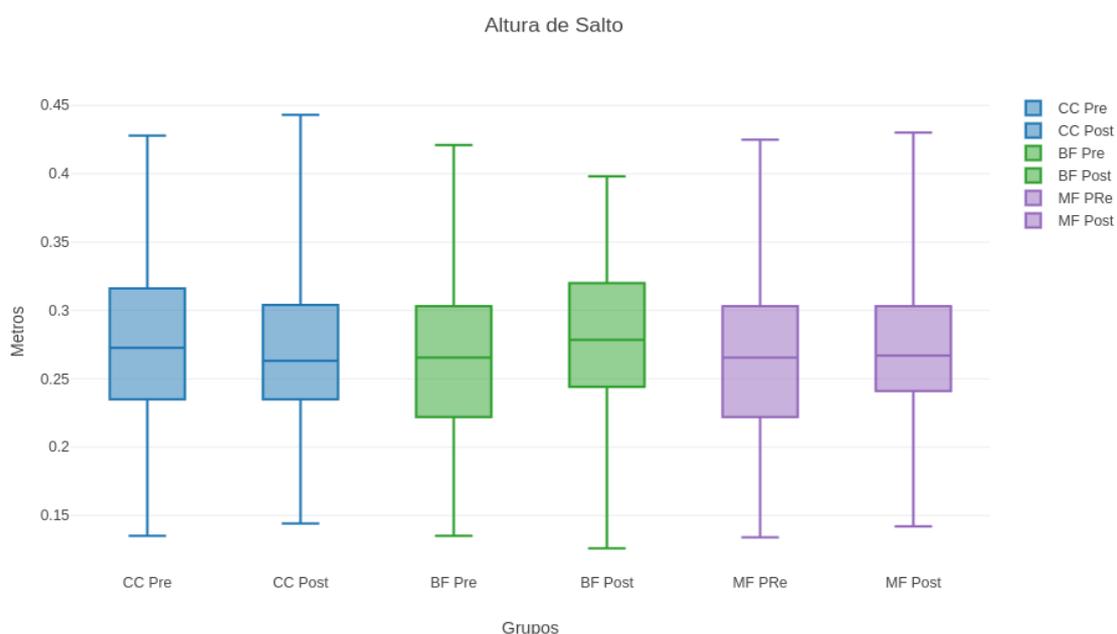


Gráfico 1: Comparación de altura de los tres grupos pre y post intervención. Contracción concéntrica de gastrocnemio (CC), electroestimulación de baja frecuencia (BF) y electroestimulación de media frecuencia (MF).



En relación a la variable tiempo (Tabla 3 y Gráfico 2), se puede observar que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las comparaciones pre y post intervención, así como también entre los distintos grupos de intervención.

Para la intervención control, se obtuvo un valor de 0.47 ± 0.06 seg pre intervención y de 0.46 ± 0.05

seg post intervención, para la intervención con electroestimulación de baja frecuencia se obtuvo un valor de 0.47 ± 0.06 seg pre intervención y de 0.47 ± 0.05 seg post intervención, para la intervención de electroestimulación de media frecuencia se obtuvo un valor de 0.47 ± 0.05 seg pre intervención y de 0.47 ± 0.06 seg post intervención.

Tabla 3: Datos de tiempo de vuelo (segundos) para las tres intervenciones con su respectiva media y desviación estándar para el grupo de contracción concéntrica de gastrocnemios (CC), con electroestimulación de baja frecuencia (BF) y electroestimulación media frecuencia (MF).

Variable	Modalidad de Intervención	Media y Desv. Estándar Pre-Intervención	Media y Desv. Estándar Post-Intervención	Nivel de Significancia
Tiempo (seg)	CC	0.47 (0.06)	0.46 (0.07)	0.42
	BF	0.47 (0.06)	0.47 (0.06)	0.18
	MF	0.47 (0.05)	0.47 (0.06)	0.46
Nivel de significancia inter-grupos		0.89	0.82	

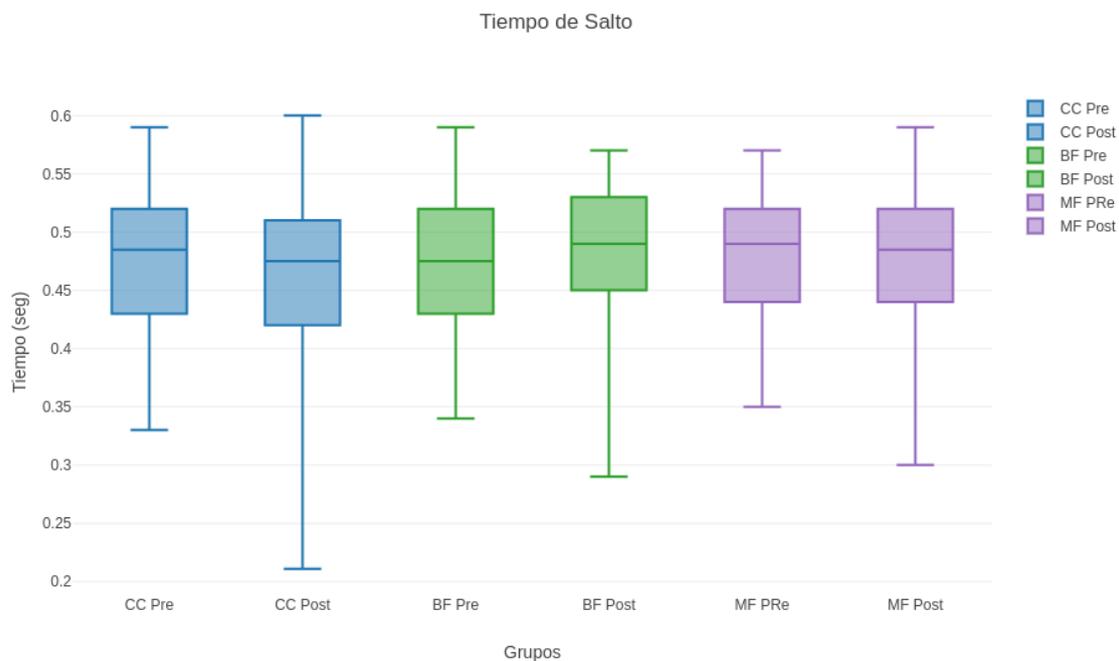


Gráfico 2: Comparación del tiempo de vuelo de los tres grupos pre y post intervención. Contracción concéntrica (CC), electro estimulación de baja frecuencia (BF), electro estimulación de media frecuencia (MF).



Para la variable velocidad (Tabla 4 y gráfico 3), se puede observar que no existen diferencias estadísticamente significativas en las mediciones pre y post intervención, así como también en las comparaciones entre los distintos grupos. Para la intervención control se obtuvo un valor de 2.32 ± 0.25 m/seg pre intervención y un valor de 2.58 ± 0.32 m/seg post intervención, para la intervención

con electroestimulación de baja frecuencia se obtuvo un valor de 2.27 ± 0.28 m/seg pre intervención y un valor de 2.30 ± 0.27 m/seg post intervención, para la intervención con media frecuencia se obtuvo un valor de 2.26 ± 0.26 m/seg pre intervención y un valor de 2.29 ± 0.26 m/seg post intervención.

Tabla 4: Datos de velocidad (m/seg) para las tres intervenciones con su respectiva media y desviación estándar para el grupo de contracción concéntrica de gastrocnemios (CC), con electroestimulación de baja frecuencia (BF) y electroestimulación media frecuencia (MF).

Variable	Modalidad de Intervención	Media y Desv. Estándar Pre-Intervención	Media y Desv. Estándar Post-Intervención	Nivel de Significancia
Velocidad (m/s)	SJ	2.32 (0.25)	2.58 (0.32)	0.60
	BF	2.27 (0.28)	2.30 (0.27)	0.15
	MF	2.26 (0.26)	2.29 (0.26)	0.10
Nivel de significancia inter-grupos		0.65	0.43	

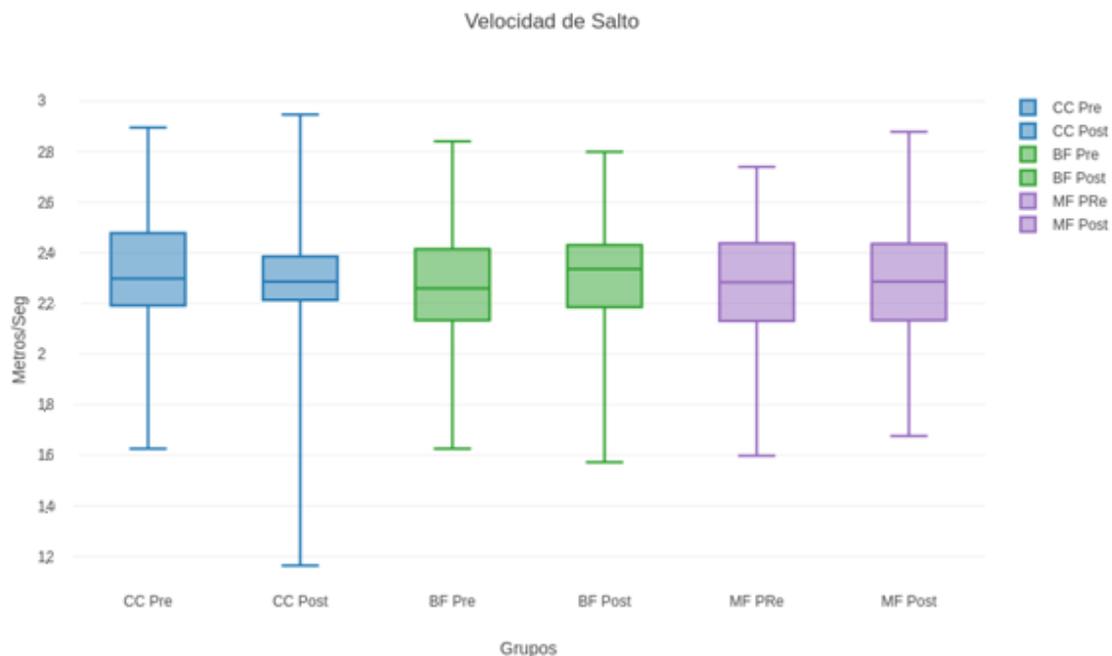


Gráfico 3: Comparación de la velocidad de los tres grupos pre y post intervención. Contracción concéntrica (CC), electroestimulación de baja frecuencia (BF) y electroestimulación de media frecuencia (MF).



Para la variable potencia (Tabla 5 y Gráfico 4), se puede observar que no existen diferencias estadísticamente significativas en las mediciones pre y post intervención para los distintos grupos, así como también entre los grupos de intervención. Para la intervención control se obtuvo un valor de 357.06 ± 124.72 watts pre intervención y un valor de 354.55 ± 133.29 watts post intervención, para la intervención con

electroestimulación de baja frecuencia se obtuvo un valor de 352.93 ± 117.38 watts pre intervención y un valor de 369.79 ± 131.84 post intervención y para la intervención de electroestimulación de media frecuencia se obtuvo un valor de 355.15 ± 112.68 watts pre intervención y un valor de 369.41 ± 142.67 watts post intervención.

Tabla 5: Datos de potencia (Watts) para las tres intervenciones con su respectiva media y desviación estándar para el grupo de contracción concéntrica de gastrocnemios (CC), con electroestimulación de baja frecuencia (BF) y electroestimulación media frecuencia (MF).

Variable	Modalidad de Intervención	Media y Desv. Estándar Pre-Intervención	Media y Desv. Estándar Post-Intervención	Nivel de Significancia
Potencia (Watts)	SJ	357.06 (124.72)	354.55 (133.29)	0.65
	BF	352.93 (117.38)	369.79 (131.84)	0.29
	MF	355.15 (112.68)	369.41 (142.67)	0.62
Nivel de significancia inter-grupos		0.86	0.48	

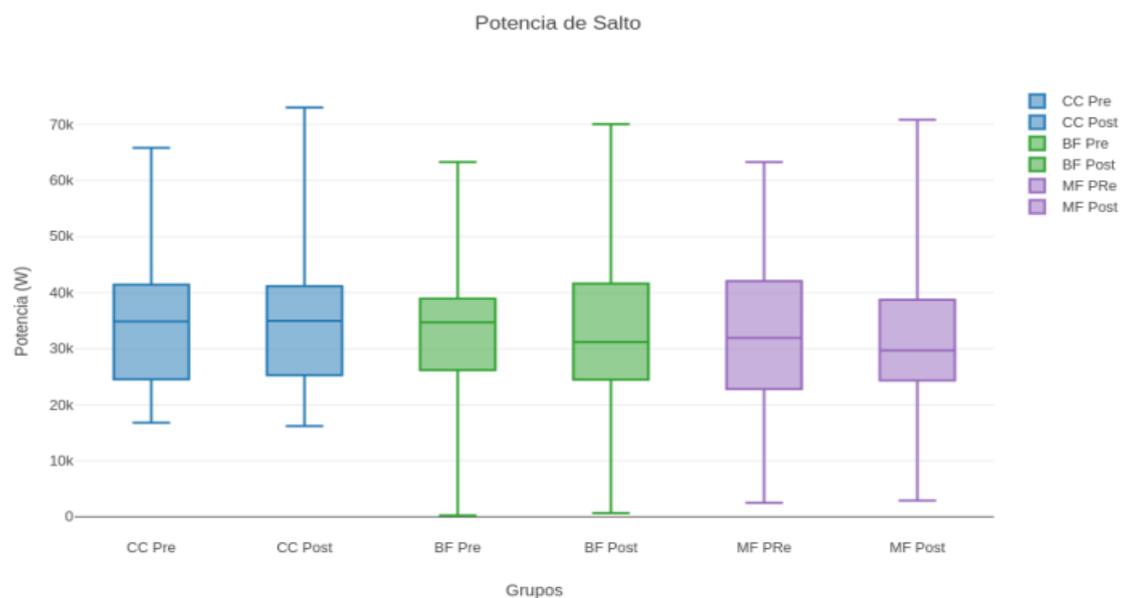


Gráfico 4: Comparación de la potencia de los tres grupos pre y post intervención. Contracción concéntrica (CC), electroestimulación de baja frecuencia (BF) y electro estimulación de media frecuencia (MF).



DISCUSIÓN

Considerando los objetivos de la investigación, se comprobó que no existen cambios estadísticamente significativos en la potencia generada a corto plazo por los músculos gastrocnemios al ser intervenidos con electroestimulación de baja y media frecuencia. En relación a la contracción voluntaria no se puede alcanzar un 100% de la tensión máxima, ya que no se reclutan todas las unidades motoras y la descarga de la motoneurona no es máxima (Sinacore, 1990). Debido a esto, el uso NMES ha sido una herramienta terapéutica de gran utilidad en la rehabilitación de pacientes, como terapia adjunta a un régimen de ejercicios (Cofré et al., 2018; Laufer, 2008; Delitto, 1988; Ward, 2009).

Con la NMES adecuadamente seleccionada, podría disminuir el déficit de la fuerza en un 10% al reclutar unidades motoras que no están actuando en la contracción voluntaria. También la EENM empleando su régimen de “corriente rusa” produce un aumento del 40% de la potencia muscular y un aumento de 10 cms en el salto vertical (Martin, 2004; Ward, 2002).

Lo expuesto anteriormente queda demostrado que existen cambios estadísticamente significativos en el aumento de la potencia muscular en sujetos sedentarios, en cambio, en nuestro estudio realizado con sujetos deportistas, no se presentaron cambios significativos en el aumento de la potencia muscular, generada en los músculos gastrocnemios con la aplicación de NMES a corto plazo (Maffiuletti N, 2002; Malatesta D, 2003; Venable, 1991).

Desde el punto de vista neurofisiológico, las fibras musculares evidencian una contracción lenta y más pequeña, activándose antes que las fibras nerviosas y musculares más grandes en contracciones generadas fisiológicamente. Por el contrario, con las contracciones estimuladas eléctricamente, las fibras nerviosas de mayor

diámetro, que inervan a las fibras musculares de tipo II de contracción rápida de mayor tamaño, se activan en primer lugar y aquellas con un diámetro menor se activan más tarde. Estas fibras musculares de contracción rápida, son las que producen la contracción más fuerte y rápida, pero se fatigan y se atrofian con rapidez con el desuso. Las fibras musculares de contracción lenta, generan contracciones de menor fuerza, pero son más resistentes a la fatiga y la atrofia. Una implicancia importante de esta diferencia es que las contracciones estimuladas eléctricamente, pueden ser sumamente eficaces para fortalecer las fibras musculares debilitadas por el desuso (Cameron, 2018; Cofré et al., 2018; Quintana, 2015; Ward, 2002).

El músculo gastrocnemio originalmente presenta una mayor cantidad de fibras musculares de tipo II, esto también pudiese influir en los resultados de nuestro estudio, debido a que, al ser deportistas, estas fibras ya pudieron haber sido desarrolladas, generando que el cambio en la evaluación sea menor. Lo anterior sugiere que la intervención por sí sola no es suficiente para generar cambios en el músculo.

Debido a que los mecanismos de fatiga del músculo son numerosos, y pueden tener sus orígenes en cualquier lugar desde el sistema nervioso central a nivel celular muscular, estos no pudieron ser controlados durante el estudio, siendo la excitación inadecuada de las motoneuronas, el fracaso del potencial de acción de invadir el botón sináptico, la falta de potencial de acción para propagar la longitud total en el sarcolema, la actividad mitocondrial, los principales mecanismos propuestos de producción de fatiga muscular, lo que significa una disminución en los eventos metabólicos que sostienen la contracción (Keeton, 2006).

Cuando se habla de contracciones estimuladas eléctricamente, debemos considerar que estas pueden provocar una fatiga mayor a la fisiológica,



por lo que se deben permitir periodos de reposo más largos entre las que son estimuladas, pudiendo enmascarar diferencias significativas en los resultados obtenidos (Hortobágyi, 2011). Otra de las diferencias entre las contracciones estimuladas eléctricamente y las iniciadas fisiológicamente, es la suavidad del inicio de éstas. Las contracciones fisiológicas suelen aumentar gradualmente en forma escalonada y suave el aumento de la fuerza, la cual está regulada por el control fisiológico del reclutamiento y el ritmo de activación de la unidad motora, mecanismos neurales de fuerza, mayor reclutamiento motor y mayor frecuencia de descarga neuronal. Los cambios asociados a hipertrofia y mayor área de sección transversal aparecen recién posteriores a las 8-10 semanas de entrenamiento, las que se mantienen suavemente gracias a un reclutamiento asincrónico de unidades motoras. Por el contrario, las estimuladas eléctricamente tienen un inicio rápido, a menudo espasmódico, ya que todas las unidades motoras de un tamaño concreto se disparan simultáneamente cuando el estímulo alcanza el umbral motor, siendo un factor que pudiese haber interferido en los resultados obtenidos (Laufer, 2008).

CONCLUSIONES

A través de esta investigación, se ha querido objetivar los cambios provocados en la potencia muscular de los músculos gastrocnemios con electroestimulación de baja y media frecuencia, sin embargo, la variabilidad de los datos obtenidos no nos permite establecer lo esperado, ya que no se obtuvieron resultados significativos en la potencia muscular generada, sino sólo determinar ciertas tendencias y no cambios significativos. En relación a la medición de los parámetros obtenidos a través la plataforma de salto la contracción concéntrica presentó una disminución de los valores posterior a la intervención. En cambio, con la aplicación de corriente de baja frecuencia se obtuvo un aumento de los parámetros medidos posterior a la

realización del salto con el uso de esta corriente. Por último, el uso de corriente de media frecuencia presentó una mejora en los parámetros evaluados, menos en la variable tiempo.

Dentro de los parámetros que se utilizaron para evaluar la potencia muscular se encuentran; altura, velocidad, tiempo y potencia. Las intervenciones que se utilizaron para medir cada uno de estos parámetros fueron; contracción concéntrica, corriente de baja frecuencia y corriente de media frecuencia. Si bien a través de cada uno de los parámetros medidos se obtuvieron valores positivos, estos no llegan a ser significativos. Con esto queda demostrado que la electro-estimulación a corto plazo no es factible para el aumento en la potencia muscular.

Finalmente, podemos sugerir que, pese a que los resultados del presente estudio no fueron favorables, se deben desarrollar nuevas líneas de investigación con distintas manipulaciones de las variables estudiadas, como la frecuencia de entrenamiento físico y/o parámetros de electroestimulación, para optimizar el rendimiento físico de los deportistas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Acero, M., Del Olmo, M., Fernández, O. (2008). Salto vertical sin contramovimiento desde flexión máxima. *Revista entrenamiento deportivo*. 22(1), 27-33.
2. Affiuleti N., Dougnani S., Folz M., & Dipierno E. (2002). Effect of combined electrostimulation and plyometric training on vertical jump height. *Med Sci Sports Exerc*. 34(10):1638-1644
3. Aguado, X., Grande, I. & López, J. (1999). *Consideraciones sobre conceptos y clasificaciones de la fuerza muscular desde el punto de vista mecánico en Biomecánica de la fuerza muscular y su valoración. Análisis cinético de la marcha, natación, gimnasia*



- rítmica, bádminton y ejercicios de musculación. *Investigación en ciencias del deporte*. Ministerio de Educación y Cultura, Consejo Superior de Deportes. Madrid. (21), 8-26.
4. Alvero, J., Correas, L., Ronconi A., Fernández Vázquez R. & Porta, J. (2011). La bioimpedancia eléctrica como método de estimación de la composición corporal, normas prácticas de utilización. *Revista Andaluza de medicina del deporte*. 4(4), 129-177.
 5. Bosco, C. (2000). *La fuerza explosiva en la fuerza muscular. Aspectos metodológicos*. Barcelona: Inde Publicaciones.
 6. Cameron, M. (2018). *Agentes físicos en rehabilitación*. 5a edition. Elsevier Saunders.
 7. Cofre, C., Ramírez-Campillo, R., Herrera-Valenzuela, T., Espinoza, A., & Valdivia-Moral, P. (2018). Comparación del déficit bilateral en la potencia muscular de futbolistas y estudiantes. *Sportis. Scientific Journal of School Sport, Physical Education and Psychomotricity*, 4(1), 3-15. doi.org/10.17979/sportis.2018.4.1.2031
 8. Delitto, A., Rose S. & McKowen J. (1988). Electrical stimulation versus voluntary exercise in strengthening thigh musculature after anterior cruciate ligament reconstruction. *Physical Therapy*. (68), 660-663.
 9. Gaudio R., Barbieri S., Feltracco, P. y Spaziani F., Alberti, M. & Delantone, M. (2017). Impact of alcohol consumption on winter sports-related injuries. *Medicine, science, and the law*. Disponible en: https://www.epistemonikos.org/es/documents/429fa8d8faec9570b18ab6b34da58b40df449a08?doc_lang=en.
 10. Grosser, M., Starischka, S., & Zimmermann, E. (1988). *Principios del entrenamiento deportivo: Deportes y técnicas*. Barcelona: Martínez Roca.
 11. González, J. (2002). *Fisiología de la actividad física y del deporte*. Madrid: Interamericana-McGraw-Hill.
 12. Herrero, J., Izquierdo, M., Maffiuleti, N. & García, J. (2006). Electromyostimulation and plyometric training effects on jumping and sprint. *International Journal Sports Medicine*. 27(7), 533-539.
 13. Hortobágyi, T., & Maffiuletti, N. A. (2011). Neural adaptations to electrical stimulation strength training. *European journal of applied physiology*, 111(10), 2439-2449. doi:10.1007/s00421-011-2012-2
 14. Keeton, R. & Binder, M (2006). Low frequency fatigue. *Physical Therapy*. 8(86), 1146-1150. <https://doi.org/10.1093/ptj/86.8.1146>
 15. Komi P. (1992). Strength and Power in sport, *Blackwell Science*. International Olympic Committee.
 16. Laufer, Y. & Elboim, M. (2008). Effects of burst frequency and duration of kilohertz-frequency alternating currents and low frequency pulsed currents on strenght of contraction, muscle fatigue, and perceiv discomfort. *Physical therapy*. 88(10), 1167-1176. doi: 10.2522/ptj.20080001



17. Maffiuletti NA, Dugnani S, Folz M, Di Pierno E, Mauro F. (2002). Effect of combined electrostimulation and plyometric training on vertical jump height. *Medicine Science Sports Exercise*; 34(10): 1638-1644
18. Maffulli, N., Longo U., Gougoulis, N., Caine, D. & Denaro, V. (2017). Sport injuries: a review of outcomes. *Revisión Sistemática*.
19. Malatesta, D., Cattaneo, F., Dugnani, S., Maffiuletti, NA. (2003). Effects of electromyostimulation training and volleyball practice on jumping ability. *Journal Strength Condition Research*; 17(3): 573-579.
20. Martin, J. (2008). *Electroterapia en fisioterapia*. (2a. Ed.) Madrid: Panamericana.
21. Olivos, C., Cuevas, A., Álvarez V. & Jorquera, C. (2012). Nutrición para el entrenamiento y la competición. *Revista Médica Clínica Condes*.
22. Organización Mundial de la Salud (OMS). [Online]; 2015 [cited 2018 abril. Available from: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/es/>.
23. Plaja, J. (1998). *Guía práctica de electroterapia*. Barcelona: Carin, Electromedicarin S.A.
24. Quintana J. (2015). Técnica y efectividad biomecánica del remate en el voleibol. Revisión bibliográfica. *Revista motricidad humana*. 16(1), 7-12.
25. Sinacore D, Delitto A, King D, Rose S (1990). Type II fiber activation with electrical stimulation: a preliminary report. *Physical Therapy*. 70(7), 416-22.
26. Stevenson, M., Hamer, P., Finch, C., Elliot, B. & Kresnow, M. (2000). Sport, age and sex specific incidence of sports injuries in Western Australia. *British Journal Sports Medicine*, 34, 188-194.
27. Venable, MP., Collins, MA., O'Bryant, HS., Denegar, CR., Sedivec, MJ., Alon, G. (1991) Effect of supplemental electrical stimulation on the development of strength, vertical jump performance and power. *Journal of Applied Sport Science Research*, 5(3): 139-143.
28. Ward, A. & Shkuratova, N. (2002). Russian electrical stimulation: the early experiments. *Physical Therapy*. 82(10), 1019–1030. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/ptj/82.10.1019>
29. Ward, A. (2009). Electrical stimulation using kilohertz frequency alternating current. *Physical Therapy*. 89(2):181-90. doi: 10.2522/ptj.20080060
30. Williams, M. (2002). *Nutrición para la salud, la condición física y el deporte*. Old Dominion University: McGraw Hill Interamericana.
31. Wilmore J. & Costill, D. (1994). *Physiology of sport and exercise*. Champaign-Illinois: Human Kinetics Books

