

La electroestimulación neuromuscular como mecanismo complementario en el entrenamiento deportivo de predominancia anaeróbica

Neuromuscular electro-stimulation as a complementary mechanism in sports training of anaerobic predominance

Oscar Adolfo Niño Méndez¹  , Eduard Alonso Ceballos Bernal¹  , Linda Paola Ramírez Galeano¹  , Diego Fernando Vásquez Sánchez¹  , Guillermo Rubén Oviedo²  , Jorge Leonardo Rodríguez Mora¹  

¹ Facultad de Ciencias del Deporte y la Educación Física; Universidad de Cundinamarca; Bogotá; Colombia.

² Faculty of psychology, education and sport science Blanquerna; Universitat Ramon Llull; Barcelona; España.



Correspondencia

Óscar Adolfo Niño Méndez.
Email: oanino@ucundinamarca.edu.co

Citar así

Niño Méndez, Oscar Adolfo; Ceballos Bernal, Eduard Alonso; Ramírez Galeano, Linda Paola; Vásquez Sánchez, Diego Fernando; Oviedo, Guillermo Rubén; Rodríguez Mora, Jorge Leonardo. (2022). La electroestimulación neuromuscular como mecanismo complementario en el entrenamiento deportivo de predominancia anaeróbica. *Revista de Investigación e Innovación en Ciencias de la Salud*. 4(2), 20-33. <https://doi.org/10.46634/riics.140>

Recibido: 19/05/2022

Revisado: 14/06/2022

Aceptado: 30/09/2022

Editor

Jorge Mauricio Cuartas Arias, Ph.D. 

Coeditor

Fraidy-Alonso Alzate-Pamplona, MSc. 

Copyright © 2022. Fundación Universitaria María Cano. *La Revista de Investigación e Innovación en Ciencias de la Salud* proporciona acceso abierto a todo su contenido bajo los términos de la

Resumen

Introducción. La electroestimulación neuromuscular puede dar un valor agregado a los programas de ejercicio físico de rehabilitación, siempre y cuando se contemplen aspectos como los objetivos propios de cada persona, la tolerancia a la intensidad y las necesidades de recuperación y descanso. Así mismo, puede ser un elemento interesante a agregar en la planificación deportiva con miras a mejorar la recuperación, así como en el aumento del rendimiento físico.

Objetivo. El objetivo principal de la presente investigación fue determinar los efectos del ejercicio combinado de electroestimulación neuromuscular y ejercicios de alta intensidad y corta duración en hombres sanos y físicamente activos sobre el índice de fatiga.

Metodología. 34 hombres sanos, físicamente activos y estudiantes de educación física ($19,4 \pm 2,60$ años) fueron aleatorizados y organizados en cuatro grupos: G1, programa de electroestimulación neuromuscular; G2, entrenamiento de alta intensidad y corta duración; G3, ejercicio combinado de alta intensidad y corta duración y, electroestimulación neuromuscular; y G4, grupo control. Se aplicó un test de Wingate antes y después del periodo de entrenamiento.

Resultados. En el grupo G3 se evidencian aumentos en el rendimiento anaeróbico con diferencias significativas en la potencia promedio relativa al peso ($p=0,027$), con un aumento de 7,36% y con una disminución de 12,2% en el índice de fatiga ($p=0,048$). En el grupo G4 se evidencian disminuciones en el rendimiento, evidenciado a través de las diferencias significativas en la potencia media ($p=0,030$), con una disminución en el rendimiento de 6,32% y una disminución en el rendimiento en la potencia media relativa al peso con diferencia significativa ($p=0,010$) de 3,92%.

licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0).

Declaración de intereses

Los autores han declarado que no hay conflicto de intereses.

Disponibilidad de datos

Todos los datos relevantes se encuentran en el artículo. Para mayor información, comunicarse con el autor de correspondencia.

Financiación

Ninguno. Esta investigación no recibió ninguna subvención específica de agencias de financiamiento de los sectores público, comercial o sin fines de lucro.

Descargo de responsabilidad

El contenido de este artículo es responsabilidad exclusiva de los autores y no representa una opinión oficial de sus instituciones ni de la *Revista de Investigación e Innovación en Ciencias de la Salud*.

Contribución de los autores

Oscar Adolfo Niño Méndez:

conceptualización, curación de datos, análisis formal, adquisición de fondos, investigación, metodología, administración de proyecto, recursos, supervisión, borrador original, revisión y edición.

Eduard Alonso Ceballos Bernal:

análisis formal, adquisición de fondos, investigación, metodología, administración de proyecto, recursos, supervisión, borrador original, revisión y edición.

Linda Paola Ramírez Galeano: análisis formal, adquisición de fondos, investigación, metodología, administración de proyecto, recursos, supervisión, borrador original, revisión y edición.

Diego Fernando Vásquez Sánchez:

análisis formal, adquisición de fondos, investigación, metodología, administración de proyecto, recursos, supervisión, borrador original, revisión y edición.

Guillermo Rubén Oviedo: análisis formal, adquisición de fondos, investigación, metodología, administración de proyecto, recursos, supervisión, borrador original, revisión y edición.

Jorge Leonardo Rodríguez Mora:

análisis formal, adquisición de fondos, investigación, metodología, administración de proyecto, recursos, supervisión, borrador original, revisión y edición.

Conclusiones. Un programa combinado de electroestimulación neuromuscular y ejercicio intervalico de alta intensidad mejora el rendimiento anaeróbico en la potencia media y relativa al peso, evidenciado a través de un test de Wingate. Así mismo, disminuye el porcentaje de caída del rendimiento anaeróbico, mostrando mejores resultados frente a un entrenamiento de solo ejercicio intervalico de alta intensidad.

Palabras Clave

Electroestimulación neuromuscular; HIIT; ejercicio; rendimiento deportivo; índice de fatiga; entrenamiento físico; técnica de entrenamiento.

Abstract

Introduction. Neuromuscular electrostimulation can add value to rehabilitation physical exercise programs, as long as aspects such as the objectives of each person, tolerance to intensity, and the needs for recovery and rest are considered. Likewise, it can be an interesting element to add in sports planning with a view to improving recovery, as well as increasing physical performance.

Objective. The main objective of this research was to determine the effects of combined neuromuscular electrostimulation exercise and high intensity and short duration exercises in healthy and physically active men on the fatigue index.

Methodology. 34 healthy, physically active, and physical education male students (19.4 ± 2.60 years) were randomized and organized into four groups: G1, neuromuscular electrostimulation program; G2, high intensity and short duration training; G3, combined exercise of high intensity and short duration, and neuromuscular electrostimulation; and G4, control group. A Wingate test was applied before and after the training period.

Results. In the G3 group, there are increases in anaerobic performance with significant differences in the average power relative to weight ($p=0.027$), with an increase of 7.36%, and a decrease of 12.2% in the fatigue index ($p=0.048$). In the G4 group there are decreases in performance, evidenced through the significant differences in the average power ($p = 0.030$), with a decrease in performance of 6.32% and a decrease in the performance in mean power relative to weight with a significant difference ($p=0.010$) of 3.92%.

Conclusions. A combined program of neuromuscular electrostimulation and high-intensity interval exercise improves anaerobic performance in mean power and relative to weight, evidenced through a Wingate test. Likewise, it decreases the percentage of drop in anaerobic performance, showing better results in comparison to training with only high-intensity interval training.

Keywords

Neuromuscular electrostimulation; HIIT; exercise; sports performance; fatigue index; physical training; training technique.

Introducción

Hoy por hoy, la complementación de diferentes metodologías para mejorar el rendimiento físico va de la mano con el avance de la tecnología en las ciencias del deporte y la salud [1], lo que representa un desafío constante de actualización de los conocimientos en equipos tecnológicos y sus funciones, no solo para los entrenadores [2,3], sino también para las personas del común que quieren mejorar su estado físico y deportivo [4,5]. El aumento de la capacidad anaeróbica resulta de gran importancia en el desarrollo integral del deportista [6,7]. De hecho, está muy bien descrito que el desarrollo de las capacidades aeróbicas y anaeróbicas tienen efectos positivos en la salud física [8,9] y mental de las personas [10,11].

Los ejercicios de predominancia anaeróbica producen una acumulación de ácido láctico y de acidosis metabólica que pueden conducir a la fatiga muscular [12]. Sin embargo, retardar su aparición puede ser clave en la obtención de buenos resultados deportivos [13]. Además, se ha descrito que la disminución del porcentaje de rendimiento físico anaeróbico, medido por el índice de fatiga, afecta considerablemente el equilibrio en los atletas [14,15], lo que podría aumentar el riesgo de lesión [16]. Por otro lado, a pesar de que los entrenamientos de intervalos de alta intensidad y corta duración (HIIT) han evidenciado tener gran acogida por sus beneficios en la adquisición de adaptaciones fisiológicas [17,18], las investigaciones referentes a los efectos de los métodos combinados de electroestimulación con trabajos de HIIT y su influencia en la disminución de la fatiga en ejercicio de predominancia anaeróbica son limitadas, lo que condiciona las posibilidades de ser incluidas en la programación del entrenamiento para alcanzar el máximo rendimiento posible [19]. Por tanto, el objetivo principal de la presente investigación fue determinar los efectos del ejercicio combinado de electroestimulación neuromuscular y los ejercicios de alta intensidad y corta duración sobre el índice de fatiga.

Metodología

Participantes

La presente investigación fue de tipo ensayo controlado aleatorio. La muestra estuvo compuesta por un total de 34 hombres sanos, físicamente activos y estudiantes de educación física ($19,4 \pm 2,60$ años. $22,0 \pm 2,58$ IMC y $14,2 \pm 4,05$ % de grasa corporal), sin ningún impedimento físico que les restringiera la realización de actividades o ejercicios físicos. Al total del grupo de sujetos se les aplicó una aleatorización y organización en cuatro grupos: G1, grupo que estuvo sujeto a un programa de electroestimulación neuromuscular en la opción de fuerza; G2, grupo que realizó un entrenamiento de alta intensidad y corta duración; G3, grupo de ejercicio combinado de alta intensidad y corta duración y electroestimulación neuromuscular en la opción de fuerza; y G4, grupo control, el cual no realizó ningún tipo de entrenamiento mencionado anteriormente. Es de resaltar que los sujetos realizaban actividad física de manera constante, pero sin tener entrenamiento en alto rendimiento.

Antes de iniciar la investigación, a todos los participantes se les explicaron los diferentes tests y el entrenamiento a realizar. Cada uno de los participantes firmó un consentimiento informado, de manera que comprendieran los beneficios y repercusiones de la participación en la investigación. La investigación se realizó atendiendo las guías de la Declaración de Helsinki y fue aprobada en consejo de Facultad de Ciencias del Deporte y la Educación Física y por el Comité para el Desarrollo de la Investigación de la Universidad de Cundinamarca.

Diseño

Todos los protocolos de los test, así como la evaluación inicial y final y la totalidad de los entrenamientos de los tres grupos, se realizaron en el Laboratorio de Fisiología del Esfuerzo de la Universidad de Cundinamarca en el municipio de Fusagasugá, a una temperatura constante de 220 centígrados y a una humedad relativa del 75 %. Antes de iniciar la investigación, se les aplicó el test de hábitos PRQ versión corta, indagando sobre sus hábitos de actividad física, ejercicio y deporte, para lo cual se determinó como motivo de exclusión si participaba de un entrenamiento específico al mismo tiempo que el ejercicio realizado en las clases prácticas propias de la carrera.

Todas las evaluaciones se realizaron antes del protocolo de entrenamiento para todos los grupos, a fin de tener la caracterización de la población participante. Se determinó la composición corporal por bioimpedancia y los parámetros básicos de peso y estatura se realizaron sin zapatos y con la menor ropa posible. Así mismo, se hizo énfasis en vaciar la vejiga, no haber ingerido alimentos ni líquidos (3 horas antes) y no haber realizado ejercicio físico antes de la medición (24 horas).

Posteriormente, se aplicó un test de Wingate, desarrollado con el siguiente protocolo. Se determinó a partir de la determinación del peso de cada sujeto. Se ajustaron las cargas de calentamiento de cada individuo (30 % de la carga máxima de trabajo) y de trabajo ($\text{peso} \times 0,075$). Se realizó un calentamiento general de aproximadamente 10 minutos. Seguido a eso, se le solicitó pedalear 30 segundos al 30 % de la carga del test (100 pedalazos/minuto aproximadamente), con un descanso pasivo de 1 minuto. Por último, se les pidió pedalear a 90 pedalazos/minuto sin carga, y a los 2 segundos se le ajustó la carga máxima de trabajo. Los sujetos debían pedalear durante 30 segundos a máxima velocidad. Los test se aplicaron y controlaron siempre por tres personas con las siguientes tareas: primero, ajustar la carga y escribir el número de pedalazos cada 5 segundos; segundo, llevar y manifestar cada 5 segundos el tiempo transcurrido; y tercero, contar en voz alta los pedalazos cada 5 segundos [20]. Los datos se consignaron en una hoja de Excel para determinar a través de la fórmula los diferentes ítems.

Se utilizó una báscula de bioimpedancia Tánita BC 1500 (USA) para las mediciones de composición corporal, además de un cicloergómetro marca Monark Ergomic 839e (Suiza), Pulsómetro Polar rcx3 (Finlandia), sensor H3 (Filipinas) para el test de Wingate. Para los entrenamientos se utilizaron bicicletas estáticas marca Grand spinning (USA). Así mismo, se utilizaron dos electroestimuladores Compex Performance (USA).

Entrenamiento

El G1 realizó un entrenamiento con sesiones de electroestimulación neuromuscular (EMN) en cuádriceps e isquiotibiales con una duración de 40 minutos aproximadamente, esto es, 20 minutos en cuádriceps y 20 minutos en isquiotibiales. Se cumplieron las medidas y recomendaciones que dicta el manual de usuario por los fabricantes del producto en lo referente a la colocación de los electrodos y utilización del equipo. Se determinó la intensidad del esfuerzo a través de la escala de Borg. Para concluir, los entrenamientos se realizaron tres días a la semana no consecutivos, durante cinco semanas. Las intensidades se iban a justando en dependencia de las percepciones de cada sujeto. El programa utilizado en el equipo era de fuerza, con contracciones durante seis segundos, descansos activos de 40 segundos, a una percepción subjetiva del esfuerzo de 14 a 16. El G2 realizó el entrenamiento de alta intensidad y corta duración (HIIT), con un tiempo de trabajo de cuatro series de 15 segundos con micropausas

de 15 segundos y macropausas de dos minutos. Esto en una sesión aproximada de 30 minutos. Con un calentamiento de cinco minutos y una vuelta a la calma del mismo tiempo. Este entrenamiento se realizó en bicicletas estáticas, en las que la resistencia era graduada según la percepción de los sujetos para que se hiciera con un esfuerzo intenso (15-17 escala de Borg). Este entrenamiento se llevó a cabo durante tres días a la semana, no consecutivos, durante cinco semanas. El G3 realizó el entrenamiento mencionado anteriormente con tres sesiones de electroestimulación neuromuscular y tres sesiones de ejercicios de alta intensidad y corta duración a la semana durante cinco semanas. El G4 no realizó ningún tipo de ejercicio físico, solo las actividades físicas propias de la carrera. Todos los entrenamientos fueron monitorizados con frecuencia cardíaca y escala de Borg.

Análisis estadístico

Para todas las variables se realizó una estadística descriptiva determinando la media y la desviación estándar. Se determinó la distribución normal de los datos a través del test de Shapiro-Wilk. Para la comparación de los datos entre los grupos G1, G2, G3 y G4 se realizó, antes de iniciar el periodo de entrenamiento, una ANOVA multifactorial, y de igual forma al finalizar el periodo de entrenamiento. Por otro lado, se realizó una t de Student para muestras relacionadas para la comparación de los datos obtenidos antes y después del entrenamiento para cada uno de los grupos. Los análisis se realizaron a través del paquete estadístico SPSS v27. Se tomó como nivel de significación $p < 0,05$.

Resultados

En la **Tabla 1** se pueden observar los datos básicos de los cuatro grupos, en donde no se encontraron diferencias significativas.

Tabla 1. Parámetros básicos antes y después del entrenamiento de los cuatro grupos

	G1				G2				G3				G4			
	(n=9)				(n=8)				(n=8)				(n=9)			
	AE		DE		AE		DE		AE		DE		AE		DE	
	media	DE	media	DE	media	DE	media	DE	media	DE	media	DE	media	DE	media	DE
Edad (años)	19,2	± 2,54	19,2	± 2,54	19,3	± 3,06	19,3	± 3,1	19,0	± 2,45	19,0	± 2,45	20,2	± 2,64	20,2	± 2,64
Estatura (metros)	1,73	± 0,06	1,72	± 0,06	1,70	± 0,06	1,70	± 0,1	1,70	± 0,06	1,70	± 0,06	1,75	± 0,08	1,76	± 0,08
Peso (kg)	65,1	± 7,63	64,6	± 6,27	64,9	± 6,10	65,9	± 5,3	60,8	± 11,6	63,4	± 10,8	67,0	± 11,9	65,9	± 11,3
IMC (kg/m ²)	21,9	± 2,62	21,8	± 2,13	22,5	± 1,96	23,0	± 1,8	22,2	± 3,80	22,0	± 3,56	21,7	± 2,90	21,3	± 2,69
Grasa Corp (%)	14,1	± 5,28	13,4	± 4,01	14,7	± 3,76	15,5	± 2,7	15,9	± 6,28	15,2	± 4,56	13,2	± 4,58	12,8	± 4,60

Nota. Los datos son media y desviación estándar antes del entrenamiento (AE) y después del entrenamiento (DE) de los cuatro grupos: G1, grupo de entrenamiento con electroestimulación muscular; G2, grupo de entrenamiento interválico de alta intensidad; G3, grupo de entrenamiento combinando de electroestimulación muscular y entrenamiento interválico de alta intensidad; y G4, grupo control, ningún tipo de entrenamiento. No se encontraron diferencias significativas entre los cuatro grupos, ni antes y después del periodo de entrenamiento en los cuatro grupos ($p < 0,05$).

En la [Tabla 2](#) se observa que el G1 no mostró ningún tipo de cambio significativo al comparar el antes y el después del periodo de entrenamiento. Por otro lado, se evidenciaron aumentos en el rendimiento anaeróbico. Se puede observar una diferencia significativa en el G2 en el Test de Wingate en la potencia pico ($p=0,036$), con un aumento del 11,9%. De igual forma, en la potencia pico relativa al peso ($p=0,041$), con un aumento del 10,5%. Sin embargo, se evidencia un aumento significativo en el índice de fatiga ($p=0,032$) de 16,3%.

En el grupo G3 se evidencian aumentos en el rendimiento anaeróbico, con diferencias significativas en la potencia promedio relativa al peso ($p=0,027$), al tener un aumento de 7,36%. De igual forma en el índice de fatiga ($p=0,048$), con una disminución de 12,2%. Finalmente, se evidencia una diferencia significativa en la potencia media relativa al peso ($p=0,027$), con un aumento de 8,06%.

Finalmente, en el grupo G4 se evidencian disminuciones en el rendimiento, evidenciado a través de las diferencias significativas en la potencia media ($p=0,030$), con una disminución en el rendimiento de 6,32% y una disminución en el rendimiento en la potencia media relativa al peso con diferencia significativa ($p=0,010$) de 3,92%.

Es de resaltar que, al realizar el análisis estadístico en la potencia media, no se evidenciaron diferencias significativas en los grupos G1 y G2 (ver [Figura 1](#)), pero sí en el G3, mostrando una mejora a resaltar. En contraste, el G4 (ver [Figura 2](#)) disminuyó su rendimiento de manera significativa (ver [Tabla 2](#)).

Por otro lado, uno de los resultados más relevantes a mencionar es el efecto positivo en el rendimiento anaeróbico, al realizar un ejercicio combinado de electroestimulación neuromuscular y ejercicios de alta intensidad y corta duración, mostrando una disminución porcentual en la caída del rendimiento durante el test, que se evidencia en el índice de fatiga (ver [Figuras 3-5](#)).

Discusión

Los resultados de este estudio indican que el entrenamiento combinado de electroestimulación neuromuscular (EMN) y los ejercicios de alta intensidad y corta duración (HIIT) en hombres sanos y físicamente activos no solo producen un rendimiento anaeróbico en la potencia media y la potencia media por kilogramo de peso, sino también en la disminución del porcentaje de caída del rendimiento anaeróbico, lo que se relacionan directamente con una disminución de los índices de fatiga. De esta forma, se podría decir y resaltar la relevancia de plantear programas de ejercicio físico, complementados con métodos alternos que podrían influir positivamente en la reducción de las posibilidades de lesión causadas por la fatiga. Así mismo, dicho planteamiento sería transferible a las situaciones de rehabilitación, potenciando los efectos positivos del ejercicio. Los resultados presentados resaltan la percepción de los sujetos de la efectividad del protocolo de entrenamiento aplicado. Además, dado que la EMN es complementaria, dinamiza el entrenamiento y añade un plus a las sesiones.

En este sentido, cabe destacar que la constancia de los planes de entrenamiento, acompañada de un adecuado seguimiento y control del entrenamiento deportivo, puede producir efectos positivos en el rendimiento anaeróbico con tan solo cinco semanas de entrenamiento. Dichos efectos se han evidenciado no solo en esta investigación, pues se ha reportado mejora en la capacidad oxidativa a través del entrenamiento de resistencia con EMN en pacientes con lesión de la medula espinal [21]. Sumado a esto, se han descrito mejoras significativas en

Tabla 2. Test de Wingate antes y después del entrenamiento de los cuatro grupos

	G1				G2				G3				G4						
	(n=9)				(n=8)				(n=8)				(n=9)						
	AE		DE		AE		DE		AE		DE		AE		DE				
	media	DE	media	DE	media	DE	media	DE	media	DE	media	DE	media	DE	media	DE			
PP (vatios)	643,4	± 133,3	680,3	± 56,9	670,4	± 153,1	750,7	± 89,0	*	696,6	± 126,7	712,2	± 100,7	732,5	± 121,2	702,1	± 143,2		
PM (vatios)	232,6	± 41,6	243,1	± 18,1	245,9	± 51,4	259,3	± 17,7		235,0	± 36,3	252,3	± 35,2	*	240,3	± 28,6	225,1	± 31,6	*
IF (%)	51,0	± 4,79	51,3	± 8,39	46,0	± 9,69	53,5	± 9,61	*	55,7	± 6,93	48,9	± 5,39	*	59,9	± 8,89	59,8	± 10,4	
PP/kg (vatios)	10,0	± 1,60	10,7	± 1,46	10,2	± 1,55	11,4	± 0,85	*	11,0	± 1,52	11,4	± 1,59	10,8	± 0,90	10,6	± 0,89		
PM/kg (vatios)	3,63	± 0,53	3,80	± 0,30	3,76	± 0,52	3,96	± 0,38		3,72	± 0,48	4,02	± 0,44	*	3,57	± 0,40	3,43	± 0,39	*

Nota. Los datos son media y desviación estándar de los cuatro grupos: G1, grupo de entrenamiento con electroestimulación muscular; G2, grupo de entrenamiento interválico de alta intensidad; G3, grupo de entrenamiento combinando de electroestimulación muscular y entrenamiento interválico de alta intensidad; y G4, grupo control, ningún tipo de entrenamiento. * Diferencias significativas antes del entrenamiento (AE) y después del entrenamiento (DE) ($p < 0,05$).

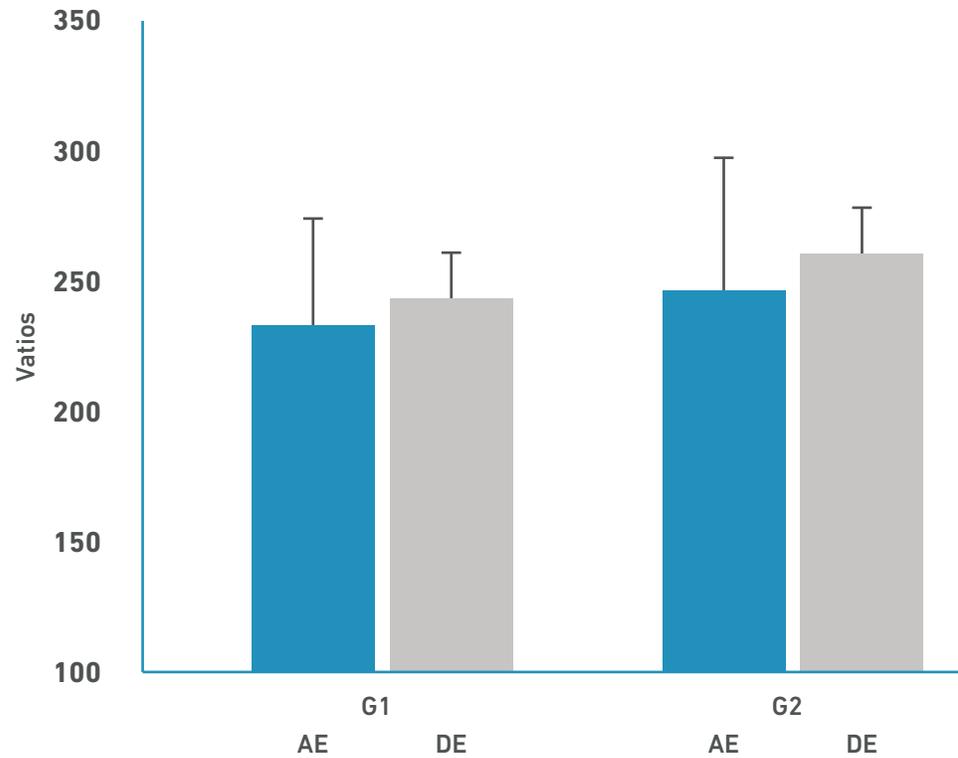


Figura 1. Cambios en el test de Wingate Potencia Media en los Grupo G1 y G2

Nota. Los valores son media y desviación estándar. *: Diferencia significativa ($p < 0,05$).

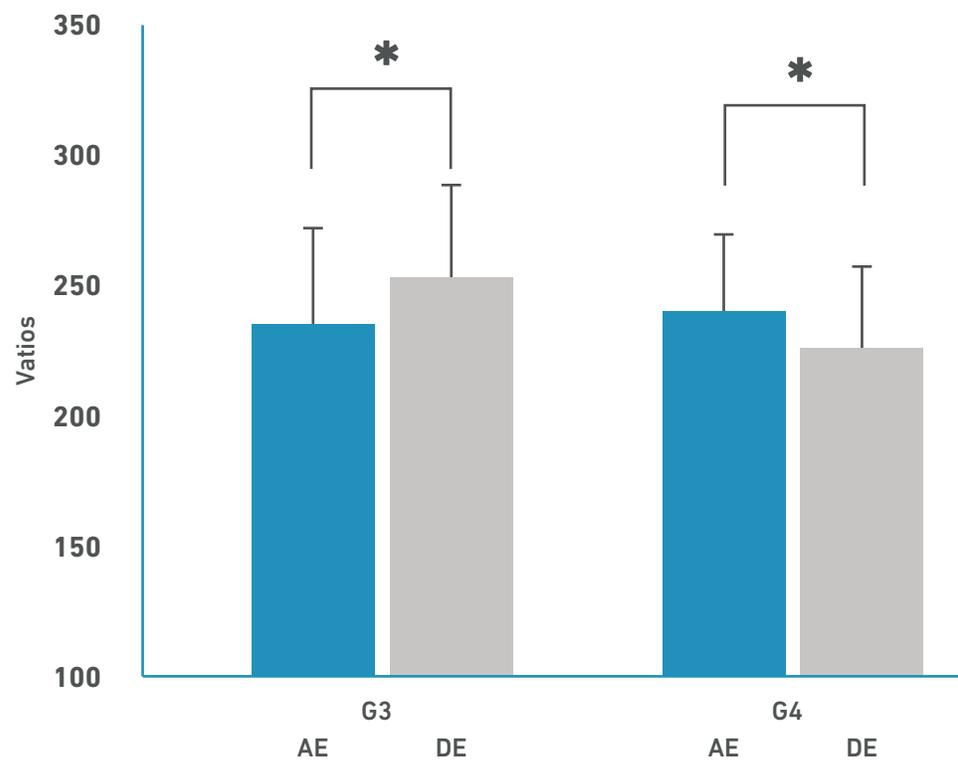


Figura 2. Cambios en el test de Wingate Potencia Media en los Grupo G3 y G4

Nota. Los valores son media y desviación estándar. *: Diferencia significativa ($p < 0,05$).

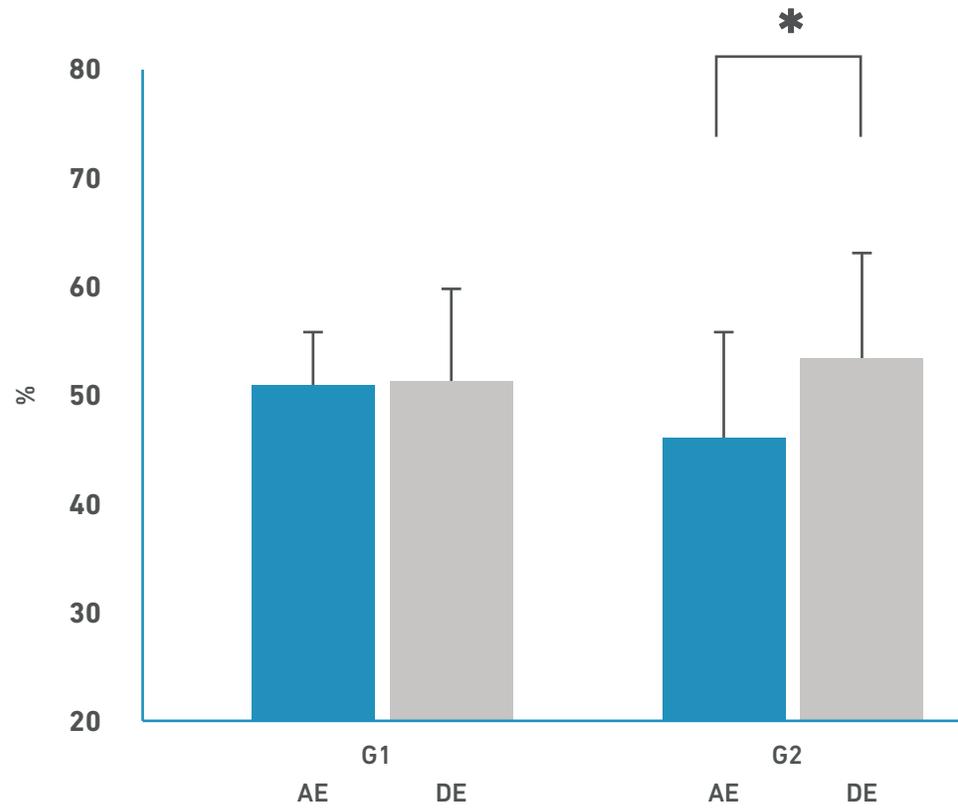


Figura 3. Cambios en el test de Wingate Índice de Fatiga en los Grupo G1 y G2

Nota. Los valores son media y desviación estándar. *: Diferencia significativa ($p < 0,05$).

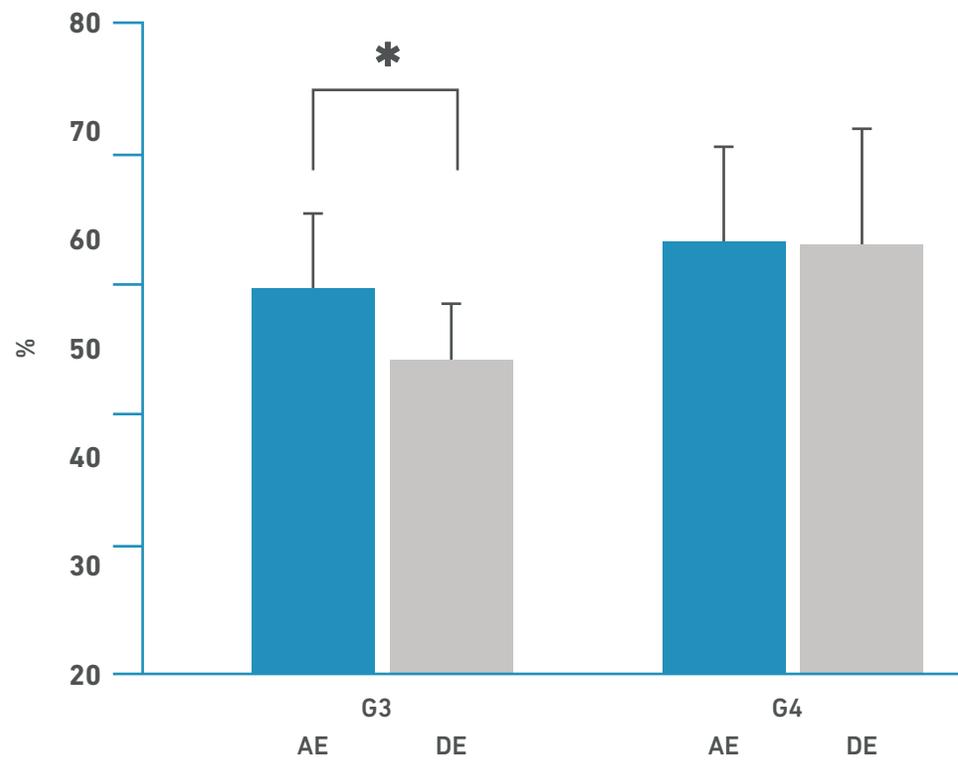


Figura 4. Cambios en el test de Wingate Índice de Fatiga en los Grupo G3 y G4

Nota. Los valores son media y desviación estándar. *: Diferencia significativa ($p < 0,05$).

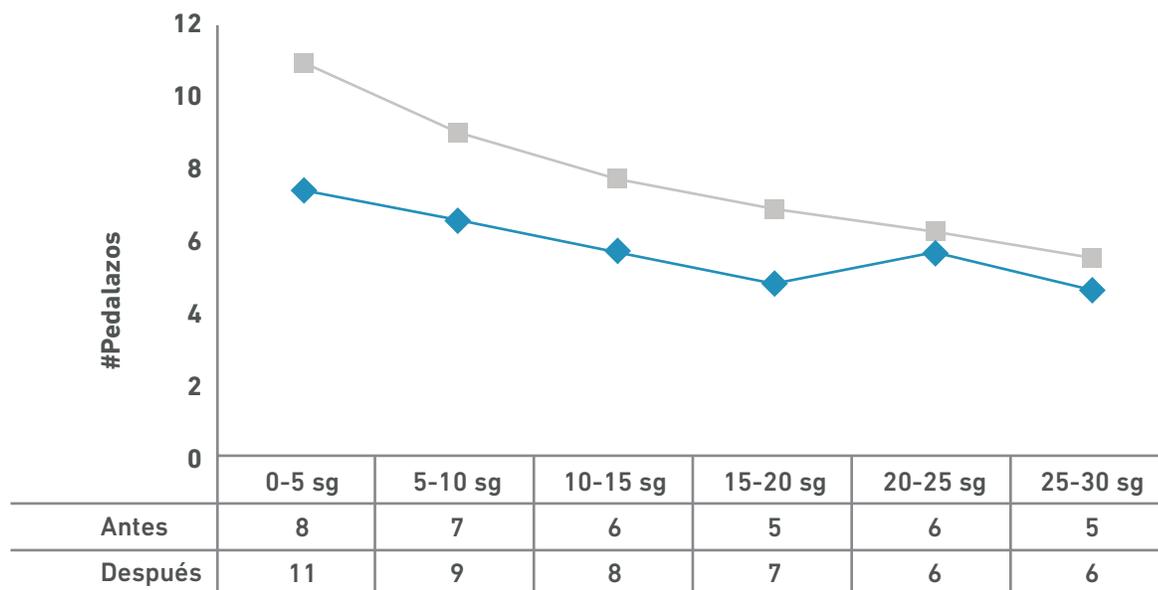


Figura 5. Grupo de Entrenamiento HIIT y EMN

Nota. Comportamiento del promedio de pedalazos antes y después del periodo de entrenamiento en el Grupo 3; grupo combinado de entrenamiento interválico de alta intensidad y electroestimulación neuromuscular.

la hipertrofia muscular con ocho semanas de entrenamiento con EMN en personas adultas mayores sanas [22], lo que afirma el postulado de emplearse la ENM como mecanismo de entrenamiento y rehabilitación. Esta investigación resalta de manera idéntica la disminución en el rendimiento en el grupo control. No obstante, nuestra investigación fue con personas sanas y físicamente activas y Jandova y colaboradores en el 2020 evidenciaron dichos efectos con personas sanas pero adultas mayores, lo que resalta nuestros hallazgos, dado que la EMN no solo es efectiva con personas adultas mayores, sino también con personas jóvenes y activas.

Dependiendo de las necesidades de los deportistas, el ejercicio físico intenso y de corta duración representa en muchos casos un gran volumen del entrenamiento y maximizar los resultados es un objetivo diario [23]. Por tal motivo, los métodos combinados en el entrenamiento deportivo son una herramienta valiosa que ha evidenciado grandes beneficios en diferentes poblaciones sanas [24,25], así como en diferentes patologías [26,27]. Es de resaltar que la electroestimulación neuromuscular puede darles un valor agregado a los programas de ejercicio físico de rehabilitación [28], siempre y cuando se contemplen aspectos como los objetivos propios de cada persona, la tolerancia a la intensidad y las necesidades de recuperación y descanso [29,30]. Sumado a esto, la electroestimulación neuromuscular puede ser un elemento interesante a agregar en la planificación deportiva con miras a mejorar la recuperación [31], así como en el aumento del rendimiento físico [32].

Otro estudio desarrollado con EMN muestra los hallazgos en doce hombres culturistas que combinaron la EMN con HIIT [31], evidenciando una eliminación más rápida de lactato en sangre. Esto podría dar explicación a nuestros resultados, pues el G3 mejoró el índice de fatiga en el test de Wingate. Sin embargo, es de mencionar que en este caso la ENM se utilizó

como mecanismo de recuperación activa y en nuestro caso fue de un ejercicio complementario de fuerza. Se debe apuntar que los resultados acá presentados hacían parte de una planeación en la que se contemplaba la sesión de EMN en un día diferente al de HIIT, dado que si se realizaba dentro de una sola sesión, podría inducir daño muscular y una aparición más rápida de la fatiga en la sesión, como lo mencionaron Custodio y colaboradores en 2019 [33].

Conclusiones

Un programa combinado de electroestimulación neuromuscular y ejercicio intervalico de alta intensidad mejora el rendimiento anaeróbico en la potencia media y relativa al peso, evidenciado a través de un test de Wingate. Sumado a esto, se puede afirmar que disminuye el porcentaje de caída del rendimiento anaeróbico, mostrando mejores resultados frente a un entrenamiento de solo ejercicio interválico de alta intensidad. Es necesario continuar futuras investigaciones que permitan conocer otros efectos de la electroestimulación muscular combinada con estos métodos de entrenamiento, en áreas del rendimiento deportivo, la actividad física para la salud y las intervenciones terapéuticas.

Referencias

1. Kos A, Wei Y, Tomažič S, Umek A. The role of science and technology in sport. *Procedia Comput. Sci.* 2018;129:489–495. doi: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.03.029>
2. He C, Trudel P, Culver DM. Actual and ideal sources of coaching knowledge of elite Chinese coaches. *Int. J. Sport. Sci. Coach.* 2018;13(4):496–507. doi: <https://doi.org/10.1177/1747954117753727>
3. Milistetd M, Peniza L, Trudel P, Paquette P. Nurturing High-Performance Sport Coaches' Learning and Development Using a Narrative-Collaborative Coaching Approach. *LASE J. Sport Sci.* 2018;9(1):6–38. Disponible en: https://journal.lspa.lv/files/2018/1/LASE_Journal_2018_9_1_7-39.pdf
4. Rasheed A, Abduljawad R, Mabrouk S, Jdaitawi M, Abdulmonem M. Physical fitness training program using electronic simulation games to foster psychological health among university students during COVID-19 pandemic. *Int. J. Hum. Mov. Sport. Sci.* 2021;9(3):421–427. doi: <https://doi.org/10.13189/saj.2021.090305>
5. Sonchan W, Moungmee P, Sootmongkol A. The Effects of a Circuit Training Program on Muscle Strength Agility Anaerobic Performance and Cardiovascular Endurance. *Int. J. Sport Heal. Sci.* 2017;11(4):176–179. doi: <https://doi.org/10.5281/zenodo.1130377>
6. Assunção AR, Bottaro M, Cardoso EA, et al. Effects of a low-volume plyometric training in anaerobic performance of adolescent athletes. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness.* 2018 May;58(5):570-575. doi: <https://doi.org/10.23736/s0022-4707.17.07173-0>
7. Bellar D, Hatchett A, Judge LW, Breaux ME, Marcus L. Herthe relationship of aerobic capacity, anaerobic peak power and experience to performance in CrossFit exercise. *Biol. Sport.* 2015;32(4):315–320. doi: <https://doi.org/10.5604/20831862.1174771>
8. Patel H, Alkhawam H, Madanieh R, Shah N, Kosmas CE, Vittorio TJ. Aerobic vs anaerobic exercise training effects on the cardiovascular system. *World J Cardiol.* 2017 Feb 26;9(2):134-138. doi: <https://doi.org/10.4330/wjc.v9.i2.134>

9. Demirel N, Özbay S, Kaya F. The Effects of Aerobic and Anaerobic Training Programs Applied to Elite Wrestlers on Body Mass Index (BMI) and Blood Lipids. *J. Educ. Train. Stud.* 2018;6(4):58. doi: <https://doi.org/doi: 10.11114/jets.v6i4.3085>
10. Toktam K, Fatihe K, Saber S, Aghamohamadi F. The Impact of Aerobic and Anaerobic Exercises on the Level of Depression, Anxiety, Stress and Happiness of Non-Athlete Male. *Zahedan J. Res. Med. Sci.* 2018;20(1):e14349. doi: <https://doi.org/10.5812/zjrms.14349>
11. Ali K, Aseem A, Hussain ME. Anaerobic training and its effects on sleep quality, state, and trait anxiety in collegiate athletes. *Sport Sci. Health.* 2019;5(2):453–461. doi: <https://doi.org/10.1007/s11332-019-00553-1>
12. Wasserman K. (1987). Determinants and detection of anaerobic threshold and consequences of exercise above it. *Circulation*, 76(6 Pt 2), VI29–VI39.
13. Wan JJ, Qin Z, Wang PY, Sun Y, Liu X. Muscle fatigue: general understanding and treatment. *Exp Mol Med.* 2017 Oct 6;49(10):e384. doi: <https://doi.org/10.1038/emm.2017.194>
14. Morán-Navarro R, Valverde-Conesa A, López-Gullón JM, De la Cruz-Sánchez E, Pallarés JG. Can balance skills predict Olympic wrestling performance? *J Sport Health Res.* 2015;7:19–30. Disponible en: http://journalshr.com/papers/Vol%207_N%201/V07_1_3.pdf
15. Soslu R. Does the Fatigue Index Induced in Athlete's Affect Static Balance? *J. Educ. Learn.* 2019;8(5):81–88. doi: <https://doi.org/10.5539/jel.v8n5p81>
16. Huygaerts S, Cos F, Cohen DD, Calleja-González J, Guitart M, Blazeovich AJ, Alcaraz PE. Mechanisms of Hamstring Strain Injury: Interactions between Fatigue, Muscle Activation and Function. *Sports (Basel).* 2020 May 18;8(5):65. doi: <https://doi.org/10.3390/sports8050065>
17. Niño Méndez OA, Reina-Monroy JL, Ayala Pedraza G, Portilla-Melo JG, Aguilar-Romero ID, Núñez-Espinosa CA, Rodríguez-Mora JL. Effects of high-intensity interval training at simulated Altitude. Systematic review. *Rev. Investig. Innov. Cienc. Salud [Internet].* 2021;3(1):98-115. doi: <https://doi.org/doi: 10.46634/riics.50>
18. Xu L, Chen X, Cao S, Zhang X, Chen X. A Fatigue Involved Modification Framework for Force Estimation in Fatiguing Contraction. *IEEE Trans. Neural Syst. Rehabil. Eng.* 2018;26:2153–2164. doi: <https://doi.org/10.1109/TNSRE.2018.2872554>
19. di Domenico F, Raiola G. Effects of training fatigue on performance. *J. Hum. Sport Exerc.* 2021;16(Proc2):769–780. doi: <https://doi.org/10.14198/jhse.2021.16.Proc2.63>
20. Driss T, Vandewalle H. The measurement of maximal (anaerobic) power output on a cycle ergometer: a critical review. *Biomed Res Int.* 2013;2013:589361. doi: <https://doi.org/10.1155/2013/589361>

21. Erickson ML, Ryan TE, Backus D, McCully KK. Endurance neuromuscular electrical stimulation training improves skeletal muscle oxidative capacity in individuals with motor-complete spinal cord injury. *Muscle Nerve*. 2017 May;55(5):669-675. doi: <https://doi.org/10.1002/mus.25393>
22. Jandova T, Narici MV, Steffl M, Bondi D, D'Amico M, Pavlu D, et al. Muscle Hypertrophy and Architectural Changes in Response to Eight-Week Neuromuscular Electrical Stimulation Training in Healthy Older People. *Life (Basel)*. 2020 Sep 8;10(9):184. doi: <https://doi.org/10.3390/life10090184>
23. Sandford GN, Laursen PB, Buchheit M. Anaerobic Speed/Power Reserve and Sport Performance: Scientific Basis, Current Applications and Future Directions. *Sports Med*. 2021 Oct;51(10):2017-2028. doi: <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01523-9>
24. Gäbler M, Prieske O, Hortobágyi T, Granacher U. The Effects of Concurrent Strength and Endurance Training on Physical Fitness and Athletic Performance in Youth: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Front Physiol*. 2018 Aug 7;9:1057. doi: <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.01057>
25. Behm DG, Young JD, Whitten JHD, Reid JC, Quigley PJ, Low J, et al. Effectiveness of Traditional Strength vs. Power Training on Muscle Strength, Power and Speed with Youth: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Front Physiol*. 2017 Jun 30;8:423. doi: <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00423>
26. Magalhães JP, Melo X, Correia IR, Ribeiro RT, Raposo J, Dores H, et al. Effects of combined training with different intensities on vascular health in patients with type 2 diabetes: A 1-year randomized controlled trial. *Cardiovasc. Diabetol*. 2019;18(1):1–13. doi: <https://doi.org/10.1186/s12933-019-0840-2>
27. Ferrari R, Domingues LB, Carpes LO, Frank PA, Schneider VM, Fuchs SC; GET Study Group. Effects of combined training performed two or four times per week on 24-h blood pressure, glycosylated hemoglobin and other health-related outcomes in aging individuals with hypertension: Rationale and study protocol of a randomized clinical trial. *PLoS One*. 2021 May 26;16(5):e0251654. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0251654>
28. Jones S, Man WD, Gao W, Higginson IJ, Wilcock A, Maddocks M. Neuromuscular electrical stimulation for muscle weakness in adults with advanced disease. *Cochrane Database Syst Rev*. 2016 Oct 17;10(10):CD009419. doi: <https://doi.org/10.1002/14651858.CD009419.pub3>
29. Maffiuletti NA, Gondin J, Place N, Stevens-Lapsley J, Vivodtzev I, Minetto MA. Clinical Use of Neuromuscular Electrical Stimulation for Neuromuscular Rehabilitation: What Are We Overlooking? *Arch Phys Med Rehabil*. 2018 Apr;99(4):806-812. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2017.10.028>
30. Angulo J, El Assar M, Álvarez-Bustos A, Rodríguez-Mañas L. Physical activity and exercise: Strategies to manage frailty. *Redox Biol*. 2020 Aug;35:101513. doi: <https://doi.org/10.1016/j.redox.2020.101513>

31. Mor A, Ipekoglu G, Arslanoglu C, Acar K, Arslanoglu E. The Effects of Electrostimulation and Core Exercises on Recovery After High-Intensity Exercise. *Int. J. Appl. Exerc. Physiol.* 2017;6(4):46-53. doi: <https://doi.org/10.22631/ijaep.v6i4.178>.
32. Natsume T, Ozaki H, Kakigi R, Kobayashi H, Naito H. Effects of training intensity in electromyostimulation on human skeletal muscle. *European Journal of Applied Physiology.* 2018 Jul;118(7):1339-1347. doi: <https://doi.org/10.1007/s00421-018-3866-3>.
33. Del Viejo M, González-Custodio A, Martínez-Guardado I, Camacho-Cardenosa A, Camacho-Cardenosa M, Olcina G. Acute effects of concurrent training with whole-body electrostimulation with regards to biochemical parameters. *Motricidade.* 2019;15:112.